

PERUBAHAN LAHAN TERBANGUN DAN DAYA DUKUNG LINDUNG DI WILAYAH HULU DAS PRIORITAS

**Safila Aurellia Unu Pariono^{*}, Aurelia Dias Nanda Revalina, Fakhri Ahmad Kurniawan,
Tsabita Rikha Mumtazah, Arthatia Putri Ramadhani, Trida Ridho Fariz, Andhina
Putri Heriyanti**

Ilmu Lingkungan, Universitas Negeri Semarang, Kota Semarang

*Email korespondensi: safilaurelliaunupariono@students.unnes.ac.id

ABSTRAK

Meningkatnya pertumbuhan penduduk di Indonesia mendorong lonjakan permintaan dan nilai jual lahan di daerah perkotaan, sehingga memicu pergeseran pemukiman ke pinggiran kota (*urban fringe area*) dan terjadinya *urban sprawl*. Kecamatan Limbangan dan Boja merupakan wilayah yang mengalami konversi lahan produktif seperti kebun campuran dan sawah menjadi lahan terbangun untuk pemukiman dan fasilitas pendukung lainnya. Perubahan tersebut tidak hanya mengurangi tutupan vegetatif, tetapi juga berdampak terhadap penurunan daya dukung fungsi lindung. Studi ini bertujuan untuk menganalisis perubahan lahan terbangun serta dampaknya terhadap daya dukung fungsi lindung di Kecamatan Limbangan dan Boja sebagai wilayah hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang dan Bodri pada rentang waktu 2015-2023. Metode penelitian ini menggunakan data primer berupa citra satelit Worldview-2 tahun 2023, serta data sekunder berupa peta tutupan lahan tahun 2015 dari KLHK dan data kependudukan dari BPS Kendal. Hasil studi menunjukkan bahwa selama periode 2015-2023 telah terjadi konversi lahan seluas 610,64 hektare, yang didominasi oleh alih fungsi kebun campuran dan sawah menjadi lahan terbangun. Kondisi tersebut turut menurunkan nilai daya dukung fungsi lindung, dari nilai semula sebesar 0,58567 menjadi 0,56603. Meskipun masih tergolong dalam kategori sedang, penurunan ini mencerminkan degradasi fungsi ekosistem yang berpotensi mempengaruhi kualitas dan kuantitas air di wilayah hilir, serta meningkatkan risiko bencana hidrometeorologis seperti banjir dan kekeringan.

Kata kunci: DAS Prioritas; Daya Dukung Lindung; Lahan Terbangun; Perubahan Lahan

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia menyebabkan meningkatnya kebutuhan terhadap lahan, sementara ketersediaannya terbatas. Hal ini berdampak pada tingginya nilai jual lahan, terutama di wilayah perkotaan, yang mendorong penduduk untuk bermigrasi ke daerah pinggiran kota (*urban fringe area*) sebagai alternatif tempat tinggal. Fenomena ini dikenal sebagai *urban sprawl*, yaitu pola pembangunan yang menyebar, tidak terencana, serta bercirikan kepadatan rendah di kawasan pinggiran kota (Yolanda & Djoeffan, 2022). Salah satu wujud nyata dari fenomena ini adalah meningkatnya pembangunan permukiman yang tersebar di wilayah perdesaan (Firdaus et al., 2018).

