


# Dampak Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Ketersediaan Sumber Daya Air di Daerah Irigasi Parakan Kidang, Kabupaten Tegal

## *The Impact of Land Use Changes on Water Resource Availability in the Parakan Kidang Irrigation Area, Tegal Regency*

Ery Budy Prasetyo<sup>1\*</sup>, Abdul Khamid<sup>2</sup>, Yulia Feriska<sup>3</sup>, Wahidin<sup>4</sup>, Abdul Latif Nurdin<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhadi Setiabudi, Brebes, Indonesia

E-mail: <sup>1\*</sup>[erybudy@gmail.com](mailto:erybudy@gmail.com), <sup>2</sup>[abdulkhamid.mt@gmail.com](mailto:abdulkhamid.mt@gmail.com), <sup>3</sup>[liaferiska09@gmail.com](mailto:liaferiska09@gmail.com),  
<sup>4</sup>[wahidinnaures@gmail.com](mailto:wahidinnaures@gmail.com), <sup>5</sup>[studiokp3k.brebes@gmail.com](mailto:studiokp3k.brebes@gmail.com)

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><b>Article History:</b> Received: 08 12, 2025 Revised: 09 19, 2025 Accepted: 09 20, 2025</p> <hr/> <p><b>Keywords:</b> Irrigation Area, Parakan Kidang, Water Availability, Land Use</p>	<p><i>The Parakan Kidang Irrigation Area is an irrigation system that receives water supply from the Parakan Kidang Weir, sourced from the Gintung River. In recent years, land use changes have occurred in the area, which may affect the quality and availability of water resources. Pollution from household, industrial, or agricultural waste has the potential to damage ecosystems and reduce the sustainability of water resources. This study aims to analyze the impact of land use changes on water resource availability in the Parakan Kidang Irrigation Area, focusing on identifying patterns of land use change, analyzing water quantity, and assessing mitigation efforts to maintain irrigation system sustainability. The research employed a quantitative approach using spatial and temporal data analysis through QGIS, SWAT, and Moran's I correlation tests. The results indicate that the comparison of water availability in the Parakan Kidang area shows that a deficit of 800 L/s can be met. Land use changes significantly affect the quantity of water resources in the Parakan Kidang Irrigation Area, with calibrated daily simulation flows showing that 83.2% of water demand can be fulfilled.</i></p> <p><i>This is an open access article under the <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/">CC BY-SA</a> license.</i></p>
<p><b>Corresponding Author:</b> Ery Budy Prasetyo E-mail: <a href="mailto:erybudy@gmail.com">erybudy@gmail.com</a></p>	

### Abstrak

Daerah Irigasi Parakan Kidang merupakan sistem irigasi yang mendapatkan layanan air irigasi dari bendung Parakan Kidang yang sumber airnya berasal dari Kali Gintung, dalam beberapa tahun perubahan tata guna lahan terjadi dikawasan yang dapat mempengaruhi kualitas air yang tersedia, di mana adanya pencemaran dari limbah rumah tangga, industri, atau pertanian dapat merusak ekosistem dan mengurangi keberlanjutan sumber daya air. Penelitian bertujuan untuk menganalisis dampak perubahan tata guna lahan terhadap ketersediaan sumber daya air di daerah irigasi Parakan Kidang, dengan fokus pada identifikasi pola perubahan penggunaan lahan, analisis kuantitas dan upaya mitigasi yang dapat dilakukan untuk menjaga keberlanjutan sistem irigasi. Metode yang digunakan dalam penelitian berupa pendekatan kuantitatif dengan analisis data spasial dan temporal berupa analisis Qgis, SWAT dan Uji Korelasi Moran. Hasil penelitian menunjukkan Perbandingan antara ketersediaan air di wilayah Parakan Kidang mengindikasikan bahwa kekurangan air sebesar 800 lt/dt dapat terpenuhi. Perubahan tata guna lahan memberikan dampak kuantitas sumber daya air di daerah irigasi Parakan Kidang pada perolehan debit simulasi harian terkalibrasi kebutuhan air terpenuhi sebesar 83.2 %.

