



EVALUASI PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP FLUKTUASI DEBIT ALIRAN RENDAH DI DAS JUANA

Shobrina Hamidah*, Evi Anggraheni

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Indonesia, Depok

*Corresponding author; email address: shobrinahamidah@gmail.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<i>Article History:</i> Received 12 November 2024 Accepted 10 March 2025 Online 30 March 2025 <i>Keywords:</i> Land use Low flow FJ Mock Evaluation	Land cover changes in the Juana Watershed continue to occur as the demand for building, residential, and industries increases. Today, Juana Watershed is experiencing a decline in water discharge due to prolonged drought, with the water level of the Silugonggo River dropping by up to 50 cm per day. Land cover changes within a watershed significantly affect hydrological balance, particularly low-flow. This research investigates the impact of land cover changes on low-flow fluctuations in Juana Watershed from 2017 to 2023. Land cover changes analysis utilizes secondary data by verifying shapefile data through digitization satellite image-based from Google Earth and classified into five categories: forest, agricultural, built area, crop land, and water bodies using ArcGIS software. The low-flow analysis uses FJ. Mock method. The evaluation of land cover changes on low-flow fluctuations is conducted by comparing the land cover changes with the maximum low-flow for each period. The results of this study indicate that land cover in Juana Watershed from 2017 to 2023 was predominantly agricultural area, 51%. During this period, 8,3% of forest was converted into built area and crop land, with 3,4% and 4,9% respectively. Where FJ. Mock model is considered reliable in predicting low-flow in Juana Watershed, with $R^2 = 0,93$ and $NSE = 0,79$ and the maximum low-flow values 162,50 m³/s, 146,01 m³/s, 74,93 m³/s, 107,33 m³/s, 117,96 m³/s, 139,08 m³/s, and 172,69 m³/s, respectively. The conversion of forest into built area and crop land resulted in two different conditions of maximum low-flow. From 2017 to 2019, this conversion led to a decline in maximum low-flow. This decline was accompanied by an increase in the duration of the dry season from 2017 to 2019, with 2019 recording the longest duration for 6 month 10 days. Meanwhile, from 2020 to 2023, the conversion of forested land into built area and crop land led to an increase in maximum low-flow. To mitigate this risk, land conservation efforts in the upstream area are necessary through reforestation and soil conservation techniques.

©2025 Magister Teknik Sipil USK. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai, atau disingkat DAS, adalah area tanah yang terintegrasi dengan sungai serta anak sungainya. Fungsi dari wilayah ini adalah untuk menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari hujan menuju danau atau laut secara alami. Batasan di daratan berfungsi sebagai pemisah topografi, sementara batas di laut mengacu pada zona perairan yang masih dipengaruhi oleh aktivitas di darat. Di dalam sebuah ekosistem DAS yang melibatkan manusia, hewan, tumbuhan, tanah, iklim, dan air, terdapat karakteristik tertentu. Komponen-komponen ini tidak berfungsi secara terpisah, melainkan saling berinteraksi. Peran manusia sangat penting dan dominan dalam menentukan mutu suatu DAS, terutama

terkait dengan cara pemanfaatan lahan. Dengan adanya perubahan tutupan lahan akan berdampak pada siklus hidrologi terutama dalam proses pengaliran permukaan tanah, perubahan daya serap air ke dalam tanah, maupun proses evapotranspirasi yang berdampak pada perubahan debit aliran rendah. Perubahan penggunaan lahan pada DAS Juana sudah berlangsung sejak menyatunya gunung Muria dengan Pulau Jawa dikarenakan adanya kebijakan dari Pemerintah Belanda pada tahun 1890 untuk mengarahkan banjir yang mengandung endapan sedimen ke lembah Juana dengan tujuan kolmatase yaitu pengaliran dengan maksud memperbaiki/meninggikan permukaan tanah (Istiarto & Wibowo, 2007). Hal ini dilakukan untuk memanfaatkan lahan menjadi lahan irigasi, pertanian, dan pemukiman.

Adanya perubahan tutupan lahan tentunya membawa dampak terhadap siklus hidrologi yang sangat kompleks khususnya fluktuasi debit aliran rendah. Hal itu sesuai dengan yang diprediksikan (Yang dkk., 2022) yang menyebutkan bahwa di masa mendatang perubahan tutupan lahan akan mendominasi perubahan debit aliran rendah. Penelitian di daerah Quebec, Kanada, dengan tutupan lahan kedap air yang relatif tinggi (>20%), menunjukkan debit aliran rendah harian relatif kecil. Penurunan ini terkait dengan hasil evaporasi yang meningkat dan permeabilitas yang rendah (lempung) akibat perubahan lahan hutan menjadi lahan pertanian yang lebih kedap air di dataran rendah St. Lawrence, serta suhu musim panas yang tinggi dan terkadang musim kemarau yang relatif panjang (Muma dkk., 2011). Hal tersebut juga terjadi di DAS Juana sehingga mempengaruhi debit aliran rendah di DAS Juana.

Pada dua dekade terakhir, DAS Juana mengalami penurunan nilai indeks penutupan lahan (Utama dkk., 2016). DAS Juana juga sudah mengalami penyusutan debit air akibat kemarau panjang. Menurut laporan Kepala Desa Bungasrejo, Kec. Jakenan, dalam satu hari permukaan air di Sungai Silugonggo DAS Juana menyusut hingga kedalaman 50 cm. Tidak hanya itu, berdasarkan pola PSDA WS Jratunseluna potensi kekeringan akibat perubahan iklim meningkat sebesar 30%. Fluktuasi debit aliran rendah dapat mengakibatkan masalah, seperti kekeringan, penurunan kualitas air, dan berkurangnya cadangan air tanah sehingga akan berdampak pada pengguna air. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak perubahan tutupan lahan terhadap fluktuasi debit aliran rendah di DAS Juana sebagai dasar mitigasi perubahan tata guna lahan untuk mendukung ketahanan air.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Analisis Tutupan Lahan

Stasiun pengukur hujan hanya memberikan informasi kedalaman hujan pada lokasi tertentu, sehingga untuk mendapatkan estimasi hujan di area yang lebih luas, kita harus menggunakan data dari titik ukur tersebut (Triatmodjo, 2008). Apabila pada suatu daerah terdapat lebih dari satu stasiun pengukuran yang ditempatkan secara terpencar, hujan yang tercatat dimasing-masing staisun dapat tidak sama. Oleh sebab itu, diperlukan analisis hidrologi untuk menganalisis hujan wilayah dengan pengisian data hujan tidak lengkap dan pendeteksian ada tidaknya data yang menyimpang (*outlier*) terlebih dahulu.