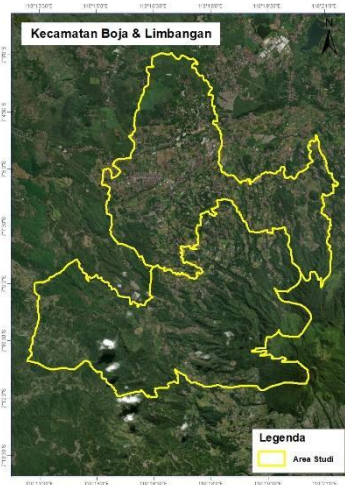
Fenomena *urban sprawl* tidak hanya berdampak pada perubahan penggunaan lahan, tetapi juga mempengaruhi daya dukung wilayah untuk fungsi lindung, terutama di kawasan hulu daerah aliran sungai (DAS). Hal ini penting untuk dikaji karena perubahan tutupan lahan di kawasan hulu dapat memperlemah fungsi ekologis wilayah yang berperan sebagai penyangga sistem hidrologi dan pengendali bencana. Salah satu wilayah yang rentan terhadap dampak tersebut adalah Kecamatan Limbangan dan Kecamatan Boja di Kabupaten Kendal. Kedua wilayah ini berada di lereng Gunung Ungaran dan merupakan bagian dari hulu DAS prioritas berdasarkan keputusan Gubernur Jawa Tengah, yakni DAS Garang dan DAS Bodri (Miardini & Nugraha, 2020). Hulu DAS Garang meliputi Kecamatan Limbangan dan Boja, sedangkan hulu DAS Bodri berada di Kecamatan Limbangan (Hanafi & Pamungkas, 2021). Kedua DAS ini dikelola oleh Badan Pengelola DAS Pemali Jratun dan memiliki peran penting dalam pengendalian banjir, seperti yang terjadi di Kota Semarang dan wilayah hilir DAS Bodri, di mana tercatat 10 kejadian banjir pada tahun 2020 (Munthe & Handayani, 2024; Tisnasuci & Sukmono, 2020).

Studi tentang *urban sprawl* di Kabupaten Kendal pernah dilakukan oleh Hidayah et al. (2023), namun masih terbatas pada wilayah pesisir yang didominasi oleh pertumbuhan kawasan industri. Kajian terhadap wilayah perdesaan dan kawasan lereng gunung yang memiliki fungsi lindung strategis seperti Limbangan dan Boja masih jarang dilakukan. Padahal, penggunaan lahan sangat erat kaitannya dengan daya dukung wilayah terhadap fungsi lindung, yaitu kemampuan suatu kawasan dengan berbagai aktivitas penggunaan lahan untuk menjaga ekosistem dan kelestarian lingkungan (Wicaksono et al., 2024). Menilai daya dukung fungsi lindung sangat penting dalam proses perencanaan pembangunan, agar tidak menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan (Hidayati et al., 2021). Terlebih lagi, kajian daya dukung merupakan bagian dari muatan Kajian Lingkungan Hidup Strategis (KLHS) yang menjadi pedoman utama dalam penyusunan kebijakan penataan ruang (Wicaksono et al, 2024). Oleh karena itu, studi ini bertujuan untuk menganalisis perubahan daya dukung fungsi lindung di Kecamatan Limbangan dan Boja sebagai wilayah hulu DAS prioritas di Jawa Tengah.

METODE PENELITIAN

Studi ini dilaksanakan di wilayah hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang dan DAS Bodri, yang meliputi Kecamatan Boja dan Kecamatan Limbangan di Kabupaten Kendal. Wilayah ini dipilih karena memiliki posisi strategis sebagai daerah lindung di lereng Gunung Ungaran, serta berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan ketersediaan sumber daya air di kawasan hilir. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari citra satelit *WorldView-2* hasil perekaman tahun 2023 yang diakses melalui *World Imagery Wayback*. Citra tersebut dimanfaatkan untuk menyusun peta tutupan lahan tahun 2023. Sementara itu, data sekunder terdiri dari peta tutupan lahan (*shapefile*) tahun 2015 yang bersumber dari Kementerian Lingkungan Hidup dan

Kehutanan (KLHK) serta data kependudukan yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Kendal.