**Kata kunci:** Daerah\_Irigasi, Parakan\_Kidang, Ketersedian\_Air, Tata\_Guna\_Lahan

### 1. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah dan kepadatan penduduk suatu daerah secara pesat telah memicu transformasi sosial-ekonomi dan perubahan penggunaan lahan yang signifikan [1]. Fenomena ini tidak hanya sekadar persoalan demografis, tetapi telah menimbulkan konsekuensi multidimensi terhadap tata ruang dan lingkungan. Implikasi yang paling nyata terlihat pada tekanan terhadap

kebutuhan pelayanan prasarana dan sarana yang semakin kompleks. Pola pemanfaatan lahan yang seringkali menyimpang dari rencana tata ruang telah menjadi gejala umum di banyak kawasan. Konversi lahan-lahan resapan air seperti rawa, sawah, dan daerah tangkapan hujan menjadi kawasan permukiman, pertokoan, dan kawasan industri dilakukan tanpa pertimbangan memadai terhadap kapasitas sistem drainase lingkungan. Intensifikasi pemanfaatan lahan tersebut telah menciptakan kendala signifikan dalam penyediaan infrastruktur pendukung, sementara tuntutan masyarakat terhadap ketersediaan sarana dan prasarana yang memadai terus meningkat.

Kondisi keterbatasan lahan mengharuskan setiap usaha pemanfaatannya ditata secara optimal untuk mencapai efisiensi dan efektivitas. Realitas ini muncul karena ketersediaan lahan yang terbatas tidak sebanding dengan tingkat pemanfaatan lahan yang tertutup bangunan, sehingga berpotensi meningkatkan volume limpasan air permukaan pada musim hujan dan memicu terjadinya banjir [2]. Perubahan tata guna lahan dalam skala masif, seperti pembukaan kawasan perkebunan skala besar, permukiman, dan industri, mengakibatkan transformasi siklus hidrologi dimana air hujan yang seharusnya mengalami infiltrasi dan perkolasi justru berubah menjadi aliran permukaan (*surface flow*) yang langsung menuju sungai dan danau [3]. Transformasi ini secara fundamental mengganggu keseimbangan hidrologis dan lingkungan sekitarnya.

Perubahan tata guna lahan yang luas pada kawasan Daerah Aliran Sungai (DAS) lebih lanjut mengakibatkan terganggunya siklus hidrologi secara keseluruhan [4]. Data aliran dasar di Titik Kontrol Pantauan Banjir Bendung Parakan Kidang menunjukkan kecenderungan peningkatan fluktuasi debit maksimum yang signifikan sejak tahun 2018 hingga 2024, sementara debit minimum menunjukkan tren penurunan yang mengkhawatirkan. Daerah Irigasi Parakan Kidang yang terletak di Desa Jembayat, Kecamatan Margasari, Kabupaten Tegal, dengan luas catchment area 1.344,27 km<sup>2</sup>, mengalami penyusutan areal fungsional dari 1724 Ha menjadi 1657 Ha, mengindikasikan perubahan tata guna lahan seluas 67 Ha.

