

## **Analisis Pertumbuhan Lahan Terbangun dan Perubahan Tutupan Vegetasi Berbasis NDBI-NDVI di Kabupaten Jember**

Jhon Jhohan Putra Kumara Dewa\*, Ahmad Farid Adiansyah, Muhammad Bastian Akbar

Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Jember

Korespondensi: jhon.jhohan@unej.ac.id

### **Abstrak**

Intensifikasi urbanisasi di kota-kota menengah Indonesia, termasuk Kabupaten Jember, berpotensi mengancam ketahanan pangan dan kelestarian ekosistem akibat konversi lahan yang berlangsung tanpa pemantauan spasial memadai. Penelitian ini bertujuan memonitor dinamika pertumbuhan lahan terbangun dan perubahan tutupan vegetasi secara multi-temporal (2015, 2020, 2025) menggunakan pendekatan penginderaan jauh berbasis Normalized Difference Built-up Index (NDBI) dan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dari citra Landsat 8 OLI dalam lingkungan Sistem Informasi Geografis. Hasil analisis menunjukkan bahwa tutupan vegetasi tinggi tetap mendominasi kawasan non-urban, terutama di kecamatan yang berbatasan dengan Taman Nasional Meru Betiri. Sebaliknya, ekspansi lahan terbangun berlangsung secara signifikan, dengan tekanan urbanisasi terkonsentrasi di kawasan perkotaan inti dan mulai merambah kecamatan transisi. Temuan ini mengonfirmasi bahwa integrasi NDBI dan NDVI secara multi-temporal merupakan instrumen pemantauan spasial yang efektif dan perlu diadopsi secara rutin dalam evaluasi Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Jember.

**Kata kunci:** NDBI, NDVI, Lahan Terbangun, Tutupan Vegetasi

### ***Analyzing the Impact of Built-up Land Growth on Vegetation Cover Decline in Jember Regency Using NDBI and NDVI***

#### **Abstract**

*The intensification of urbanization in Indonesia's medium-sized cities, including Jember Regency, has the potential to threaten food security and ecosystem sustainability due to land conversion occurring without adequate spatial monitoring. This study aims to monitor the dynamics of built-up land growth and changes in vegetation cover multi-temporally (2015, 2020, 2025) using a remote sensing approach based on the Normalized Difference Built-up Index (NDBI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from Landsat 8 OLI imagery within a Geographic Information System environment. The results of the analysis show that high vegetation cover continues to dominate non-urban areas, especially in sub-districts bordering the Meru Betiri National Park. Conversely, the expansion of built-up land has progressed significantly, with urbanization pressure concentrated in core urban areas and beginning to encroach into transition sub-districts. These findings confirm that the multi-temporal integration of NDBI and NDVI is an effective spatial monitoring tool and needs to be routinely adopted in the evaluation of the Spatial Plan (RTRW) of Jember Regency.*

**Key words:** NDBI, NDVI, Built-up Land, Vegetation Cover  
**Pendahuluan**

Pertumbuhan kawasan perkotaan merupakan fenomena yang kompleks dan dinamis yang meliputi perkembangan sosioekonomi dan distribusi tidak merata antara kawasan pedesaan dan perkotaan (Almusaed & Almssad, 2020). Pada skala global, lebih dari separuh populasi dunia kini tinggal di kawasan perkotaan, dan angka ini diproyeksikan terus meningkat seiring percepatan industrialisasi dan mobilitas penduduk. Urbanisasi merupakan faktor pendorong utama pertumbuhan kawasan perkotaan yang dapat memicu perubahan guna lahan secara masif, dengan dampak signifikan terhadap pembangunan berkelanjutan (Khan dkk., 2024). Pertumbuhan perkotaan yang tidak terkendali sering kali berujung pada degradasi lingkungan, kemiskinan, dan penurunan ketahanan suatu wilayah (Seifollahi-Aghmiuni dkk., 2022).

Pada tingkat nasional, kajian urbanisasi di Indonesia umumnya terpusat pada kota-kota besar, sementara kota menengah kerap terabaikan meskipun memiliki peran strategis dalam jaringan sosioekonomi wilayah, antara lain sebagai produsen dan distributor pangan menuju pusat-pusat urban yang lebih besar (Fahmi dkk., 2014). Padahal, tekanan urbanisasi pada kota menengah justru berpotensi mengancam fungsi agraris yang selama ini menjadi tulang punggung ketahanan pangan nasional.

Jawa Timur, sebagai salah satu lumbung padi nasional, menjadi wilayah yang rentan terhadap konversi lahan pertanian akibat ekspansi kawasan terbangun (Pangastuti & Wijayanto, 2021). Dinamika ini tidak hanya berlangsung di kota-kota besar, melainkan juga merambah kota-kota menengah yang berada dalam koridor pertumbuhan ekonomi regional.

Kabupaten Jember merupakan salah satu pusat kegiatan wilayah di Provinsi Jawa Timur yang mengalami transformasi spasial cukup signifikan dalam satu dekade terakhir. Sebagai daerah yang dikenal sebagai kota pendidikan sekaligus pusat agribisnis, Jember menjadi magnet pertumbuhan dan aktivitas ekonomi di wilayah Tapal Kuda (Sulistiyono dkk., 2025). Pertumbuhan populasi yang pesat didorong oleh tingginya angka urbanisasi serta arus mobilitas mahasiswa menuju kawasan perguruan tinggi secara langsung meningkatkan permintaan atas lahan permukiman dan infrastruktur penunjang. Fenomena ini memicu terjadinya *urban sprawl* yakni perembetan kawasan terbangun dari pusat kota menuju wilayah pinggiran secara tidak terencana yang merembet dari pusat kota menuju wilayah pinggiran (Anggit & Putri, 2022; Wahyuddin dkk., 2026). *Urban sprawl* ditandai oleh perubahan guna lahan dari lahan non-terbangun menjadi lahan terbangun yang tidak efisien secara spasial. Pusat pertumbuhan yang terkonsentrasi di Kecamatan Kaliwates, Summersari, dan Patrang, dikombinasikan dengan keterbatasan lahan dan tingginya harga tanah di pusat kota, mendorong pertumbuhan menuju wilayah pinggiran (Ahmad dkk., 2024;

Aithal & Ramachandra, 2016). Fenomena tersebut menciptakan tekanan besar terhadap keberadaan lahan hijau dan ekosistem lokal (Pratiwi & Rondhi, 2018).