Gambar 1. Gambar Lokasi Studi Kecamatan Boja dan Limbangan

Analisis data dilakukan melalui dua tahapan utama. Tahap pertama adalah interpretasi citra visual yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan menggambarkan batas satuan pemetaan berupa lahan terbangun. Teknik ini mengandalkan kunci interpretasi yang mencakup elemen visual seperti warna, bentuk, ukuran, tekstur, pola, bayangan, situs, dan asosiasi (Puspitasari & Suharyadi, 2016). Interpretasi dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcMap versi 10.8 dengan skala peta tertentu, serta pembesaran maksimal sebesar 2,5 kali dari skala output peta (Fariz et al., 2023). Meskipun secara waktu relatif lebih lambat, interpretasi visual citra dinilai lebih unggul dalam hal akurasi dan kelengkapan informasi dibandingkan dengan metode digital (Utami et al., 2022). Peta hasil interpretasi ini kemudian dibandingkan dengan peta tahun 2015 untuk mengidentifikasi perubahan penggunaan lahan selama periode tersebut.

Tahap kedua adalah analisis daya dukung fungsi lindung, yang dihitung berdasarkan luas dan jenis penggunaan lahan yang telah diinterpretasikan. Masing-masing jenis penggunaan lahan diberikan koefisien lindung sesuai klasifikasi yang telah ditetapkan (Tabel 1). Perhitungan dilakukan secara kuantitatif menggunakan rumus dari Rushton (1993):

$$DDL = \frac{(Lgl1 \cdot \alpha1) + (Lgl2 \cdot \alpha2) + (Lgl3 \cdot \alpha3)}{LW}$$

di mana DDL merupakan Daya Dukung Fungsi Lindung, Lgl adalah luas penggunaan lahan tiap jenis (ha), α adalah koefisien fungsi lindung masing-masing jenis, dan LW adalah luas total wilayah analisis. Hasil perhitungan daya dukung fungsi lindung kemudian diklasifikasikan dalam lima kategori, yaitu sangat rusak (0–0,20), rusak (0,21–0,40), sedang (0,41–0,60), baik (0,61–0,80), dan sangat baik (0,81–1,00). Dengan pendekatan ini, penelitian bertujuan untuk menilai sejauh mana perubahan penggunaan lahan di Kecamatan Boja dan Limbangan telah mempengaruhi daya dukung fungsi lindung, serta memberikan dasar ilmiah dalam perencanaan ruang dan kebijakan pengelolaan wilayah DAS secara berkelanjutan.

Tabel 1. Penggunaan Lahan dan Nilai Koefisien Lindung

Sumber: Muta'ali, 2012

Penggunaan Lahan	Koefisien Lindung	Penggunaan Lahan	Koefisien Lindung
Cagar Alam	1,00	Perkebunan Rakyat	0,42
Suaka Margasatwa	1,00	Persawahan	0,46
Taman Wisata	1,00	Ladang/Tegalan	0,21

Taman Berburu	0,82	Padang Rumput	0,28
Hutan Lindung	1,00	Danau/Tambak	0,98
Hutan Cadangan	0,61	Tanaman Kayu	0,37
Hutan Produksi	0,68	Permukiman	0,18
Perkebunan Besar	0,54	Tanah Kosong	0,01

HASIL DAN PEMBAHASAN

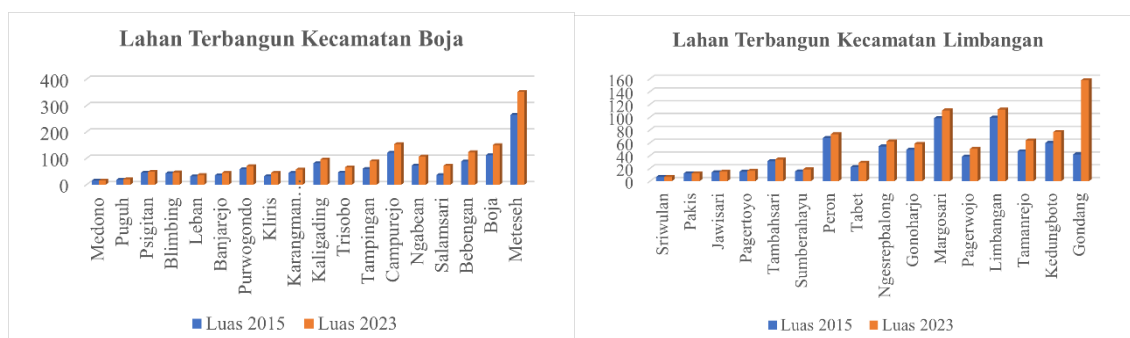
Kota Semarang merupakan ibu kota Provinsi Jawa Tengah yang terus mengalami pertumbuhan dari tahun ke tahun, terlihat dari peningkatan jumlah penduduk serta meluasnya penggunaan lahan terbangun. Pertumbuhan ini mendorong perluasan fisik kota ke wilayah pinggiran. Fenomena ini dikenal sebagai *urban sprawl*, yaitu pergeseran aktivitas dan fungsi lahan dari area non-perkotaan menjadi pusat kegiatan *urban* (Rangkuti et al.,2017).

