



Transformasi Lanskap Agraris dan Ekspansi Lahan Terbangun: Dinamika Spasio-Temporal Indeks Kawasan Terbangun (NDBI) Berbasis Landsat Time-Series di Jember Selatan, 2001–2025

(Agrarian Landscape Transformation and Built-Up Expansion: Spatio-Temporal NDBI Dynamics from Landsat Time-Series in Southern Jember, 2001–2025)

Rizqi I'anatus Sholihah¹, Rizki Auliansyah Putra^{2*}, Muflihatul Maghfiroh Islami³, Krisologus Genesa Ruby Atmadja¹, Lenalda Febriany Santosa¹, Verlina Intan Wulandari¹, Basuki Rahman¹, Monica Kusneti³

¹ Program Studi Ilmu Lingkungan, Fakultas Dakwah dan Ilmu Komunikasi, Universitas Islam Negeri Antasari Banjarmasin, Jalan Jenderal Ahmad Yani KM. 4,5, Kota Banjarmasin, 70235 Provinsi Kalimantan Selatan

² Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya, Jalan Yos Sudarso, Kampus UPR, Kota Palangka Raya, 73111 Provinsi Kalimantan Tengah

³ Yayasan Konservasi Khatulistiwa, Jalan A. Wahab Syahrani RT.01 No.84 Blok S Sempaja Sel. Barat, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur

* Corresponding Author: rizki.auliansyahputra@faperta.upr.ac.id

Article History

Received : June 19, 2026

Revised : June 23, 2026

Approved : June 23, 2026

Keywords:

agrarian landscape transformation; built-up land expansion; Landsat time-series; NDBI; sustainable spatial planning.

© 2026 Authors

Published by the Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Forestry and Fisheries, Palangka Raya University. This article is openly accessible under the license:



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Sejarah Artikel

Diterima : 19 Juni, 2026

Direvisi : 23 Juni, 2026

Disetujui : 23 Juni, 2026

Kata Kunci:

Transformasi Lanskap Agraris; Ekspansi Lahan Terbangun; Landsat Time-Series; NDBI; Perencanaan Tata Ruang Berkelanjutan

© 2026 Penulis

ABSTRACT

Agrarian landscape transformation driven by built-up land expansion has become an increasingly prominent form of land-use change in developing regions. Southern Jember, characterized by extensive agricultural, plantation, and forested lands, has experienced growing development pressure associated with infrastructure expansion and regional economic growth. This study aimed to analyze patterns of agrarian landscape transformation and the spatio-temporal dynamics of built-up areas in Southern Jember during 2001–2025 using Landsat time-series imagery. The analysis was conducted through land-cover change interpretation and the extraction of the Normalized Difference Built-up Index (NDBI) from Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI/TIRS imagery. The results revealed a substantial increase in built-up areas, from approximately 20.8 thousand ha in 2001 to 82.9 thousand ha in 2025. This expansion occurred concurrently with declines in paddy fields, secondary forests, and portions of plantation areas. NDBI analysis further indicated increasing intensity and spatial expansion of built-up land, particularly along the northern, central, and western development corridors of Southern Jember, where high NDBI values were consistently observed. These findings demonstrate that built-up land expansion has become the primary driver of agrarian landscape transformation in the study area. The integration of Landsat time-series imagery and NDBI proved effective for monitoring landscape dynamics and provides a scientific basis for sustainable spatial planning and land management.

ABSTRAK

Transformasi lanskap agraris akibat ekspansi kawasan terbangun merupakan salah satu bentuk perubahan penggunaan lahan yang semakin intensif di wilayah berkembang. Jember Selatan yang didominasi oleh lahan pertanian, perkebunan, dan hutan mengalami tekanan pembangunan yang meningkat seiring perkembangan infrastruktur dan aktivitas ekonomi wilayah. Penelitian ini bertujuan menganalisis pola transformasi lanskap agraris dan dinamika spasio-temporal kawasan terbangun di Jember Selatan selama periode 2001–2025 menggunakan citra Landsat *time-series*. Analisis dilakukan melalui interpretasi perubahan tutupan lahan dan ekstraksi *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) dari citra Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TIRS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas kawasan terbangun meningkat signifikan dari sekitar 20,8 ribu ha pada tahun 2001 menjadi 82,9 ribu ha pada tahun 2025. Peningkatan tersebut berlangsung bersamaan dengan penurunan luas lahan sawah, hutan sekunder, dan sebagian area perkebunan. Analisis NDBI menunjukkan peningkatan intensitas dan persebaran kawasan terbangun yang semakin meluas



1. Pendahuluan

Transformasi lanskap agraris akibat urbanisasi merupakan salah satu isu penting dalam kajian perubahan lingkungan global dan pembangunan wilayah berkelanjutan pada abad ke-21. Peningkatan kebutuhan ruang untuk permukiman, infrastruktur, kawasan industri, serta aktivitas ekonomi telah mendorong ekspansi kawasan terbangun ke berbagai wilayah yang sebelumnya didominasi oleh lahan pertanian produktif. Perubahan tersebut tidak hanya mengubah konfigurasi spasial lanskap, tetapi juga memengaruhi kapasitas produksi pangan, keberlanjutan jasa ekosistem, keseimbangan hidrologis, dan ketahanan sosial-ekologis suatu wilayah (Foley et al., 2005; Lambin et al., 2003; Seto et al., 2011). Pada skala global, laju ekspansi kawasan terbangun diketahui berlangsung lebih cepat dibandingkan pertumbuhan penduduk sehingga meningkatkan tekanan terhadap lahan pertanian dan mempercepat fragmentasi lanskap agraris (Bren d'Amour et al. 2017; Güneralp et al. 2020).

Penelitian mutakhir menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan global selama dua dekade terakhir jauh lebih besar daripada yang diperkirakan sebelumnya, terutama akibat konversi lahan pertanian dan vegetasi alami menjadi kawasan terbangun (Potapov et al., 2022; Winkler et al., 2021). Bahkan, proyeksi pembangunan global mengindikasikan bahwa ekspansi perkotaan masih akan terus berlangsung dan menjadi salah satu pendorong utama perubahan lanskap pada abad ini (Chen et al., 2020; Hu et al., 2023).

