

[Research Article]



Keseimbangan Ketersediaan dan Kebutuhan Air Berbasis Tata Guna Lahan di Daerah Aliran Sungai Way Seputih

Dian Apita Sari, Fajar Rizky Ramadhan*, Lia Berliana

Program Studi Sains Informasi Geografi, Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

*Correspondance: fajarrizkyr07@upi.edu

Informasi Artikel:	Abstrak
<p>Diterima: 29 September 2025</p>	<p><i>Air merupakan sumber daya esensial yang menopang berbagai kebutuhan hidup, namun peningkatan kebutuhan akibat pertumbuhan penduduk dan perubahan tata guna lahan sering tidak sebanding dengan ketersediaannya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi defisit air pada tingkat kecamatan dengan mempertimbangkan dinamika perubahan tata guna lahan serta proyeksi kebutuhan air di masa mendatang di wilayah DAS Way Seputih. Analisis dilakukan mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 17 Tahun 2009 melalui perhitungan daya dukung air berdasarkan perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan air. Alih fungsi lahan dari pertanian ke kawasan terbangun di bagian tengah dan selatan DAS memicu penurunan ketersediaan air dan meningkatkan tekanan terhadap sumber daya air, ditunjukkan oleh tren penurunan daya dukung, dominasi kondisi defisit, indeks penggunaan air yang semakin kritis, serta indeks ketersediaan air per kapita yang telah mencapai kelangkaan mutlak. Temuan ini menegaskan perlunya perencanaan tata guna lahan dan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan untuk menjaga keseimbangan ekosistem di DAS Way Seputih.</i></p>
<p>Disetujui: 7 November 2025</p>	
<p>Dipublikasi: 1 Desember 2025</p>	
<p>Kata kunci: daya dukung air; ketersediaan air; DAS Way Seputih; Sistem Informasi Geografis.</p>	

Article Info:	Abstract
<p>Received: 29 September 2025</p>	<p><i>Water is an essential resource that supports various life needs, but increasing demand due to population growth and land use changes is often not commensurate with its availability. This study aims to analyze the potential water deficit at the sub-district level by considering the dynamics of land use changes and projections of future water needs in the Way Seputih Watershed area. The analysis was carried out with reference to the Minister of Environment Regulation No. 17 of 2009 through calculations of water carrying capacity based on a comparison between water availability and demand. Land use conversion from agriculture to built-up areas in the central and southern parts of the watershed triggers a decrease in water availability and increases pressure on water resources, indicated by a decreasing trend in carrying capacity, the dominance of deficit conditions, an increasingly critical water use index, and a per capita water availability index that has reached absolute scarcity. These findings underscore the importance of sustainable land use planning and water resource management in maintaining the ecological balance of the Way Seputih Watershed.</i></p>
<p>Accepted: 7 November 2025</p>	
<p>Published: 1 December 2025</p>	
<p>Keywords: water carrying capacity; water availability; Way Seputih watershed; Geographic Information System.</p>	

PENDAHULUAN

Air merupakan unsur alam esensial bagi keberlangsungan kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Sekitar 97% air di bumi merupakan air asin, sedangkan hanya 3% berupa air tawar, dengan sekitar dua pertiganya tersimpan sebagai es di kutub dan sisanya berupa air tanah (Indarto, 2012). Air tidak hanya berfungsi untuk memenuhi kebutuhan dasar seperti minum dan sanitasi, tetapi juga berperan penting dalam kegiatan sosial ekonomi, termasuk pertanian, industri, dan pariwisata (Admadhani dkk., 2014). Sebagai sumber daya yang bersifat mengalir (*flowing resource*), air tidak mengenal batas administrasi, sementara ketersediaan dan kebutuhannya sangat dipengaruhi oleh faktor waktu, ruang, kuantitas, dan kualitas (Ariyanto, 2021).

Adanya perkembangan wilayah secara tidak langsung menyebabkan peningkatan kebutuhan air bersamaan dengan laju pertumbuhan penduduk yang terus meningkat (Sari dkk., 2011). Permintaan air yang terus meningkat sering kali tidak sebanding dengan ketersediaan sumber daya air yang cenderung menurun. Meskipun air dianggap sebagai sumber daya berkelanjutan, faktanya distribusi dan kualitasnya sangat terbatas secara spasial maupun temporal (Indarwati, 2023). Sumber daya air dalam beberapa dekade belakangan ini mengalami penurunan baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Hal ini terjadi karena adanya pengelolaan sumber daya air yang tidak memperhatikan konsep daya dukung lingkungan baik di wilayah hulu, tengah atau di hilir (Kusumawardhani, 2020).

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2009 Pasal 1, daya dukung lingkungan hidup diartikan sebagai kemampuan lingkungan untuk mendukung keberlangsungan kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Di antara berbagai komponen lingkungan, air merupakan sumber daya yang sangat vital sekaligus dapat menjadi faktor pembatas bagi kehidupan (Xu dkk., 2011). Daya dukung air menggambarkan kemampuan sumber daya air dalam memenuhi kebutuhan berdasarkan perbandingan antara ketersediaan dan permintaan air (Santoso, 2015). Ketidakseimbangan antara ketersediaan air yang menurun dan kebutuhan yang terus meningkat menuntut pengelolaan sumber daya air yang memperhatikan keseimbangan fungsi sosial, lingkungan, dan ekonomi secara selaras.

Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya air perlu diarahkan untuk mewujudkan sinergi dan keterpaduan antarwilayah, antarsektor, serta antargenerasi (Kemeterian PUPR, 2016). Selain itu, diperlukan juga pengelolaan air yang bijak dan terintegrasi agar keseimbangan antara pasokan dan permintaan air dapat terjaga secara berkelanjutan dari waktu ke waktu (Indarwati, 2023).

Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Seputih merupakan salah satu dari lima DAS terbesar di Provinsi Lampung dengan panjang sekitar 249 km dan luas $\pm 1,184$ km². Wilayah ini mengalami fluktuasi debit air signifikan yaitu kekurangan air saat musim kemarau dan kelebihan air saat musim hujan (Tugiyono, 2008). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan dan kebutuhan air di wilayah DAS Way Seputih belum seimbang. Ketidakseimbangan ini, jika tidak dikaji dan dikelola secara tepat maka dapat menimbulkan krisis air pada beberapa kecamatan di masa mendatang. Oleh karena itu, diperlukan analisis daya dukung air berbasis proyeksi kebutuhan dan ketersediaan air agar potensi defisit dapat diidentifikasi lebih dini. Analisis daya dukung air di DAS Way Seputih juga penting sebagai dasar bagi pemerintah daerah dalam perencanaan tata ruang dan pengelolaan sumber daya air berkelanjutan di Provinsi Lampung.

Penelitian yang dilakukan oleh Ariyanto (2021) menghitung ketersediaan air menggunakan metode Non Recorded Catchment Area (NRECA) dengan daerah kajian di DAS Way Seputih yang berfokus pada Bendung Ajibaru dan Bendung Pengubuan. Sementara itu, Sandhyavritri dkk. (2016) menggunakan metode Soil and Water Assessment Tool (SWAT) untuk menghitung ketersediaan air di DAS Siak dengan mempertimbangkan perubahan tata guna lahan. Penelitian-penelitian sebelumnya lebih berfokus pada perhitungan ketersediaan air menggunakan metode tertentu tanpa mengintegrasikan proyeksi perubahan tata guna lahan dan kebutuhan air di masa depan. Penelitian ini berupaya mengisi kekosongan tersebut dengan menggabungkan pendekatan proyeksi tata guna lahan dan analisis daya dukung air di tingkat kecamatan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis wilayah DAS Way Seputih yang berpotensi mengalami kekurangan air. Untuk