Tabel 2. Tabel Jumlah Penduduk Desa di Kecamatan Boja dan Kendal
(Sumber: BPS Kabupaten Kendal)

Desa	Penduduk 2015	Penduduk 2023
Medono	906	1.069
Puguh	1.624	1.999
Psigitan	2.467	2.969
Blimbing	2.245	2.777
Leban	1.955	2.290
Banjarejo	2.598	3.006
Purwogondo	2.997	3.703
Kliris	2.517	3.230
Karangmanggis	1.635	2.180
Kaligading	3.908	4.795
Trisobo	2.444	3.172
Tampingan	3.756	5.462
Campurejo	5.862	8.093
Ngabean	5.053	6.347
Salamsari	1.998	2.442
Bebengan	7.181	8.491
Boja	10.815	11.803
Meteseh	9.258	12.550
Sriwulan	637	734
Pakis	1.249	1.446
Jawisari	1.040	1.218
Pagertoyo	835	999
Tambahsari	1.552	1.817
Sumberahayu	808	920
Peron	3.206	3.678
Tabet	1.138	1.464
Ngesrepbalong	2.666	2.899
Gonoharjo	2.357	2.796
Margosari	2.285	2.770
Pagerwojo	2.244	2.822

Limbangan	4.913	5.520
Tamanrejo	2.370	2.754
Kedungboto	3.200	3.373
Gondang	1.787	2.144

