



Pemantauan Dinamika Land Surface Temperature dan Indeks Vegetasi (NDVI) Menggunakan Landsat ETM+ dan OLI/TIRS di Lanskap Jember Selatan

(Monitoring Land Surface Temperature and Vegetation Index (NDVI) Dynamics Using Landsat ETM+ and OLI/TIRS in the Southern Jember Landscape)

Rizqi I'anatus Sholihah^{1*}, Rizki Auliansyah Putra², Lenalda Febriany Santosa¹, Krisologus Genesa Ruby Atmadja¹, Verlina Intan Wulandari¹, Basuki Rahman¹, Muflihatul Maghfiroh Islami³, 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: rizqi.ianatus@uin-antasari.ac.id

Article History

Received : December 16, 2025

Revised : December 18, 2025

Approved : December 21, 2025

Keywords:

Land surface temperature (LST), NDVI, Landsat, land cover change, urban heat island.

© 2025 Authors

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



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

Sejarah Artikel

Diterima : 16 Desember 2025

Direvisi : 18 Desember 2025

Disetujui : 21 Desember 2025

Kata Kunci:

Land surface temperature, NDVI, Landsat, perubahan tutupan lahan, urban heat island.

© 2025 Penulis

Diterbitkan oleh Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya.

Artikel ini dapat diakses secara terbuka di bawah lisensi:



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

ABSTRACT

Landscape transformation driven by rapid urbanization is a primary determinant of microclimate change in peri-urban regions. This study aims to analyze the spatiotemporal dynamics of land surface temperature (LST) and its relationship with vegetation density (Normalized Difference Vegetation Index/NDVI) in the Southern Jember landscape. Utilizing Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI/TIRS imagery from 2001, 2013, and 2025, this research evaluates the impact of land cover changes on the regional thermal regime and vegetation index variability. The results reveal a fundamental landscape transition, where the dominance of paddy fields shrank drastically from 66,400 ha (2001) to 13,800 ha (2025), replaced by a massive expansion of settlements reaching 82,900 ha. This shift triggered a significant surface urban heat island (SUHI) phenomenon. Settlement areas recorded an extreme maximum LST of 38,1°C in 2025, a sharp increase compared to the initial study period. Spectral analysis confirms that the rise in LST has a negative correlation with NDVI. This evidence suggests that the loss of vegetation biomass and the increase in impervious surfaces due to uncontrolled urbanization are the primary drivers of environmental warming in South Jember.

ABSTRAK

Transformasi lanskap akibat urbanisasi yang cepat merupakan faktor utama perubahan iklim mikro di wilayah peri-urban. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dinamika spasio-temporal suhu permukaan lahan (*Land Surface Temperature/LST*) serta hubungannya dengan kerapatan vegetasi (*Normalized Difference Vegetation Index/NDVI*) di lanskap Jember Selatan. Penelitian ini menggunakan citra satelit Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TIRS periode 2001, 2013, dan 2025, untuk mengevaluasi pola termal wilayah dan variabilitas indeks vegetasi akibat perubahan tutupan lahan. Hasil penelitian menunjukkan terjadinya transisi lanskap yang fundamental, di mana dominasi sawah menyusut drastis dari 66,4 ribu ha (2001) menjadi 13,8 ribu ha (2025), digantikan oleh ekspansi pemukiman yang mencapai 82,9 ribu ha. Perubahan ini memicu pembentukan fenomena *surface urban heat island* (SUHI) yang signifikan. Area pemukiman tercatat memiliki LST maksimum ekstrem mencapai 38,1°C pada tahun 2025, meningkat tajam dibandingkan periode awal studi. Analisis spektral mengonfirmasi bahwa peningkatan LST memiliki korelasi negatif dengan NDVI. Hal ini membuktikan bahwa hilangnya biomassa vegetasi dan peningkatan permukaan kedap air (*impervious surface*) akibat urbanisasi tak terkendali adalah pemicu utama pemanasan lingkungan di Jember Selatan.

1. Pendahuluan

Perubahan penggunaan dan penutupan lahan (*land use/land cover change* atau LULC) dari lahan bervegetasi alami menjadi area terbangun dan pertanian intensif merupakan fenomena lingkungan dinamis yang umum terjadi pada wilayah tropis yang sedang berkembang. Hal tersebut dapat memicu perubahan drastis pada karakteristik biofisik permukaan, yang berdampak langsung pada perubahan iklim (Ullah et al. 2023) serta secara fundamental mengubah keseimbangan energi di permukaan bumi.

Salah satu indikator geofisika utama untuk memantau dampak termal dari transformasi ini adalah suhu permukaan lahan (*land surface temperature* atau LST). Kondisi peningkatan LST tidak hanya mencerminkan variabilitas iklim, tetapi sering kali menjadi proksi awal untuk mendeteksi pembentukan fenomena *urban heat island* (UHI) dan degradasi kenyamanan lingkungan sebelum dampak ekologis yang lebih parah terjadi (Noviani et al. 2024).