Pengisian Data Hujan Tidak Lengkap

Data hujan yang tidak lengkap diisi dengan pendekatan *inversed square distance*. Dalam pendekatan ini, variabel yang digunakan adalah jarak stasiun terdekat dengan stasiun yang akan dicari data curah hujan yang tidak lengkap (Firmansyah & Muliati, 2020). Persamaan *inversed square distance* dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$P_x = \frac{\frac{1}{(d_{XA})^2} P_A + \frac{1}{(d_{XB})^2} P_B + \frac{1}{(d_{XC})^2} P_C}{\frac{1}{(d_{XA})^2} + \frac{1}{(d_{XB})^2} + \frac{1}{(d_{XC})^2}} \quad (1)$$

Dimana, P_x : tinggi curah hujan yang tidak lengkap (mm), P_A , P_B , P_C : tinggi curah hujan pada stasiun index (mm), dan d_{XA} , d_{XB} , d_{XC} : jarak stasiun X terhadap stasiun index (mm).

Pendeteksian Outlier

Hawkins (1980) dalam (Juaeni, 2012) menjelaskan bahwa *outlier* adalah data yang sangat berbeda dari data lain sehingga dianggap mungkin dihasilkan oleh proses yang berbeda. Mengidentifikasi *outlier* merupakan tahap krusial dalam analisis data karena *outlier* dapat memberikan pengaruh besar pada hasil analisis dan berisiko menghasilkan kesimpulan yang keliru. Dalam penelitian ini, identifikasi outlier dilakukan dengan menetapkan ambang batas yang akan dianggap sebagai data *outlier* dengan cara mengubah nilai data menjadi skor terstandarisasi (*z-score*), lihat Persamaan 2(2). Data dikategorikan *outlier* jika nilai *z-score* lebih kecil dari -3 atau lebih besar dari 3 (Sihombing dkk., 2022).

$$z_i = \frac{x_i + \mu}{\sigma} \quad (2)$$

Dimana, z_i : *z-score* ke- i , x_i : data ke- i , μ : rata-rata data, dan σ : standar deviasi data.

Analisis Hujan Wilayah

Analisis hujan wilayah pada penelitian ini menggunakan pendekatan poligon Thiessen. Pendekatan ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS diasumsikan bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga data hujan dari satu stasiun mewakili area tersebut (Triatmodjo, 2008). Bobot untuk setiap pos curah hujan ditentukan dari area jaringan poligon Thiessen. Dimana batas-batas poligon dibentuk oleh garis bagi yang tegak lurus dari garis-garis yang menghubungkan pengukur-pengukur yang berdekatan. Persamaan analisis hujan wilayah poligon Thiessen dapat dilihat pada Persamaan 3.

$$\bar{P} = \frac{1}{A} \sum_{j=1}^J A_j P_j ; A = \sum_{j=1}^J A_j \quad (3)$$

Dimana, P : Hujan rata-rata wilayah, P_j : tinggi hujan pada stasiun (*point rainfall*), A : luas DAS, dan A_j : luas pengaruh stasiun hujan pada DAS

2.2. Analisis Tutupan Lahan

Tutupan lahan merupakan tutupan biofisik pada permukaan bumi yang dapat diamati dan merupakan suatu hasil dari pengaturan, aktivitas, dan perlakuan manusia (BSN, Klasifikasi Penutup Lahan - Bagian 1: Skala Kecil dan Menengah, 2020). Perubahan tutupan lahan dapat berdampak terhadap siklus hidrologi. Modifikasi tutupan lahan dapat memengaruhi siklus air. Dimana perubahan ini sangat berpengaruh pada kemampuan tanah dalam menyerap air, yang mengarah pada perubahan dalam limpasan permukaan, aliran air tanah, dan evapotranspirasi aktual di suatu wilayah (Tena dkk., 2019). Perubahan ini secara signifikan memengaruhi pola aliran air yang dapat mengakibatkan peningkatan risiko banjir atau kekeringan.

2.3. Analisis Evapotranspirasi Penman-Monteith

Evapotranspirasi (ET) adalah kombinasi dari dua proses terpisah yaitu evaporasi dan transpirasi. Evaporasi merupakan hilangnya air dari permukaan tanah melalui penguapan dan transpirasi merupakan proses penguapan air yang terdapat di dalam jaringan tanaman dan pelepasan uap ke lingkungan udara (Allen dkk., 1998). Evapotranspirasi menjadi salah satu faktor yang berpengaruh dalam menentukan ketersediaan air permukaan setelah hujan, khususnya di daerah tropis seperti Indonesia (Mock, 1973). Analisis evapotranspirasi dengan pendekatan Penman-Monteith, Persamaan 4. Pendekatan ini dapat digunakan di berbagai lokasi dan iklim serta dalam situasi dengan data terbatas. Data iklim dan topografi yang dibutuhkan berupa suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, lama penyinaran matahari, elevasi atau altitude stasiun pengamatan, dan letak garis lintang lokasi stasiun pengamatan (BSN, Tata Cara Penghitungan Evapotranspirasi Tanaman Acuan dengan Metode Penman-Monteith, 2012).