Penelitian ini memiliki tingkat urgensi yang tinggi mengingat dampak sistemik yang ditimbulkan oleh perubahan tata guna lahan terhadap ketahanan air dan ketahanan pangan. Daerah Irigasi Parakan Kidang merupakan tulang punggung sistem produksi pertanian di wilayah Kabupaten Tegal yang mendukung kehidupan ribuan petani. Gangguan terhadap sistem irigasi ini akan berimplikasi langsung pada menurunnya produktivitas pertanian, terganggunya pasokan pangan, dan menurunnya kesejahteraan masyarakat [5]. Temuan penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah bagi perumusan kebijakan pengendalian alih fungsi lahan dan strategi adaptasi perubahan iklim di tingkat regional.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji hubungan antara perubahan tata guna lahan dengan dinamika sumber daya air. Anggito [6] menemukan bahwa konversi lahan pertanian menjadi permukiman meningkatkan koefisien limpasan sebesar 35-40% di DAS Citarum. Soemarno [7] mengidentifikasi penurunan kapasitas infiltrasi sebesar 25% pada lahan yang mengalami perubahan dari vegetasi permanen menjadi permukiman. Wadji Kamal [8] menunjukkan korelasi kuat antara peningkatan luas area terbangun dengan penurunan debit andalan sungai sebesar 15-20% di DAS Brantas. Penelitian-penelitian tersebut belum secara khusus mengintegrasikan analisis kuantitas-kualitas air dengan pendekatan spasial-temporal yang komprehensif di daerah irigasi. Penelitian ini mengisi celah akademik tersebut dengan melakukan analisis terintegrasi yang mempertimbangkan aspek hidrologi, lingkungan, dan sosial-ekonomi secara simultan.

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, permasalahan penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut: Bagaimana pola spasial-temporal perubahan tata guna lahan di Daerah Irigasi Parakan Kidang dalam dekade terakhir?; Sejauh mana perubahan tata guna lahan mempengaruhi kuantitas dan kualitas sumber daya air untuk irigasi?; Faktor-faktor determinan apa yang mempengaruhi dinamika perubahan tata guna lahan di wilayah studi?; Strategi mitigasi seperti apa yang efektif untuk mengurangi dampak negatif perubahan tata guna lahan terhadap keberlanjutan sistem irigasi?

Penelitian ini bertujuan untuk: Memetakan dinamika perubahan tata guna lahan di Daerah Irigasi Parakan Kidang periode 2014-2024; Menganalisis pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap kuantitas dan kualitas air irigasi; Mengidentifikasi faktor-faktor pendorong perubahan tata guna lahan; Merumuskan model pengelolaan terpadu untuk keberlanjutan sistem irigasi.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademis dalam pengembangan ilmu pengelolaan sumber daya air dan perencanaan tata ruang berkelanjutan. Secara praktis, penelitian ini dapat menjadi dasar perumusan kebijakan pengendalian alih fungsi lahan dan strategi konservasi sumber daya air di tingkat daerah. Bagi masyarakat, temuan penelitian dapat meningkatkan kesadaran tentang pentingnya menjaga kelestarian lahan dan sumber air untuk keberlanjutan kehidupan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis data spasial dan temporal untuk menilai dampak perubahan tata guna lahan terhadap ketersediaan air di Daerah Irigasi Parakan Kidang. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan pengukuran yang lebih objektif dan sistematis, serta dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai hubungan antara perubahan lahan dan sumber daya air. Desain penelitian bersifat deskriptif-analitik untuk menggambarkan perubahan tata guna lahan sekaligus menganalisis dampaknya terhadap ketersediaan dan kualitas sumber daya air [9].

Lokasi penelitian difokuskan pada Daerah Irigasi Parakan Kidang di Kabupaten Tegal yang mengalami perubahan tata guna lahan signifikan dalam 2-4 tahun terakhir. Pemilihan lokasi didasarkan pada tiga kriteria utama: ketersediaan data perubahan tata guna lahan yang dapat diakses, ketergantungan pada sistem irigasi untuk kegiatan pertanian, serta keberagaman tipe perubahan lahan dari pertanian ke non-pertanian.

Pengumpulan data meliputi data primer dan sekunder. Data primer mencakup data spasial dari citra satelit Landsat yang dianalisis menggunakan perangkat lunak Quantum GIS, data ketersediaan dan kualitas air dari pengelola irigasi setempat, serta data sosial-ekonomi melalui wawancara dengan pemerintah daerah dan petani. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait seperti Badan Pusat Statistik dan Dinas Pemerintah Daerah.