Di Indonesia, transformasi lanskap agraris berlangsung seiring dengan percepatan pembangunan wilayah, peningkatan konektivitas, dan pertumbuhan aktivitas ekonomi regional. Fenomena tersebut tidak

hanya terjadi di kawasan metropolitan, tetapi juga semakin nyata pada wilayah agraris yang berfungsi sebagai *hinterland* produksi pangan. Kabupaten Jember merupakan salah satu sentra produksi padi utama di Provinsi Jawa Timur yang berperan penting dalam mendukung ketahanan pangan regional. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember, luas panen padi pada tahun 2024 mencapai sekitar 120,07 ribu ha dengan produksi sebesar 623,27 ribu ton gabah kering giling (GKG), sedangkan produksi beras untuk konsumsi mencapai 359,89 ribu ton. Capaian tersebut menunjukkan bahwa lanskap agraris Jember memiliki fungsi strategis dalam menopang ketersediaan pangan bagi masyarakat lokal maupun regional (BPS Kabupaten Jember, 2025b). Oleh karena itu, perubahan struktur penggunaan lahan di wilayah ini berpotensi menimbulkan implikasi yang luas terhadap keberlanjutan sistem produksi pangan dan pengelolaan sumber daya lahan.

Jember Selatan merupakan kawasan yang hingga saat ini masih didominasi oleh lahan sawah, tegalan, perkebunan, dan vegetasi alami. Namun demikian, dalam dua dekade terakhir wilayah ini menunjukkan indikasi transformasi spasial yang semakin intensif seiring berkembangnya kawasan permukiman, pusat perdagangan dan jasa, industri pengolahan hasil pertanian, serta berbagai infrastruktur pendukung pembangunan wilayah. Salah satu faktor yang diduga berkontribusi terhadap perubahan tersebut adalah pembangunan Jalur Lintas Selatan (JLS) Jawa Timur yang menjadi bagian dari strategi pengembangan koridor wilayah selatan Pulau Jawa. Infrastruktur ini berperan meningkatkan aksesibilitas, memperkuat konektivitas antarkawasan, membuka akses menuju sentra produksi pertanian dan kawasan wisata pesisir,

serta mendorong pertumbuhan ekonomi wilayah (Edy & Pristyawati, 2021; Suma, 2018). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa peningkatan aksesibilitas akibat pembangunan infrastruktur transportasi umumnya diikuti oleh perubahan penggunaan lahan yang ditandai dengan munculnya pusat-pusat pertumbuhan baru dan ekspansi kawasan terbangun pada wilayah yang sebelumnya berkarakter agraris (Hu et al., 2023; Pribadi & Pauleit, 2015; Salem & Tsurusaki, 2024). Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa Jember Selatan sedang mengalami proses transisi lanskap yang perlu dipantau secara sistematis untuk memahami arah dan intensitas perubahannya.

Pemantauan transformasi lanskap memerlukan pendekatan yang mampu merekam perubahan secara konsisten dalam rentang waktu yang panjang. Dalam konteks tersebut, data Landsat menjadi salah satu sumber informasi yang paling banyak digunakan karena menyediakan arsip observasi bumi berkelanjutan selama lebih dari empat dekade dengan resolusi spasial yang memadai untuk analisis perubahan penggunaan lahan (Wulder et al., 2019). Salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengidentifikasi perkembangan kawasan terbangun adalah *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) yang memanfaatkan karakteristik spektral permukaan terbangun pada kanal inframerah dekat dan inframerah gelombang pendek (Zha et al., 2003a). Indeks ini terbukti efektif dalam memetakan kawasan terbangun dan memantau dinamika urbanisasi pada berbagai kondisi lingkungan (Li et al., 2017; Xu, 2008). Selain itu, perkembangan analisis *Landsat time-series* memungkinkan identifikasi trajektori perubahan penggunaan lahan secara lebih rinci sehingga mampu menjelaskan hubungan antara ekspansi kawasan terbangun, kehilangan lahan pertanian, dan transformasi lanskap dalam perspektif jangka panjang (Cao et al., 2021; Frolking et al., 2024; Huang et al., 2024).

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji dinamika biofisik lanskap di Jember

Selatan melalui analisis suhu permukaan tanah, indeks vegetasi, dan karakteristik lingkungan berbasis penginderaan jauh (Sholihah et al., 2022; Sholihah & Shibata, 2019), kajian yang secara khusus mengevaluasi hubungan antara transformasi lanskap agraris dan ekspansi kawasan terbangun masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada respons biofisik lanskap, sedangkan dinamika spasio-temporal perkembangan kawasan terbangun sebagai representasi langsung perubahan struktur ruang wilayah belum dianalisis secara komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan integrasi analisis transformasi lanskap agraris dan ekspansi kawasan terbangun menggunakan *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) berbasis *Landsat time-series* selama periode 2001–2025. Pendekatan tersebut digunakan untuk mengidentifikasi trajektori perubahan penggunaan lahan, intensitas perkembangan kawasan terbangun, serta pola spasio-temporal urban *sprawl* pada lanskap agraris Jember Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengidentifikasi pola transformasi lanskap agraris dan ekspansi kawasan terbangun di Jember Selatan serta (2) menganalisis dinamika spasio-temporal kawasan terbangun menggunakan NDBI berbasis Landsat selama periode 2001–2025, khususnya pada tahun 2001, 2013, dan 2025. Hasil penelitian diharapkan dapat memperkaya literatur mengenai transformasi lanskap agraris tropis sekaligus menyediakan landasan ilmiah bagi perlindungan lahan pertanian produktif, pengendalian *urban sprawl*, dan penyusunan kebijakan tata ruang yang berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada lanskap Jember Selatan yang merupakan bagian dari Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Wilayah studi ditetapkan menggunakan pendekatan lanskap dengan mempertimbangkan keterkaitan topografi, sistem hidrologi, jaringan transportasi, dan

kesatuan penggunaan lahan sehingga menghasilkan cakupan wilayah seluas sekitar 200.198 ha. Secara administratif, kawasan ini meliputi Kecamatan Kencong, Gumukmas, Puger, Wuluhan, Ambulu, Tempurejo, dan Silo. Berdasarkan data kependudukan, jumlah penduduk Kabupaten Jember telah melampaui 2,6 juta jiwa dan menunjukkan tren peningkatan yang konsisten dalam satu dekade terakhir (BPS Kabupaten Jember, 2025a). Pertumbuhan penduduk tersebut diikuti oleh meningkatnya kebutuhan ruang untuk permukiman, sarana pendidikan, fasilitas kesehatan, perdagangan, jasa, dan berbagai aktivitas ekonomi lainnya yang berkontribusi terhadap perubahan struktur ruang wilayah (Setiawan et al., 2025). Selain dipengaruhi oleh faktor demografis, perkembangan kawasan terbangun di wilayah selatan juga berkaitan dengan meningkatnya mobilitas penduduk, berkembangnya pusat-pusat pelayanan kecamatan, pertumbuhan sektor pariwisata pesisir, serta perluasan aktivitas ekonomi berbasis agroindustri dan perikanan yang tersebar di sepanjang koridor selatan Kabupaten Jember.