Dinamika LST tidak terjadi secara isolatif, melainkan dikendalikan oleh heterogenitas material permukaan yang dapat dikuantifikasi melalui indeks spektral. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) secara luas digunakan untuk merepresentasikan kesehatan dan kerapatan vegetasi, yang berperan penting dalam menurunkan suhu permukaan melalui evapotranspirasi (Guha et al. 2018; Sholihah et al. 2024). Oleh karena itu, memahami interaksi antara LST dan NDVI pada berbagai kelas tutupan lahan menjadi krusial untuk merumuskan strategi mitigasi yang efektif dalam perencanaan tata ruang berkelanjutan (Roy & Bari 2022).

Kawasan Jember Selatan menjadi lanskap yang strategis untuk dikaji mengingat adanya transformasi tutupan lahan yang signifikan dalam satu dekade terakhir. Pembangunan infrastruktur strategis sering bertindak sebagai pendorong utama (*driver*) perubahan penggunaan lahan dengan meningkatkan

aksesibilitas yang memicu urbanisasi dan konversi hutan atau lahan pertanian menjadi pemukiman (Laurance et al. 2009; Prasetya et al. 2020) di Jalur Lintas Selatan (JLS). Perubahan dari tutupan hutan sekunder atau kebun campuran menjadi lahan terbuka dan permukaan kedap air di sepanjang koridor ekonomi baru ini berpotensi mengubah pola distribusi LST (suhu permukaan) secara spasial dan temporal (Gaikwad et al. 2022). Studi mengenai LST telah banyak dilakukan, kajian pemantauan tersebut memerlukan pendekatan yang efektif dan efisien menggunakan teknologi penginderaan jauh dengan citra satelit Landsat, sebagaimana telah dilakukan oleh Sholihah et al. (2022). Penelitian ini mengintegrasikan data dari sensor Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TIRS untuk merekonstruksi tren perubahan termal di Jember Selatan.

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis dinamika temporal dan spasial LST menggunakan data Landsat ETM+ dan OLI/TIRS di lanskap Jember Selatan; serta (2) memetakan dan mengidentifikasi hubungan kuantitatif antara perubahan suhu permukaan dengan indeks spektral NDVI pada tutupan lahan di lanskap Jember Selatan. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi landasan ilmiah bagi pemangku kebijakan dalam mengelola dan melakukan mitigasi terhadap dampak termal akibat pembangunan infrastruktur di kawasan berkembang.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan tempat

Secara geografis, Kabupaten Jember berada di antara 113°30' – 113°45' BT dan 8°00' – 8°30' LS dengan luas wilayah sebesar 329.300 ha. Lokasi studi pada penelitian ini dilakukan di lanskap Kabupaten Jember bagian selatan, batasan lanskap dilakukan berdasarkan aspek biofisik berupa jalan, elevasi, dan *hillshade* atau batasan punggung bukit, cakupan lokasi studi seluas 200.198 ha.

Secara administrasi, lanskap Jember Selatan mencakup tujuh kecamatan, yaitu Kencong, Gumukmas, Puger, Wuluhan, Ambulu, Tempurejo, dan Silo yang merupakan kawasan pesisir dengan karakter geografis khas berupa dataran rendah, pantai berpasir putih, serta ekosistem hutan tropis yang terhubung dengan Taman Nasional Meru Betiri. Kabupaten Jember dikenal sebagai salah satu daerah penghasil padi di Indonesia; sekitar 40% wilayahnya didominasi oleh lahan pertanian, meliputi sawah, perkebunan, kebun campuran, serta bentuk pemanfaatan pertanian lainnya. Wilayah ini penting untuk penelitian karena menyatukan aspek ekologi, sosial, dan ekonomi dalam satu lanskap. Lanskap Jember Selatan secara spasial dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi penelitian: Lanskap Jember Selatan

2.2. Prosedur Penelitian

Pelaksanaan Proyek Strategis Nasional (PSN) pada Jalur Lintas Selatan (JLS) yang dimulai pada tahun 2013 di Kabupaten Jember terbentang sepanjang 265,82 km dengan rata-rata lebar jalan 7,5 m (Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Timur 2025). Infrastruktur jalan tersebut merupakan bagian penting yang dapat menunjang perekonomian (Stringer et al. 2025) karena dapat mempercepat aksesibilitas di Pulau Jawa bagian timur. Disisi lain dapat memberikan dampak negatif dikarenakan perubahan tutupan lahan, sebagian besar area yang dilalui JLS

merupakan area berhutan dengan kerapatan sedang hingga rapat dengan luasan 1.361.433,93 ha (BPS Provinsi Jawa Timur 2023). Pembangunan ruas baru jalan lintas dapat berdampak pada longsor dan banjir (Bergantino et al. 2025), meningkatnya suhu (Kjellstrom et al. 2016), munculnya pemukiman liar (Hailu et al. 2024), atau bahkan kebakaran lahan (Karurung et al. 2025), oleh karena itu maka diharapkan dampak negatif pembangunan baru ruas JLS dapat dimanajemen dengan baik dan diminimalisir.