Analisis data dilakukan melalui tiga pendekatan utama. *Geoprocessing* dengan fungsi *Union* dalam SIG digunakan untuk mengintegrasikan berbagai theme data spasial [10]. Simulasi *Soil and Water Assessment Tool (SWAT)* diaplikasikan untuk memprediksi ketersediaan air dengan input data spasial dan atribut seperti peta penggunaan lahan, jenis tanah, DEM, serta data iklim [11]. Analisis *Global Moran's I* digunakan untuk mengidentifikasi autokorelasi spasial perubahan tata guna lahan di seluruh wilayah studi [12].

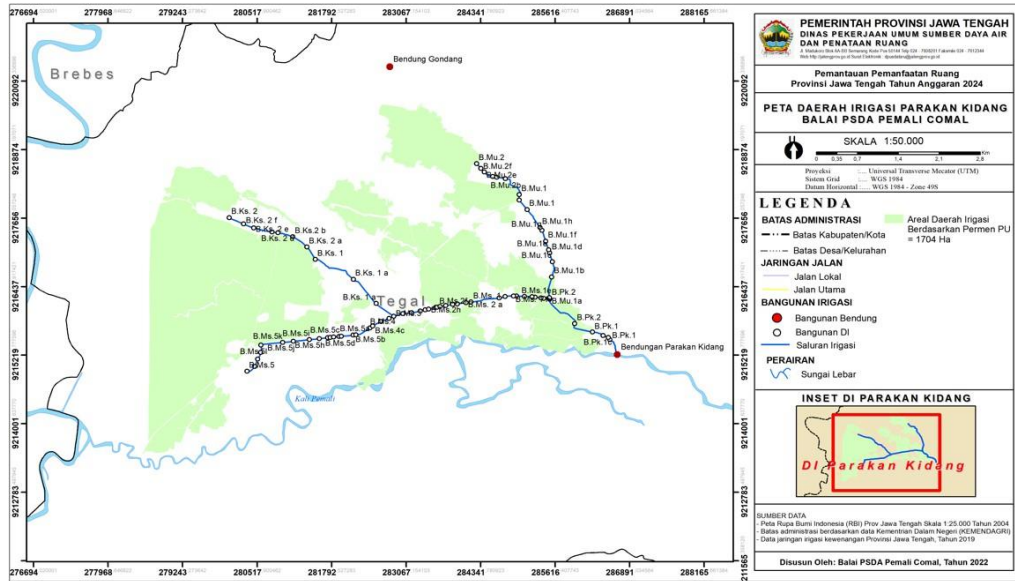
Berdasarkan hasil analisis, penelitian akan menyusun rekomendasi mitigasi yang mencakup kebijakan pengelolaan tata guna lahan, teknik konservasi air, dan peningkatan kualitas air. Penelitian direncanakan berlangsung selama empat bulan dengan tahapan pengajuan proposal, pengumpulan data, analisis data, penyusunan laporan, serta penyampaian laporan akhir.

Kerangka penelitian dirancang untuk menganalisis dampak perubahan penutupan lahan terhadap ketersediaan air dan menyusun langkah mitigasi yang tepat. Hipotesis penelitian menguji pengaruh signifikan perubahan tata guna lahan terhadap ketersediaan sumber daya air di daerah irigasi, dengan H1 menerima adanya pengaruh signifikan dan H0 menolaknya.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Daerah Irigasi (DI) Parakan Kidang secara administratif berada di Desa Jembayat, Kecamatan Margasari, Kabupaten Tegal. Wilayah ini memiliki luas administratif 966 ha dengan penggunaan lahan yang didominasi pertanian sawah. Secara topografi berada pada koordinat  $-7.0667^{\circ}$  LS dan  $109.0333^{\circ}$  BT dengan jenis tanah yang bervariasi seperti aluvial, grumosol, latosol, litosol, podzolik, dan regosol. Tanah aluvial menempati luasan terbesar yaitu 420 ha, yang menunjukkan potensi tinggi untuk pengembangan sektor pertanian dan perikanan. Penduduk berjumlah 17.684 jiwa, terdiri dari 8.751 laki-laki dan 8.933 perempuan, dengan peningkatan signifikan dalam 25 tahun terakhir.