Urgensi pemantauan spasial di Jember menjadi semakin mendesak mengingat laju konversi lahan pertanian yang berlangsung tanpa pemantauan berkala berpotensi mengikis ketahanan pangan daerah secara permanen. Apabila ekspansi ini tidak dipetakan secara sistematis, perencanaan tata ruang tidak akan memiliki basis empiris yang memadai untuk mengendalikan pertumbuhan yang tidak terarah (Rondhi dkk., 2019). Meskipun studi urban sprawl telah banyak dilakukan di kota-kota besar Indonesia, kajian spasial multi-temporal secara khusus pada kota menengah seperti Jember masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian yang ada berfokus pada analisis luas perubahan lahan tanpa memvisualisasikan secara eksplisit arah dan pola persebaran fisik kota. Kesenjangan ini menyebabkan pemahaman tentang dinamika spasial kota-kota menengah yang sesungguhnya memikul beban ganda sebagai pusat ekonomi sekaligus penyangga pangan belum terbangun secara komprehensif.

Penelitian ini hadir untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengidentifikasi arah dan pola pergeseran pembangunan di wilayah pinggiran Jember menggunakan pendekatan penginderaan jauh berbasis data multi-temporal. Dua indeks utama yang digunakan yaitu *Normalized Difference vegetation Index* (NDVI) dan *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) memungkinkan analisis komparatif perubahan tutupan lahan secara historis dan terkini (Ahmad dkk., 2024; Kulsum & Moniruzzaman, 2022; Vardopoulos dkk., 2023). Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menyajikan data statistik perubahan luas lahan, tetapi juga memvisualisasikan arah ekspansi fisik kota sebagai masukan empiris bagi evaluasi efektivitas rencana tata ruang Kabupaten Jember. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan pendekatan dual-index NDBI–NDVI secara terintegrasi dan multi-temporal untuk menganalisis dinamika spasial kota menengah, yang belum pernah diterapkan secara spesifik di Kabupaten Jember.

## Metodologi

### *Lokasi Penelitian*

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Jember, terletak di Provinsi Jawa Timur, Indonesia, yang merupakan area yang dinamis dengan karakteristik kawasan pendidikan, ekonomi, dan lingkungan yang punya ciri khas tersendiri. Lokasi penelitian dapat dilihat di Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Studi

### *Metode Penelitian*

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG), data diunduh menggunakan *Google Earth Engine* (GEE) lalu diproses lebih lanjut menggunakan bantuan aplikasi Arcgis 10.8.2 dan QGIS 3.44.3. Fokusnya adalah menganalisis hubungan antara pertumbuhan lahan terbangun dan penurunan tutupan vegetasi di Kabupaten Jember.

Data utama yang digunakan adalah citra satelit Landsat 8 OLI multi-temporal dengan rentang waktu pengamatan antara tahun 2015, 2020, dan 2025. Pemilihan rentang waktu tersebut ditujukan untuk menangkap dinamika perubahan lahan sebelum, saat, dan setelah masa pandemi, di mana aktivitas pembangunan di Jember mengalami fluktuasi yang signifikan.

Sebelum dilakukan perhitungan indeks, citra Landsat 8 OLI terlebih dahulu melalui serangkaian tahapan preprocessing di dalam platform Google Earth Engine. Pertama, dilakukan filtering koleksi citra berdasarkan batas wilayah administrasi Kabupaten Jember dan periode akuisisi setiap tahun pengamatan, dengan batas tutupan awan (cloud cover) maksimum sebesar 30% guna memastikan kualitas data yang memadai. Kedua, dilakukan cloud masking menggunakan fungsi bawaan GEE berbasis pita QA\_PIXEL citra Landsat Collection 2 Level-2, yang secara otomatis mengidentifikasi dan menyingkirkan piksel yang terdeteksi sebagai awan serta bayangan awan. Ketiga, citra yang telah terfilter kemudian di-mosaic dan di-clip sesuai batas administrasi Kabupaten Jember. Proses ini menghasilkan citra komposit bebas awan yang siap digunakan untuk perhitungan NDVI dan NDBI. Seluruh

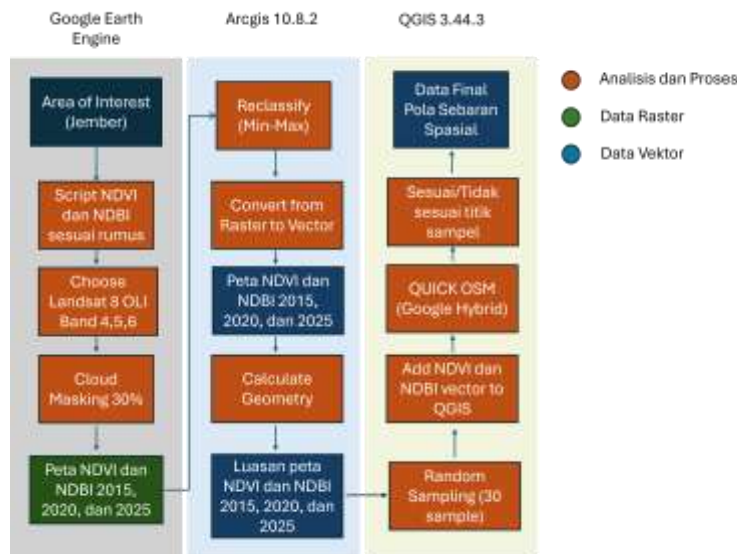
perhitungan indeks dilakukan menggunakan data reflektansi permukaan (Surface Reflectance) Level-2 yang telah terkoreksi atmosfer, sehingga nilai indeks yang dihasilkan bersifat konsisten dan dapat dibandingkan antartahun.

Sedangkan variable yang digunakan untuk menjawab tujuan penelitian dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Indikator	Metode
Lahan Terbangun	Nilai NDBI	Perhitungan Raster
Tutupan Vegetasi	Nilai NDVI	Perhitungan Raster

Sumber: Hasil Analisis, 2026.