Pemantauan dampak dari objek dipermukaan bumi harus dapat dilakukan dengan mudah, efektif dan efisien (Sobrin et al. 2008; Oo & Humphries 2025) menggunakan berbagai software geospasial dan data yang tersedia secara bebas (Zou et al. 2019; Abdelkrim & Eslamian 2026). Analisis geospasial mengenai hubungan kelas tutupan lahan dengan LST dan NDVI di lanskap Jember Selatan dilakukan menggunakan data yang legal dan bebas akses.

Penelitian ini mengamati dampak negatif dan hubungan variable tutupan lahan, LST dan NDVI pada tahun 2001, 2013 dan 2025. Proses analisis dilakukan menggunakan *software* QGIS dan *Google Earth Engine (GEE)*, dengan data yang digunakan yaitu tutupan lahan yang bersumber dari Kementerian Kehutanan, jaringan jalan RBI 2022, SRTM 30m, citra Landsat 8 OLI/TIRS level 1 (2025) dan Landsat 7 ETM+ level 1 (2013 dan 2001). Masing-masing tahun kajian di lokasi studi ini menggunakan 2 *scenes* data Landsat, yaitu *path* 117 dan 188, dan *row* 66.

1) Konversi Radiansi Spektral TOA ke Suhu Kecerdahan (BT) TOA

Analisis LST dilakukan menggunakan nilai *digital number (DN)* dari *band thermal* pada Landsat *collection level 1* (Landsat 8: band 10 dan Landsat 7: band 6), lalu dikoreksi menjadi nilai TOA (*top of atmosphere spectral radiance*), dan kemudian dikonversi ke *brightness thermal* dengan menggunakan konstanta konversi termal dalam file MTL.

Persamaan konversinya menggunakan panduan dari USGS EROS Center (2019).

2) Kalkulasi NDVI dari band spektral OLI (Operational Land Imager)

Indeks vegetasi dibangun dengan cara menggabungkan nilai reflektansi pada spektrum merah (*red*) dan inframerah dekat (NIR), di mana NDVI merupakan salah satu indeks vegetasi yang paling umum digunakan untuk memantau kondisi vegetasi (Toulios et al. 1998). Analisis NDVI dilakukan menggunakan input band *red* dan NIR yang telah dikoreksi TOA (USGS EROS Center 2019). Nilai NDVI mewakili kondisi tutupan vegetasi pada permukaan bumi, dengan rentang nilai adalah -1 to 1 (Dutta et al. 2021).

3) Kalkulasi proporsi emisivitas vegetasi dan permukaan tanah (ϵ)

Koreksi emisivitas permukaan (ϵ) dilakukan menggunakan pendekatan *NDVI Thresholds Method* untuk mengakomodasi heterogenitas tutupan lahan (Sobrino et al., 2008). Tahapan ini diawali dengan menghitung proporsi vegetasi (P_v) berdasarkan nilai NDVI maksimum (vegetasi penuh) dan minimum (tanah terbuka) mengacu pada metode Carlson & Ripley (1997). Nilai P_v selanjutnya digunakan sebagai variabel input utama untuk menghitung nilai emisivitas pada band termal (LSE/ϵ), yang merupakan parameter krusial untuk mengonversi suhu kecerahan (*brightness temperature*) menjadi suhu permukaan (*LST*) yang akurat, khususnya pada lanskap agraris (Wang et al. 2015).

Perhitungan land surface temperature (LST)

Nilai distribusi suhu permukaan tanah (LST) di lokasi penelitian diperoleh melalui persamaan yang dikembangkan oleh Stathopoulou & Cartalis (2007):

$$Ts = \frac{BT}{\left\{1 + \left[\frac{\lambda BT}{\rho} \ln \epsilon_{\lambda}\right]\right\}}$$

Keterangan: T_s : LST ($^{\circ}\text{C}$), BT : suhu kecerahan puncak atmosfer dalam derajat $^{\circ}\text{C}$, λ adalah panjang gelombang radiasi yang dipancarkan dari pita data Landsat band termal ($10,8 \mu\text{m}$), ρ diperoleh dari persamaan berikut.

$$\rho = (h \times c/\sigma) = 1.4388 \times 10^{-2} \text{ m K} = 14388 \mu \text{ K}$$

Nilai h adalah konstanta Plank's $6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$; c adalah kecepatan cahaya $2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$; σ adalah konstanta Boltzmann $1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$, dan ϵ adalah emisivitas permukaan.