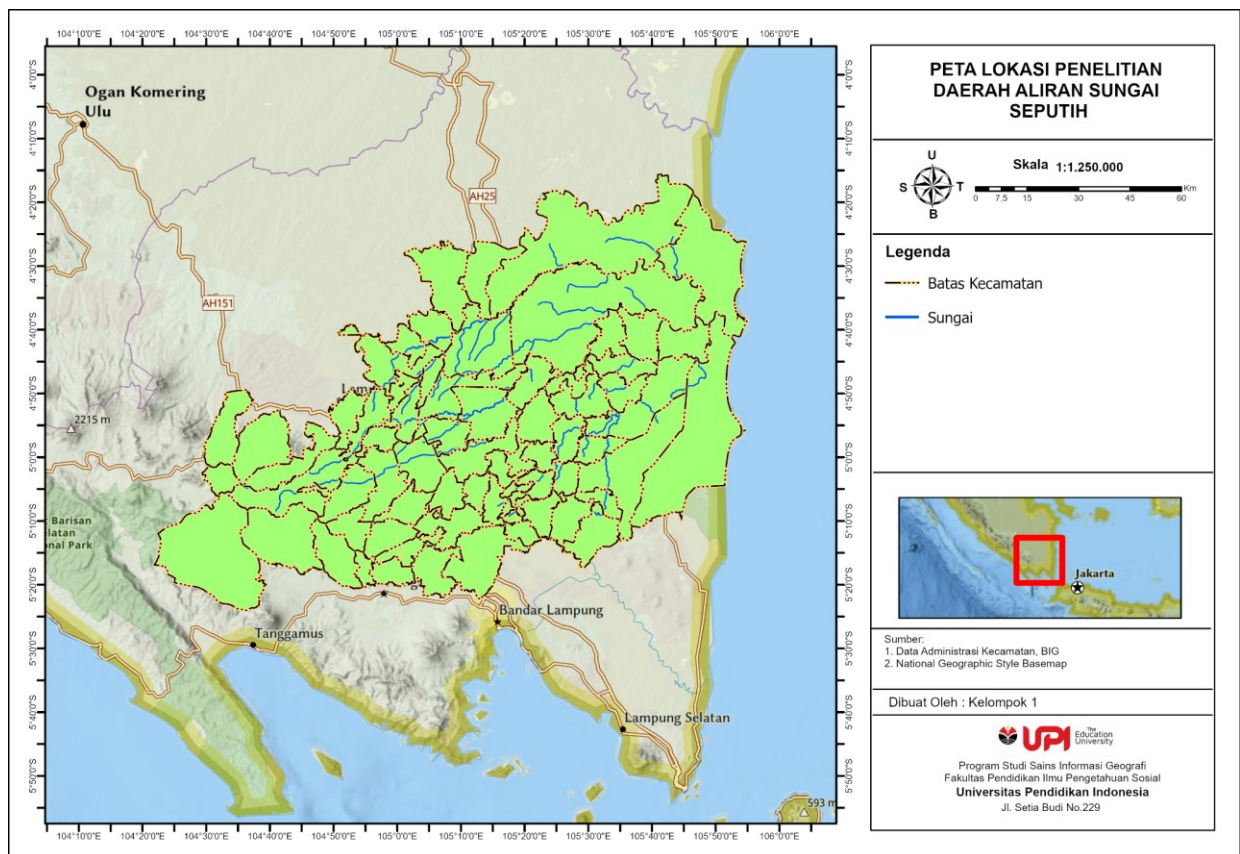
mencapai tujuan tersebut, analisis difokuskan pada perubahan ketersediaan dan kebutuhan air di tingkat kecamatan, baik yang menunjukkan peningkatan maupun penurunan. Kondisi surplus atau defisit air ditentukan melalui proyeksi dinamika ketersediaan dan kebutuhan air pada masa mendatang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengelolaan sumber daya air di DAS Way Seputih serta berkontribusi pada pengembangan metode penilaian daya dukung air berbasis tata guna lahan dan proyeksi kebutuhan air.

METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Secara geografis, penelitian ini berlokasi di Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Seputih

yang terletak pada koordinat $4^{\circ}10'0''$ – $5^{\circ}30'0''$ Lintang Selatan dan $104^{\circ}35'00''$ – $105^{\circ}50'0''$ Bujur Timur. Wilayah ini mencakup sebagian besar Kabupaten Lampung Tengah, Lampung Utara, dan Tanggamus di Provinsi Lampung. Karakteristik fisiknya terdiri atas kawasan perbukitan di bagian barat dan dataran rendah di bagian timur yang bermuara ke Laut Jawa. Secara hidrologis, DAS Way Seputih berada di antara dua DAS besar, yaitu DAS Way Pengubuan di utara dan DAS Way Sekampung di selatan, sehingga menjadikannya wilayah strategis dalam pengelolaan sumber daya air di Provinsi Lampung. Adapun penelitian ini dilakukan pada tahun 2025. Gambaran lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1 sebagai berikut di bawah ini.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan beberapa jenis data spasial dan nonspasial yang diperoleh dari berbagai instansi resmi. Data jumlah penduduk diperoleh dari Badan Pusat Statistik untuk tahun 2020 dan 2024, yang digunakan dalam perhitungan kebutuhan air di wilayah penelitian. Data curah hujan bersumber dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika

(BMKG) dan dimanfaatkan untuk menganalisis ketersediaan air.

Data spasial berupa batas administrasi diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) untuk menentukan cakupan wilayah penelitian, sedangkan batas DAS diakses dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) sebagai acuan batas hidrologis. Adapun data tutupan lahan berasal dari ESRI

Dynamic World yang mengolah Citra Sentinel-2 dengan tahun perekaman 2020 dan 2024. Data tutupan lahan tersebut digunakan untuk menganalisis variasi ketersediaan air

berdasarkan perubahan penggunaan lahan. Adapun jenis data yang digunakan pada penelitian sejaras jelas diuraikan dalam Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Jenis dan Sumber Data

Jenis Data	Data	Fungsi	Sumber	Tahun
Tabular	Jumlah Penduduk	Menentukan kebutuhan air	BPS	2020, 2024
	Curah Hujan	Menentukan ketersediaan air	BMKG	2020, 2024
Spasial	Tutupan Lahan	Menentukan ketersediaan air berbasis penggunaan lahan	Dynamic World	2020, 2024
	Batas Administrasi	Menentukan cakupan wilayah	BIG	2023
	Batas DAS	Menentukan batas hidrologis wilayah	KLHK	2023

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh seluruh variabel yang diperlukan dalam membangun model ketersediaan air dan kebutuhan air. Klasifikasi tutupan lahan pada penelitian ini menggunakan data sekunder dari ESRI Dynamic World untuk tahun 2020 dan 2024. Dataset ini dihasilkan dari citra Sentinel-2 beresolusi 10 meter yang diklasifikasikan secara otomatis melalui pendekatan *deep learning* berbasis Convolutional Neural Network (CNN). Untuk menghasilkan prediksi tutupan lahan tahun 2027 algoritma Random Forest digunakan dengan memanfaatkan data klasifikasi tahun 2020 dan 2024. Model prediktif ini dilengkapi variabel tambahan seperti elevasi dan perubahan tutupan lahan antartahun untuk mempelajari pola transisi spasial dan menghasilkan proyeksi tutupan lahan secara lebih akurat.

Proses klasifikasi memanfaatkan karakteristik spektral dan spasial tiap piksel guna menentukan kelas tutupan lahan melalui pendekatan probabilistik, di mana setiap piksel memiliki peluang terhadap beberapa kelas sebelum ditetapkan pada kelas dominan. Berdasarkan hasil klasifikasi, tutupan lahan dikelompokkan ke dalam tujuh kelas utama, yaitu area terbangun, badan air, lahan kosong, rawa, semak belukar, tanaman pangan, dan vegetasi.

Data curah hujan tahunan diperoleh dari BMKG dalam bentuk tabular berdasarkan tiap stasiun pengamatan. Nilai curah hujan rata-rata wilayah (R_R) dihitung sebagai komponen pembentuk model ketersediaan air. Pada penelitian ini tidak dilakukan interpolasi spasial mengingat analisis dilakukan pada tingkat kecamatan sehingga nilai curah hujan yang dianalisis sebagai representasi wilayah hanya mencakup administrasi.

Data jumlah penduduk tahun 2020 dan 2024 diperoleh dari BPS. Data ini digunakan untuk menghitung kebutuhan air aktual pada tahun dasar analisis sesuai standar kebutuhan air per kapita. Proyeksi jumlah penduduk dihitung untuk memperkirakan kebutuhan air pada tahun-tahun analisis berikutnya. Pada penelitian ini digunakan metode geometrik di mana pertumbuhan penduduk dihitung berdasarkan jumlah penduduk awal, jumlah penduduk akhir, serta rentang waktu proyeksi. Metode ini dipilih karena memberikan pendekatan yang lebih realistis dengan asumsi laju pertumbuhan penduduk yang relatif stabil sehingga sesuai untuk proyeksi jangka menengah. Adapun persamaan 1 yang digunakan adalah sebagai berikut (Shryok & Siegel, 1980).

$$P_n = P_0(1 + r)^t \quad (1)$$

dimana P_n merupakan jumlah penduduk pada tahun ke- n , P_0 adalah jumlah penduduk pada tahun terakhir, r adalah laju pertumbuhan penduduk lima tahun terakhir per kecamatan, dan t adalah selisih tahun ke- n dengan tahun terakhir. Perhitungan P_n dalam konteks ini sangat mempertimbangkan jumlah penduduk serta faktor-faktor yang mempengaruhinya yaitu laju pertumbuhan penduduk dan selisih tahun.

Standar kebutuhan air per kapita mengacu pada ketentuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2009. Nilai standar ini digunakan sebagai acuan untuk menghitung kebutuhan air tahunan baik untuk kondisi aktual maupun untuk skenario proyeksi.

Teknik Analisis Data Ketersediaan Air

Ketersediaan air dihitung menggunakan pendekatan neraca air berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun

2009 dengan mempertimbangkan rata-rata curah hujan tahunan wilayah, koefisien limpasan berdasarkan penggunaan lahan, dan luas wilayah analisis yang dimodifikasi dari metode rasional. Koefisien limpasan dihitung menggunakan pendekatan *weighted average* berdasarkan proporsi luas masing-masing kelas tutupan lahan menggunakan persamaan 2 (Chin dkk., 2000; Asdak, 2023).

$$C = \frac{\sum(C_i \times A_i)}{\sum A_i} \quad (2)$$

dimana C_i adalah koefisien limpasan tiap jenis tutupan lahan, A_i adalah luas penggunaan lahan ke-I, $\sum A_i$ adalah luas wilayah secara keseluruhan.

Data curah hujan bersifat tabular dan diperoleh dari stasiun hujan di wilayah penelitian. Metode ini tidak memerlukan interpolasi spasial mengingat analisis dilakukan hanya pada skala wilayah administrasi. Oleh karena itu, nilai curah hujan wilayah dihitung menggunakan rata-rata sederhana berdasarkan persamaan 3 berikut (Subramanya, 2021; Asdak, 2023).

$$R = \frac{\sum R_i}{m} \quad (3)$$

dimana R_i adalah curah hujan tahunan pada stasiun ke-i, dan m adalah jumlah stasiun pengamatan.