Gambar 2. Metode Penelitian

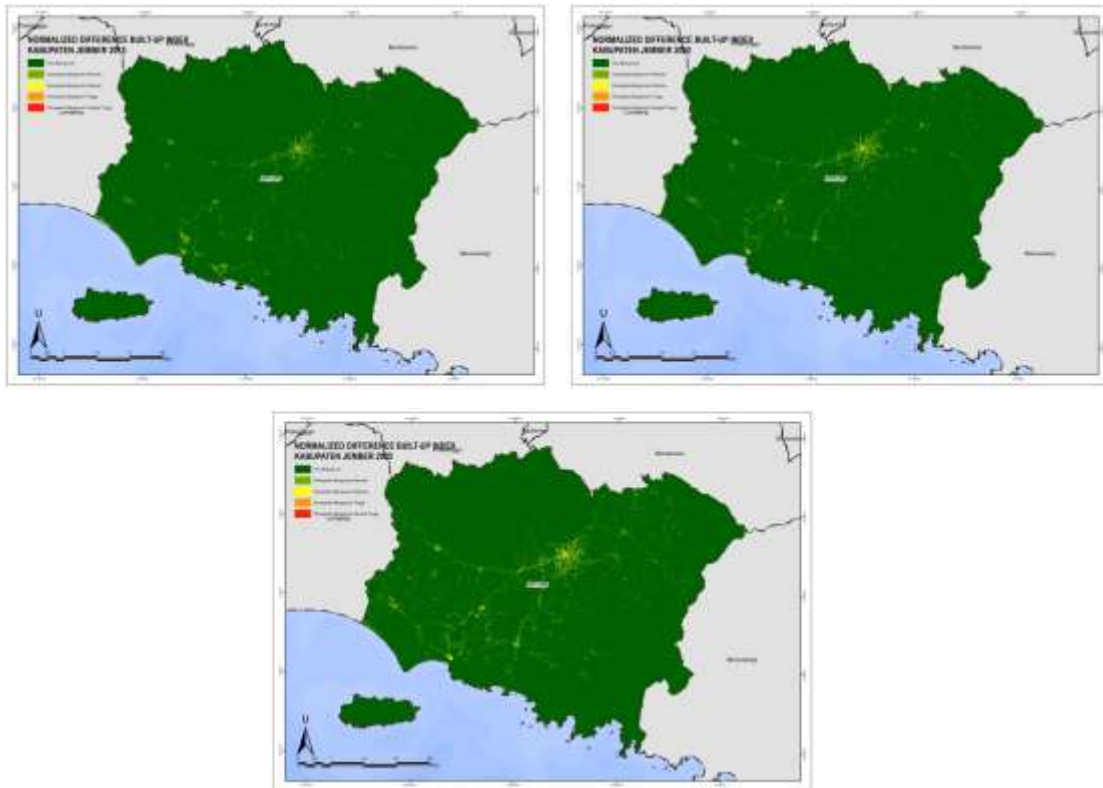
*Perhitungan NDBI*

Perhitungan NDBI dilakukan menggunakan citra Landsat 8 OLI dengan interval data 5 tahun (2015, 2020, dan 2025). NDBI dihitung menggunakan Band 6 (Short-Wave Infrared/SWIR, 1,57–1,65 µm) dan Band 5 (Near-Infrared/NIR, 0,85–0,88 µm). Lahan terbangun memiliki nilai reflektansi SWIR yang lebih tinggi daripada NIR, sehingga nilai NDBI positif mengindikasikan keberadaan permukaan yang impermeabel. Hasil NDBI kemudian diklasifikasikan ke dalam lima kelas menggunakan threshold berikut: Non-Bangunan (NDBI < 0), Kerapatan Bangunan Rendah (0 – 0,07), Kerapatan Bangunan Sedang (0,07 – 0,14), Kerapatan Bangunan Tinggi (0,14 – 0,21), dan Kerapatan Bangunan Sangat Tinggi (NDBI > 0,21). NDBI merupakan salah satu indikator yang umum digunakan untuk melihat perkembangan kota karena dapat menghitung secara kuantitatif seberapa jauh permukaan berubah (Kulsum & Moniruzzaman, 2022).

*Normalized Difference Built-up Index (NDBI)*

$$NDBI = \frac{FLOAT (SWIR - NIR)}{FLOAT (SWIR + NIR)}$$

(1)



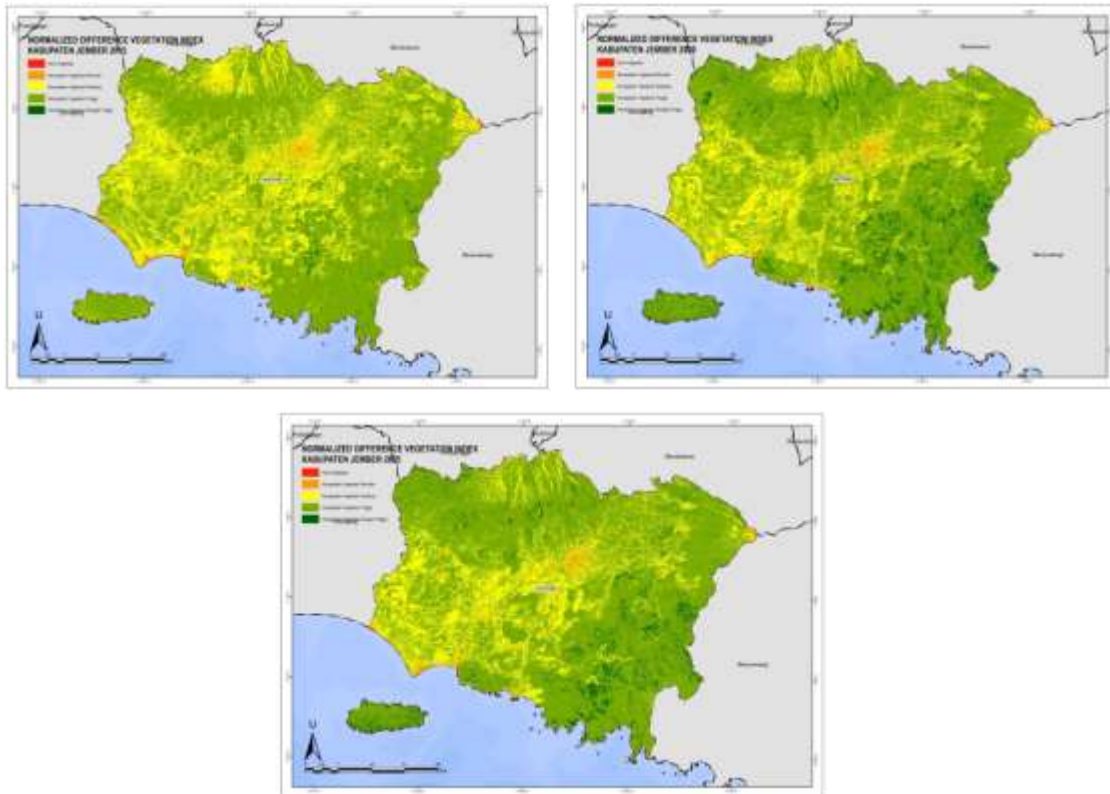
Gambar 3. Transformasi multitemporal NDBI

*Perhitungan NDVI*

Perhitungan NDVI dilakukan menggunakan citra Landsat 8 dengan interval data 5 tahun dari tahun 2015, 2020, dan 2025. Menggunakan band 5 dan band 4. Setelah menggunakan NDVI untuk melihat perubahan kawasan terbangun, NDVI digunakan untuk melihat dinamika perkembangan kota, khususnya dalam melihat transformasi perubahan vegetasi secara multi-temporal dalam beberapa tahun terakhir (*Ettehadi Osgouei & Kaya, 2017*).