$$ET_o = \frac{0.408\Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (4)$$

Dimana, ET_o : evapotranspirasi acuan (mm/hari), R_n : radiasi matahari netto di atas permukaan tanaman ($MJ/m^2/hari$), T : suhu udara rata-rata ($^{\circ}C$), U_2 : kecepatan angin pada ketinggian 2 m dari atas permukaan tanah (m/s), e_s : tekanan uap air jenuh (kPa), e_a : tekanan uap air aktual (kPa), Δ : kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu ($kPa/^{\circ}C$), dan γ : konstanta psikometrik ($kPa/^{\circ}C$)

2.4. Analisis Debit Aliran Rendah

Aliran rendah merujuk pada debit aliran sungai yang terjadi saat tidak ada curah hujan, atau ketika musim kemarau. Analisis debit aliran rendah dengan pendekatan FJ. Mock. Metode ini kerap digunakan pada lokasi yang ketersediaan datanya minimal atau tidak ada data pengamatan. Metode ini menilai volume air yang masuk dan keluar serta yang tersimpan dalam tanah, berlandaskan pada keseimbangan hidrologi yang menyatakan bahwa total volume air dalam siklus tersebut tetap, meski sirkulasi dan distribusinya berubah-ubah (Farchan, 2024). Model FJ. Mock memperhitungkan data curah hujan, evapotranspirasi, dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran sungai (Direktorat Irigasi dan Rawa, 2013).

Kalibrasi Model

Kalibrasi model dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal antara model debit aliran rendah dengan data observasi. Pada penelitian ini kalibrasi model menggunakan metode statistik koefisien determinasi (R^2) dengan Persamaan 5 dan *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) dengan Persamaan 6. Kriteria yang digunakan dalam kalibrasi model dapat dilihat pada Tabel 1.

$$R^2 = \left(\frac{n \sum (Q_{oi} Q_{mi}) - \sum (Q_{oi}) \sum (Q_{mi})}{\sqrt{n(Q_{oi}^2) - (\sum Q_{oi})^2} \sqrt{n(Q_{mi}^2) - (\sum Q_{mi})^2}} \right)^2 \quad (5)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^I (Q_{mi} - Q_{oi})^2}{n \sum_{i=1}^I (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2} \quad (6)$$

Dimana, R^2 : koefisien determinasi, NSE : *Nash-Sutcliffe Efficiency*, Q_{mi} : debit hitungan ($m^3/detik$), Q_{oi} : debit observasi ($m^3/detik$), $\bar{Q}_o$: debit observasi rata-rata ($m^3/detik$), dan n : jumlah data.

Tabel 1. Kriteria Koefisien Determinasi dan NSE

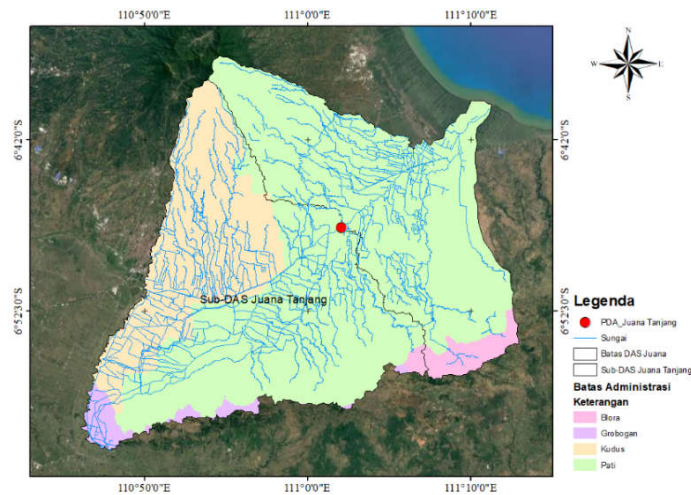
Kriteria	R^2	NSE
Sangat Baik	$R^2 > 0,85$	$NSE > 0,80$
Baik	$0,75 < R^2 < 0,85$	$0,70 < NSE < 0,80$
Memuaskan	$0,60 < R^2 < 0,75$	$0,50 < NSE < 0,70$
Tidak Memuaskan	$R^2 < 0,60$	$NSE < 0,50$

Sumber: Jamal dkk. (2025)

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Wilayah Sungai (WS) Jratunsela tepatnya DAS Juana (Gambar 1) yang mencakup Kabupaten Pati, Kudus, Blora, dan Grobogan. DAS Juana bermuara di Desa Bakaran Kulon, Kecamatan Batangan, Kabupaten Pati serta lokasi hulu berada di Pegunungan Kapur Utara (Sukolilo - Todanan) dan Gunung Muria (selatan) dengan luas $1334,25 \text{ km}^2$. DAS Juana secara geografis terletak pada koordinat antara $110^{\circ}49'10'' - 111^{\circ}12'57''$ BT dan antara $6^{\circ}36'48'' - 6^{\circ}59'29''$ LS.



Gambar 1. Lokasi Penelitian DAS Juana

Gambar 1 menunjukkan lokasi Pos Duga Air (PDA) Juana-Tanjung dan sub-DAS Juana-Tanjung dengan luas 793,97 km² yang digunakan untuk mengkalibrasi debit FJ. Mock pada sub bab 4.4.

3.2. Desain Penelitian

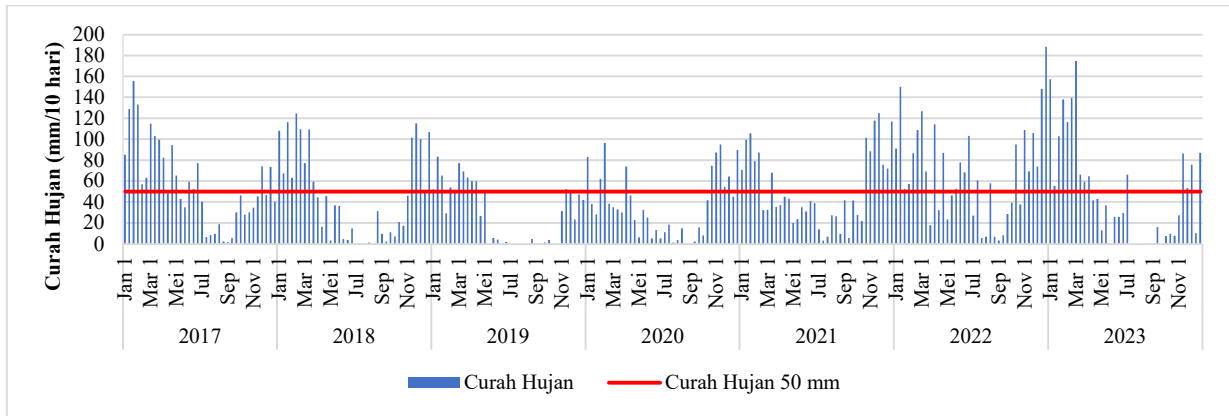
Penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis analisis perubahan tutupan lahan dan dampaknya terhadap fluktuasi debit aliran rendah di DAS Juana berdasarkan teori siklus hidrologi dan analisis spasial. Penelitian dilakukan terhadap tujuh rentang waktu dari tahun 2017 hingga 2023 dengan menggunakan data sekunder dari berbagai sumber.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Hujan Wilayah