3. Hasil Penelitian

3.1. Dinamika Perubahan Tutupan Lahan di Lanskap Jember Selatan

Analisis spasio-temporal terhadap dinamika tutupan lahan periode 2001, 2013, dan 2025 menggambarkan transformasi lanskap yang signifikan di Jember Selatan (Gambar dan Gambar). Pada awal periode studi (2001), struktur lanskap didominasi oleh mosaik vegetasi alami dan agroekosistem, dengan tiga kelas tutupan lahan terluas meliputi sawah (66,4 ribu ha), hutan sekunder (43,0 ribu ha), dan perkebunan (34,8 ribu ha). Komposisi ini menegaskan fungsi strategis wilayah studi sebagai lumbung pangan utama dan penyangga ekologis regional (Nurwadjedi et al. 2010; Ikhlas et al. 2024), di mana sektor pertanian menjadi pilar ekonomi lokal yang vital.

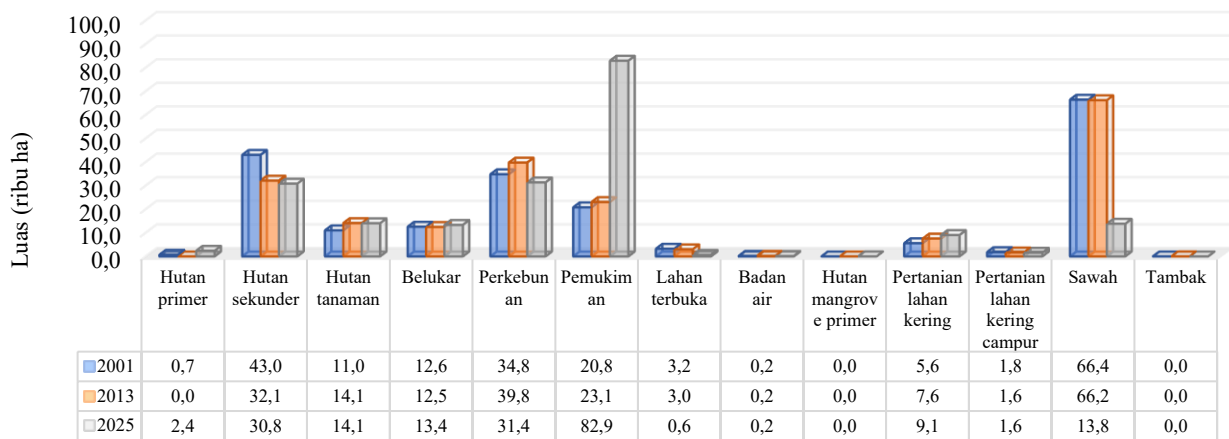
Fase transisi teridentifikasi pada tahun 2013, di mana karakter agraris masih dominan namun terjadi rekonfigurasi komposisi vegetasi non-padi. Meskipun luas sawah relatif stabil (66,2 ribu ha), terjadi ekspansi perkebunan menjadi 39,8 ribu ha yang menggeser hutan sekunder (32,1 ribu ha) ke posisi ketiga akibat deforestasi di bagian timur lanskap. Kendati terjadi fragmentasi hutan, dominasi tutupan lahan berbasis vegetasi pada periode ini mengindikasikan bahwa keseimbangan neraca energi permukaan dan mekanisme pendinginan melalui evapotranspirasi masih relatif terjaga.

Transformasi fundamental terjadi pada tahun 2025, ditandai dengan inversi drastis pola pemanfaatan ruang dari pertanian lahan basah menjadi kawasan terbangun. Kelas tutupan

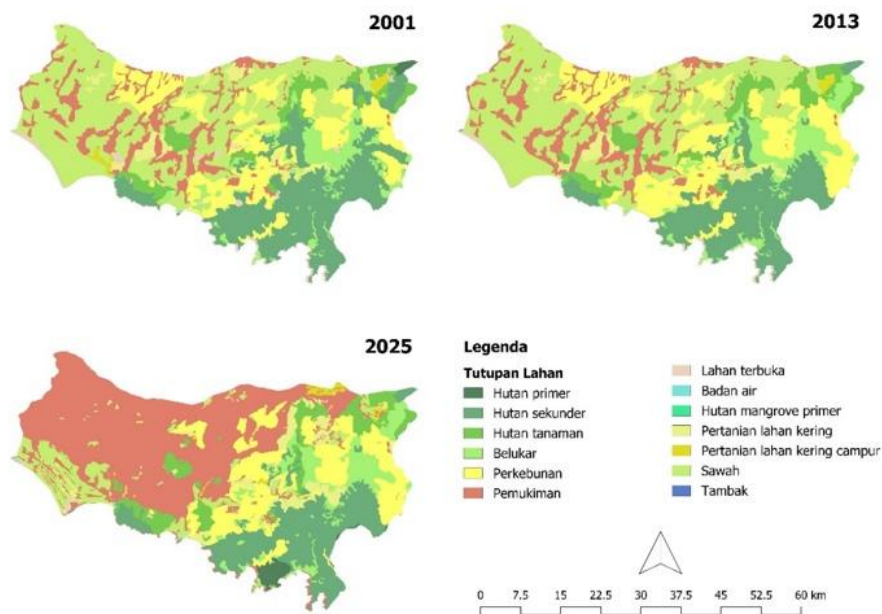
lahan pemukiman mengalami kenaikan dominan menjadi 82,9 ribu ha, sementara luas sawah menyusut ekstrem hingga tersisa 13,8 ribu ha. Perubahan fisik lanskap menuju dominasi permukaan kedap air (impervious surface) ini berimplikasi serius terhadap peningkatan suhu permukaan lahan, gangguan hidrologi, serta ancaman terhadap ketahanan pangan. Fenomena ini, sebagaimana divisualisasikan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**, merefleksikan tekanan urbanisasi yang