$$NDVI = \frac{FLOAT (NIR - Red)}{FLOAT (NIR + Red)}$$

(2)



Gambar 4. Transformasi Multitemporal NDVI

### *Validasi dan Verifikasi*

Validasi dan verifikasi hasil klasifikasi NDVI dan NDBI dilakukan melalui prosedur visual accuracy assessment berbasis sampel acak. Sebanyak 30 titik sampel dibangkitkan secara acak menggunakan toolbox Create Random Points pada ArcGIS 10.8.2, dengan distribusi yang mencakup seluruh kelas klasifikasi dan tersebar proporsional di seluruh wilayah kajian. Setiap titik sampel kemudian diverifikasi secara visual menggunakan citra resolusi tinggi Google Hybrid yang diakses melalui plugin QuickMapServices pada QGIS 3.44.3, dengan cara menumpangsusunkan (overlay) layer hasil klasifikasi NDVI dan NDBI terhadap citra referensi tersebut. Titik sampel dinyatakan sesuai apabila kelas hasil klasifikasi konsisten dengan kondisi tutupan lahan yang terlihat pada citra referensi. Pendekatan validasi visual ini dipilih mengingat keterbatasan ketersediaan data lapangan yang terrekam bersamaan dengan waktu akuisisi citra Landsat, sebagaimana juga diterapkan pada studi-studi serupa dengan skala analisis kabupaten. Keterbatasan dari pendekatan ini diakui dan telah diuraikan lebih lanjut pada bagian Keterbatasan Penelitian

**Pembahasan**

*Hasil*

Hasil Analisis NDVI

Hasil analisis perubahan tutupan vegetasi dan kerapatan lahan terbangun di Kabupaten Jember berdasarkan pengolahan citra satelit Landsat 8 OLI pada tiga periode pengamatan, yaitu tahun 2015, 2020, dan 2025. Pemilihan interval lima tahunan ditujukan untuk menangkap pola perubahan jangka menengah yang mencerminkan dinamika sebelum, saat, dan setelah masa pandemi COVID-19, di mana aktivitas pembangunan mengalami fluktuasi signifikan. Analisis dilakukan menggunakan dua indeks, yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk mengukur kerapatan dan kualitas tutupan vegetasi, serta *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) untuk mengidentifikasi intensitas dan distribusi spasial kawasan terbangun. Hasil kedua indeks disajikan secara berurutan dan kemudian dibahas secara terpadu dalam kaitannya dengan fenomena urbanisasi dan dinamika tata ruang Kabupaten Jember.

Analisis citra satelit menggunakan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) pada tiga titik waktu pengamatan (2015, 2020, dan 2025) menghasilkan peta klasifikasi kerapatan vegetasi Kabupaten Jember yang terbagi ke dalam lima kelas, yaitu: Non-Vegetasi, Kerapatan Vegetasi Rendah, Kerapatan Vegetasi Sedang, Kerapatan Vegetasi Tinggi, dan Kerapatan Vegetasi Sangat Tinggi. Total luas wilayah kajian adalah 331.767,62 ha, konsisten di ketiga tahun pengamatan.

Tabel 2. Luas dan Persentase NDVI

Kelas Kerapatan Vegetasi	2015 (ha)	2015 (%)	2020 (ha)	2020 (%)	2025 (ha)	2025 (%)
Non-Vegetasi	96,26	0,03	113,25	0,03	115,34	0,03
Kerapatan Vegetasi Rendah	5.082,88	1,53	4.199,45	1,27	4.525,40	1,36
Kerapatan Vegetasi Sedang	109.339,42	32,96	71.364,51	21,51	71.229,45	21,47
Kerapatan Vegetasi Tinggi	215.507,50	64,96	236.862,79	71,39	239.853,37	72,30
Kerapatan Vegetasi Sangat Tinggi	1.741,56	0,52	19.227,64	5,80	16.044,06	4,84
Total	331.767,62	100	331.767,64	100	331.767,62	100

Sumber: Hasil Analisis, 2026

Pada tahun 2015, kelas Kerapatan Vegetasi Tinggi mendominasi wilayah dengan luas 215.507,50 ha (64,96%), diikuti kelas Kerapatan Vegetasi Sedang seluas 109.339,42 ha (32,96%). Kelas Kerapatan Vegetasi Sangat Tinggi hanya mencakup 1.741,56 ha (0,52%),

sementara Non-Vegetasi merupakan kelas dengan proporsi terkecil, yakni 96,26 ha (0,03%).

Pada tahun 2020, terjadi pergeseran distribusi yang cukup signifikan. Kelas Kerapatan Vegetasi Tinggi meningkat menjadi 236.862,79 ha (71,39%), dan Kerapatan Vegetasi Sangat Tinggi mengalami lonjakan dramatis menjadi 19.227,64 ha (5,80%) meningkat lebih dari sepuluh kali lipat dibandingkan tahun 2015. Sebaliknya, kelas Kerapatan Vegetasi Sedang mengalami penurunan signifikan dari 109.339,42 ha menjadi 71.364,51 ha (21,51%).

Pada tahun 2025, kondisi tutupan vegetasi menunjukkan pola yang relatif stabil dibandingkan 2020, dengan Kerapatan Vegetasi Tinggi kembali meningkat menjadi 239.853,37 ha (72,30%) nilai tertinggi dalam periode pengamatan. Kerapatan Sangat Tinggi sedikit menurun menjadi 16.044,06 ha (4,84%), namun tetap jauh lebih luas dibandingkan kondisi 2015. Kelas Non-Vegetasi terus mengalami kenaikan bertahap dari 96,26 ha (2015) menjadi 113,25 ha (2020) dan 115,34 ha (2025). Secara keseluruhan, data ini menunjukkan pola perkembangan yang konsisten antara penurunan lahan non-bangunan dan peningkatan lahan terbangun. Pada periode 2015–2020, pertumbuhan cenderung berlangsung secara gradual dan didominasi oleh peningkatan kerapatan rendah, yang mengindikasikan ekspansi horizontal atau urban sprawl. Namun, pada periode 2020–2025, terjadi percepatan pertumbuhan yang tidak hanya ditunjukkan oleh ekspansi, tetapi juga oleh peningkatan signifikan pada kerapatan sedang dan tinggi. Hal ini mengindikasikan mulai terjadinya proses densifikasi, di mana kawasan yang telah terbangun mengalami peningkatan intensitas pemanfaatan ruang. Secara spasial, kecamatan dengan luasan Kerapatan Vegetasi Tinggi terbesar selama tiga periode adalah Kecamatan Tempurejo, dengan luas masing-masing 44.318,53 ha (2015), 41.820,37 ha (2020), dan 43.176,09 ha (2025). Posisi kedua secara konsisten ditempati oleh Kecamatan Silo dengan luas 28.496,29 ha (2015), 27.258,54 ha (2020), dan 28.415,70 ha (2025). Kecamatan Tanggul, Panti, dan Sumberbaru melengkapi lima besar kecamatan dengan vegetasi lebat tertinggi di Kabupaten Jember. Untuk kelas Kerapatan Sangat Tinggi, Kecamatan Tempurejo dan Silo juga secara dominan memimpin di semua tahun pengamatan, dengan Tempurejo mencatatkan 1.074,06 ha (2015), 7.986,95 ha (2020), dan 6.146,27 ha (2025).