Data sekunder curah hujan diperoleh dari BBWS Pemali Juana berupa curah hujan harian untuk tahun 2017 hingga 2023. Tahapan analisis data curah hujan diawali dengan penentuan stasiun hujan yang berpengaruh, pengisian data curah hujan kosong dengan metode *inversed square distance*, pendeteksian outlier, dan analisis curah hujan wilayah dengan poligon Thiessen. Di sekitar DAS Juana terdapat 12 Pos Curah Hujan (PCH), namun hanya 6 PCH yang berpengaruh terhadap analisis curah hujan wilayah. Dari jumlah tersebut, hanya 4 PCH yang memiliki data yang cukup, sedangkan 2 PCH lainnya tidak memiliki data yang cukup untuk mewakili tren curah hujan yang terjadi. Keempat PCH yang berpengaruh terhadap DAS Juana meliputi PCH Klimatologi Boloagung (39%), PCH Tanjung Mojo (31%), PCH Prawoto (16%), dan PCH Todanan (14%). Hujan wilayah per dasarian DAS Juana dapat dilihat pada Gambar 2. Menurut BMKG, periode musim kemarau ditandai dengan curah hujan kurang dari 50 mm per dasarian selama minimal tiga dasarian berturut-turut.

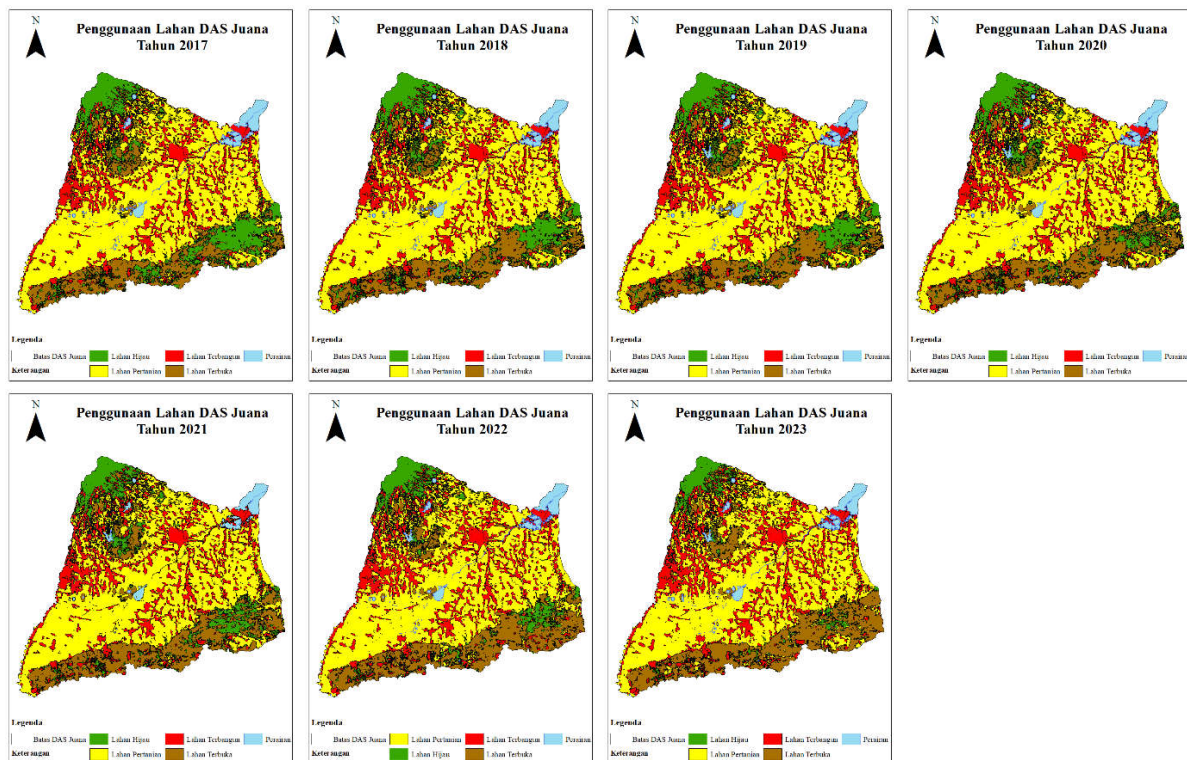
Berdasarkan Gambar 2, panjang musim kemarau terjadi dengan pola yang bervariasi. Pada tahun 2017 hingga 2019 terjadi peningkatan panjang musim kemarau dimana tahun 2017 dengan panjang 14 dasarian (Juli 1 – November 2), 2018 dengan panjang 22 dasarian (April 1 – November 1), dan 2019 dengan panjang 25 dasarian (April 3 – Desember 3). Kemudian untuk tahun 2020 hingga 2023 panjang musim kemarau relatif lebih stabil dengan panjang musim kemarau 19 dan 21 dasarian. Dari hujan wilayah DAS Juana dapat dilihat terdapat dua pola dimana terjadi peningkatan panjang musim kemarau dari tahun 2017 hingga puncaknya pada 2019. Kemudian pada tahun 2020 hingga 2023 panjang musim kemarau sama.