Secara fisiografis, Jember Selatan memiliki bentang wilayah yang beragam, mulai dari dataran aluvial pantai, kipas vulkanik, perbukitan bergelombang, hingga kawasan pegunungan di bagian timur yang berasosiasi dengan Taman Nasional Meru Betiri. Keragaman bentuk lahan tersebut membentuk mosaik lanskap yang didominasi oleh pemanfaatan lahan agraris berupa sawah irigasi, sawah tadah hujan, perkebunan rakyat, perkebunan besar, dan kebun campuran yang tersebar pada dataran rendah hingga wilayah perbukitan. Data penggunaan lahan Kabupaten Jember menunjukkan bahwa sektor pertanian masih menjadi pengguna ruang terbesar dan berperan penting dalam menopang produksi pangan regional Jawa Timur, terutama komoditas padi, jagung, tebu, tembakau, dan berbagai komoditas hortikultura (Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan Kabupaten Jember 2022).

Di sisi lain, posisi geografis wilayah yang menghubungkan kawasan produksi pertanian, sentra perikanan pesisir, dan pusat-pusat pertumbuhan ekonomi menyebabkan Jember Selatan mengalami tekanan pembangunan yang



Gambar 1. Lokasi penelitian: Jember Selatan

semakin meningkat. Kondisi tersebut menjadikan kawasan ini relevan sebagai lokasi penelitian untuk mengevaluasi dinamika spasio-temporal kawasan terbangun dan transformasi lanskap agraris yang berlangsung selama periode 2001–2025. Lokasi penelitian secara spasial dapat dilihat pada **Gambar 1**.

2.2. Prosedur Penelitian

Analisis dilakukan secara multitemporal pada periode 2001–2025 menggunakan data citra *Landsat 7 ETM+* tahun 2001 dan 2013 serta *Landsat 8 OLI/TIRS* tahun 2025 yang diperoleh dari *United States Geological Survey* (USGS). Selain itu, penelitian memanfaatkan data tutupan lahan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) untuk menganalisis transformasi lanskap agraris. Seluruh data citra diproses melalui tahapan koreksi geometrik, koreksi radiometrik, *cloud masking*, dan pemotongan citra (*clipping*) sesuai batas wilayah penelitian menggunakan *Google Earth Engine* dan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis seperti *QGIS*.

Transformasi lanskap agraris dianalisis menggunakan data tutupan lahan KLHK melalui pendekatan *land use/land cover change* (LULCC) pada periode pengamatan (tahun 2001, 2013, dan 2025). Data tutupan lahan direklasifikasi menjadi beberapa kelas utama, yaitu kawasan terbangun (pemukiman), sawah, perkebunan, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campur, belukar, hutan primer, hutan sekunder, hutan tanaman, hutan mangrove primer, lahan terbuka, tambak, dan badan air. Selanjutnya dilakukan analisis perubahan luas pada kelas tutupan lahan untuk mengidentifikasi arah transformasi lanskap selama periode pengamatan. Analisis ini digunakan untuk mengevaluasi perubahan lanskap agraris yang berkaitan dengan perkembangan kawasan terbangun di Jember Selatan.

Dinamika spasio-temporal kawasan terbangun dianalisis menggunakan *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) yang dikembangkan oleh (Zha et al., 2003b). NDBI

dihitung menggunakan kombinasi kanal *Shortwave Infrared* (SWIR) dan *Near Infrared* (NIR) dengan persamaan sebagai berikut:

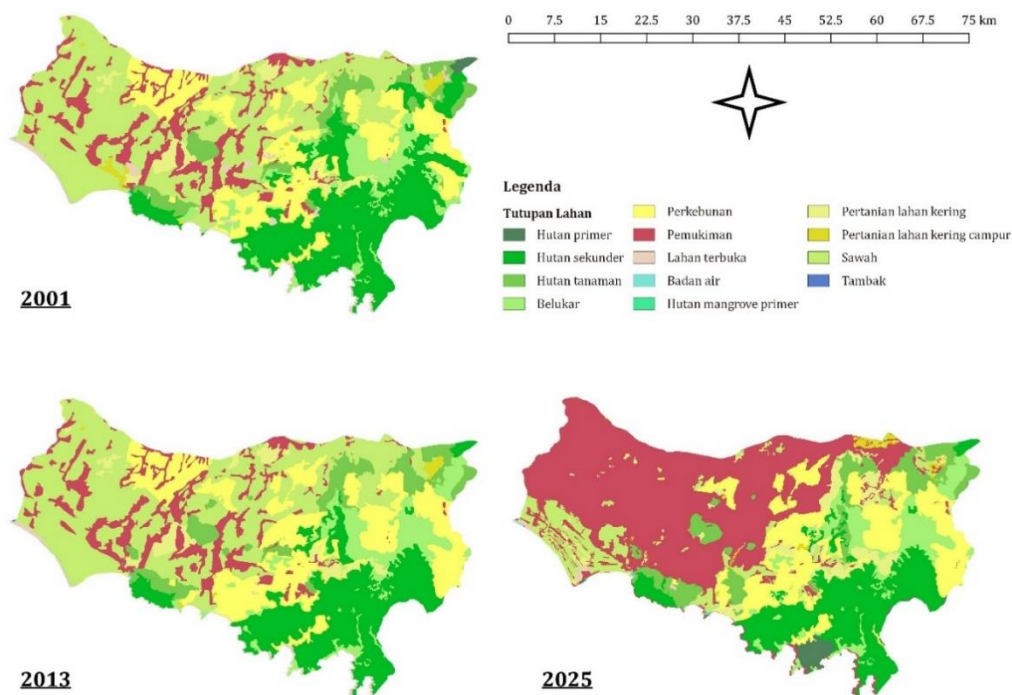
$$NDBI = \frac{\rho_{SWIR} - \rho_{NIR}}{\rho_{SWIR} + \rho_{NIR}}$$