Penentuan nilai kapasitas ketersediaan air diperoleh dengan mengakumulasi nilai faktor konversi, koefisien limpasan, rata-rata curah hujan, dan luas wilayah. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung ketersediaan air menggunakan persamaan 4 berikut (Asdak, 2023).

$$S_A = 10 \times C \times R \times A \quad (4)$$

dimana S_A adalah ketersediaan air (m^3 /tahun), C adalah koefisien limpasan, R adalah rata-rata curah hujan tahunan wilayah (mm /tahun), A adalah luas wilayah analisis (ha), 10 adalah faktor konversi dari $mm \cdot ha$ menjadi m^3 . Nilai ketersediaan air kemudian dipetakan pada tingkat kecamatan untuk menghasilkan peta ketersediaan air. Hasil pemetaan ini menjadi dasar untuk menilai variasi spasial potensi suplai air antar kecamatan. Selain itu, peta ini digunakan untuk membandingkan perubahan

ketersediaan air antara tahun analisis aktual dan proyeksi.

Kebutuhan Air

Perhitungan kebutuhan air dilakukan pada tingkat kecamatan dan meliputi tiga komponen utama yaitu kebutuhan domestik, non domestik, dan kebutuhan untuk menjaga fungsi ekosistem. Nilai kebutuhan hidup layak air mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2009. Kebutuhan air total dihitung menggunakan persamaan 5 berikut.

$$D_A = N \times KHL_A \quad (5)$$

dimana D_A merupakan total kebutuhan air (m^3 /tahun), N adalah jumlah penduduk pada tahun analisis, dan KHL_A adalah kebutuhan air per kapita (m^3 /kapita/tahun). Nilai KHL_A pada penelitian ini bernilai $1.600 m^3$ /kapita/tahun untuk kebutuhan domestik dan nondomestik serta kebutuhan dasar untuk keberlanjutan lingkungan.

Daya Dukung Air

Daya dukung air dianalisis dengan membandingkan antara ketersediaan air dan kebutuhan air pada setiap kecamatan. Rasio keduanya disajikan dalam bentuk indeks daya dukung air berdasarkan persamaan 6 berikut (Kementerian Lingkungan Hidup, 2009).

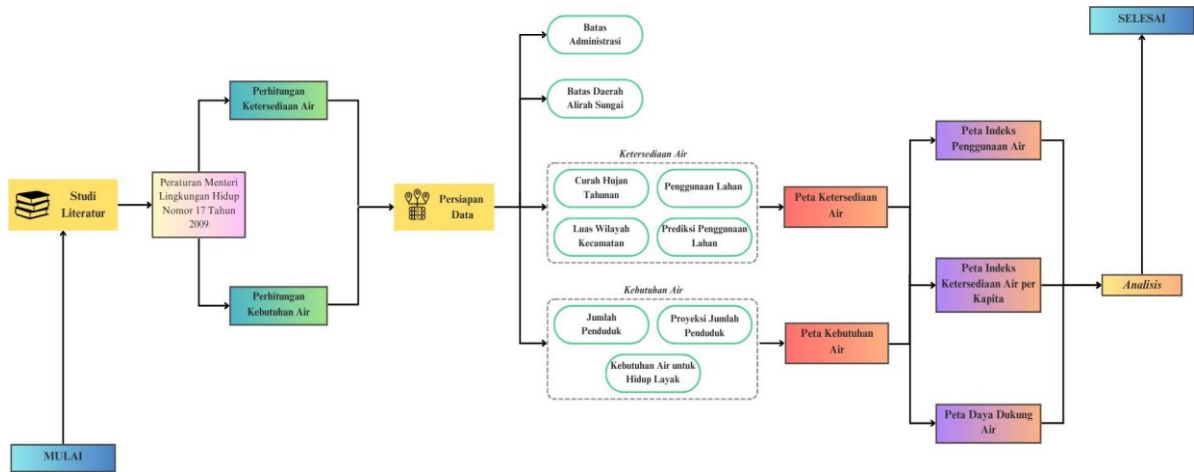
$$IDD = \frac{S_A}{D_A} \quad (6)$$

dimana IDD adalah indeks daya dukung, S_A adalah ketersediaan air (m^3 /tahun), D_A adalah total kebutuhan air (m^3 /tahun). Wilayah dengan nilai indeks > 1 dikategorikan surplus, sedangkan wilayah dengan nilai < 1 dikategorikan defisit. Informasi tersebut kemudian divisualisasikan dalam Peta Daya Dukung Air untuk menunjukkan sebaran spasial kecamatan yang berpotensi mengalami kekurangan atau kelebihan air. Adapun alur penelitian yang menjelaskan seluruh tahapan proses penelitian disajikan melalui Gambar 2.

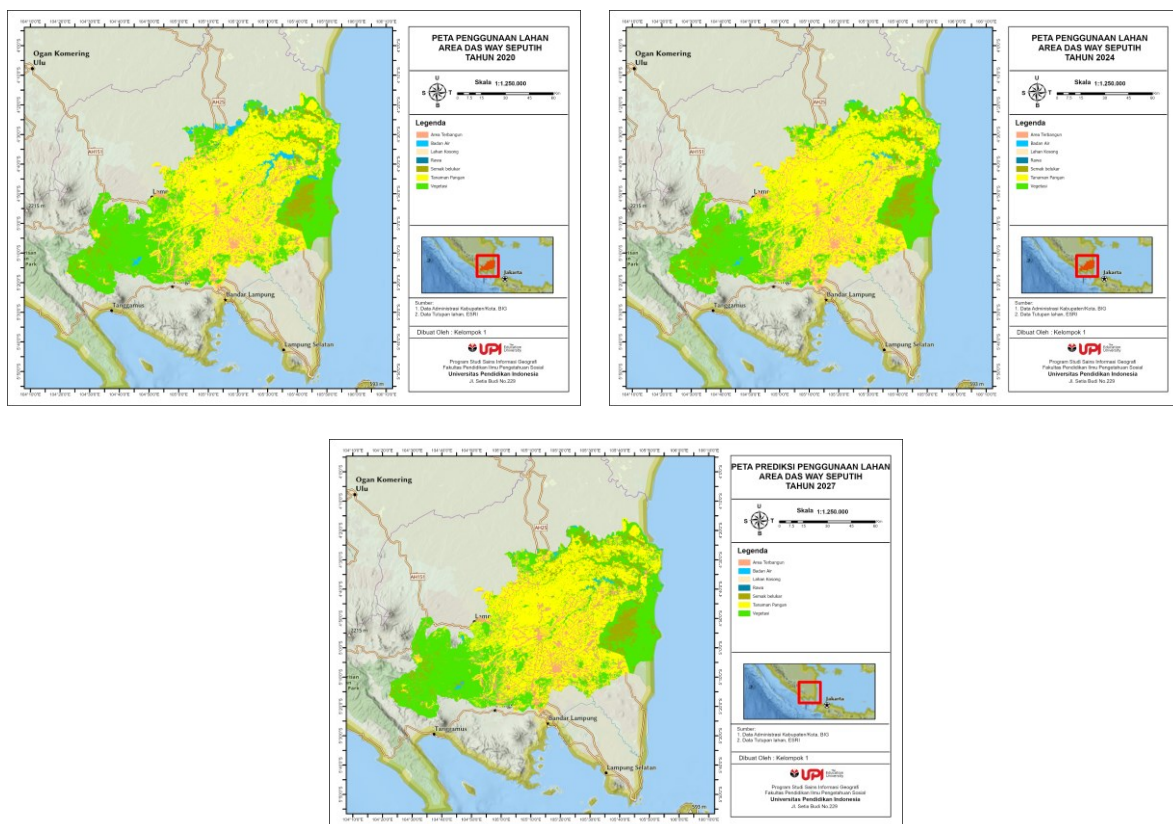
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tutupan Lahan

Peta tutupan lahan yang dihasilkan memiliki tujuh kelas untuk setiap tahun analisis yaitu 2020, 2024, dan 2027. Adapun peta tutupan lahan DAS Way Seputih disajikan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Peta Penggunaan Lahan Daerah Aliran Sungai Way Seputih Tahun 2020, 2024, dan 2027

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa penggunaan lahan di DAS Way Seputih pada tahun 2020 didominasi oleh lahan tanaman pangan yang tersebar luas di bagian tengah hingga timur wilayah DAS. Kondisi ini menunjukkan bahwa aktivitas pertanian masih menjadi bentuk pemanfaatan lahan utama oleh masyarakat setempat. Pada saat yang sama, tutupan vegetasi alami masih mendominasi terutama di bagian barat dan tenggara, mengindikasikan kawasan yang relatif belum mengalami tekanan tinggi dari aktivitas

manusia. Area terbangun pada tahun ini masih terbatas dan terkonsentrasi di sekitar pusat-pusat permukiman. Sementara itu, badan air dan rawa hadir dalam luasan kecil, sedangkan lahan kosong dan semak belukar muncul sebagai indikasi wilayah yang belum termanfaatkan optimal atau sedang mengalami transisi penggunaan lahan. Temuan pola awal ini selaras dengan karakteristik umum DAS di wilayah agraris, di mana tanaman pangan dan vegetasi alami menjadi penutup lahan dominan (Setyowati dkk., 2021; Heryani dkk., 2022).