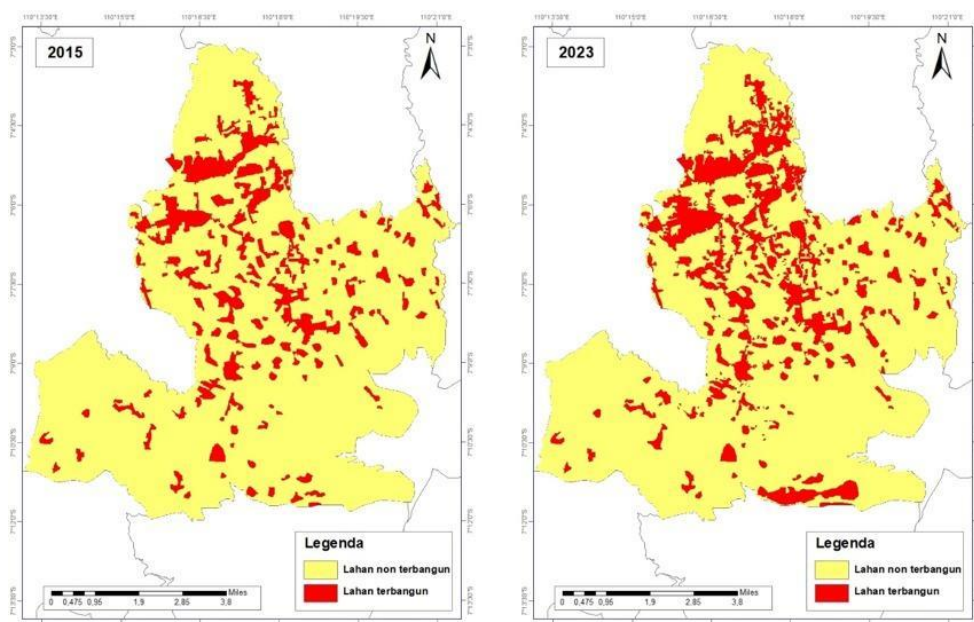
Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa laju pertumbuhan penduduk di Kecamatan Boja dan Kecamatan Limbangan cenderung meningkat. Laju pertumbuhan penduduk tertinggi di Kecamatan Boja terdapat pada Desa Meteseh meningkat sebanyak 3.295 penduduk, sementara pada Kecamatan Limbangan, laju pertumbuhan penduduk tertinggi terdapat pada Desa Limbangan yaitu sebanyak 607 penduduk. Peningkatan jumlah penduduk di kedua desa ini dapat disebabkan oleh faktor natalitas (kelahiran) dan faktor migrasi. Bertambahnya angka kelahiran akan menyebabkan tingkat pertumbuhan penduduk semakin meningkat. Selain itu, faktor migrasi yaitu masuknya penduduk dari suatu wilayah ke wilayah lain juga turut mendorong peningkatan jumlah penduduk di kedua desa ini (Trisiana, 2022). Di sisi lain, kedua kecamatan juga memiliki desa dengan pertumbuhan minimal dengan Desa Medono di Kecamatan Boja karena keterbatasan lahan yang mencapai kapasitas maksimal dan Desa Sriwulan di Kecamatan Limbangan karena minimnya sarana prasarana seperti kesehatan, pendidikan, dan lapangan kerja, sesuai temuan Adimagistraa & Basuki (2022). Perbedaan ini menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk tidak hanya bergantung pada faktor demografis, tetapi juga ketersediaan infrastruktur, aksesibilitas, dan daya dukung lingkungan.



Gambar 2. Data luas lahan terbangun Kec. Boja & Limbangan
(Sumber: BPS Kabupaten Kendal)

Pada Gambar 2, terlihat bahwa luas lahan terbangun terbesar ada pada Desa Gondang, Kecamatan Limbangan dengan luas 115,72 hektar dan disusul oleh Desa Meteseh, Kecamatan Boja dengan luas 87.44 hektar. Peningkatan ini dapat dipicu oleh adanya faktor urbanisasi, pengembangan wilayah, dan aktivitas ekonomi setempat. Di Desa Gondang, salah satu faktor utama yang mendorong peningkatan luas lahan terbangun adalah pertumbuhan jumlah penduduk di mana menyebabkan peningkatan kebutuhan akan lahan pemukiman dan fasilitas pendukung lainnya. Selain itu, keberadaan desa wisata di desa ini juga dapat menjadi faktor. Pengembangan desa wisata mendorong munculnya berbagai fasilitas penunjang yang berkontribusi langsung terhadap bertambahnya luas lahan terbangun. Kondisi ini sejalan dengan penelitian Pamungkas dan Muktiali (2015), yang menyatakan bahwa pengembangan desa wisata berpengaruh terhadap aspek fisik wilayah, khususnya dalam mendorong peningkatan luas lahan terbangun. Kondisi serupa terjadi di Desa Meteseh, di mana lonjakan lahan terbangun tidak hanya dipengaruhi oleh suburbanisasi dari kota-kota besar di sekitarnya, tetapi juga oleh berkembangnya sektor pariwisata, seperti melalui Desa Wisata Kampoeng Lawas dan Curug 7 Bidadari. Aktivitas pariwisata tersebut mendorong kebutuhan akan fasilitas

seperti tempat makan, penginapan, dan lahan parkir, yang pada akhirnya mempercepat perubahan penggunaan lahan untuk mendukung kebutuhan wisatawan dan pengembangan ekonomi lokal.