Pada citra *Landsat 7 ETM+*, kanal SWIR menggunakan Band 5 dan NIR menggunakan Band 4, sedangkan pada *Landsat 8 OLI/TIRS* digunakan Band 6 (SWIR1) dan Band 5 (NIR). Nilai NDBI yang semakin tinggi menunjukkan tingkat keterbangunan permukaan yang semakin tinggi, sedangkan nilai rendah atau negatif umumnya menunjukkan vegetasi, badan air, atau lahan dengan kandungan kelembapan tinggi (Xu, 2008; Zha et al., 2003b). Peta NDBI kemudian disusun untuk tahun 2001, 2013, dan 2025 guna mengidentifikasi pola dan intensitas perkembangan kawasan terbangun. Analisis spasio-temporal pada peta NDBI dan data tutupan lahan untuk mengevaluasi hubungan antara ekspansi kawasan terbangun dan transformasi lanskap agraris di Jember Selatan selama periode penelitian.

3. Hasil Penelitian

3.1. Pola Transformasi Lanskap Agraris dan Ekspansi Kawasan Terbangun di Jember Selatan

Transformasi lanskap merupakan indikator penting untuk memahami perubahan struktur ruang dan dinamika pemanfaatan lahan dalam suatu wilayah. Pada lanskap agraris, perubahan tersebut umumnya ditandai oleh berkurangnya luasan lahan pertanian dan meningkatnya kawasan terbangun sebagai respons terhadap pertumbuhan penduduk, perkembangan ekonomi, serta pembangunan infrastruktur. Hasil analisis spasio-temporal menunjukkan bahwa Jember Selatan mengalami perubahan lanskap yang cukup signifikan selama periode 2001–2025. Pola spasial transformasi lanskap agraris dan ekspansi kawasan terbangun di Jember Selatan



Gambar 2. Pola spasial transformasi lanskap agraris dan ekspansi kawasan terbangun di Jember Selatan

selama periode 2001–2025 tersebut disajikan pada **Gambar 2**.

Transformasi lanskap di Jember Selatan selama periode penelitian ditandai oleh meningkatnya kawasan terbangun dan berkurangnya dominasi lanskap agraris. Pada tahun 2001, pola ruang wilayah masih didominasi oleh sawah, perkebunan, pertanian lahan kering, dan hutan sekunder yang tersebar luas pada dataran rendah hingga perbukitan. Kawasan terbangun pada periode tersebut masih terkonsentrasi di sekitar pusat-pusat permukiman dan mengikuti jaringan jalan utama. Memasuki tahun 2013, pola pemanfaatan lahan mulai menunjukkan peningkatan intensitas pembangunan, terutama di sepanjang koridor transportasi dan kawasan yang memiliki aksesibilitas tinggi. Perubahan paling mencolok terjadi pada tahun 2025 ketika kawasan terbangun berkembang secara luas dan mendominasi sebagian besar wilayah bagian barat, tengah, dan utara Jember Selatan. Pola

tersebut mengindikasikan berlangsungnya transformasi lanskap dari sistem yang didominasi fungsi pertanian menuju lanskap yang semakin dipengaruhi oleh aktivitas non-agraris dan perkembangan kawasan terbangun, seperti permukiman, industri, infrastruktur, dan lahan terbangun lainnya.

Perubahan spasial pada **Gambar 2** sejalan dengan dinamika luas tutupan lahan yang ditunjukkan pada **Tabel 1** selama periode 2001–2025. Kawasan terbangun mengalami peningkatan dari 20,8 ribu ha pada tahun 2001 menjadi 23,1 ribu ha pada tahun 2013, kemudian meningkat sangat tajam hingga mencapai 82,9 ribu ha pada tahun 2025. Sebaliknya, luas sawah yang merupakan lanskap agraris mengalami penurunan drastis dari 66,4 ribu ha pada tahun 2001 menjadi 13,8 ribu ha pada tahun 2025. Penurunan juga terjadi pada hutan sekunder yang berkurang dari 43,0 ribu ha menjadi 30,8 ribu ha selama periode yang sama. Temuan ini menunjukkan bahwa

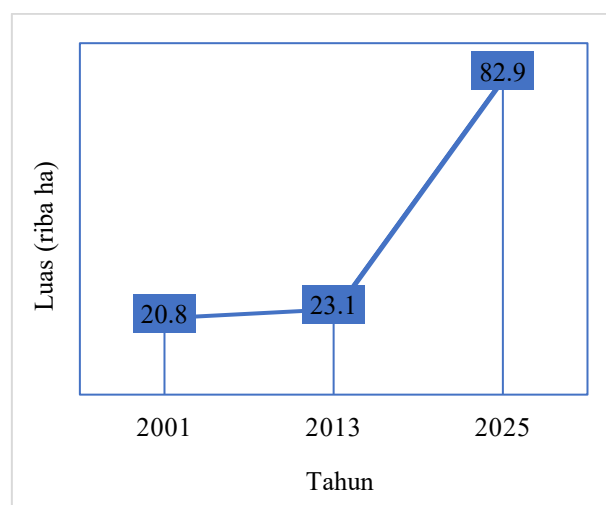
ekspansi kawasan terbangun menjadi faktor utama yang mendorong perubahan struktur lanskap di Jember Selatan, terutama melalui konversi lahan pertanian dan sebagian lahan vegetasi lainnya. Fenomena serupa banyak ditemukan di wilayah berkembang, di mana pertumbuhan penduduk, peningkatan konektivitas wilayah, dan pembangunan infrastruktur menjadi pemicu utama perubahan penggunaan lahan (Seto et al. 2011; Brend'Amour et al. 2017). Namun demikian, jika dilihat dari perspektif ketahanan pangan, kondisi ini perlu menjadi perhatian karena Jember merupakan salah satu sentra produksi padi utama di Jawa Timur.