Secara keseluruhan, hasil analisis NDVI menunjukkan bahwa kawasan non-urban Kabupaten Jember masih mempertahankan dominasi tutupan vegetasi yang relatif baik, dengan kelas kerapatan vegetasi tinggi sebagai kelas dominan sepanjang periode 2015-2025. Kondisi ini sejalan dengan karakteristik Kabupaten Jember sebagai daerah dengan

luas lahan pertanian dan kawasan hutan yang signifikan. Namun demikian, tren kenaikan Non-Vegetasi yang konsisten dari tahun ke tahun mengindikasikan adanya tekanan konversi lahan yang perlu dipantau secara berkelanjutan, terutama di kawasan perkotaan. Selanjutnya, untuk mengidentifikasi lebih lanjut intensitas dan pola pertumbuhan kawasan terbangun yang menjadi penyebab utama tekanan terhadap vegetasi perkotaan, dilakukan analisis menggunakan indeks NDBI sebagaimana diuraikan berikut.

Hasil Analisis NDBI (Kerapatan Bangunan)

*Analysis Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) pada tiga periode pengamatan (2015, 2020, dan 2025) menghasilkan peta klasifikasi kerapatan bangunan Kabupaten Jember yang terbagi ke dalam lima kelas, yaitu: Non-Bangunan, Kerapatan Bangunan Rendah, Kerapatan Bangunan Sedang, Kerapatan Bangunan Tinggi, dan Kerapatan Bangunan Sangat Tinggi. Total luas wilayah kajian adalah 331.767,63 ha, konsisten di ketiga tahun pengamatan.

Tabel 3. Luas dan Persentase NDBI

<b>Kelas Kerapatan Bangunan</b>	<b>2015 (ha)</b>	<b>2015 (%)</b>	<b>2020 (ha)</b>	<b>2020 (%)</b>	<b>2025 (ha)</b>	<b>2025 (%)</b>
Non-Bangunan	326.307,25	98,35	325.787,32	98,20	322.779,36	97,29
Kerapatan Rendah	5.264,24	1,59	5.487,27	1,65	7.951,28	2,40
Kerapatan Sedang	186,84	0,06	476,85	0,14	1.011,23	0,30
Kerapatan Tinggi	9,21	0,00	15,93	0,00	25,59	0,01
Kerapatan Sangat Tinggi	0,09	0,00	0,27	0,00	0,18	0,00
<b>Total</b>	<b>331.767,63</b>	<b>100</b>	<b>331.767,64</b>	<b>100</b>	<b>331.767,64</b>	<b>100</b>

Sumber: Hasil Analisis, 2026

Pada tahun 2015, kelas Non-Bangunan mendominasi secara mutlak dengan luas 326.307,25 ha (98,35%). Kelas Kerapatan Bangunan Rendah menjadi satu-satunya kelas terbangun yang memiliki luas signifikan, yakni 5.264,24 ha (1,59%), sementara Kerapatan Bangunan Sedang hanya mencapai 186,84 ha (0,06%). Kelas Kerapatan Bangunan Tinggi dan Sangat Tinggi memiliki luas yang sangat kecil, masing-masing 9,21 ha dan 0,09 ha. Pada tahun 2020, mulai terjadi ekspansi kawasan terbangun yang terukur. Kelas Non-Bangunan menyusut menjadi 325.787,32 ha (98,20%), sedangkan Kerapatan Bangunan Sedang hampir dua kali lipat menjadi 476,85 ha (0,14%) dan Kerapatan Bangunan Tinggi

meningkat menjadi 15,93 ha. Perubahan paling mencolok terjadi antara tahun 2020 dan 2025. Kelas Non-Bangunan kembali menyusut menjadi 322.779,36 ha (97,29%), sehingga total pengurangan Non-Bangunan selama satu dekade (2015–2025) mencapai **3.527,89 ha**. Kerapatan Bangunan Rendah melonjak menjadi 7.951,28 ha (2,40%) naik 51,0% dari posisi 2015 sementara Kerapatan Bangunan Sedang tumbuh dari 186,84 ha menjadi 1.011,23 ha, atau meningkat 441,2% dalam sepuluh tahun. Kerapatan Bangunan Tinggi pun turut bertambah menjadi 25,59 ha pada 2025.

Secara spasial, kecamatan dengan kerapatan bangunan tertinggi secara konsisten adalah Kecamatan Kaliwates dan Sumbersari. Pada kelas Kerapatan Bangunan Rendah, Kaliwates tercatat seluas 474,86 ha (2015), 548,42 ha (2020), dan 578,73 ha (2025). Sementara itu, Sumbersari mengalami peningkatan paling signifikan, dari 397,19 ha (2015) menjadi 562,32 ha (2020) dan 638,44 ha (2025), menjadikannya kecamatan dengan Kerapatan Bangunan Rendah tertinggi pada 2020 dan 2025. Adapun komposisi lima besar kecamatan dengan Kerapatan Bangunan Rendah mengalami pergeseran antar periode: pada 2015, lima teratas ditempati oleh Wuluhan (623,09 ha), Puger (591,08 ha), Kaliwates (474,86 ha), Sumbersari (397,19 ha), dan Ambulu (301,57 ha); pada 2020 bergeser menjadi Sumbersari (562,32 ha), Kaliwates (548,42 ha), Puger (408,33 ha), Patrang (287,04 ha), dan Wuluhan (281,69 ha); sedangkan pada 2025 kembali didominasi oleh Sumbersari (638,44 ha), Kaliwates (578,73 ha), Puger (555,13 ha), Wuluhan (536,53 ha), dan Ambulu (434,54 ha).

## *Pembahasan*

### Dinamika Tutupan Vegetasi (NDVI)

Bagian pembahasan ini menginterpretasikan temuan analisis NDVI dan NDBI dalam kaitannya dengan teori perubahan guna lahan, fenomena urbanisasi, serta hasil penelitian terdahulu yang relevan. Pendekatan komparatif antara hasil penelitian ini dengan studi sejenis di kota-kota menengah Indonesia dan konteks global dilakukan untuk mengonfirmasi validitas pola yang ditemukan sekaligus mengidentifikasi kekhasan dinamika spasial Kabupaten Jember.