Gambar 3. Peta Perubahan Tutupan Lahan di Kec. Boja dan Limbangan
(Sumber: Hasil Analisis)

Jika dilihat pada peta tersebut, terlihat bahwa pembangunan lahan terjadi menyebar hampir di seluruh wilayah, namun tidak terlalu signifikan. Pada peta tersebut, terlihat bahwa lahan terbangun (warna merah) mengalami peningkatan sebaran, terutama di bagian tengah dan utara wilayah. Namun, dominasi warna kuning (lahan non terbangun) tetap luas, menunjukkan bahwa wilayah ini masih didominasi oleh lahan vegetatif seperti kebun campuran, sawah, dan lahan pertanian. Secara ekologis, mayoritas lahan yang mengalami konversi berasal dari kebun campuran atau sistem *agroforestry* (Tabel 2).

Tabel 2. Perubahan lahan Kec. Boja & Kec. Limbangan
(Sumber: BPS Kabupaten Kendal)

Lahan 2015	Luas Lahan Terbangun 2023
Hutan	0,90 Ha
Kebun Campuran	240,65 Ha
Sawah	223,66 Ha
Tegalan/lahan pertanian kering	145,43 Ha

Data menunjukkan konversi lahan dari lahan produksi menjadi lahan terbangun dalam kurun waktu 8 tahun (2015 - 2023) mencapai 610,64 Hektare. Luas total konversi menunjukkan bahwa kebun campuran (*agroforestry*) dan sawah merupakan penyumbang terbesar. Pola *agroforestry* diadopsi oleh masyarakat di wilayah perbukitan terutama dengan kemiringan lereng tinggi, sebagai strategi adaptif terhadap kondisi biofisik. Konversi kebun campuran dan sawah menjadi lahan terbangun berpotensi mengurangi daya resap air dan mempercepat limpasan permukaan. Akibat limpasan berlebih, wilayah hilir akan lebih rawan banjir saat hujan lebat. Sukmawardhono & Nugroho (2020) mencatat bahwa berkurangnya resapan air

menyebabkan potensi bencana seperti banjir, longsor, dan kekeringan meningkat. Artinya, alih fungsi lahan ini tidak hanya memperbesar resiko banjir di hilir tetapi juga mengurangi pasokan air saat musim kemarau.

Perubahan penggunaan lahan yang terjadi di Kecamatan Boja dan Kecamatan Limbangan, khususnya alih fungsi lahan vegetatif menjadi lahan terbangun, turut memengaruhi penurunan daya dukung fungsi lindung wilayah. Analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa konversi terbesar berasal dari kebun campuran atau sistem *agroforestry* dan lahan sawah, yang secara ekologis memiliki peran penting dalam menjaga daya serap air dan mengendalikan limpasan permukaan. Sebagian besar kebun campuran ini berada pada wilayah perbukitan dengan kemiringan lereng tinggi, sehingga fungsi lindungnya sangat signifikan dalam pengendalian erosi dan konservasi air. Dalam konteks ini, berkurangnya luasan vegetasi alami dapat menyebabkan penurunan kemampuan lingkungan dalam menjalankan fungsi hidrologis dan ekologisnya.

Pada wilayah studi juga ditemukan keberadaan tutupan lahan berupa perkebunan teh di lereng Gunung Ungaran. Mengacu pada karakteristik lahan dan jenis vegetasi, lahan ini diberikan koefisien lindung sebesar 0,54, setara dengan perkebunan besar. Selain itu, di bagian atas dan puncak lereng gunung terdapat area yang didominasi oleh semak dan vegetasi rendah lainnya. Karena karakternya menyerupai padang rumput yang bersifat sementara dan kurang efektif dalam konservasi air, area ini diberikan koefisien lindung sebesar 0,28.