Tabel 1. Dinamika tutupan lahan di Jember Selatan dalam ribu hektar, tahun 2001-2025

Tutupan Lahan (<i>Land Cover</i>)	Luas (ribu ha)		
	2001	2013	2025
Hutan primer	0,7	0,0	2,4
Hutan sekunder	43,0	32,1	30,8
Hutan tanaman	11,0	14,1	14,1
Hutan mangrove primer	0,0	0,0	0,0
Belukar	12,6	12,5	13,4
Perkebunan	34,8	39,8	31,4
Pemukiman	20,8	23,1	82,9
Lahan terbuka	3,2	3,0	0,6
Badan air	0,2	0,2	0,2
Pertanian lahan kering	5,6	7,6	9,1
Pertanian lahan kering campur	1,8	1,6	1,6
Sawah	66,4	66,2	13,8
Tambak	0,0	0,0	0,0
Total	200,198	200,198	200,198

Perubahan juga terjadi pada kelas tutupan lahan lainnya. Hutan sekunder mengalami penurunan dari 43,0 ribu ha pada tahun 2001 menjadi 30,8 ribu ha pada tahun 2025. Perkebunan menunjukkan fluktuasi dengan peningkatan pada tahun 2013, namun kembali menurun pada tahun 2025. Sebaliknya, pertanian lahan kering meningkat dari 5,6 ribu ha menjadi 9,1 ribu ha selama periode penelitian. Fenomena tersebut mengindikasikan bahwa transformasi lanskap tidak hanya berupa konversi langsung lahan pertanian menjadi kawasan terbangun, tetapi

juga melibatkan perubahan fungsi lahan antar kelas agraris sebelum akhirnya beralih menjadi penggunaan non-pertanian. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kawasan terbangun yang tidak terkendali dapat menyebabkan degradasi kualitas lingkungan dan menurunkan resiliensi lanskap terhadap perubahan iklim maupun bencana hidrometeorologi (Foley et al. 2005; Brend'Amour et al. 2017; Winkler et al. 2021).

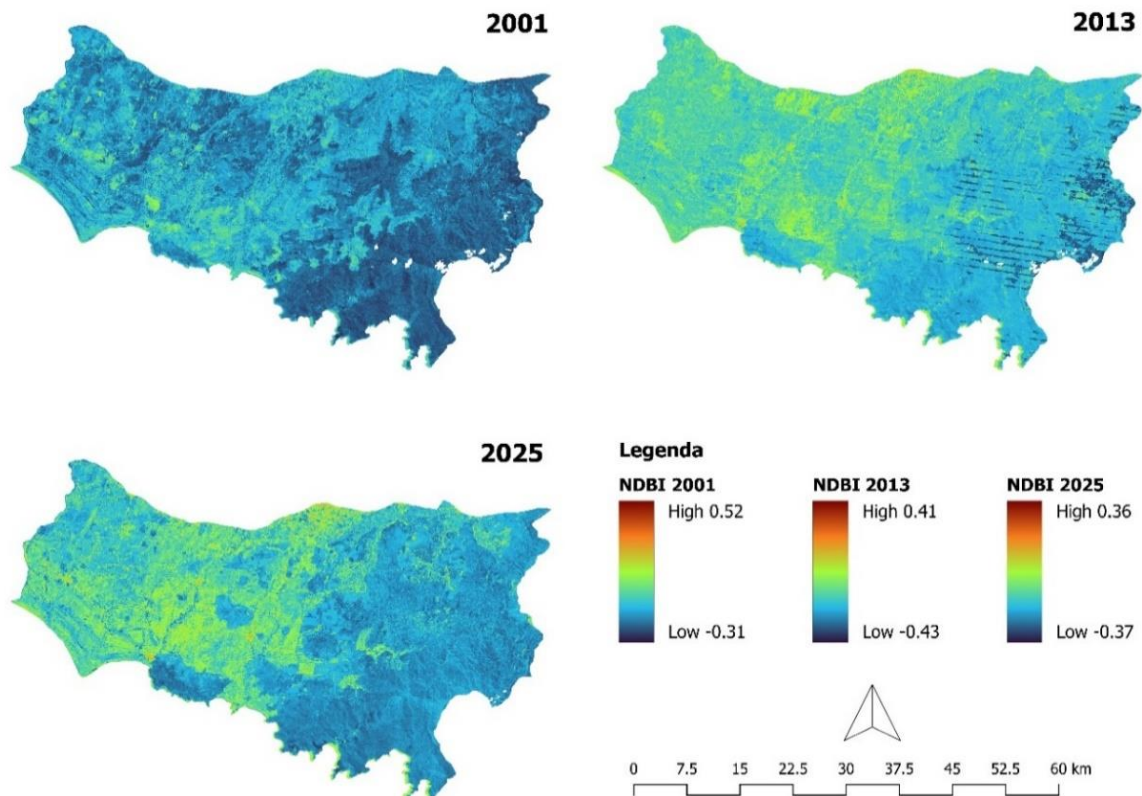


Gambar 3. Eskalasi lahan terbangun di Jember Selatan (ribu ha) dari tahun 2001 hingga 2025

Tren peningkatan kawasan terbangun terlihat lebih jelas pada **Gambar 3** yang menunjukkan akselerasi pertumbuhan lahan terbangun selama dua dekade terakhir. Pada periode 2001–2013, peningkatan luas kawasan terbangun masih berlangsung secara gradual, sedangkan pada periode 2013–2025 terjadi lonjakan yang jauh lebih tinggi. Pola tersebut mengindikasikan bahwa proses urbanisasi dan pembangunan wilayah di Jember Selatan mengalami percepatan yang signifikan dalam dekade terakhir. Berkembangnya kawasan permukiman, aktivitas ekonomi, serta peningkatan aksesibilitas yang didukung pembangunan infrastruktur strategis, termasuk koridor Jalur Lintas Selatan (JLS), dapat menjadi faktor yang mempercepat ekspansi ruang terbangun. Kondisi ini menunjukkan bahwa transformasi lanskap agraris di Jember

Selatan tidak hanya terjadi secara spasial, tetapi juga berlangsung secara intensif dalam dimensi

dibandingkan gelombang *near infrared* (NIR). **Gambar 4** memvisualisasikan dinamika



Gambar 4. Pola dinamika spasio-temporal indeks kawasan terbangun (NDBI) di Jember Selatan

temporal, sehingga berpotensi memengaruhi keberlanjutan fungsi produksi pangan, kualitas lingkungan, dan stabilitas jasa ekosistem pada masa mendatang (Foley et al. 2005; Güneralp et al. 2020; Winkler et al. 2021).