Gambar 1. Peta DI Parakan Kidang

DI Parakan Kidang merupakan bagian dari wilayah DAS Pemali Comal dengan luas daerah irigasi sebesar 1.704 Ha. Pola aliran secara umum adalah paralel dengan bentuk modifikasi pinnate. Kondisi ini menunjukkan daerah dengan kemiringan sedang hingga agak curam serta dijumpai pada bentuk lahan perbukitan memanjang [13]. Pola peralihan antara dendritik, paralel, dan trellis juga sering terjadi. Lahan persawahan berbentuk memanjang mengikuti pola pengaliran paralel. Bentuk daerah irigasi yang memanjang menyebabkan debit sungai relatif kecil [14]. Saat terjadi hujan, air memerlukan waktu lebih lama untuk terkumpul dalam sistem sungai. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai outlet DI juga lebih lama dibandingkan daerah irigasi dengan bentuk bulat.

Hasil interpretasi QGIS menunjukkan bahwa penggunaan lahan di DI Parakan Kidang Desa Jembayat terdiri atas lahan sawah, permukiman, ladang/kebun, hutan rakyat, fasilitas umum, jalan/infrastruktur, dan lahan tidak produktif dengan luas total 966 ha. Sawah menjadi penggunaan lahan terbesar, yaitu 420 ha atau 43,5% dari total luas wilayah. Selama periode 2010–2024 terjadi perubahan penggunaan lahan seluas 180 ha atau 18% dari total luas, dengan pola peralihan mencapai 38 bentuk perubahan. Perubahan terbesar adalah pengurangan hutan sebesar 60 ha, disusul pengurangan kebun 23 ha, lahan sawah 13 ha, dan lahan tidak produktif 30 ha. Sebaliknya, permukiman mengalami peningkatan signifikan sebesar 40 ha, jalan dan infrastruktur bertambah 30 ha, serta fasilitas umum meningkat 13,4 ha.

Arah perubahan terbesar terjadi pada konversi ladang/kebun menjadi permukiman seluas 23 ha, diikuti konversi sawah menjadi permukiman seluas 13 ha, serta kebun menjadi jalan infrastruktur seluas 18 ha. Perubahan terkecil berupa konversi kebun menjadi tanah kosong hanya 0,051 ha. Pertambahan jumlah penduduk sebesar 3.175 jiwa dalam kurun waktu 14 tahun memicu peningkatan kebutuhan lahan permukiman, sehingga kepadatan wilayah naik menjadi 1.361 jiwa/km<sup>2</sup>. Perubahan penggunaan lahan berdampak pada berkurangnya kawasan resapan, meningkatnya alih fungsi hutan rakyat, serta bertambahnya kawasan terbangun yang berpotensi meningkatkan limpasan permukaan [15].

Data curah hujan DI Parakan Kidang Desa Jembayat diperoleh dari Pos Pesayangan dan Pos Tuwel periode 2014–2024. Curah hujan maksimum tercatat pada Desember 2022 dengan intensitas 205 mm/hari di Pos Pesayangan dan 140 mm/hari di Pos Tuwel. Hasil simulasi SWAT menunjukkan debit maksimum sebesar 187 m<sup>3</sup>/s, debit minimum 44,46 m<sup>3</sup>/s, dan rata-rata 91,479 m<sup>3</sup>/s. Debit observasi lebih rendah dibanding debit simulasi sehingga diperlukan proses kalibrasi menggunakan SWAT-CUP metode SUF12. Kalibrasi menghasilkan nilai p-factor 0,87, r-factor 2,36, R<sup>2</sup> 0,08, dan NS 0,04. Nilai ini menunjukkan model sudah valid berdasarkan p-factor tetapi masih lemah pada R<sup>2</sup> dan NS. Ketersediaan air baku sebesar 0,8 m<sup>3</sup>/s dapat dipenuhi hingga 87% dari total kebutuhan. Analisis autokorelasi spasial menunjukkan nilai Moran's I sebesar 0,272052 dengan z-score 2,11392 dan p-

value 0,028011. Hasil ini membuktikan terdapat autokorelasi spasial positif antara perubahan tata guna lahan dan ketersediaan air.