Hasil analisis NDVI menunjukkan bahwa kondisi tutupan vegetasi Kabupaten Jember secara keseluruhan mengalami perbaikan dalam kurun waktu 2015–2025, yang dicirikan oleh meningkatnya dominasi kelas Kerapatan Vegetasi Tinggi dan Sangat Tinggi serta menyusutnya kelas Kerapatan Vegetasi Sedang. Pola ini mengindikasikan adanya proses pemulihan dan penguatan ekosistem vegetasi di sebagian besar wilayah kabupaten.

Lonjakan paling mencolok terjadi pada kelas Kerapatan Vegetasi Sangat Tinggi antara 2015 dan 2020, yakni dari 1.741,56 ha menjadi 19.227,64 ha suatu peningkatan sebesar 17.486,08 ha atau sekitar 1.004% dalam lima tahun. Peningkatan ekstrem ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh kondisi curah hujan yang lebih tinggi pada tahun 2020 seiring dengan fenomena La Niña yang melanda Indonesia, serta kemungkinan perubahan pada periode perekaman citra satelit yang bertepatan dengan musim penghujan (Aldrian & Dwi Susanto, 2003; Trisasongko & Paull, 2020). NDVI sangat sensitif terhadap kondisi fenologis tanaman, sehingga perbedaan musim saat perekaman dapat menghasilkan nilai indeks vegetasi yang lebih tinggi meskipun tutupan lahan tidak berubah secara struktural (Huete dkk., 2002). Hal serupa juga diindikasikan oleh penurunan kelas Kerapatan Sedang yang signifikan, dari 109.339,42 ha (2015) menjadi 71.364,51 ha (2020), yang dapat diartikan sebagai perpindahan piksel ke kelas yang lebih tinggi, bukan sebagai degradasi vegetasi. Kestabilan yang terlihat antara tahun 2020 dan 2025, di mana Kerapatan Tinggi hanya berubah dari 236.862,79 ha menjadi 239.853,37 ha dan Kerapatan Sangat Tinggi sedikit menurun dari 19.227,64 ha menjadi 16.044,06 ha, mengindikasikan bahwa kondisi vegetasi di Kabupaten Jember telah mencapai keseimbangan relatif. Penurunan tipis pada kelas Sangat Tinggi di 2025 bisa jadi mencerminkan normalisasi kondisi musim atau penggunaan lahan pertanian yang aktif pada saat perekaman, mengingat sebagian besar wilayah Jember merupakan kawasan pertanian dan perkebunan produktif.

Tren kenaikan Non-Vegetasi, walaupun kecil (96,26 ha → 113,25 ha → 115,34 ha), perlu mendapatkan perhatian. Meskipun proporsinya masih sangat rendah (0,03%), kenaikan yang konsisten ini dapat mencerminkan ekspansi kawasan terbangun atau degradasi lahan yang terlokalisasi, khususnya di wilayah perkotaan seperti Kecamatan Kaliwates, Sumpster, dan Patrang yang merupakan pusat pertumbuhan Kota Jember. Kecamatan Tempurejo dan Silo yang secara konsisten menempati posisi teratas dalam kelas Kerapatan Vegetasi Tinggi dan Sangat Tinggi merupakan kecamatan yang berbatasan langsung dengan kawasan Taman Nasional Meru Betiri dan kawasan hutan produksi. Keberadaan hutan lindung dan taman nasional ini berperan sebagai buffer yang menjaga integritas ekosistem dan mencegah konversi lahan hutan menjadi lahan non-vegetasi (Saputra Widodo, 2024). Hal ini juga menjelaskan mengapa kecamatan-kecamatan yang jauh dari kawasan konservasi, seperti Kaliwates dan Sumpster, cenderung memiliki proporsi Kerapatan Vegetasi Rendah dan Non-Vegetasi yang lebih tinggi. Secara keseluruhan, dinamika NDVI Kabupaten Jember selama periode 2015–2025 menggambarkan kondisi ekosistem yang relatif terjaga, dengan kecenderungan peningkatan kualitas vegetasi.

Namun demikian, pemantauan berkala tetap diperlukan, terutama untuk mengantisipasi tekanan alih fungsi lahan yang dipicu oleh pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi di wilayah dataran rendah dan pesisir selatan Jember.

#### Dinamika Lahan Terbangun (NDBI)

Hasil analisis NDBI menunjukkan bahwa Kabupaten Jember mengalami proses urbanisasi dan perluasan kawasan terbangun yang berlangsung secara bertahap namun konsisten selama periode 2015–2025. Kendati proporsi kawasan terbangun masih relatif kecil dibandingkan dengan total luas wilayah, laju pertumbuhannya terutama pada kelas Kerapatan Bangunan Sedang yang meningkat hingga 441,2% mengindikasikan percepatan pembangunan fisik yang perlu mendapat perhatian serius dalam perencanaan tata ruang. Ekspansi kawasan terbangun yang paling intensif terpusat di Kecamatan Kaliwates, Sumpalsari, dan Patrang, yang secara administratif merupakan kawasan inti perkotaan Jember. Fenomena ini sejalan dengan teori urban sprawl, di mana pertumbuhan ekonomi dan peningkatan jumlah penduduk mendorong perluasan kawasan permukiman dan komersial ke arah pinggir kota (Bhatta dkk., 2010). Berdasarkan data BPS Kabupaten Jember, laju pertumbuhan penduduk yang terus meningkat di wilayah perkotaan menjadi pendorong utama meningkatnya kebutuhan lahan terbangun, yang tercermin secara langsung dalam nilai NDBI yang semakin tinggi (Zha dkk., 2003).

Peningkatan Kerapatan Bangunan Sedang di Kecamatan Kaliwates dari 41,06 ha (2015) menjadi 202,34 ha (2025) hampir lima kali lipat dalam satu dekade, mencerminkan intensifikasi penggunaan lahan di kawasan pusat kota. Proses ini tidak hanya berarti bertambahnya jumlah bangunan, tetapi juga menandai pergeseran dari bangunan tunggal atau rumah tinggal menuju kawasan dengan kepadatan struktur terbangun yang lebih rapat, seperti ruko, fasilitas komersial, dan kawasan perumahan terstruktur. Kecamatan Sumpalsari yang mencatatkan Kerapatan Bangunan Rendah tertinggi pada 2020 dan 2025 (masing-masing 562,32 ha dan 638,44 ha) juga menunjukkan tren serupa sebagai kawasan yang berbatasan langsung dengan pusat kota dan berfungsi sebagai zona transisi antara urban core dan pinggiran kota.