3.2. Dinamika Spasio-Temporal Indeks Kawasan Terbangun (NDBI) di Jember Selatan

Identifikasi perubahan fisik lanskap dari permukaan bervegetasi menjadi area terbangun diperkuat melalui analisis *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI). Indeks ini memanfaatkan karakteristik spektral material konstruksi yang memantulkan gelombang *shortwave infrared* (SWIR) lebih kuat

spasio-temporal indeks kawasan terbangun (NDBI) di lanskap Jember Selatan pada tahun 2001, 2013, dan 2025.

Secara visual, sebaran spasial NDBI menunjukkan bahwa pada tahun 2001 dan 2013 didominasi oleh rona warna biru gelap hingga biru muda, mencerminkan bahwa sebagian besar wilayah studi masih tertutup oleh vegetasi atau badan air yang memiliki NDBI rendah bahkan negatif. Pola ini mengindikasikan dominasi tutupan vegetasi dan lahan pertanian yang masih berperan sebagai komponen utama lanskap wilayah. Pada tahun tersebut, nilai NDBI yang lebih tinggi (merepresentasikan area terbangun atau lahan terbuka) tersebar secara sporadis dan terbatas pada pusat-pusat

aktivitas manusia yang eksisting. Sebaliknya, pada tahun 2025 terjadi ekspansi spasial yang masif dengan nilai NDBI yang lebih tinggi pada area dengan rona warna lebih cerah (hijau cerah hingga kuning), terutama pada bagian barat, tengah, dan utara wilayah studi. Munculnya zona-zona dengan rona hijau hingga kuning menunjukkan bertambahnya permukaan terbangun dan lahan dengan karakteristik reflektansi menyerupai material konstruksi. Perubahan tersebut memperkuat temuan bahwa proses urbanisasi dan konversi lahan telah berlangsung secara intensif selama dua dekade terakhir, selaras dengan meningkatnya luas kawasan terbangun (*built-up area*) khususnya pemukiman dan berkurangnya lahan agraris produktif (**Gambar 2**, **Tabel 1**, dan **Gambar 3**).

Hasil analisis kuantitatif pada **Tabel 2** memberikan gambaran lebih rinci mengenai respons dan dinamika spektral NDBI pada setiap kelas tutupan lahan di Jember Selatan. Secara umum, nilai NDBI rata-rata mencerminkan karakteristik biofisik permukaan.

vegetasi menyerap gelombang SWIR dan memantulkan NIR, menghasilkan nilai indeks yang bertolak belakang dengan karakteristik area terbangun. Sebaliknya, kelas pemukiman menunjukkan nilai NDBI rata-rata yang relatif lebih tinggi dibandingkan kelas vegetasi, yaitu -0,10 (tahun 2001) dan meningkat menjadi -0,08 pada tahun 2025. Meskipun rata-ratanya masih bernilai negatif, yang wajar terjadi pada citra resolusi menengah akibat efek *mixed pixel* antara bangunan dan vegetasi pekarangan, nilai NDBI maksimum pada kelas pemukiman secara konsisten mencapai angka positif yang signifikan, yaitu 0,52 (2001), 0,30 (2013), dan 0,36 (2025). Nilai positif ini adalah indikator spektral yang valid untuk mendeteksi keberadaan lahan terbangun dari material beton, aspal, dan atap bangunan. Dengan demikian, temuan ini menegaskan bahwa NDBI mampu merekam peningkatan intensitas pembangunan fisik yang terjadi di wilayah studi. Sebagaimana dijelaskan oleh (Zha et al. 2003), nilai NDBI positif secara efektif memisahkan area urban dari latar belakang vegetasi karena reflektansi spektral unik

Tabel 2. Dinamika NDBI pada setiap tutupan lahan di Jember Selatan

Tutupan Lahan	NDBI rata-rata			NDBI maksimum			NDBI minimum			NDBI stdev.		
	2001	2013	2025	2001	2013	2025	2001	2013	2025	2001	2013	2025
Hutan primer	-0.18	-	-0.24	0.08	-	0.00	-0.27	-	-0.31	0.07	-	0.150
Hutan sekunder	-0.15	-0.2	-0.22	0.20	0.34	0.05	-0.30	-0.36	-0.33	0.07	0.06	0.001
Hutan tanaman	-0.11	-0.2	-0.20	0.12	0.08	0.13	-0.29	-0.34	-0.33	0.08	0.07	0.001
Belukar	-0.15	-0.2	-0.23	0.09	0.13	0.03	-0.31	-0.43	-0.34	0.07	0.05	0.005
Perkebunan	-0.12	-0.15	-0.20	0.22	0.20	0.11	-0.31	-0.39	-0.35	0.08	0.08	0.011
Pemukiman	-0.10	-0.10	-0.08	0.52	0.30	0.36	-0.29	-0.30	-0.32	0.07	0.08	0.017
Lahan terbuka	-0.07	-0.09	-0.17	0.36	0.34	0.10	-0.29	-0.36	-0.30	0.08	0.07	0.075
Badan air	-0.09	-0.12	-0.09	0.04	0.03	0.04	-0.20	-0.33	-0.27	0.04	0.05	0.006
Hutan mangrove primer	-	-	-0.21	-	-	-0.01	-	-	-0.37	-	-	0.016
Pertanian lahan kering	-0.10	-0.1	-0.15	0.10	0.18	0.14	-0.28	-0.30	-0.33	0.07	0.07	0.005
Pertanian lahan kering campur	-0.11	-0.2	-0.16	0.12	0.11	0.05	-0.29	-0.33	-0.31	0.07	0.06	0.003
Sawah	-0.10	-0.1	-0.11	0.40	0.41	0.12	-0.29	-0.33	-0.32	0.08	0.08	0.004
Tambak	-	-0.05	-	-	0.02	-	-	-0.21	-	-	0.04	-

Tabel 2 menunjukkan bahwa kelas tutupan lahan berbasis vegetasi secara konsisten memiliki nilai NDBI rata-rata yang rendah dan negatif. Kelas tutupan lahan berbasis vegetasi alami dan rapat, seperti hutan primer, hutan sekunder, dan hutan tanaman, konsisten memiliki nilai NDBI rata-rata yang sangat rendah (lebih negatif), berkisar antara -0,11 hingga -0,24. Hal ini menegaskan bahwa

material bangunan pada panjang gelombang SWIR.