**Tabel 1.** Rata-Rata Debit Aliran Harian Tiap Tahun

No	Tahun	Debit (m <sup>3</sup> /dt)
1	2015	44,46
2	2016	47,29
3	2017	76,41
4	2018	74,43
5	2019	121,18
6	2020	68,08
7	2021	76,89
8	2022	187,00
9	2023	76,37
10	2024	142,68
	<b>Maksimum</b>	<b>187,00</b>
	<b>Minimum</b>	<b>44,46</b>
	<b>Rata-rata</b>	<b>91,479</b>

Sumber: DPUSDATARU Provinsi Jawa Tengah, 2024

Tabel 1 menunjukkan fluktuasi debit aliran harian pada periode 2015–2024. Debit maksimum tercapai pada tahun 2022 sebesar 187 m<sup>3</sup>/dt, sedangkan debit minimum terjadi pada tahun 2015 sebesar 44,46 m<sup>3</sup>/dt. Nilai rata-rata debit selama sepuluh tahun terakhir sebesar 91,479 m<sup>3</sup>/dt yang menggambarkan potensi ketersediaan air yang relatif tinggi pada DAS tersebut.

**Tabel 2.** Nilai Statistik Hasil Penelitian

Variabel	Simulasi	Kalibrasi	Validasi
p-factor	-	0,87	-
r-factor	-	2,36	-
R <sup>2</sup>	0,0006	0,08	-
NS	-0,404	0,04	-

Sumber: Hasil Analisis Data, 2024

Tabel 2 menggambarkan hasil kalibrasi model hidrologi SWAT. Nilai p-factor sebesar 0,87 menunjukkan 87% data observasi dapat tercakup dalam rentang ketidakpastian simulasi. Nilai r-factor sebesar 2,36 masih berada dalam batas wajar meskipun cukup tinggi. Nilai R<sup>2</sup> dan NS tergolong rendah yang menandakan model masih perlu disempurnakan agar mampu merepresentasikan kondisi hidrologi secara lebih akurat.

**Tabel 3.** Hasil Perhitungan Autokorelasi Spasial (*Indeks Moran*) Perubahan Tata Guna Lahan dan Ketersediaan Air

Moran's I	Nilai Harapan	Variansi	Z-Score	p-value
0,272052	-0,034483	0,0212	2,11392	0,028011

Sumber: Hasil Analisis Data, 2024

Tabel 3 menunjukkan hasil analisis autokorelasi spasial menggunakan Indeks Moran. Nilai Moran's I sebesar 0,272052 dengan z-score 2,11392 dan p-value 0,028011 mengindikasikan adanya hubungan spasial yang signifikan. Kondisi ini membuktikan bahwa perubahan tata guna lahan memiliki keterkaitan positif terhadap pola ketersediaan air di wilayah penelitian.

## Pembahasan

Penurunan luas sawah sebesar 3,2% dan hutan sebesar 4,4% dalam kurun 14 tahun mencerminkan adanya tekanan antropogenik yang signifikan pada DAS. Konversi lahan produktif menjadi permukiman yang meningkat 28% dan infrastruktur yang melonjak 150% telah mengubah keseimbangan hidrologi kawasan. Perubahan ini menyebabkan peningkatan aliran permukaan akibat berkurangnya kemampuan infiltrasi tanah sehingga rezim aliran sungai mengalami tekanan lebih besar pada musim hujan [16]. Kondisi tersebut mempercepat kejadian banjir dan mengurangi ketersediaan air tanah yang berfungsi sebagai cadangan pada musim kemarau [17].