Dinamikan penggunaan lahan pada tahun 2024 juga menunjukkan perubahan yang cukup signifikan. Area terbangun mengalami peningkatan mencolok, terutama di wilayah tengah dan timur DAS yang mengindikasikan perluasan kawasan permukiman serta pembangunan infrastruktur. Fenomena ini umum terjadi pada DAS yang mengalami pertumbuhan ekonomi dan peningkatan aktivitas pembangunan (Halдар dkk., 2024). Sebaliknya, luas lahan tanaman pangan mengalami penurunan yang kecil yang diduga terkait dengan alih fungsi lahan untuk kebutuhan pembangunan. Di sisi lain, tutupan vegetasi alami justru meningkat, terutama di bagian barat dan tenggara. Peningkatan ini dapat dikaitkan dengan program rehabilitasi lahan, upaya konservasi, atau regenerasi vegetasi pada area yang sebelumnya mengalami degradasi. Sementara itu, lahan kosong dan semak belukar menunjukkan kecenderungan menurun yang menandakan pemanfaatan lahan yang lebih intensif dibandingkan periode sebelumnya.

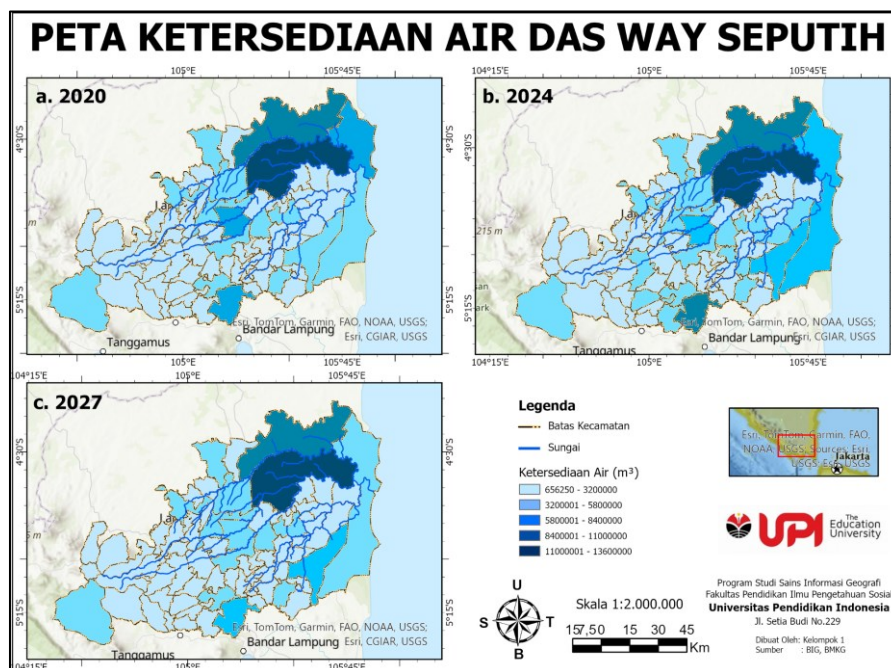
Secara keseluruhan, perubahan antara tahun 2020 dan 2024 memperlihatkan tren urbanisasi yang semakin menguat serta alih fungsi lahan dari tanaman pangan ke area terbangun. Tren ini sejalan dengan berbagai studi yang menunjukkan bahwa urbanisasi merupakan faktor pendorong utama perubahan penggunaan lahan di banyak DAS di Indonesia (Setyorini dkk., 2017; Dib dkk., 2018).

Meskipun demikian, peningkatan tutupan vegetasi memberikan sinyal positif bagi upaya perbaikan kondisi ekologis DAS, terutama dalam menjaga fungsi hidrologis dan kualitas lingkungan.

Hasil proyeksi penggunaan lahan tahun 2027 menunjukkan kelanjutan pola perubahan yang terjadi pada dua periode sebelumnya. Area terbangun diproyeksikan meningkat terutama di bagian tengah hingga timur DAS, dengan perluasan ke arah selatan mendekati wilayah perkotaan. Lahan tanaman pangan tetap menjadi penutup lahan dominan, meskipun mengalami penyusutan di beberapa lokasi yang terdampak alih fungsi lahan. Sementara itu, tutupan vegetasi alami dan semak belukar diperkirakan relatif stabil, bahkan cenderung meningkat di bagian barat dan timur wilayah. Pola ini konsisten dengan model-model prediksi penggunaan lahan berbasis *machine learning* yang menunjukkan bahwa pertumbuhan area terbangun dan perubahan lahan pertanian merupakan tren umum pada kawasan yang mengalami peningkatan aktivitas pembangunan (Liu dkk., 2017; Zhang dkk., 2023).

Ketersediaan Air

Peta kebutuhan air diperoleh koefisien limpasan berdasarkan penggunaan lahan, dan luas wilayah untuk tahun 2020 dan 2024, kemudian diproyeksikan hingga tahun 2027. Adapun peta ketersediaan air DAS Way Seputih disajikan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Peta Ketersediaan Air Daerah Aliran Sungai Way Seputih

Distribusi ketersediaan air di DAS Way Seputih sepanjang tahun 2020 hingga 2027 menunjukkan pola spasial yang relatif stabil (Gambar 4). Area dengan ketersediaan air tertinggi secara konsisten terkonsentrasi di bagian utara dan timur laut DAS, sedangkan wilayah barat dan selatan umumnya memiliki ketersediaan air lebih rendah. Konsistensi pola ini mengindikasikan adanya stabilitas hidrogeologis pada wilayah tertentu yang kemungkinan dipengaruhi oleh karakteristik fisik DAS seperti kondisi topografi, jenis tanah, hingga tingkat kepadatan vegetasi. Selain itu, dinamika aktivitas manusia, seperti intensitas pemanfaatan lahan, juga dapat turut berperan dalam mempertahankan atau menurunkan ketersediaan air pada wilayah tertentu.

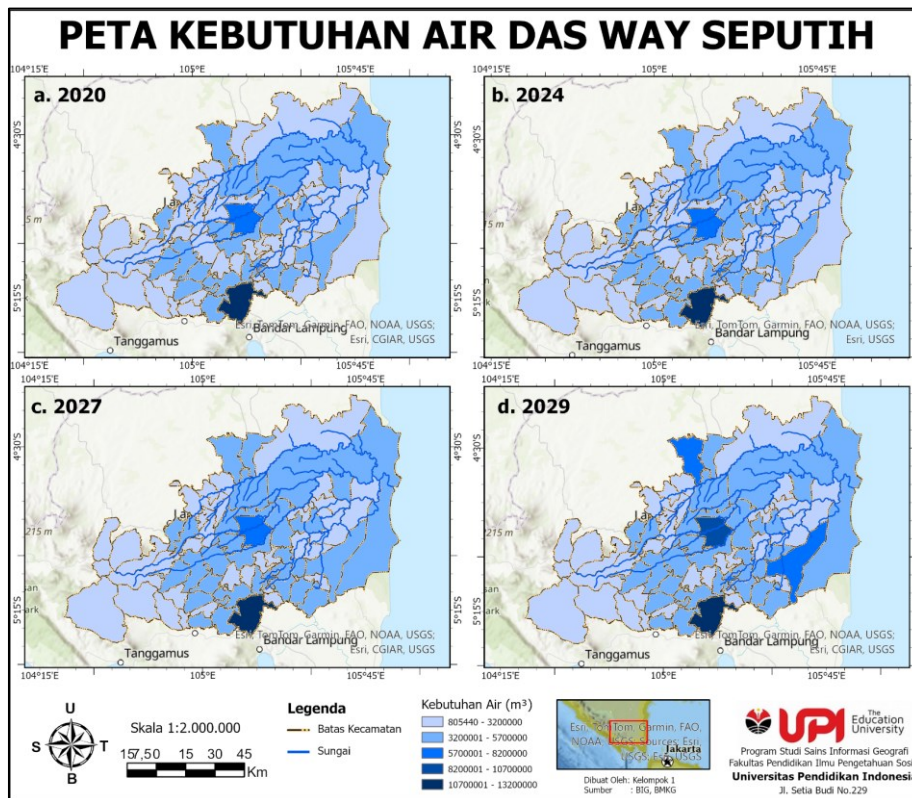
Kecamatan Bandar Mataram di Kabupaten Lampung Tengah muncul sebagai wilayah dengan ketersediaan air tertinggi sepanjang periode pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki potensi sumber daya air yang signifikan dan strategis bagi pengelolaan air pada skala regional, baik untuk kebutuhan irigasi pertanian, pemukiman, maupun aktivitas ekonomi lainnya. Sebaliknya, Kecamatan Metro Selatan di Kota Metro menunjukkan tingkat ketersediaan air paling rendah. Kondisi

ini menandakan adanya keterbatasan kapasitas sumber daya air yang dapat berdampak pada meningkatnya risiko defisit air, terutama pada musim kemarau atau ketika permintaan domestik dan pertanian meningkat.

Pola spasial tersebut selaras dengan beberapa studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa variasi ketersediaan air dalam suatu DAS sangat dipengaruhi oleh penggunaan lahan, tutupan vegetasi, karakteristik geomorfologi, dan tekanan pembangunan (Randhir & Tsvetkova, 2011; Aragaw & Kura, 2024). Selain itu, penelitian lain menegaskan bahwa wilayah dengan intensitas pertumbuhan permukiman yang tinggi cenderung mengalami penurunan ketersediaan air akibat meningkatnya limpasan permukaan dan berkurangnya infiltrasi (Setyorini dkk., 2017). Dengan demikian, pola ketersediaan air di DAS Way Seputih mencerminkan interaksi antara kondisi biofisik dan tekanan antropogenik yang berbeda pada setiap wilayah.