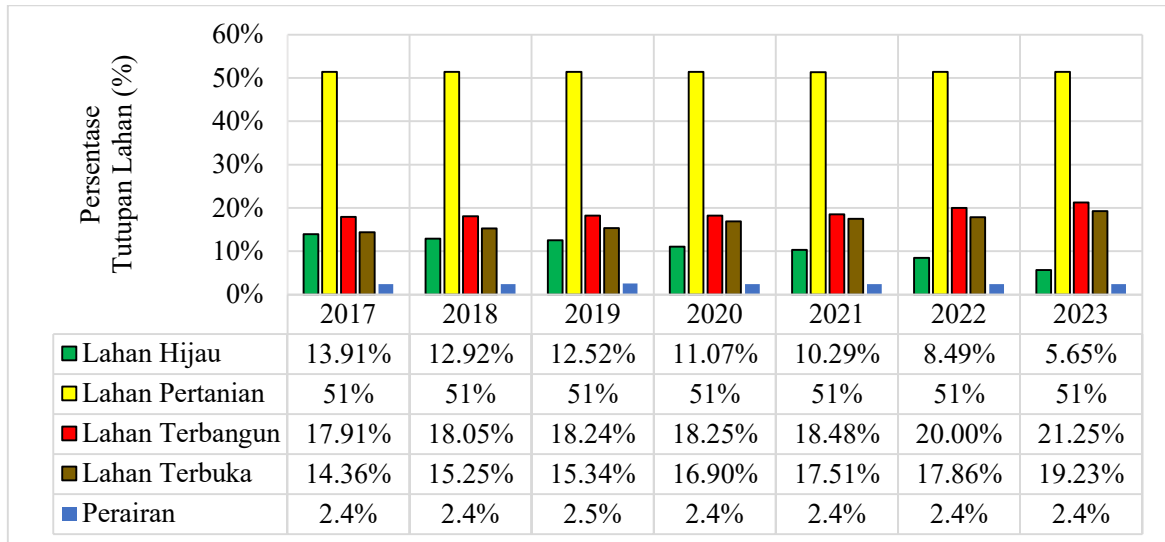
Gambar 2. Hujan Wilayah DAS Juana (2017-2023)

4.2. Analisis Tutupan Lahan

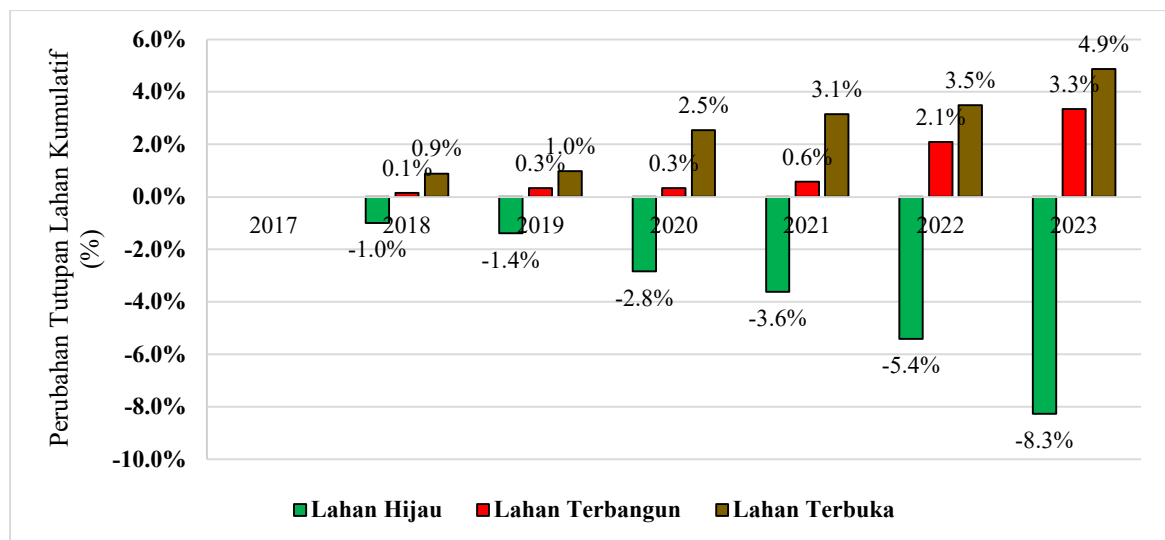
Analisis tutupan lahan menggunakan data sekunder yang diperoleh dari laman livingatlas.arcgis.com (Karra dkk., 2021) berupa data *shapefile* untuk tahun 2017 – 2023. Tahapan analisis perubahan tutupan lahan diawali dengan memverifikasi data *shapefile* melalui digitalisasi berbasis citra satelit dari Google Earth dan pengelompokkan tutupan lahan menjadi lima kelompok yaitu lahan hijau, pertanian, terbangun, terbuka, dan perairan menggunakan perangkat lunak ArcGIS untuk tahun 2017 – 2023. Dalam analisis ini, lahan hijau mencakup vegetasi lebat atau hutan, lahan pertanian mencakup areal sawah, dan lahan terbangun mencakup permukiman, gedung, serta jalan. Sementara itu, lahan terbuka mencakup kawasan berbatu atau tanah dengan vegetasi sangat jarang atau tidak ada, sedangkan perairan mencakup rawa, tambak, sungai, embung, dan waduk. Hasil analisis tutupan lahan secara keseluruhan pada DAS Juana dapat dilihat pada Gambar 3 dan persentase perubahan tutupan lahan pada Gambar 4.