Hasil simulasi SWAT yang memperlihatkan keterpenuhan kebutuhan air sebesar 87% masih harus diinterpretasikan secara hati-hati. Nilai  $R^2$  sebesar 0,08 dan NS sebesar 0,04 menunjukkan kelemahan model dalam menangkap variasi aliran aktual. Ketidaksesuaian tersebut berkaitan dengan keterbatasan data debit observasi, baik dari sisi jumlah titik pengamatan maupun kontinuitas pencatatan. Fluktuasi debit yang cukup besar, dari 44,46 m<sup>3</sup>/s hingga 187 m<sup>3</sup>/s, menggambarkan tingginya kerentanan sistem irigasi terhadap variabilitas iklim, terutama ketika menghadapi periode ekstrem basah dan kering.

Autokorelasi spasial positif dengan nilai Moran's I sebesar 0,272 mengindikasikan bahwa perubahan lahan tidak terjadi secara acak melainkan membentuk pola terkluster. Keberadaan kluster ini memperlihatkan adanya pengaruh faktor socio-ekonomi yang terkonsentrasi, misalnya ekspansi permukiman pada daerah tertentu yang dekat dengan pusat kegiatan ekonomi. Kluster perubahan lahan berkorelasi dengan zona yang memiliki ketersediaan air terbatas sehingga tekanan pada sumber daya air menjadi semakin besar [18].

Temuan penelitian menegaskan pentingnya strategi mitigasi berbasis data spasial untuk menjaga keberlanjutan DAS. Proteksi sempadan sungai pada zona dengan tingkat kerentanan tertinggi menjadi prioritas utama guna mengurangi erosi dan sedimentasi. Pembangunan infrastruktur resapan seperti sumur dalam atau embung desa perlu difokuskan pada area dengan tingkat perubahan lahan paling signifikan untuk meningkatkan daya simpan air [19]. Revitalisasi jaringan irigasi harus diarahkan ke zona dengan autokorelasi spasial positif agar efisiensi distribusi air dapat ditingkatkan [20]. Pendekatan ini memberikan dasar ilmiah dalam perencanaan pengelolaan DAS yang adaptif terhadap perubahan tata guna lahan dan variabilitas iklim.

## 4. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa perubahan tata guna lahan di Daerah Irigasi Parakan Kidang telah menimbulkan dampak signifikan terhadap keseimbangan hidrologi dan ketersediaan air. Penyusutan sawah dan hutan disertai peningkatan luas permukiman dan infrastruktur mengurangi kemampuan infiltrasi tanah dan meningkatkan aliran permukaan yang berpotensi memperburuk risiko banjir serta menurunkan ketersediaan air tanah. Hasil simulasi SWAT menunjukkan keterpenuhan kebutuhan air sebesar 87%, tetapi validitas model masih lemah dengan nilai  $R^2$  dan NS yang rendah sehingga interpretasi hasil memerlukan kehati-hatian. Fluktuasi debit harian yang cukup besar menandakan sistem irigasi sangat rentan terhadap variabilitas iklim. Analisis autokorelasi spasial memperlihatkan adanya pola kluster perubahan tata guna lahan yang berkorelasi dengan wilayah berisiko kekurangan air. Kondisi ini menunjukkan bahwa faktor socio-ekonomi turut berperan dalam mempercepat dinamika perubahan lahan. Rekomendasi strategi mitigasi meliputi perlindungan sempadan sungai, pembangunan infrastruktur resapan pada area kritis, serta revitalisasi jaringan irigasi pada zona dengan autokorelasi spasial positif. Pendekatan tersebut diperlukan untuk memastikan keberlanjutan sistem irigasi dan mendukung ketahanan pangan di wilayah penelitian.