Kebutuhan Air

Peta kebutuhan air diperoleh dari data jumlah penduduk dan kebutuhan air per kapita untuk menghasilkan peta kebutuhan air tahun 2020 dan 2024, kemudian diproyeksikan hingga tahun 2029. Adapun peta ketersediaan air DAS Way Seputih disajikan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Peta Kebutuhan Air Daerah Aliran Sungai Way Seputih

Analisis kebutuhan air di DAS Way Seputih menunjukkan pola spasial yang relatif konsisten sepanjang periode pengamatan (Gambar 5). Wilayah di sekitar Bandar Lampung secara konsisten mencatat kebutuhan air yang sangat tinggi dari tahun 2020 hingga 2027 yang terlihat dari dominasi warna biru tua pada peta kebutuhan air. Kondisi ini mencerminkan tingginya konsentrasi penduduk, perluasan kawasan perkotaan, serta intensitas aktivitas ekonomi yang terus meningkat. Sementara itu, sebagian besar wilayah lain di DAS Way Seputih menunjukkan kebutuhan air yang lebih rendah dan relatif stabil.

Pola kebutuhan air pada tahun 2029 mulai menunjukkan perubahan terutama dengan adanya peningkatan kebutuhan di bagian utara dan tengah DAS. Indikasi ini terlihat dari warna yang semakin gelap pada peta, yang mencerminkan adanya peningkatan tekanan terhadap sumber daya air. Tren tersebut dapat dikaitkan dengan pertumbuhan penduduk, peningkatan intensitas kegiatan pertanian maupun industri, serta perubahan penggunaan lahan yang menyebabkan meningkatnya permintaan air. Beberapa studi menunjukkan bahwa dinamika kebutuhan air di wilayah DAS umumnya sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan urban, perubahan struktur ekonomi, serta konversi lahan yang menyebabkan peningkatan konsumsi domestik maupun non-domestik (Ty dkk., 2012; Bouziotas dkk., 2015; Morote & Hernández, 2016; Dibaba dkk., 2020).

Kecamatan Natar di Kabupaten Lampung Selatan menjadi wilayah dengan kebutuhan air tertinggi selama periode 2020–2029. Hal ini menunjukkan bahwa wilayah tersebut mengalami tekanan yang besar terhadap sumber daya air, sehingga memerlukan strategi pengelolaan yang lebih adaptif dan berkelanjutan, khususnya untuk mengantisipasi potensi defisit di masa mendatang. Sebaliknya, Kecamatan Abung Pekurun di Kabupaten Lampung Utara menunjukkan kebutuhan air yang paling rendah dan stabil dari waktu ke waktu, yang mengindikasikan bahwa tekanan penduduk maupun perubahan penggunaan lahan di wilayah tersebut relatif lebih kecil.

Temuan ini sejalan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang menegaskan bahwa perubahan kebutuhan air sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan wilayah perkotaan dan intensitas pemanfaatan lahan, yang dapat

menyebabkan peningkatan signifikan dalam konsumsi air rumah tangga dan sektor ekonomi lainnya (Gupta dkk., 2020; Wang dkk., 2022). Dengan demikian, perubahan pola kebutuhan air di DAS Way Seputih mencerminkan interaksi kompleks antara faktor demografis, ekonomi, dan perubahan lanskap.

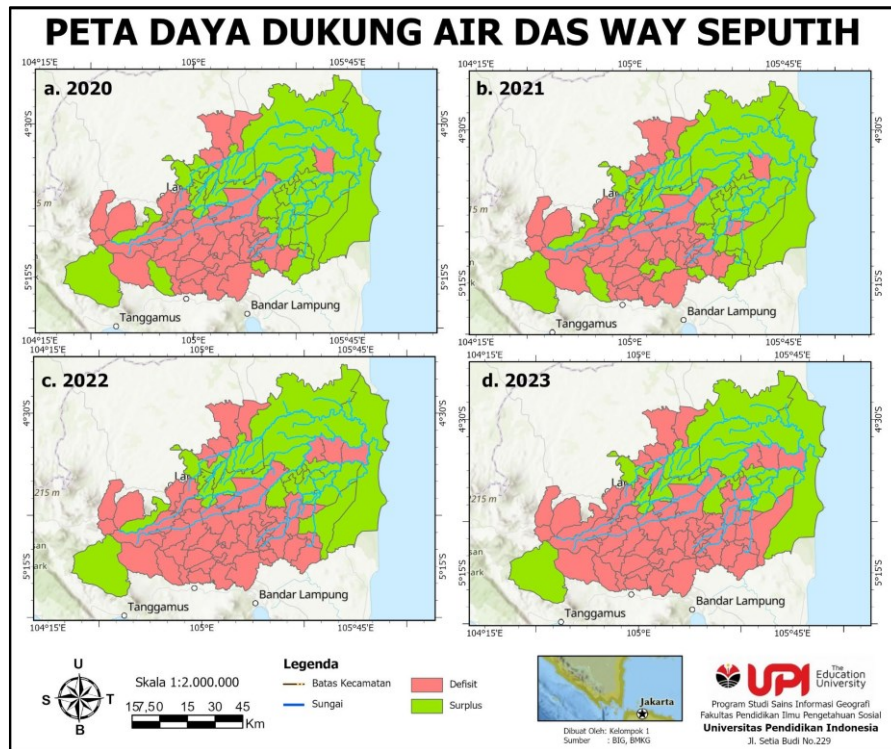
Daya Dukung Air

Peta daya dukung tahun 2020 hingga 2023 diperoleh dengan membandingkan antara ketersediaan air dan kebutuhan air. Adapun peta daya dukung air DAS Way Seputih disajikan pada Gambar 6 berikut.

Berdasarkan peta daya dukung air DAS Way Seputih dari tahun 2020 hingga 2023 (Gambar 6), terlihat adanya dinamika spasial yang cukup signifikan, terutama terkait peningkatan wilayah berstatus defisit air. Pada tahun 2020 wilayah dengan kondisi surplus masih mendominasi di bagian timur khususnya Kecamatan Dente Teladas dan Bandar Sribawono. Sebaliknya, wilayah defisit mulai muncul di bagian barat dan tengah, seperti Kecamatan Ulu Belu, Abung Selatan, dan Terusan Nunyai, yang mencerminkan adanya tekanan awal terhadap ketersediaan air akibat perubahan penggunaan lahan dan peningkatan kebutuhan air.

Area defisit mengalami perluasan pada tahun 2021 yaitu mencakup wilayah dengan intensitas aktivitas masyarakat yang tinggi seperti Metro Kibang dan Bumi Agung. Tren ini berlanjut pada tahun 2022 ketika wilayah defisit meluas hampir ke seluruh bagian tengah dan barat DAS termasuk Tulang Bawang Tengah dan Menggala. Kondisi tersebut mengindikasikan peningkatan tekanan terhadap sumber daya air, yang berpotensi disebabkan oleh pertumbuhan penduduk, urbanisasi, serta alih fungsi lahan menuju permukiman dan area terbangun.

Beberapa wilayah di bagian timur pada tahun 2023 seperti Gedung Meneng dan Labuhan Ratu menunjukkan perbaikan kembali ke kondisi surplus, meskipun wilayah tengah tetap didominasi kondisi defisit terutama di wilayah Lampung Tengah dan Lampung Utara. Hal ini menguatkan pola bahwa wilayah barat dan tengah DAS Way Seputih secara konsisten mengalami penurunan daya dukung air, sedangkan bagian timur yang berdekatan dengan pesisir relatif stabil. Pola tersebut menunjukkan pentingnya perlindungan kawasan tangkapan air serta pengelolaan tata guna lahan yang lebih berkelanjutan di daerah hulu dan tengah DAS.



Gambar 6. Peta Daya Dukung Air Daerah Aliran Sungai Way Seputih

Temuan ini sejalan dengan penelitian Sriyana dkk. (2018), yang menyatakan bahwa tekanan terhadap daya dukung air di banyak DAS di Indonesia dipengaruhi oleh alih fungsi lahan, peningkatan kebutuhan domestik, serta pertumbuhan wilayah terbangun. Selain itu, penelitian Khani dkk. (2025) menegaskan bahwa kerangka Drivers–Pressure–State–Impact–Response (DPSIR) dapat menjelaskan bagaimana tekanan antropogenik seperti urbanisasi dan pertumbuhan penduduk menyebabkan penurunan kapasitas dukung sumber daya air. Pendekatan baru berbasis SEEA-W sebagaimana dikemukakan Han dkk. (2025) juga menekankan perlunya integrasi antara perubahan penggunaan lahan, neraca kebutuhan air, dan karakteristik ekologis DAS dalam menilai keberlanjutan ketersediaan air. Sejalan dengan itu, Narendra dkk. (2021) menegaskan bahwa kompleksitas pengelolaan DAS di Indonesia membutuhkan pendekatan spasial dan kebijakan terpadu untuk menjaga keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air.