Gambar 3. Tutupan Lahan DAS Juana (2017-2023)



Gambar 4. Persentase Tutupan Lahan DAS Juana (2017-2023)



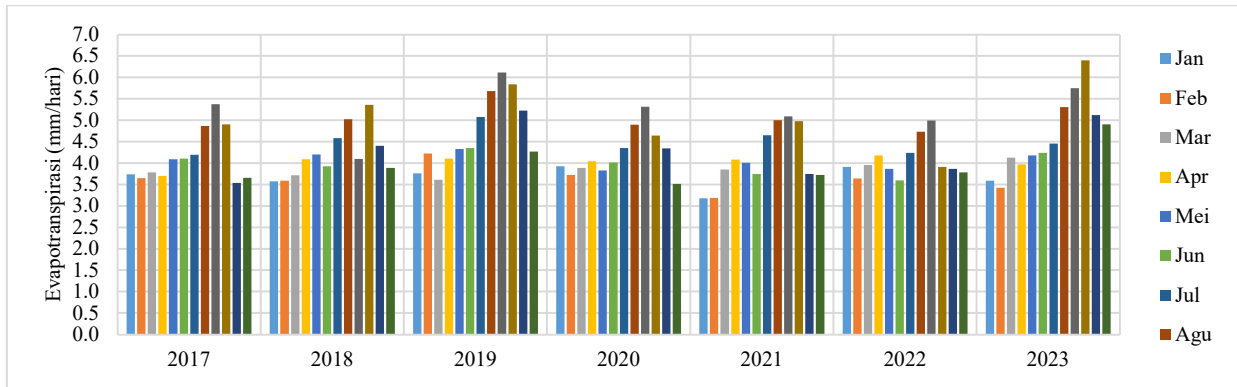
Gambar 5. Persentase Perubahan Tutupan Lahan Kumulatif DAS Juana (2017-2023)

Berdasarkan Gambar 4, tutupan lahan di DAS Juana pada 2017–2023 didominasi oleh lahan pertanian sebesar 51%. Selama periode tersebut, terjadi perubahan tutupan lahan, terutama konversi lahan hijau menjadi lahan terbangun dan lahan terbuka. Gambar 5 menunjukkan bahwa selama tujuh tahun DAS Juana terjadi konversi lahan hijau sebesar 8,3% menjadi lahan terbangun dan lahan terbuka masing-masing sebesar 3,4% dan 4,9%.

4.3. Analisis Evapotranspirasi

Analisis evapotranspirasi menggunakan data sekunder klimatologi yang diperoleh dari laman dataonline.bmkg.go.id pada tiga stasiun terdekat dengan DAS Juana yaitu stasiun Klimatologi Jawa Tengah, Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Emas, dan Stasiun Meteorologi Ahmad Yani. Data klimatologi berupa suhu udara minimum, suhu udara maksimum, kecepatan angin rata-rata, kelembapan rata-rata, dan lama penyinaran matahari untuk rentang waktu 2017 hingga 2023. Analisis data klimatologi berupa evapotranspirasi rerata bulanan dari tahun 2017 hingga 2023 yang dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6 menunjukkan bahwa evapotranspirasi DAS Juana berkisar antara 3,17 mm/hari hingga 6,40 mm/hari. Pola evapotranspirasi cenderung meningkat pada awal bulan hingga puncaknya pada bulan September atau Oktober lalu kembali menurun.



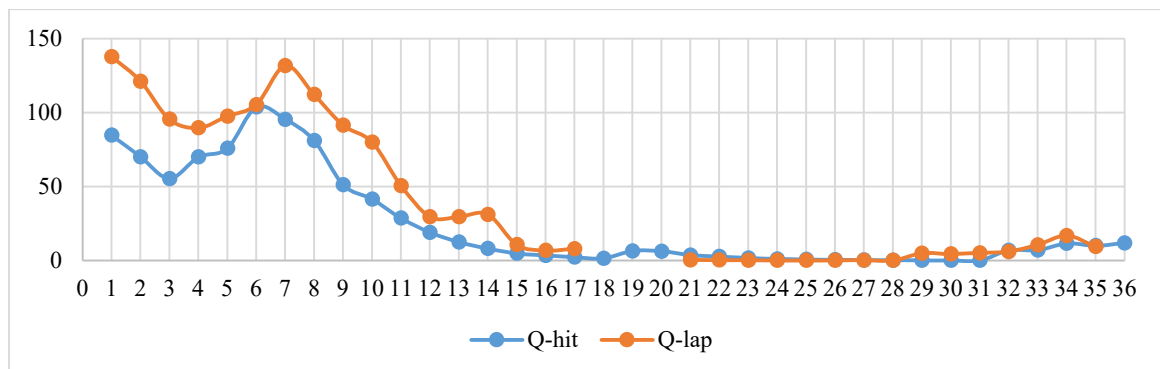
Gambar 6. Evapotranspirasi Rerata Bulanan DAS Juana (2017-2023)

4.4. Analisis Debit Aliran Rendah

Analisis debit aliran rendah metode FJ. Mock dengan menginput hasil analisis curah hujan wilayah, jumlah hari hujan, evapotranspirasi, persentase lahan terbuka, dan penentuan parameter awal untuk DAS Juana tahun 2017 hingga 2023. Dengan asumsi kenaikan persentase lahan terbuka 10% pada musim kemarau (Mock, 1973). Penentuan parameter awal berupa *Soil Moisture Capacity* (SMC), koefisien infiltrasi (*i*), faktor resesi aliran air tanah (*k*), dan *Initial Storage* (IS). Kemudian dilakukan kalibrasi debit hitungan dengan debit observasi. Dikarenakan debit observasi hanya ada pada Pos Duga Air (PDA) Juana-Tanjang dengan koordinat 6°47'23,94" LS dan 111°02'5,2" BT maka perlu dilakukan analisis debit aliran rendah untuk sub-DAS Juana-Tanjang terlebih dahulu. Data observasi PDA Juana-Tanjang didapat dari BBWS Pemali Juana. Ketersediaan data debit hanya pada tahun 2023 sehingga kalibrasi dilakukan untuk tahun 2023 pada sub-DAS Juana-Tanjang. Kalibrasi dilakukan dengan mengubah parameter awal hingga menghasilkan korelasi yang optimal antara debit hitungan dan debit observasi.