Fenomena menarik juga terlihat pada kelas lahan terbuka dan sawah (pada fase tertentu). Lahan terbuka memiliki nilai NDBI maksimum yang cukup tinggi (mencapai 0,36 pada 2001), yang mencerminkan kemiripan respons spektral antara tanah terbuka yang kering (*bare soil*) dan material bangunan.

Sawah juga memiliki nilai NDBI maksimum yang cukup tinggi mencapai 0,4-0,41 pada tahun 2001 dan 2013, sebab sawah berada pada fase bera (*bare soil*) berupa tanah terbuka. Hal ini sejalan dengan temuan Bhatti & Tripathi (2014) yang menyatakan bahwa NDBI seringkali sensitif terhadap tanah terbuka yang kering, sehingga analisis spasial harus selalu disandingkan dengan peta tutupan lahan untuk menghindari misklasifikasi. Peningkatan nilai NDBI pada tahun 2025, khususnya pada area pemukiman padat, menjadi bagian analisis yang juga menjelaskan fenomena *urban heat island* (UHI) di Jember Selatan.

Secara keseluruhan, dinamika spasio-temporal NDBI mengonfirmasi bahwa transformasi lanskap di Jember Selatan tidak hanya ditandai oleh perubahan komposisi tutupan lahan, tetapi juga oleh meningkatnya intensitas permukaan kedap air yang menjadi ciri utama urbanisasi. Peningkatan nilai dan luasan NDBI pada tahun 2025 menunjukkan bahwa proses pembangunan telah mengubah struktur biofisik lanskap dari sistem yang didominasi lanskap agraris dan bervegetasi menuju lanskap yang semakin terbangun. Perubahan ini berimplikasi terhadap menurunnya kapasitas ekologis wilayah, berkurangnya daya serap air, serta meningkatnya kerentanan terhadap degradasi lingkungan. Dengan demikian, NDBI tidak hanya berfungsi sebagai indikator keberadaan kawasan terbangun, tetapi juga sebagai parameter penting untuk mengevaluasi arah transformasi lanskap dan keberlanjutan pengelolaan ruang di Jember Selatan pada masa mendatang.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa lanskap Jember Selatan mengalami transformasi spasio-temporal yang sangat signifikan selama periode 2001–2025. Perubahan tersebut ditandai oleh konversi lahan agraris dan vegetatif menjadi kawasan terbangun yang berlangsung semakin intensif

dalam dua dekade terakhir. Analisis tutupan lahan menunjukkan peningkatan luas permukiman dari 20,8 ribu ha pada tahun 2001 menjadi 82,9 ribu ha pada tahun 2025, yang terjadi bersamaan dengan penurunan luas sawah, hutan sekunder, dan sebagian area perkebunan. Pola perubahan ini mengindikasikan terjadinya pergeseran struktur lanskap dari dominasi sistem agraris menuju lanskap yang semakin terurbanisasi oleh kawasan terbangun.

Analisis dinamika spasio-temporal *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) juga menghasilkan temuan yang mengonfirmasi perubahan biofisik tersebut. Secara spasial, peningkatan nilai NDBI pada tahun 2025 menunjukkan ekspansi permukaan terbangun yang semakin luas dan terkonsentrasi pada wilayah barat, tengah, dan utara Jember Selatan. Secara kuantitatif, kelas permukiman memperlihatkan nilai NDBI maksimum yang konsisten lebih tinggi dibandingkan tutupan lahan lainnya, mencerminkan meningkatnya dominasi material kedap air dan infrastruktur terbangun dalam sistem lanskap. Temuan ini menegaskan bahwa NDBI tidak hanya efektif untuk mendeteksi keberadaan kawasan terbangun, tetapi juga mampu merekam intensitas transformasi lanskap yang terjadi akibat proses urbanisasi dan pembangunan wilayah.

Hasil penelitian ini memberikan bukti bahwa transformasi lanskap di Jember Selatan tidak hanya merepresentasikan perubahan penggunaan lahan, tetapi juga mencerminkan perubahan struktur dan fungsi ekologis wilayah. Ekspansi kawasan terbangun yang berlangsung cepat berpotensi mengurangi kapasitas lingkungan dalam mendukung fungsi hidrologi, produksi pangan, serta penyediaan jasa ekosistem. Oleh karena itu, integrasi informasi tutupan lahan dan indeks kawasan terbangun (NDBI) berbasis citra Landsat *time-series* dapat menjadi landasan ilmiah yang kuat dan efektif dalam mendukung perencanaan tata ruang, pengendalian pemanfaatan lahan, memantau arah perkembangan wilayah serta

pengelolaan lanskap yang berorientasi pada prinsip keberlanjutan di kawasan Jember Selatan.

4.2. Saran

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan nilai dan luasan kawasan terbangun di Jember Selatan berlangsung seiring dengan transformasi lanskap agraris yang semakin intensif. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu mengembangkan analisis spasio-temporal yang mengintegrasikan NDBI, tutupan lahan, serta indikator lingkungan lainnya, seperti analisis *urban heat island* (UHI), indeks kelembapan (NDMI), metrik lanskap, serta memanfaatkan pendekatan pemodelan prediktif untuk memproyeksikan arah urbanisasi dan risiko konversi lahan pertanian pada masa mendatang. Pengembangan tersebut diharapkan tidak hanya memperkuat pemahaman ilmiah mengenai dinamika transformasi lanskap agraris di wilayah tropis, tetapi juga menyediakan dasar yang lebih komprehensif bagi perencanaan tata ruang, perlindungan lahan pertanian produktif, dan pengelolaan pembangunan wilayah yang berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Tim penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada UIN Antasari Banjarmasin dan Universitas Palangka Raya atas dukungan institusional dan fasilitas riset yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga mengapresiasi *United States Geological Survey* (USGS) yang telah menyediakan akses data citra satelit Landsat secara terbuka melalui laman *Earth Explorer* dan menjadi data utama dalam studi ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada komunitas pengembang perangkat lunak QGIS dan *Google Earth Engine* (GEE) atas penyediaan platform analisis geospasial yang *open access*. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada editor jurnal dan para *reviewer* atas masukan konstruktif yang telah meningkatkan kualitas

naskah artikel ini secara signifikan.