Secara keseluruhan, perubahan spasial daya dukung air DAS Way Seputih menunjukkan bahwa tekanan kebutuhan air cenderung meningkat dari tahun ke tahun, terutama di bagian tengah dan barat DAS. Kondisi ini memperlihatkan urgensi penerapan

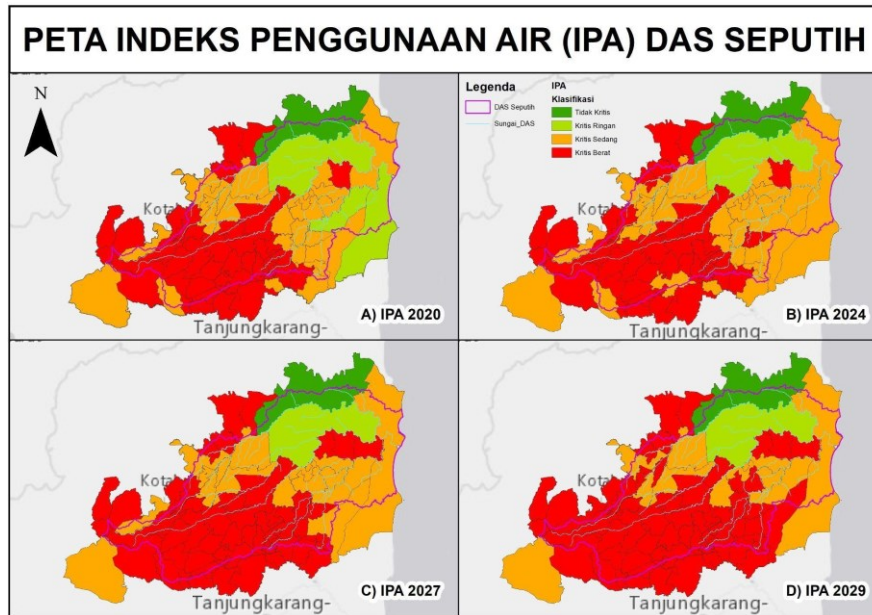
pengelolaan sumber daya air yang lebih adaptif, berbasis tata guna lahan, pertumbuhan penduduk, dan dinamika permintaan air masa mendatang.

Indeks Penggunaan Air

Peta indeks penggunaan air (IPA) tahun 2020 hingga 2029 pada penelitian ini bagi menjadi empat kelas utama yaitu tidak kritis, kritis ringan, kritis sedang, dan kritis berat. Adapun peta IPA DAS Way Seputih disajikan pada Gambar 7 berikut.

Wilayah bagian timur dan utara pada tahun 2020 sebagian besar masih berada dalam kategori tidak kritis dan kritis ringan. Namun, pada tahun 2027 dan 2029 terlihat perluasan wilayah dengan status kritis berat terutama di bagian barat dan selatan termasuk Kota Metro dan sekitarnya. Perubahan ini mengindikasikan meningkatnya tekanan terhadap sumber daya air yang disebabkan oleh pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan perubahan penggunaan lahan.

Kasus di Kecamatan Seputih Surabaya menunjukkan peningkatan IPA dari 57,98% pada 2020 menjadi 90,15% pada 2029 (kritis berat). Sebaliknya, Kecamatan Rumbia mengalami penurunan IPA dari 136,17% pada 2020 menjadi 106,68% pada 2029 yang menunjukkan bahwa kebutuhan air secara signifikan melebihi kapasitas ketersediaan.



Gambar 7. Peta Indeks Penggunaan Air Daerah Aliran Sungai Way Seputih

Kecamatan dengan IPA tertinggi pada tahun 2020 adalah Rumbia (136,17%), mencerminkan bahwa kebutuhan air telah melebihi pasokan permukaan secara substansial. Nilai terendah tercatat di Seputih Banyak (19,18%) yang masih tergolong tidak kritis. Di tahun 2024, pola serupa muncul dimana Rumbia (129,85%) masih berada di posisi tertinggi IPA, sedangkan Seputih Banyak (18,62%) tetap menjadi yang terendah. Prediksi tahun 2027 menunjukkan bahwa Trimurjo memiliki IPA tertinggi (136,89%), sementara Seputih Banyak (19,20%) masih berada di dasar klasifikasi. Pada 2029 Trimurjo kembali menjadi yang tertinggi (131,86%), dan Seputih Banyak mencatat nilai terendah (20,13%) dalam cakupan DAS Way Seputih.

Temuan ini sejalan dengan sejumlah studi internasional yang menunjukkan bahwa urbanisasi dan tekanan antropogenik lainnya dapat mendorong kenaikan permintaan air dan melebihi kapasitas dukung sumber daya air (Qiu dkk., 2021; Xu dkk., 2025). Selain itu, penilaian *carrying capacity* dalam konteks DAS telah banyak diteliti dengan menggunakan berbagai kerangka metodologis, seperti pemodelan sistem dinamis dan indeks beban (Li dkk., 2024; Song dkk., 2024). Studi tersebut menegaskan perlunya pengelolaan spasial dan kebijakan berkelanjutan untuk mempertahankan ketersediaan air di tengah pertumbuhan pemanfaatan lahan. Temuan-temuan juga tersebut menegaskan bahwa dinamika pemanfaatan ruang dan pertumbuhan penduduk

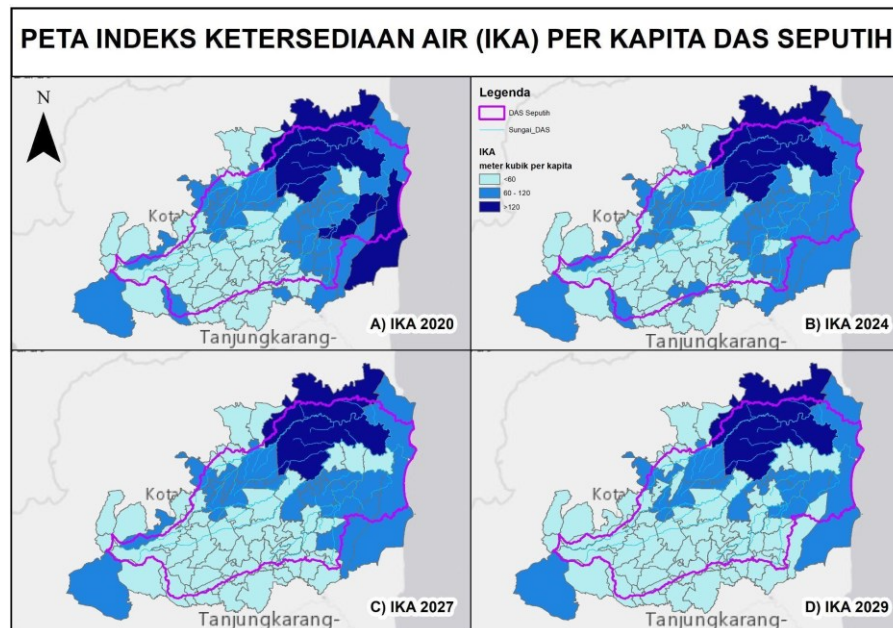
harus diintegrasikan dalam perencanaan pengelolaan DAS agar tekanan terhadap ketersediaan air dapat dikendalikan secara berkelanjutan.

Indeks Ketersediaan Air per Kapita

Peta indeks ketersediaan air (IKA) per kapita tahun 2020 hingga 2029 pada penelitian ini diperoleh dari ketersediaan air total (debit/supply) dan jumlah penduduk per satuan wilayah. Adapun peta IKA DAS Way Seputih disajikan pada Gambar 8 berikut.

Berdasarkan hasil analisis IKA per kapita di DAS Way Seputih terlihat tren penurunan ketersediaan air selama periode 2020–2029. Meskipun beberapa kecamatan menunjukkan peningkatan IKA namun jumlahnya relatif kecil. Kecamatan Gedung Meneng (Tulang Bawang) mencatat peningkatan paling signifikan yaitu +78,97 m³/kapita/tahun, diikuti oleh Kebun Tebu (Lampung Barat) dan Ulu Belu (Tanggamus). Sebaliknya, penurunan drastis terjadi di Labuhan Ratu (−52,22 m³/kapita/tahun), Way Bungur (−49,78 m³/kapita/tahun), dan Sukadana (−30,06 m³/kapita/tahun), yang semuanya berada di Kabupaten Lampung Timur. Temuan ini menunjukkan bahwa Lampung Timur termasuk salah satu wilayah yang paling terdampak oleh berkurangnya ketersediaan air permukaan.

Berdasarkan nilai tertinggi dan terendah per tahun, Gedung Meneng secara konsisten menunjukkan nilai IKA paling tinggi di seluruh rentang waktu yaitu mencapai 356,44 m³/kapita/



Gambar 8. Peta Indeks Ketersediaan Air per Kapita Daerah Aliran Sungai Way Seputih

tahun pada tahun 2029. Sebaliknya, Metro Pusat adalah wilayah dengan IKA paling rendah sepanjang periode, hanya sekitar 17,31 m³/kapita/tahun pada 2029. Kondisi ini mengindikasikan tekanan sangat besar terhadap ketersediaan air di area perkotaan seperti Metro Pusat, kemungkinan disebabkan oleh kepadatan penduduk yang jauh melebihi kapasitas suplai air permukaan.

Menurut klasifikasi dari Pusat Litbang Sumber Daya Air bahwa seluruh kecamatan dalam kajian ini masih tergolong dalam kategori kelangkaan mutlak, mengingat nilai IKA di wilayah tersebut tidak melebihi ambang batas 500 m³/kapita/tahun. Dengan demikian, DAS Way Seputih memerlukan perhatian serius dalam pengelolaan air permukaan termasuk pengendalian konsumsi, konservasi, dan pengaturan penggunaan lahan.

Temuan ini selaras dengan studi yang banyak dilaporkan bahwa wilayah dengan pertumbuhan penduduk tinggi dan ekspansi perkotaan sering kali menghadapi penurunan ketersediaan air per kapita karena tekanan permintaan yang meningkat (Li dkk., 2019; Arbesser-Rastburg dkk., 2020). Selain itu, studi *carrying capacity* di *watershed* tropis menegaskan bahwa kelangkaan air mutlak merupakan masalah jangka panjang di kawasan dengan beban demografis dan penggunaan lahan intensif (Alcamo dkk, 2007).