## DAFTAR REFERENSI

- [1] Kusnadi, "Analisis dan Desain Elemen Struktur Beton Bertulang pada Gedung yang Memiliki Kolom Miring dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)," Universitas Lampung, Lampung, 2019.
- [2] C. Asdak, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2020.

- [3] S. Arsyad, *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press, 2006.
- [4] N. Hidayat, *Bioproses Limbah Cair*. Yogyakarta: CV. Andi Offset, 2016.
- [5] B. Karyanto, Hermawati, and F. Chauliah, "Program Sumur Resapan Biopori Jumbo sebagai Solusi Mengatasi Banjir di Kelurahan Sumur Pacing Kecamatan Karawaci Kota Tangerang Provinsi Banten," *J. Apl. dan Inov. Iptek*, vol. 1, no. 13, p. 3, 2020.
- [6] Anggito and J. Setiawan, *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Sukabumi: CV. Jejak Publisher, 2019.
- [7] Soemarno and Mahyudin, "Analisis Kualitas Air dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Metro di Kota Kepanjen Kabupaten Malang," *Indones. J. Environ. Sustain. Dev.*, vol. 2, no. 1, p. 6, 2015.
- [8] T. B. Wadji Kamal, *Pemanfaatan Teknik Pengindraan Jauh Untuk*. Yogyakarta: PUSPIC UGM BAKOSURTANAL, 1987.
- [9] A. Pudjiharta, "Pengaruh Pengelolaan Hutan pada Hidrologi (Influences of)," *Info Hutan*, vol. 2, no. 5, pp. 141–150, 2008.
- [10] Sudarmadji, P. Hadi, and W. Widyastuti, *Pengelolaan Sumber Daya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2014.
- [11] Sutrisno, Kaswanto, and H. S. Arifin, "Analisis Prediksi dan Hubungan antara Debit Air dan Curah Hujan pada Sungai Ciliwung Kota Bogor," vol. 10, no. 1, pp. 25–30, 2019.
- [12] A. Praharjo and R. Ramadhan, "Perlindungan Konservasi Mata Air di Area Sumber Mata Air Umbulan Desa Ngenep Kecamatan Karangploso," *J. Budimas*, vol. 3, no. 2, 2021.
- [13] S. P. Hadi, *Metodologi Penelitian Lingkungan Bidang Sosial*. Semarang: Undip Press, 2017.
- [14] H. Suherman and A. Firmansyah, "Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Debit Banjir di Wilayah Hilir Aliran Kali Angke," *Konstruksia*, vol. 8, no. 2, pp. 79–95, 2017.
- [15] Widiyanto, *Implementasi Kaji Cepat Hidrolog (RHA) di Hulu DAS Brantas, Jawa Timur*. Bogor: World Agroforestry Centre, 2010.
- [16] H. B. Ling, H. L. Xu, J. Y. Fu, and X. L., "Surface Runoff Processes and Sustainable Utilization of Water Resources in Manas River Basin, Xinjiang, China," *J. Arid Land*, vol. 4, no. 3, pp. 271–280, 2012.
- [17] P. E. Zope, "Development of Rainfall Intensity Duration Frequency Curves for Mumbai City, India," *J. Water Resour. Prot.*, vol. 8, no. 7, pp. 756–765, 2016.
- [18] M. Bramantiyo, *Survei dan Pemetaan dengan GPS*. Jakarta: Bramantiyo Marjuki, 2016.
- [19] F. Chasanah and D. A. Wijaya, "Evaluasi Tingkat Kerusakan Perkerasan Lentur dengan Metode Pavement," *J. Tek. Sipil*, vol. 12, no. 2, pp. 121–145, 2016.
- [20] M. Qoyyim, M. Taufiq, and Y. Feriska, "Kajian Aspek Pengendalian Banjir Daerah Aliran Sungai (DAS) Babakan Kabupaten Brebes Study of Flood Control Aspects of the Babakan Watershed, Brebes Regency," vol. 2, no. 2, pp. 89–97, 2021.