Berdasarkan hasil analisis kuantitatif menggunakan pendekatan Rushton (1993), nilai daya dukung fungsi lindung di wilayah studi pada tahun 2015 adalah sebesar 0,58567, namun mengalami penurunan menjadi 0,56603 pada tahun 2023. Penurunan ini mencerminkan degradasi fungsi lindung wilayah seiring dengan meningkatnya tekanan terhadap penggunaan lahan untuk pembangunan permukiman dan pariwisata. Meskipun nilai daya dukung fungsi lindung di lokasi studi masih tergolong dalam kategori sedang, hal ini tetap menjadi perhatian serius, mengingat posisi strategis wilayah ini sebagai hulu dari DAS Garang dan DAS Bodri. Sebagai daerah tangkapan air, setiap penurunan fungsi lindung di wilayah ini dapat berdampak langsung terhadap kualitas dan kuantitas air di wilayah hilir, serta meningkatkan risiko bencana hidrometeorologis seperti banjir dan kekeringan.

Studi ini memiliki beberapa keterbatasan, terutama pada pendekatan interpretasi citra satelit yang masih bersifat visual dan hanya difokuskan untuk memetakan perubahan lahan eksisting. Ke depan, metode ini perlu dikembangkan lebih lanjut dengan pendekatan prediktif, seperti pemanfaatan model *cellular automata* sebagaimana diterapkan oleh Sidiq et al. (2024), guna memproyeksikan dinamika perubahan tata guna lahan secara lebih akurat. Selain itu, ruang lingkup penelitian ini masih terbatas pada aspek spasial perubahan tata guna lahan, tanpa mempertimbangkan variabel ekologis penting lainnya seperti kualitas vegetasi, tingkat erosi, atau dampak hidrologis secara langsung. Kendati demikian, temuan dari kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi strategis bagi perencanaan pembangunan wilayah dan perumusan kebijakan revitalisasi daerah aliran sungai (DAS) yang lebih adaptif terhadap daya dukung lingkungan, khususnya di wilayah lereng Gunung Ungaran yang memiliki biodiversitas tinggi.

KESIMPULAN

Hasil studi menunjukkan bahwa selama periode 2015–2023, terjadi konversi lahan sebesar 610,64 hektare di Kecamatan Limbangan dan Boja, yang didominasi oleh perubahan kebun campuran (*agroforestry*) dan sawah menjadi lahan terbangun. Pertumbuhan penduduk yang pesat di wilayah perkotaan telah mendorong peningkatan permintaan lahan, sehingga menyebabkan terjadinya *urban sprawl* ke wilayah pinggiran seperti Kecamatan Limbangan dan Boja. Akibatnya, nilai daya dukung fungsi lindung menurun dari 0,58567 menjadi 0,56603,