Hasil penelitian mengenai ketersediaan air, kebutuhan air, dan indeks ketersediaan air per kapita di DAS Way Seputih menunjukkan

sejumlah implikasi penting bagi pengelolaan lingkungan dan tata ruang. Temuan bahwa wilayah-wilayah seperti Metro Pusat mengalami tekanan air yang sangat tinggi, sementara wilayah seperti Gedung Meneng memiliki ketersediaan air yang relatif lebih stabil yang menegaskan perlunya pengelolaan sumber daya air yang lebih adaptif dan berbasis wilayah. Kondisi ini menunjukkan urgensi meningkatkan upaya konservasi, perlindungan kawasan resapan, dan rehabilitasi lahan untuk mencegah penurunan kapasitas dukung ekologis. Temuan ini sejalan dengan Vörösmarty dkk. (2010) yang menyatakan bahwa degradasi ekosistem hulu dan intensifikasi penggunaan lahan dapat meningkatkan risiko kekurangan air di wilayah hilir. Urbanisasi yang semakin meluas, terutama di wilayah tengah dan selatan DAS, juga mengimplikasikan perlunya integrasi proyeksi kebutuhan air ke dalam perencanaan tata ruang, sebagaimana ditegaskan Flörke dkk. (2018) bahwa pertumbuhan ekonomi perkotaan tanpa pengelolaan efisiensi air dapat memicu *chronic water stress*. Selain itu, temuan penelitian ini memperkuat hasil He dkk. (2021) yang menekankan bahwa pertumbuhan penduduk dan tekanan antropogenik merupakan determinan utama kerentanan terhadap krisis air dalam suatu wilayah. Secara keseluruhan, hasil penelitian menuntut adanya pendekatan pengelolaan DAS berbasis ekosistem dan kebijakan spasial berkelanjutan agar ketahanan air terjaga di tengah perubahan penggunaan lahan dan peningkatan permintaan air.

Namun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan penting. Pertama, penelitian ini bergantung pada data sekunder seperti curah hujan, statistik penduduk, dan citra penggunaan lahan yang memiliki variasi akurasi antarinstansi. Kondisi ini berpotensi menghasilkan deviasi ketidakpastian data hidrologi yang dapat memengaruhi hasil estimasi ketersediaan air secara signifikan (Zabaleta dkk., 2018). Kedua, model proyeksi kebutuhan air yang digunakan mengasumsikan laju pertumbuhan penduduk konstan sehingga tidak menangkap dinamika demografis seperti migrasi atau fluktuasi musiman. Xie dkk. (2022) menegaskan bahwa dinamika populasi memiliki pengaruh besar terhadap presisi perhitungan kebutuhan air jangka panjang. Ketiga, analisis perubahan tutupan lahan menggunakan citra resolusi menengah sehingga perubahan berskala kecil khususnya di wilayah urban mungkin tidak terdeteksi secara detail. Hansen dkk. (2013) menyatakan bahwa citra beresolusi tinggi diperlukan untuk mengidentifikasi perubahan penggunaan lahan jangka pendek. Selain itu, penelitian ini belum mengintegrasikan data air tanah, padahal air tanah merupakan sumber utama di banyak DAS tropis, sehingga hasil belum menggambarkan kondisi sumber daya air secara menyeluruh. Gleeson dkk. (2012) yang menekankan bahwa evaluasi ketahanan air harus memasukkan dinamika air tanah dan air permukaan secara simultan. Keterbatasan terakhir adalah belum dimasukkannya skenario perubahan iklim, padahal variabilitas iklim berpotensi mengubah pola curah hujan dan ketersediaan air dalam jangka panjang. Gudmundsson dkk. (2021) menunjukkan bahwa intensifikasi cuaca ekstrem dan variabilitas iklim dapat secara substansial memodifikasi pola air permukaan daerah aliran sungai.

KESIMPULAN

Analisis spasial terhadap dinamika penggunaan lahan dan sumber daya air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Seputih menunjukkan adanya tekanan yang meningkat akibat perkembangan wilayah, urbanisasi, dan pertumbuhan kebutuhan air. Perubahan penggunaan lahan dari tahun 2020 hingga prediksi tahun 2027 menunjukkan tren alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan terbangun, terutama di wilayah tengah dan selatan DAS yang dekat dengan pusat-pusat perkotaan seperti Bandar Lampung. Perubahan ini berdampak

langsung terhadap pola ketersediaan air, di mana wilayah utara dan timur DAS cenderung memiliki ketersediaan air yang tinggi dan stabil, sedangkan wilayah barat dan selatan mengalami kekurangan.

Kebutuhan air tertinggi teridentifikasi secara konsisten berada di wilayah selatan seperti Kecamatan Natar, seiring dengan meningkatnya permukiman dan kegiatan ekonomi. Daya dukung air mengalami penurunan dari tahun ke tahun, dengan wilayah defisit air yang meluas terutama di bagian tengah DAS. Nilai IPA memperkuat temuan ini dengan menunjukkan semakin kritisnya keseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan air, khususnya di kecamatan Rumbia dan Trimurjo. Sementara itu, indeks ketersediaan air per kapita menunjukkan mayoritas wilayah berada dalam kategori kelangkaan mutlak dengan wilayah perkotaan seperti Metro Pusat menunjukkan tingkat ketersediaan air terendah.

Penelitian ini menekankan pentingnya integrasi pengelolaan tata guna lahan dan sumber daya air secara berkelanjutan di DAS Way Seputih. Upaya konservasi di wilayah hulu dan peningkatan efisiensi penggunaan air di wilayah hilir menjadi sangat krusial untuk menjamin keberlanjutan ekosistem dan ketahanan sumber daya air di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada dosen pembimbing atas arahan dan masukan yang sangat konstruktif sepanjang proses penelitian. Penulis juga berterima kasih kepada rekan-rekan yang membantu dalam pengumpulan data serta memberikan kontribusi dalam diskusi ilmiah yang memperkaya analisis. Selain itu, penghargaan disampaikan kepada keluarga dan semua pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas dukungan moral dan motivasi yang diberikan selama proses penulisan berlangsung, serta *reviewers* dan editor *Journal of Geographical Sciences and Education* yang telah membantu meningkatkan kualitas naskah.

DAFTAR PUSTAKA

Admadhani, D. N., Haji, A. T. S., & Susanawati, L. D. (2014). Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Air untuk Daya Dukung Lingkungan (Studi Kasus Kota Malang). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1(3), 13–20.

- Alcamo, J., Flörke, M., & Märker, M. (2007). Future Long-Term Changes in Global Water Resources Driven by Socio-Economic and Climatic Changes. *Hydrological Sciences Journal*, 52(2), 247-275. <https://doi.org/10.1623/hysj.52.2.247>
- Aragaw, H. M., & Kura, A. L. (2024). Hydrological Response to Land Use/Land Cover Changes in Ethiopian Basins: A Review. *Hydrological Sciences Journal*, 69(7), 986-996. <https://doi.org/10.1080/02626667.2024.2349272>
- Arbesser-Rastburg, G., & Fuchs-Hanusch, D. (2020). Serious Sensor Placement—Optimal Sensor Placement as a Serious Game. *Water*, 12(1), 68. <https://doi.org/10.3390/w12010068>
- Ariyanto, L. (2021). Kajian Neraca Air DAS Way Kandis untuk Merencanakan Alokasi Air yang Berkesinambungan. *Journal of Infrastructure in Civil Engineering*, 2(2), 24–30. <https://doi.org/10.33365/jice.v2i02.1297>
- Asdak, C. (2023). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Bouziotas, D., Rozos, E., & Makropoulos, C. (2015). Water and The City: Exploring Links between Urban Growth and Water Demand Management. *Journal of Hydroinformatics*, 17(2), 176-192. <https://doi.org/10.2166/hydro.2014.053>
- Chin, D. A., Mazumdar, A., & Roy, P. K. (2000). *Water-Resources Engineering (Vol. 12)*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Dib, J. B., Krishna, V. V., Alamsyah, Z., & Qaim, M. (2018). Land-use Change and Livelihoods of Non-Farm Households: The Role of Income from Employment in Oil Palm and Rubber in Rural Indonesia. *Land Use Policy*, 76, 828-838. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.020>
- Dibaba, W. T., Demissie, T. A., & Miegel, K. (2020). Watershed Hydrological Response to Combined Land Use/Land Cover and Climate Change in Highland Ethiopia: Finchaa Catchment. *Water*, 12(6), 1801. <https://doi.org/10.3390/w12061801>
- Flörke, M., Schneider, C., & McDonald, R. I. (2018). Water Competition Between Cities and Agriculture Driven by Climate Change and Urban Growth. *Nature Sustainability*, 1(1), 51-58. <https://doi.org/10.1038/s41893-017-0006-8>
- Gleeson, T., Wada, Y., Bierkens, M. F., & Van Beek, L. P. (2012). Water Balance of Global Aquifers Revealed by Groundwater Footprint. *Nature*, 488(7410), 197-200. <https://doi.org/10.1038/nature11295>
- Gudmundsson, L., Boulange, J., Do, H. X., Gosling, S. N., Grillakis, M. G., Koutroulis, A. G., Leonard, M., Liu, J., Schmied, H. M., Papadimitriou, L., Pokhrel, Y., Seneviratne, S. I., Satoh, Y., Thiery, W., Westra, S., Zhang, X., & Zhao, F. (2021). Globally Observed Trends in Mean and Extreme River Flow Attributed to Climate Change. *Science*, 371(6534), 1159-1162. <https://doi.org/10.1126/science.aba3996>
- Gupta, R., Yan, K., Singh, T., & Mo, D. (2020). Domestic and International Drivers of the Demand for Water Resources in the Context of Water Scarcity: A Cross-Country Study. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(11), 255. <https://doi.org/10.3390/jrfm13110255>
- Haldar, S., Chatterjee, U., Bhattacharya, S., Paul, S., Bindajam, A. A., Mallick, J., & Abdo, H. G. (2024). Peri-urban Dynamics: Assessing Expansion Patterns and Influencing Factors. *Ecological Processes*, 13(1), 58. <https://doi.org/10.1186/s13717-024-00533-5>
- Han, J., Li, Z., Deng, X., Wang, Y., & Fan, H. (2025). Decoding Water Resource Carrying Capacity Assessment Through Water Accounting: A Methodological Genealogy of Traditional Approaches and Adaptation Study of Accounting-Based Solutions. *Agricultural Water Management*, 321, 109924. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109924>
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., & Townshend, J. R. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-

- Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160), 850-853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Harto, S. (2000). *Hidrologi, Teori, Masalah dan Penyelesaian*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- He, T., Wang, C., Wang, Z., He, X., Liu, H., & Zhang, J. (2021). Assessing the Agricultural Water Savings–Economy–Ecological Environment System in an Arid Area of Northwest China Using a Water Rights Transaction Model. *Water*, 13(9), 1233. <https://doi.org/10.3390/w13091233>
- Heryani, N., Kartiwa, B., Sosiawan, H., Rejekiningrum, P., Adi, S. H., Apriyana, Y., Pramudia, A., Yufdy, M. P., Tafakresnanto, C., Rivaie, A. A., Suratman, Dariah, A., Malik, A., Yusuf, & Setiani, C. (2022). Analysis of Climate Change Impacts on Agricultural Water Availability in Cimanuk Watershed, Indonesia. *Sustainability*, 14(23), 16236. <https://doi.org/10.3390/su142316236>
- Indarto, H. (2012). *Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Indarwati, K. (2023). *Analisis Daya Dukung Air Sub DAS Mungkung terhadap Kebutuhan Air di Kabupaten Sragen Tahun 2022* (Skripsi, [Yogyakarta]: Univesitas Gadjah Mada)
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2009). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2009 tentang Pedoman Penentuan Daya Dukung Lingkungan Hidup dalam Penataan Ruang.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). Keputusan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 432/KPTS/M/2016 tentang Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Seputih Sekampung.
- Khani, S., Emadzadeh, M., Mahjouri, N., & Behboudian, M. (2025). A Novel Framework for Evaluating Water Resources and Environmental Carrying Capacity Under Climate Change: The Zarrinehrud Basin Experience. *Environmental and Sustainability Indicators*, 100810. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100810>
- Kusumawardhani, N. P. (2020). Analysis of Water Carrying Capacity for Regional Planning Development in Malang Regency. *JAUR (Journal of Architecture and Urbanism Research)*, 3(2), 166–174. <https://doi.org/10.31289/jaur.v3i2.3331>
- Li, K., Jin, X., Ma, D., & Jiang, P. (2019). Evaluation of Resource and Environmental Carrying Capacity of China's Rapid-Urbanization Areas—A Case Study of Xinbei District, Changzhou. *Land*, 8(4), 69. <https://doi.org/10.3390/land8040069>
- Li, S., Qian, H., Xu, P., Gao, Y., Chen, J., Shi, X., Liu, Y., Wu, P., & Ma, Y. (2024). Insight Into the Water Resource Carrying Capacity of The Central Water Tower in China: Integrating the Driving-Pressure-State-Impact-Response Frame and Obstacle Degree Recognition. *Ecological Indicators*, 167, 112730. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112730>
- Liu, X., Liang, X., Li, X., Xu, X., Ou, J., Chen, Y., Li, S., Wang, S., & Pei, F. (2017). A Future Land Use Simulation Model (FLUS) for Simulating Multiple Land Use Scenarios by Coupling Human and Natural Effects. *Landscape and Urban Planning*, 168, 94-116. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.09.019>
- Morote, Á. F., & Hernández, M. (2016). Urban Sprawl and Its Effects on Water Demand: A Case Study of Alicante, Spain. *Land Use Policy*, 50, 352-362. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.06.032>
- Narendra, B. H., Siregar, C. A., Dharmawan, I. W. S., Sukmana, A., Pratiwi, Pramono, I. B., Basuki, T. M., Nugroho, H. Y. S. H., Supangat, A. B., Purwanto, Setiawan, O., Nandini, R., Ulya, N. A., Arifanti, V. B., & Yuwati, T. W. (2021). A Review on Sustainability of Watershed Management in Indonesia. *Sustainability*, 13(19), 11125. <https://doi.org/10.3390/su131911125>
- Qiu, Q., Liu, J., Li, C., Jiao, Y., Yu, F., & Li, X. (2021). Evaluation of Water Resource Carrying Capacity of Two Typical Cities in Northern China. *Journal of Water and Climate Change*, 12(7), 2894-2907. <https://doi.org/10.2166/wcc.2021.203>
- Randhir, T. O., & Tsvetkova, O. (2011). Spatiotemporal Dynamics of Landscape

- Pattern and Hydrologic Process in Watershed Systems. *Journal of Hydrology*, 404(1-2), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.03.019>
- Sandhyavitri, A., Fauzi, M., & Fajri, M. (2016). Simulasi Konservasi Sub DAS Tapungkiri Riau Berdasar Soil and Water Assessment Tool. *IPTEKIN Jurnal Kebijakan Pembangunan dan Inovasi*, 2(1), 14-27.
- Santoso, D. H. (2015). Kajian Daya Dukung Air di Pulau Bintan, Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 01-17. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol7.iss1.art1>
- Sari, I. K., Limantara, L. M., & Priyantoro, D. (2011). Analisa Ketersediaan dan Kebutuhan Air pada DAS Sampean. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 2(1), 29-41.
- Setyorini, A., Khare, D., & Pingale, S. M. (2017). Simulating The Impact of Land Use/Land Cover Change and Climate Variability on Watershed Hydrology in the Upper Brantas Basin, Indonesia. *Applied Geomatics*, 9(3), 191-204. <https://doi.org/10.1007/s12518-017-0193-z>
- Setyowati, D. L., Wilaksono, S. A., Aji, A., & Amin, M. (2021). Assessment of Watershed Carrying Capacity and Land Use Change on Flood Vulnerability Areas in Semarang City. *Forum Geografi*, 35(2), 140-152. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v35i2.15542>
- Shryock, H. S., & Siegel, J. S. (1980). *The Methods and Materials of Demography (Vol. 2)*. Department of Commerce, Bureau of the Census.
- Song, Q., Wang, Z., & Wu, T. (2024). Risk Analysis and Assessment of Water Resource Carrying Capacity Based on Weighted Gray Model with Improved Entropy Weighting Method in The Central Plains Region of China. *Ecological Indicators*, 160, 111907. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111907>
- Sriyana, I. (2018). Evaluation of Watershed Carrying Capacity for Watershed Management (A Case Study on Bodri Watershed, Central Java, Indonesia). *MATEC Web of Conferences*, 195, 05003. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819505003>
- Subramanya, K. (2021). *Engineering Hydrology*. McGraw Hill Education.
- Tugiyono. (2008). Studi Daya Tampung Beban Pencemaran Air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Seputih. *Seminar Hasil Penelitian & Pengabdian kepada Masyarakat, Unila*, 251-257.
- Ty, T. V., Sunada, K., Ichikawa, Y., & Oishi, S. (2012). Scenario-Based Impact Assessment of Land Use/Cover and Climate Changes on Water Resources and Demand: A Case Study in the Srepok River Basin, Vietnam—Cambodia. *Water Resources Management*, 26(5), 1387-1407. <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9964-1>
- Venter, Z. S., Barton, D. N., Chakraborty, T., Simensen, T., & Singh, G. (2022). Global 10 m Land Use Land Cover Datasets: A Comparison of Dynamic World, World Cover and ESRI Land Cover. *Remote Sensing*, 14(16), 4101.
- Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bun, S. E., Sullivan, C. A., Reidy Liermann, C., & Davies, P. (2010). Global threats to Human Water Security and River Biodiversity. *Nature*, 467(7315), 555-561. <https://doi.org/10.1038/nature09440>
- Wang, X., Chen, Y., Fang, G., Li, Z., & Liu, Y. (2022). The Growing Water Crisis in Central Asia and The Driving Forces Behind it. *Journal of Cleaner Production*, 378, 134574. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134574>
- Xie, C., Zhao, L., Eastoe, C. J., Wang, N., & Dong, X. (2022). An Isotope Study of The Shule River Basin, Northwest China: Sources and Groundwater Residence Time, Sulfate Sources and Climate Change. *Journal of Hydrology*, 612, 128043. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128043>
- Xu, C., Han, Y., Qi, L., Wang, J., & Yao, W. (2025). Adaptive Evaluation of Urban Water Resource Carrying Capacity:

- Development and Empirical Study of the URCA Model. *Journal of Hydrology*, 134105. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.134105>
- Xu, L., Zhihong, L., & Jing, D. (2011). Study on Evaluation of Water Resources Carrying Capacity. International Conference on Biology and Chemistry IPBCEE, 1.
- Zabaleta, A., Garmendia, E., Mariel, P., Tamayo, I., & Antigüedad, I. (2018). Land Cover Effects on Hydrologic Services Under a Precipitation Gradient. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(10), 5227-5241. <https://doi.org/10.5194/hess-22-5227-2018>
- Zhang, Z., Hörmann, G., Huang, J., & Fohrer, N. (2023). A Random Forest-Based CA-Markov Model to Examine the Dynamics of Land Use/Cover Change Aided with Remote Sensing and GIS. *Remote Sensing*, 15(8), 2128. <https://doi.org/10.3390/rs15082128>



Copyright (c) 2025 by the authors. This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).