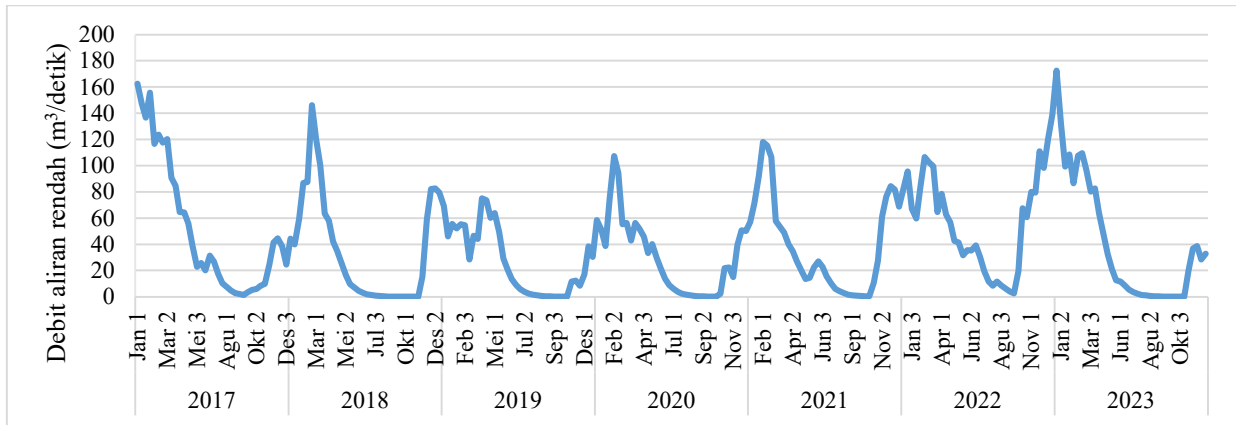
Tabel 2. Parameter Pengalihragaman Hujan-Debit FJ. Mock

Parameter	Nilai
<i>Soil Moisture Capacity</i> (SMC)	100 mm
Koefisien infiltrasi (<i>i</i>)	0,90
Faktor resesi aliran air tanah (<i>k</i>)	0,65
<i>Initial Storage</i> (IS)	250 mm



Gambar 7. Kalibrasi Debit Hitungan dengan Debit Observasi Sub-DAS 1 (2023)

Gambar 7 menunjukkan debit hasil FJ. Mock (hitungan) memiliki kecenderungan pola yang mendekati debit observasi dengan nilai $R^2 = 0,93$ (sangat baik) dan $NSE = 0,79$ (baik). Hal ini menunjukkan debit aliran rendah model FJ. Mock dapat digunakan untuk analisis selanjutnya. Debit aliran rendah DAS Juana dihitung menggunakan parameter yang sudah dikalibrasi seperti tertera pada Tabel 2.

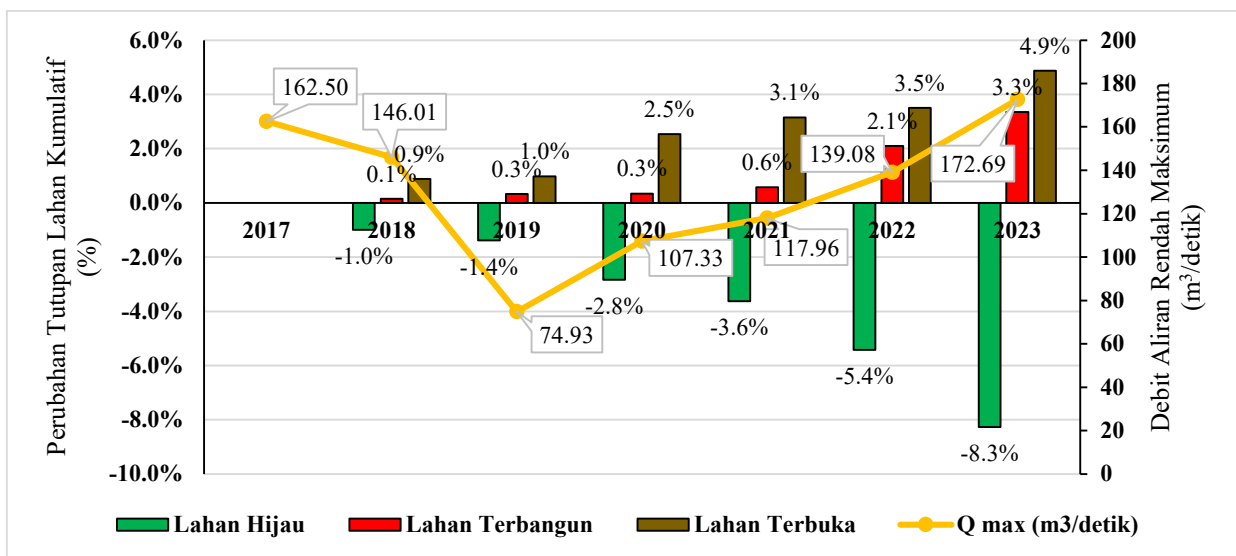


Gambar 8. Debit Aliran Rendah DAS Juana (2017-2023)

Hasil analisis debit aliran rendah FJ. Mock untuk DAS Juana tahun 2017 – 2023 dapat dilihat pada Gambar 8 dengan debit aliran rendah maksimum berturut turut sebesar 162,50 m³/detik, 146,01 m³/detik, 74,93 m³/detik, 107,33 m³/detik, 117,96 m³/detik, 139,08 m³/detik, dan 172,69 m³/detik. Dari data debit aliran rendah maksimum didapat dua pola dimana terjadi penurunan debit aliran rendah maksimum dari tahun 2017 – 2019 diikuti peningkatan pada tahun 2020 – 2023.