meskipun masih dalam kategori sedang. Penurunan ini menandakan terjadinya degradasi fungsi ekologis di wilayah hulu, yang berpotensi memperburuk kualitas dan kuantitas air di wilayah hilir serta meningkatkan risiko bencana hidrometeorologis seperti banjir dan kekeringan. Untuk studi selanjutnya, diperlukan analisis yang lebih komprehensif dengan mempertimbangkan variabel ekologis lain seperti kualitas vegetasi dan tingkat erosi guna mendapatkan gambaran yang lebih lengkap tentang dampak perubahan tutupan lahan terhadap fungsi ekosistem di kawasan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Adimagistaraa, T., & Basuki, Y. (2022). Tipologi Kawasan Urban Sprawl Di Kota Ungaran, Kabupaten Semarang. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, 18(3), 304-317.
- Fariz, T. R., Jatmiko, R. H., Mei, E. T. W., & Lutfiananda, F. (2023). Interpretation on aerial photography for house identification on landslide area at Bompon sub-watershed. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2683, No. 1). AIP Publishing.
- Firdaus, F., Asteriani, F., & Ramadhani, A. (2018). Karakteristik, Tipologi, Urban Sprawl: Characteristics, Typology, Urban Sprawl. *Jurnal Saintis*, 18(2), 89-108.
- Hanafi, F., & Pamungkas, D. (2021). Aplikasi model RUSLE untuk estimasi kehilangan tanah bagian hulu di Sub DAS Garang, Jawa Tengah. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 18(1), 30-36.
- Hidayah, H. S. N., Kuswati, F. Y., Utama, R. A., Fariz, T. R., Amalia, A. V., & Haris, A. (2023). Kajian Perubahan Tutupan Lahan Terbangun di Daerah Peri Urban Kabupaten Kendal. *Uniplan: Journal of Urban and Regional Planning*, 4(2), 77-86.
- Hidayati, D., A. J. D. Astuti, T. Hidayat, & D. Chandra. 2021. Daya Dukung Lingkungan Untuk Fungsi Lindung Situs Gua Beringin Dan Gua Carano Danau Singkarak, Sumatera Barat [The Environmental Supporting Functions for Protection of Baringin and Carano Cave Sites in The Singkarak Lake, West Sumatera]. *Kindai Etam: Jurnal Penelitian Arkeologi*, 7(2), 107-118
- Miardini, A., & Nugraha, H. (2020). Penentuan sub das prioritas penanganan banjir di DAS Bodri, Jawa Tengah. *majalah ilmiah globe*, 22(2), 93-100.
- Munthe, M. B., & Handayani, W. (2024). Kajian Perubahan Kondisi Ekologi Wilayah DAS Garang dan Aktivitas Penduduk yang Mempengaruhinya. *Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Kota)*, 13(1).
- Muta'ali, L. 2012. Daya Dukung Lingkungan Untuk Perencanaan Pengembangan Wilayah. Yogyakarta: BPFU UGM.
- Pamungkas, I. T. D., & Muktiali, M. (2015). Pengaruh Keberadaan Desa Wisata Karangbanjar terhadap Perubahan Penggunaan Lahan, Ekonomi dan Sosial Masyarakat. *Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Kota)*, 4(3), 361-372.
- Puspitasari, S., & Suharyadi, S. (2016). Kajian Kepadatan Bangunan Menggunakan Interpretasi Hibrida Citra Landsat-8 Oli di Kota Semarang Tahun 2015. *Jurnal Bumi Indonesia*, 5(2).
- Rangkuti, H. A., Suharini, E., & Hayati, R. (2017). Analisis Pertumbuhan Urban Sprawl di Kecamatan Banyumanik Tahun 2005-2015. *Geo-Image Journal*, 6(2), 82-88.
- Sidiq, W. A. B. N., Fariz, T. R., Saputro, P. A., & Sholeh, M. (2024). Built-Up Development Prediction Based on Cellular Automata Modelling Around New Yogyakarta International Airport. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 25.
- Sukmawardhono¹, N. A., & Nugroho, P. (2020). Pengaruh Perubahan Guna Lahan Terhadap Infiltrasi Di Hulu Das Beringin. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, 16(4), 253-262.

- Tisnasuci, I. D., & Sukmono, A. (2020). Analisis pengaruh perubahan tutupan lahan Daerah Aliran Sungai Bodri terhadap debit puncak menggunakan metode Soil Conservation Service (SCS). *Jurnal Geodesi Undip*, 10(1), 105-114.
- Trisiana, A. (2022). Analisis Peran Pemerintahan Dalam Pengendalian Pertumbuhan Penduduk. *Research Fair UNISRI*, 6(1), 45-56.
- Utami, W., Rahman, A., & Sutaryono, S. (2022). Pendekatan Interpretasi Visual Dan Digital Citra Pleiades Untuk Klasifikasi Penutup Lahan. *Geography: Jurnal Kajian, Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, 10(1), 18-31.
- Wicaksono, M. M., Widyandini, A. M., Salsabhila, M. A., Fariz, T. R., Jabbar, A., & Haris, A. (2024). Daya Dukung Fungsi Lindung Wilayah Ibu Kota Nusantara (IKN). *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 13(1), 83-88.
- Yolanda, W., & Djoeffan, S. H. (2022). Pengaruh Urban Sprawl terhadap Kondisi Fisik Kota: Studi Kasus Kecamatan Boiongloa Kidul. *Jurnal Riset Perencanaan Wilayah dan Kota*, 119-128.