Daftar Pustaka

- Bhatti, S. S., & Tripathi, N. K. (2014). Built-up area extraction using Landsat 8 OLI imagery. *GIScience & Remote Sensing*, 51(4), 445–467. <https://doi.org/10.1080/15481603.2014.939539>
- BPS Kabupaten Jember. (2025a). *Indikator Kesejahteraan Rakyat Kabupaten Jember 2025* (Vol. 6). BPS Kabupaten Jember.
- BPS Kabupaten Jember. (2025b, April 8). *Luas Panen dan Produksi Padi di Kabupaten Jember 2024 (Angka Tetap)*. BPS Kabupaten Jember. <https://jemberkab.bps.go.id/id/pressrelease/2025/04/08/350/luas-panen-dan-produksi-padi-di-kabupaten-jember-2024--angka-tetap-.html>
- Cao, W., Zhou, Y., Li, R., Li, X., & Zhang, H. (2021). Monitoring long-term annual urban expansion (1986–2017) in the largest archipelago of China. *Science of The Total Environment*, 776, 146015. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146015>
- Chen, G., Li, X., Liu, X., Chen, Y., Liang, X., Leng, J., Xu, X., Liao, W., Qiu, Y., Wu, Q., & Huang, K. (2020). Global projections of future urban land expansion under shared socioeconomic pathways. *Nature Communications*, 11(1), 537. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14386-x>
- Edy, H., & Pristyawati, T. (2021). Dampak pembangunan Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS) di Yogyakarta terhadap perubahan penggunaan lahan. *MoDuluS Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*, 3(1), 7–11. <https://doi.org/10.32585/modulus.v3i1.1770>

- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N., & Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570–574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- Frolking, S., Mahtta, R., Milliman, T., Esch, T., & Seto, K. C. (2024). Global urban structural growth shows a profound shift from spreading out to building up. *Nature Cities*, 1(9), 555–566. <https://doi.org/10.1038/s44284-024-00100-1>
- Hu, S., Yang, Z., Torres, S. A. G., Wang, Z., Han, H., Wada, Y., Wanger, T. C., & Li, L. (2023). *Converging trend of global urban land expansion sheds new light on sustainable development* (arXiv:2310.02293). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.02293>
- Huang, C., Tang, Y., Wu, Y., Tao, Y., Xu, M., Xu, N., Li, M., Liu, X., Xi, H., & Ou, W. (2024). Assessing long-term thermal environment change with Landsat time-series data in a rapidly urbanizing city in China. *Land*, 13(2), 177. <https://doi.org/10.3390/land13020177>
- Lambin, E. F., Geist, H. J., & Lepers, E. (2003). Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in Tropical Regions. *Annual Review of Environment and Resources*, 28(Volume 28, 2003), 205–241. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>
- Li, H., Wang, C., Zhong, C., Su, A., Xiong, C., Wang, J., & Liu, J. (2017). Mapping urban bare land automatically from Landsat imagery with a simple index. *Remote Sensing*, 9(3), 249. <https://doi.org/10.3390/rs9030249>
- Potapov, P., Hansen, M. C., Pickens, A., Hernandez-Serna, A., Tyukavina, A., Turubanova, S., Zalles, V., Li, X., Khan, A., Stolle, F., Harris, N., Song, X.-P., Baggett, A., Kommareddy, I., & Kommareddy, A. (2022). The global 2000-2020 land cover and land use change dataset derived from the Landsat archive: First results. *Frontiers in Remote Sensing*, 3. <https://doi.org/10.3389/frsen.2022.856903>
- Pribadi, D. O., & Pauleit, S. (2015). The dynamics of peri-urban agriculture during rapid urbanization of Jabodetabek Metropolitan Area. *Land Use Policy*, 48, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.009>
- Salem, M., & Tsurusaki, N. (2024). Impacts of rapid urban expansion on peri-urban landscapes in the global south: Insights from landscape metrics in Greater Cairo. *Sustainability*, 16(6), 2316. <https://doi.org/10.3390/su16062316>
- Setiawan, W., Habibi, A., Setiawan, A. R., Nathanael, C., Silvia, N., & Wahyudi, A. (2025). Analisis Proyeksi penggunaan lahan sawah untuk kebutuhan dan ketersediaan beras di Kabupaten Jember tahun 2032. *Tunas Agraria*, 8(2), 219–235. <https://doi.org/10.31292/jta.v8i2.440>
- Seto, K. C., Fragkias, M., Güneralp, B., & Reilly, M. K. (2011). A meta-analysis of global urban land expansion. *PLOS ONE*, 6(8), e23777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023777>
- Sholihah, R. I., Karyati, N. E., Trisasongko, B. H., Panuju, D. R., Iman, L. O. S., & Nadalia, D. (2022). Estimating soil moisture condition of paddy fields by using optical remote sensing imagery. *IOP Conference Series: Earth and*

Environmental Science, 1109(1), 012067.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1109/1/012067>

TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 583–594.
<https://doi.org/10.1080/01431160304987>

Sholihah, R. I., & Shibata, S. (2019). Retrieving spatial variation of land surface temperature based on Landsat OLI/TIRS: A case of southern part of Jember, Java, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 362(1), 012125. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/362/1/012125>

Suma, N. N. (2018). Informasi geospasial untuk membangkitkan potensi wisata pesisir pada Jalur Lintas Selatan (JLS) Jember, Jawa Timur. *JURNAL GEOGRAFI*, 10(1), 26–41.
<https://doi.org/10.24114/jg.v10i1.8321>

Winkler, K., Fuchs, R., Rounsevell, M., & Herold, M. (2021). Global land use changes are four times greater than previously estimated. *Nature Communications*, 12(1), 2501.
<https://doi.org/10.1038/s41467-021-22702-2>

Wulder, M. A., Loveland, T. R., Roy, D. P., Crawford, C. J., Masek, J. G., Woodcock, C. E., Allen, R. G., Anderson, M. C., Belward, A. S., Cohen, W. B., Dwyer, J., Erb, A., Gao, F., Griffiths, P., Helder, D., Hermosilla, T., Hipple, J. D., Hostert, P., Hughes, M. J., ... Zhu, Z. (2019). Current status of Landsat program, science, and applications. *Remote Sensing of Environment*, 225, 127–147.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.015>

Xu, H. (2008). A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 29(14), 4269–4276.
<https://doi.org/10.1080/01431160802039957>

Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from