mengubah karakteristik ekologis wilayah secara permanen.

Perubahan tutupan lahan yang signifikan terjadi pada tahun 2025, yang mencerminkan terjadinya transformasi fundamental pada tata guna lahan yang ditandai oleh peningkatan luas pemukiman mencapai 82,9 ribu ha sehingga menjadi kelas tutupan lahan paling dominan. Kenaikan juga terjadi pada perkebunan (31,4 ribu ha) dan hutan sekunder (30,8 ribu ha). Sebaliknya, sawah yang sebelumnya merupakan tutupan lahan terluas dan dominan



Gambar 2. Distribusi luas tutupan lahan di lanskap Jember Selatan dalam ribu hektar (ha) (Sumber: Kementerian Kehutanan)



Gambar 3. Sebaran spasial tipe tutupan lahan di lanskap Jember Selatan

pada tahun 2001 dan 2013 mengalami penyusutan yang signifikan hingga tersisa 13,8 ribu ha pada tahun 2025. Kondisi tersebut mengindikasikan terjadinya transisi lanskap yang didominasi oleh permukaan kedap air seperti *built-up* area berupa pemukiman beserta ruas jalan aspal. Fenomena berubahnya profil fisik lanskap karena dominasi *built-up area* ini berimplikasi serius terhadap dinamika suhu permukaan lahan, transformasi tutupan vegetasi, kondisi hidrologi, dan ketahanan pangan pada skala lokal maupun regional. Secara spasial, dinamika perubahan tutupan lahan di lanskap Jember Selatan pada tahun 2001, dan 2025 dapat dilihat pada **Gambar 3**.

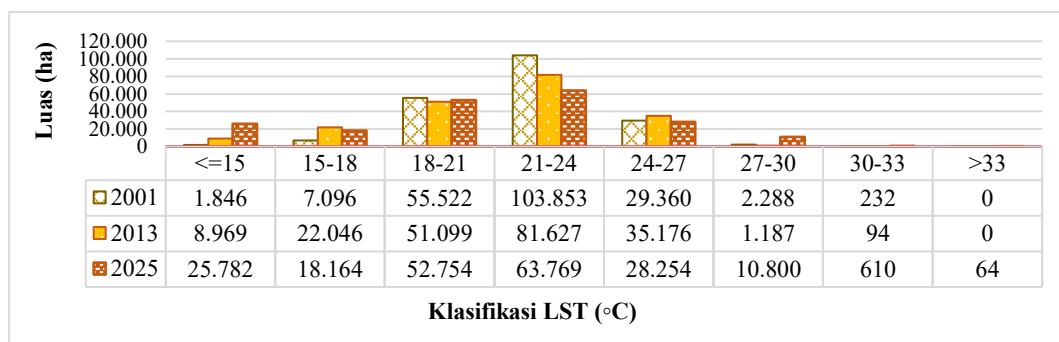
3.2. Dinamika Sebaran Suhu Permukaan Lahan/Land Surface Temperature (LST)

Analisis dinamika LST periode 2001–2025 menunjukkan pergeseran pola termal yang signifikan di lanskap Jember Selatan, bergerak dari dominasi suhu sedang menuju suhu tinggi (**Gambar 4** dan **Gambar 5**). Pada tahun 2001, profil termal wilayah relatif homogen dan didominasi oleh kelas suhu sedang (21–24°C) seluas 103.853 ha. Distribusi ini mencerminkan efektivitas tutupan vegetasi, khususnya sawah dan hutan sekunder, dalam meregulasi iklim mikro melalui mekanisme evapotranspirasi dan penyerapan radiasi matahari (Guha et al. 2018; Liu et al. 2023). Transisi mulai terdeteksi pada tahun 2013, di mana meskipun kelas suhu sedang masih dominan, terjadi penurunan luasan yang mengindikasikan gangguan awal terhadap

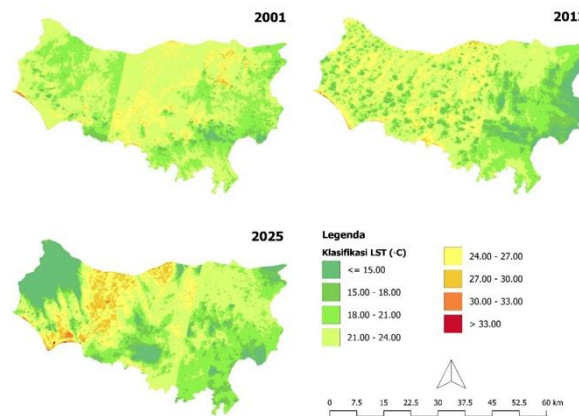
neraca energi permukaan akibat konversi lahan vegetasi.