Penurunan luas nonbangunan sebesar 3.527,89 ha selama satu dekade patut diwaspadai karena sebagian besar konversi lahan ini bersumber dari kawasan pertanian dan ruang terbuka hijau. Hal ini berimplikasi pada berkurangnya daya dukung ekosistem, meningkatnya risiko banjir akibat berkurangnya daerah resapan air, serta potensi pemanasan lokal (urban heat island) yang diperkuat oleh dominasi permukaan impermeabel (Imhoff dkk., 2010; Zhao dkk., 2022). Jika dibandingkan dengan hasil analisis NDVI pada

kajian sebelumnya, percepatan pertumbuhan kawasan terbangun di wilayah perkotaan Jember berkorelasi negatif dengan kerapatan vegetasi di kecamatan yang sama, terutama di Kaliwates, Sumbersari, dan Patrang.

Menariknya, kecamatan-kecamatan dengan luasan nonbangunan terbesar seperti Tempurejo, Silo, dan Sumberbaru relatif tidak mengalami perubahan signifikan pada kelas kerapatan bangunannya, mengonfirmasi bahwa tekanan pembangunan masih terkonsentrasi di koridor perkotaan. Namun, ekspansi di kecamatan transisi seperti Puger dan Wuluhan perlu dipantau secara berkala mengingat potensi pengembangan kawasan pesisir yang besar di kedua kecamatan tersebut.

#### Implikasi Kebijakan

Temuan penelitian ini menghasilkan dua implikasi kebijakan yang bersifat operasional. Pertama, analisis NDBI dan NDVI sebagai indikator wajib dalam laporan pemantauan RTRW lima tahunan, dengan ambang batas peringatan dini apabila perluasan Kerapatan Bangunan Sedang melampaui 5% dari luas kecamatan dalam satu periode pengamatan. Mekanisme ini dapat dioperasionalkan melalui platform *Google Earth Engine* yang sudah digunakan dalam penelitian ini, tanpa memerlukan investasi perangkat keras tambahan.

Kedua, program Ruang Terbuka Hijau (RTH) korektif di Kecamatan Kaliwates, Sumbersari, dan Patrang, mengingat ketiga kecamatan ini secara konsisten mencatatkan nilai NDVI terendah dan NDBI tertinggi selama 2015–2025. Program RTH korektif dapat dioperasionalkan melalui mekanisme kewajiban penyediaan RTH pada setiap IMB bangunan komersial baru, dengan target capaian 20% proporsi RTH perkotaan sesuai amanat UU Penataan Ruang.

#### Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan yang perlu diakui. Pertama, resolusi spasial Landsat 8 OLI sebesar 30 meter membatasi kemampuan deteksi perubahan lahan pada skala mikro, terutama di kawasan perkotaan padat yang memiliki variasi penggunaan lahan dalam unit yang lebih kecil dari piksel tunggal. Kedua, analisis NDVI dan NDBI sangat dipengaruhi oleh kondisi fenologis tanaman dan variasi musim saat perekaman, sehingga perbedaan tanggal akuisisi antartahun berpotensi menghasilkan penyimpangan nilai indeks yang tidak sepenuhnya mencerminkan perubahan struktural tutupan lahan. Hal ini tampak jelas pada lonjakan kelas Kerapatan Vegetasi Sangat Tinggi di tahun 2020, yang sebagian besar diduga bersumber dari pengaruh La Niña dan bukan dari transformasi lahan yang

sesungguhnya. Ketiga, penelitian ini tidak mengintegrasikan data sosial-ekonomi lapangan seperti data kepemilikan lahan, nilai NJOP, atau izin mendirikan bangunan, sehingga faktor pendorong konversi lahan tidak dapat dianalisis secara kausalitas. Keempat, validasi lapangan dilakukan dengan pendekatan random sampling berbasis citra udara Google Maps yang bersifat statis, sehingga tidak sepenuhnya dapat merepresentasikan kondisi tutupan lahan pada momen perekaman citra Landsat. Keterbatasan-keterbatasan ini tidak mengurangi validitas pola temuan secara keseluruhan, namun menjadi catatan penting bagi interpretasi data dan arah pengembangan penelitian lanjutan.

## **Kesimpulan**

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi dan mengkuantifikasi dua dinamika spasial yang berlangsung secara simultan di Kabupaten Jember selama periode 2015–2025 melalui pendekatan penginderaan jauh multi-temporal berbasis indeks NDVI dan NDBI. Analisis NDVI menunjukkan penguatan kualitas tutupan vegetasi secara konsisten di kawasan non-urban, yang ditandai oleh peningkatan kelas Kerapatan Vegetasi Tinggi dari 215.507,50 ha (64,96%) pada tahun 2015 menjadi 239.853,37 ha (72,30%) pada tahun 2025. Kondisi ini tidak terlepas dari fungsi kawasan konservasi, khususnya yang berbatasan dengan Taman Nasional Meru Betiri, seperti Kecamatan Tempurejo dan Silo yang terbukti efektif sebagai pengendali alih fungsi lahan di wilayah hulu dan pegunungan. Di sisi lain, analisis NDBI mengungkapkan ekspansi kawasan terbangun yang berlangsung semakin intensif, ditandai oleh penyusutan kawasan Non-Bangunan sebesar 3.527,89 ha dan pertumbuhan Kerapatan Bangunan Sedang yang sangat signifikan sebesar 441,2%, yakni dari 186,84 ha menjadi 1.011,23 ha dalam satu dekade. Akselerasi ekspansi ini paling terasa pada periode 2020–2025 dan terkonsentrasi di koridor perkotaan Kecamatan Kaliwates, Sumpalsari, dan Patrang, sementara tekanan pembangunan mulai merambah kecamatan-kecamatan transisi seperti Puger dan Wuluhan, yang mengindikasikan pola urban sprawl sentrifugal dari pusat kota menuju wilayah pesisir dan pinggiran.

Secara metodologis, integrasi analisis NDBI dan NDVI secara multi-temporal terbukti merupakan pendekatan yang efektif, efisien, dan terukur untuk memantau dinamika pertumbuhan lahan terbangun dan perubahan tutupan vegetasi secara bersamaan. Pendekatan ini mampu mendeteksi perubahan spasial yang sulit ditangkap melalui survei lapangan konvensional, sehingga relevan untuk diadopsi sebagai instrumen pemantauan rutin dalam tata kelola wilayah.