4.5. Evaluasi Perubahan Tutupan Lahan terhadap Fluktuasi Debit Aliran Rendah

Evaluasi perubahan tutupan lahan terhadap fluktuasi debit aliran rendah dilakukan dengan membandingkan perubahan tutupan lahan yang terjadi dengan debit aliran rendah maksimum untuk tiap periodenya. Berdasarkan Gambar 9 konversi lahan hutan menjadi lahan terbangun dan lahan terbuka memperlihatkan dua kondisi debit aliran rendah maksimum. Pada tahun 2017 – 2019 konversi lahan hutan menjadi lahan terbangun dan terbuka menyebabkan debit aliran rendah maksimum mengalami penurunan. Penurunan ini dibarengi dengan peningkatan durasi musim kemarau di tahun 2017 hingga 2019 dimana pada tahun 2019 durasi musim kemarau mencapai durasi tertinggi, 25 dasarian. Sedangkan pada tahun 2020 – 2023 konversi lahan hutan menjadi lahan terbangun dan terbuka menyebabkan debit aliran rendah maksimum mengalami peningkatan.



Gambar 9. Debit Aliran Rendah Maksimum dan Persentase Perubahan Tutupan Lahan DAS Juana (2017-2023)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Tutupan lahan di DAS Juana pada 2017–2023 didominasi oleh lahan pertanian sebesar 51%. Selama periode tersebut, terjadi perubahan tutupan lahan, terutama konversi lahan hijau menjadi lahan terbangun dan lahan terbuka. Selama tujuh tahun terjadi konversi lahan hijau sebesar 8,3% menjadi lahan terbangun dan lahan terbuka masing-masing sebesar 3,4% dan 4,9% pada DAS Juana.

Hasil analisis debit aliran rendah FJ. Mock untuk DAS Juana tahun 2017 – 2023 dengan debit aliran rendah maksimum berturut turut sebesar 162,50 m³/detik, 146,01 m³/detik, 74,93 m³/detik, 107,33 m³/detik, 117,96 m³/detik, 139,08 m³/detik, dan 172,69 m³/detik. Dari data debit aliran rendah maksimum didapat dua pola dimana terjadi penurunan debit aliran rendah maksimum dari tahun 2017 – 2019 diikuti peningkatan pada tahun 2020 – 2023.

Konversi lahan hutan menjadi lahan terbangun dan lahan terbuka memperlihatkan dua kondisi debit aliran rendah maksimum. Pada tahun 2017 – 2019 konversi lahan hutan menjadi lahan terbangun dan terbuka menyebabkan debit aliran rendah maksimum mengalami penurunan. Penurunan ini dibarengi dengan peningkatan durasi musim kemarau di tahun 2017 hingga 2019 dimana pada tahun 2019 durasi musim kemarau mencapai durasi tertinggi, 25 dasarian. Sedangkan pada tahun 2020 – 2023 konversi lahan hutan menjadi lahan terbangun dan terbuka menyebabkan debit aliran rendah maksimum mengalami peningkatan.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan adalah perlunya data debit lapangan yang memadai untuk memverifikasi data hitungan pada FJ. Mock. Pengembangan lebih lanjut terkait dampak debit aliran rendah ditinjau dari tutupan lahan dan perubahan iklim yang dapat membantu dalam perencanaan pengelolaan sumber daya air kedepannya. Tutupan lahan bisa diklasifikasikan dengan lebih rinci agar terlihat dampaknya pada kondisi debit aliran rendah suatu daerah.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. 1998. *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Farchan, A. 2024. Pemodelan Angkutan Sedimen dan Perubahan Dasar Sungai (Studi Kasus: Sungai Juana). *Journal on Education*. 06(02), 12203-12212. Retrieved from <http://jonedu.org/index.php/joe>
- Firmansyah, Y., Muliati, Y. 2020. Analisis Data Curah Hujan yang Hilang dengan Menggunakan Metode Rasional dan Metode Inversed Square Distance.
- Istiarto, Wibowo, G. 2007. Sistem Pengendalian Banjir Kali Juana. *Dinamika Teknik Sipil*. 7(2), 191-197.
- Jamal, I. F., Musa, R., Malombasi, A. 2025. Model hujan-limpasan (rainfall-runoff model) untuk prediksi inflow pada Bendungan Bili-Bili. *JUTIN: Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*. 8(1), 1000-1013. doi:10.31004/jutin.v8i1.41503
- Juaeni, I. 2012. Analisis Outlier Data Curah Hujan Berdasarkan Tropical Rainfall Measuring Mission Untuk Wilayah Jawa-Bali. *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara*. 7, 18-26.
- Karra, K., Kontgis, C., Statman-Weil, Z., Mazzariello, J., Mathis, M., Brumby, S. 2021. Global Land Use/Land Cover with Sentinel-2 and Deep Learning. *2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS*. 4704-4707. doi:10.1109/IGARSS47720.2021.9553499
- Mock, F. 1973. *Land Capability Appraisal Indonesai: Water Availability Appraisal*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Bogor.
- Muma, M., Assani, A., Landry, R., Quessy, J.-F., Mesfioui, M. 2011. Effects of the change from forest to agriculture land use on the spatial variability of summer extreme daily flow characteristics in southern Quebec (Canada). *Journal of Hydrology*. 153-163. doi:10.1016/j.jhydrol.2011.07.020

- Sihombing, P., Suryadiningrat, Sunarjo, D., Yuda, Y. 2022. Identifikasi Data Outlier (Pencilan) dan Kenormalan Data Pada Data Univariat serta Alternatif Penyelesaiannya. *Jurnal Ekonomi dan Statistik Indonesia*. 2(3), 307-316. doi:10.11594/jesi.02.03.07
- Tena, T., Mwaanga, P., Nguvulu, A. 2019. Impact of Land Use/Land Cover Change on Hydrological Components in Chongwe River Catchment. *Sustainability*, 1-13. doi:10.3390/su11226415
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Utama, A.G., Wijaya, A.P., Sukmono, A. 2016. Kajian Kerapatan Sungai Dan Indeks Penutupan Lahan Sungai Menggunakan Penginderaan Jauh (Studi Kasus: DAS Juana). *Jurnal Geodesi Undip*. 5(1), 285-293.
- Yang, S., Yang, D., Zhao, B., Ma, T., Lu, W., Santisirisomboon, J. 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*. 1-21. doi:10.3390/atmos13020150