Transformasi termal yang fundamental terjadi pada tahun 2025, ditandai dengan lonjakan luasan area bersuhu tinggi (27–30°C) hingga hampir lima kali lipat dibandingkan tahun 2001, serta kemunculan kelas suhu ekstrem (>33°C). Peningkatan intensitas panas ini mengonfirmasi pembentukan fenomena *surface urban heat island* (SUHI) yang berkorelasi positif dengan ekspansi lahan terbangun (pemukiman) yang mencapai 82,9 ribu ha. Akumulasi material antropogenik kedap air (*impervious surfaces*) seperti aspal dan beton pada kawasan peri-urban meningkatkan konduktivitas termal dan *sensible heat flux* ke atmosfer secara masif (Jiang et al. 2019), menggantikan fungsi pendinginan alami yang sebelumnya disediakan oleh vegetasi.

Secara keseluruhan, data memvalidasi hubungan terbalik (*inverse relationship*) antara kepadatan vegetasi dan suhu permukaan lahan (Kanjin & Alam 2024; Rothee et al. 2025). Hilangnya luasan sawah dan hutan sekunder secara drastis pada tahun 2025 menyebabkan permukaan lahan merespons radiasi matahari lebih cepat, yang berimplikasi pada penurunan kenyamanan termal penduduk di mana suhu ideal wilayah berada pada kisaran 24°C (Aditya 2021; Isdianto et al. 2025). Meskipun terdapat



Gambar 4. Luas sebaran kelas LST (°C) di lanskap Jember Selatan (ha)



Gambar 5. Sebaran spasial klasifikasi LST di lanskap Jember Selatan

variabilitas mikroklimat akibat gangguan atmosferik lokal pada citra satelit, tren dominan menunjukkan bahwa intensitas urbanisasi merupakan faktor determinan utama dalam eskalasi suhu permukaan di wilayah studi.

Untuk mendalami faktor pendorong biofisik yang mengendalikan distribusi dan pola termal di lanskap Jember Selatan, dilakukan analisis statistik terhadap parameter suhu (*mean, maximum, minimum, dan standard deviation*) pada setiap tipe tutupan lahan, sebagaimana disajikan pada Kesalahan! Sumber referensi tidak ditemukan.. Analisis kuantitatif ini membuktikan bahwa respons dan pola suhu permukaan lahan atau LST sangat bergantung pada jenis tutupan lahan yang menjadi karakteristik material permukaan. Di samping itu, pergeseran temporal

menggambarkan perubahan kondisi lingkungan dan lanskap, sehingga mempengaruhi distribusi dan pola termal di wilayah studi.

Analisis statistik terhadap profil termal berbagai tutupan lahan menegaskan peran krusial vegetasi dalam termoregulasi lanskap. Hutan primer dan sekunder menunjukkan stabilitas termal tertinggi sepanjang periode pemantauan, dengan LST rata-rata yang konsisten rendah (18–20°C) dan deviasi standar yang minim. Kondisi ini mengonfirmasi efektivitas mekanisme pendinginan melalui evapotranspirasi dan naungan kanopi dalam mengonversi radiasi matahari menjadi panas laten, sehingga secara signifikan mereduksi emisi panas sensibel (*sensible heat*) permukaan (Duveiller et al. 2018; Wang et al. 2023). Sebaliknya, lahan terbuka menunjukkan