Berdasarkan seluruh temuan tersebut, penelitian ini merekomendasikan agar pemantauan spasial berkala berbasis penginderaan jauh dijadikan instrumen yang terstandarisasi dalam siklus perencanaan, pemantauan, dan evaluasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Jember, minimal setiap lima tahun sekali selaras dengan periode revisi RTRW. Penguatan regulasi tata ruang di kecamatan-kecamatan transisi seperti Puger dan Wuluhan perlu diprioritaskan mengingat tingginya potensi konversi lahan pertanian produktif dan ruang terbuka hijau pesisir akibat tekanan pembangunan yang semakin meningkat. Selain itu, penetapan dan penguatan zona penyangga (*buffer zone*) secara hukum di kawasan antara pusat kota dan wilayah konservasi juga mendesak dilakukan guna mencegah fragmentasi habitat dan mempertahankan fungsi ekologis kawasan hulu. Untuk kajian mendatang, disarankan agar penelitian serupa mengintegrasikan indeks tambahan seperti NDWI (*Normalized Difference Water Index*) dan LST (*Land Surface Temperature*) dengan resolusi spasial yang lebih tinggi, sehingga dampak urbanisasi terhadap daya dukung lingkungan dan ketahanan pangan Kabupaten Jember dapat dipahami secara lebih komprehensif.

#### Daftar Pustaka

- Ahmad, I., Waseem, M., Hussain, S., & Leta, M. K. (2024). Climate change-induced spatiotemporal variations of land use land cover by using multitemporal satellite imagery analysis. *Journal of Water and Climate Change*, 15(5), 2244–2266. <https://doi.org/10.2166/wcc.2024.675>
- Aithal, B. H., & Ramachandra, T. V. (2016). Visualization of Urban Growth Pattern in Chennai Using Geoinformatics and Spatial Metrics. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 44(4), 617–633. <https://doi.org/10.1007/s12524-015-0482-0>
- Aldrian, E., & Dwi Susanto, R. (2003). Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology*, 23(12), 1435–1452. <https://doi.org/10.1002/joc.950>
- Almusaed, A., & Almssad, A. (2020). City Phenomenon between Urban Structure and Composition. Dalam *Sustainability in Urban Planning and Design*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.90443>
- Anggit, N. B., & Putri, I. S. (2022). Identification of urban sprawl phenomenon and its implications in the City of Yogyakarta Province of Special Region of Yogyakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1038(1), 012052. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1038/1/012052>
- Bhatta, B., Saraswati, S., & Bandyopadhyay, D. (2010). Urban sprawl measurement from remote sensing data. *Applied Geography*, 30(4), 731–740. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.02.002>
- Ettehadi Osgouei, P., & Kaya, S. (2017). Analysis of land cover/use changes using Landsat 5 TM data and indices. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(4), 136. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5818-5>

- Fahmi, F. Z., Hudalah, D., Rahayu, P., & Woltjer, J. (2014). Extended urbanization in small and medium-sized cities: The case of Cirebon, Indonesia. *Habitat International*, 42, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2013.10.003>
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83(1–2), 195–213. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- Imhoff, M. L., Zhang, P., Wolfe, R. E., & Bounoua, L. (2010). Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. *Remote Sensing of Environment*, 114(3), 504–513. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.10.008>
- Khan, D., Khan, N., Choudhury, U., Singh, S. K., Kanga, S., Kumar, P., & Meraj, G. (2024). Urban Expansion and Spatial Growth Patterns in Lucknow: Implications for Sustainable Development (1991–2021). *Sustainability*, 17(1), 227. <https://doi.org/10.3390/su17010227>
- Kulsum, U., & Moniruzzaman, M. (2022). Exploring the relationship of climate change and land-use dynamics with satellite-derived surface indices and temperature in greater Dhaka, Bangladesh. *Journal of Earth System Science*, 131(2), 117. <https://doi.org/10.1007/s12040-022-01841-0>
- Pangastuti, E. I., & Wijayanto, Y. (2021). Land cover analysis using object based image analysis based on Landsat 8 OLI images in the city of Jember. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 747(1), 012047. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/747/1/012047>
- Pratiwi, P. A., & Rondhi, M. (2018). Distribusi Kepemilikan Lahan Pertanian Dan Pendapatan Usahatani Di Wilayah Perkotaan Kabupaten Jember. *SEPA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 15(1), 81. <https://doi.org/10.20961/sepa.v15i1.25056>
- Rondhi, M., Pratiwi, P. A., Handini, V. T., Sunartomo, A. F., & Budiman, S. A. (2019). Data on agricultural and nonagricultural land use in peri-urban and rural area. *Data in Brief*, 23, 103804. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.103804>
- Saputra Widodo, E. R. (2024). STUDI LITERATUR: KEBIJAKAN PEMANFAATAN KAWASAN TAHURA. *Jurnal Penelitian Kehutanan BONITA*, 6(2), 59–66. <https://doi.org/10.55285/bonita.v6i2.2979>
- Seifollahi-Aghmiuni, S., Kalantari, Z., Egidi, G., Gaburova, L., & Salvati, L. (2022). Urbanisation-driven land degradation and socioeconomic challenges in peri-urban areas: Insights from Southern Europe. *Ambio*, 51(6), 1446–1458. <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01701-7>
- Sulistyono, S., Maliq, T. M., Wulandari, D. A. R., & Laksmana, F. D. (2025). *Route Scenario of Road-Based Mass Transit (BRT) System Development in Jember Urban Area, East Java* (hlm. 97–107). [https://doi.org/10.1007/978-981-96-4694-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-96-4694-4_11)
- Trisasongko, B. H., & Paull, D. (2020). A review of remote sensing applications in tropical forestry with a particular emphasis in the plantation sector. *Geocarto International*, 35(3), 317–339. <https://doi.org/10.1080/10106049.2018.1516245>
- Vardopoulos, I., Ioannides, S., Georgiou, M., Voukkali, I., Salvati, L., & Doukas, Y. E. (2023). Shaping Sustainable Cities: A Long-Term GIS-Emanated Spatial Analysis of Settlement Growth and Planning in a Coastal Mediterranean European City. *Sustainability*, 15(14), 11202. <https://doi.org/10.3390/su151411202>
- Wahyuddin, Y., Nugroho, D. S. A., Cahyaningrum, R., & Wijaya, A. P. (2026). Urban Sprawl Symptoms in Ngaliyan and Mijen Sub-Districts of Semarang City in 2015, 2019, and 2023. *Civil Engineering and Architecture*, 14(1), 274–299. <https://doi.org/10.13189/cea.2026.140118>

- Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 583–594. <https://doi.org/10.1080/01431160304987>
- Zhao, M., Cheng, C., Zhou, Y., Li, X., Shen, S., & Song, C. (2022). A global dataset of annual urban extents (1992–2020) from harmonized nighttime lights. *Earth System Science Data*, 14(2), 517–534. <https://doi.org/10.5194/essd-14-517-2022>