Tabel 1. Dinamika LST (°C) pada setiap tutupan lahan di lanskap Jember Selatan

Tutupan Lahan	LST rata-rata (°C)			LST maksimum (°C)			LST minimum (°C)			LST stdev. (°C)		
	2001	2013	2025	2001	2013	2025	2001	2013	2025	2001	2013	2025
Hutan primer	19.7	-	19.02	29.8	-	21.3	17.1	-	4.1	2.0	-	1.6
Hutan sekunder	20.1	18.8	18.21	31.7	26.6	31.2	10.5	12.00	-1.7	3.9	3.0	0.1
Hutan tanaman	22.3	19.6	16.91	31.7	27.4	28.2	11.6	11.50	1.8	3.4	3.6	1.6
Belukar	21.5	18.3	19.45	29.8	25.8	24.9	12.2	11.90	-2.8	3.0	3.0	0.0
Perkebunan	22.6	20.1	18.61	31.7	30.3	28.5	13.8	12.00	2.6	3.1	3.8	1.7
Pemukiman	22.4	21.9	17.49	33.1	30.1	38.1	13.3	12.60	-24.5	2.9	3.5	6.6
Lahan terbuka	23.5	24.7	21.58	32.7	33.1	33.2	12.2	17.70	1.8	3.2	3.4	5.7
Badan air	23.0	23.4	20.02	31.2	26.9	29.5	19.2	16.10	8.4	1.4	2.2	0.8
Hutan mangrove primer	-	-	23.32	-	-	29.9	-	-	19.1	-	-	0.4
Pertanian lahan kering	23.3	22.0	22.13	31.7	29.5	36.3	13.3	14.30	-10.4	2.7	3.2	0.5
Pertanian lahan kering campur	22.7	21.7	18.94	29.8	26.2	27.5	14.4	14.10	12.6	2.0	2.0	0.3
Sawah	22.2	21.9	22.16	34.1	30.5	36.3	11.6	1.00	-15.3	3.6	3.1	2.2
Tambak	-	26.7	-	-	27.8	-	-	24.50	0.0	-	0.8	-

fluktuasi suhu yang tinggi, mengindikasikan ketiadaan penyangga termal alami.

Peningkatan suhu ekstrem teridentifikasi secara nyata pada kelas pemukiman dan lahan pertanian. Area pemukiman mencatatkan lonjakan LST maksimum yang drastis dari 33,1°C (2001) menjadi 38,1°C (2025), yang menjadi indikator kuat fenomena *urban heat island* (UHI) dengan heterogenitas termal tinggi (stdev 6,6°C). Selain itu, lahan sawah dan pertanian kering juga mencatat suhu maksimum ekstrem mencapai 36,3°C pada tahun 2025.

Fenomena tersebut diasosiasikan dengan fase bera (*bare soil*) dalam siklus tanam, di mana tanah terbuka dengan albedo rendah dan kelembaban minim memiliki respons spektral yang menyerupai lahan terbangun, sehingga berkontribusi signifikan terhadap pembentukan *hotspot* termal (Sayão et al. 2020).

Evaluasi data tahun 2025 menunjukkan adanya anomali nilai minimum negatif yang ekstrem, yang diakibatkan oleh adanya gangguan atmosferik seperti tutupan awan saat akuisisi citra. Oleh karena itu, dalam konteks mitigasi perubahan iklim, indikator LST maksimum dinilai sebagai parameter yang lebih *robust* dibandingkan nilai rata-rata dan nilai minimum LST, karena lebih akurat merefleksikan puncak stres panas lingkungan. Secara keseluruhan, data memvalidasi hipotesis bahwa transformasi lanskap dari vegetasi menjadi area terbangun dan tanah terbuka merupakan faktor determinan utama dalam

peningkatan suhu permukaan di Jember Selatan.

3.3. Variabilitas Indeks Vegetasi (NDVI)

Dinamika kesehatan dan kerapatan vegetasi di lanskap Jember Selatan dievaluasi menggunakan NDVI, yang merupakan indikator sensitif terhadap keberadaan klorofil dan biomassa. **Gambar 6** menyajikan distribusi spasial NDVI pada tahun 2001, 2013, dan 2025, yang memperlihatkan adanya degradasi kualitas ekologis secara visual seiring berjalannya waktu. Secara visual, peta distribusi NDVI tahun 2001 dan 2013 didominasi oleh rona hijau yang merepresentasikan kerapatan vegetasi sedang hingga tinggi. Namun, kondisi tahun 2025 memperlihatkan pergeseran drastis dengan meluasnya dominasi spektral rendah (rona merah hingga oranye). Pola spasial ini berkorelasi kuat dengan peta perubahan tutupan lahan (**Gambar 3**), di mana penurunan nilai NDVI bertampalan langsung dengan lokasi ekspansi pemukiman yang masif. Fenomena ini mengindikasikan fragmentasi ekosistem alami serta konversi lahan produktif menjadi permukaan kedap air yang minim vegetasi.

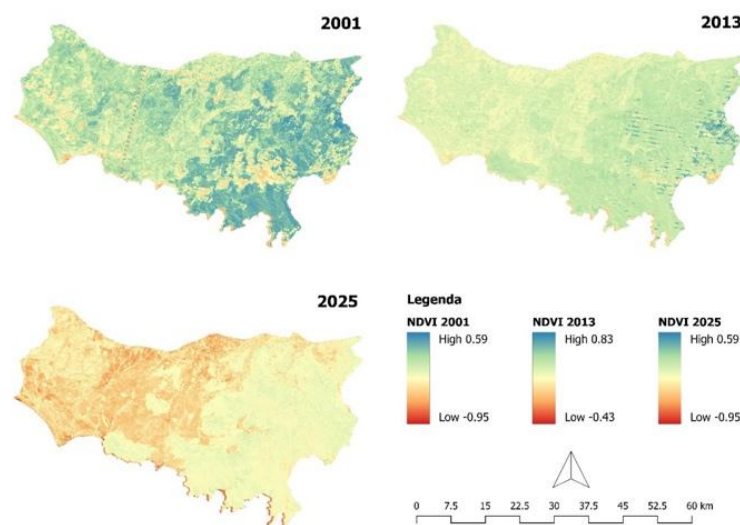
Analisis kuantitatif pada **Tabel 2** mengungkapkan respons spektral yang spesifik pada setiap kelas tutupan lahan. Nilai rata-rata NDVI pada hutan primer meningkat dari 0,21 (2001) menjadi 0,30 (2025) dengan nilai maksimum stabil di kisaran 0,53, mengindikasikan kerapatan kanopi dan

Tabel 2. Dinamika NDVI pada setiap tutupan lahan di lanskap Jember Selatan

Tutupan Lahan	NDVI rata-rata			NDVI maksimum			NDVI minimum			NDVI stdev.		
	2001	2013	2025	2001	2013	2025	2001	2013	2025	2001	2013	2025
Hutan primer	0.21	-	0.30	0.52	-	0.53	-0.46	-	-0.44	0.19	-	0.15
Hutan sekunder	0.05	0.4	0.16	0.57	0.71	0.56	-0.95	-0.38	-0.95	0.22	0.10	0.02
Hutan tanaman	0.06	0.4	0.08	0.58	0.79	0.58	-0.89	-0.21	-0.89	0.20	0.09	0.01
Belukar	0.09	0.4	0.26	0.57	0.76	0.59	-0.45	-0.43	-0.43	0.21	0.09	0.01
Perkebunan	0.05	0.33	0.22	0.59	0.66	0.58	-0.88	-0.16	-0.36	0.22	0.11	0.01
Pemukiman	0.02	0.27	-0.12	0.48	0.54	0.40	-0.87	-0.27	-0.92	0.21	0.10	0.00
Lahan terbuka	-0.08	0.14	-0.06	0.54	0.83	0.46	-0.78	-0.43	-0.52	0.22	0.14	0.22
Badan air	-0.13	0.17	-0.21	0.37	0.47	0.41	-0.53	-0.07	-0.53	0.21	0.13	0.05
Hutan mangrove primer	-	-	-0.38	-	-	-0.16	-	-	-0.57	-	-	0.04
Pertanian lahan kering	0.02	0.3	0.14	0.47	0.64	0.57	-0.91	-0.07	-0.53	0.20	0.10	0.03
Pertanian lahan kering campur	0.08	0.3	0.14	0.51	0.56	0.50	-0.39	0.00	-0.34	0.17	0.09	0.00
Sawah	0.003	0.3	0.04	0.54	0.71	0.51	-0.92	-0.27	-0.50	0.21	0.11	0.02
Tambak	-	0.12	-	-	0.37	-	-	0.01	-	-	0.06	-

aktivitas fotosintesis yang terjaga. Sebaliknya, hutan sekunder menunjukkan fluktuasi nilai yang dinamis, dengan penurunan rata-rata drastis pada tahun 2025 disertai deviasi standar yang kecil. Variabilitas ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh faktor fenologi atau gangguan antropogenik seperti penebangan selektif, yang memengaruhi struktur kanopi dan reflektansi inframerah dekat (Pettorelli et al. 2005; Pisek et al. 2015)

Sektor pertanian, khususnya sawah, menunjukkan variabilitas spektral yang unik karena ketergantungannya pada siklus tanam. Fluktuasi ini sangat wajar terjadi pada lahan pertanian intensif karena sangat bergantung pada fase tanam saat citra direkam; nilai rendah merepresentasikan fase penggenangan atau bera (*bare soil*), sedangkan nilai tinggi merepresentasikan fase vegetatif puncak. Penurunan NDVI rata-rata sawah dari 0,3



Gambar 6. Sebaran spasial NDVI di lanskap Jember Selatan

Dampak urbanisasi terhadap penurunan kualitas lingkungan terekam paling ekstrem pada kelas pemukiman. Pada periode awal (2001–2013), area pemukiman masih menunjukkan nilai rata-rata NDVI positif, yang mengindikasikan keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) atau vegetasi pekarangan. Namun, pada tahun 2025, nilai rata-rata tersebut turun drastis menjadi negatif (-0,12) dengan nilai minimum mencapai -0,92. Transisi spektral ke nilai negatif ini merupakan indikator spektral khas material konstruksi buatan manusia seperti aspal dan beton (Zaitunah et al., 2021). Aryal et al. (2022) menegaskan bahwa kondisi ini mencerminkan hilangnya fungsi ekologis vegetasi secara total di kawasan lahan terbangun dengan kepadatan tinggi.

(2013) menjadi 0,04 (2025) secara konsisten juga menggambarkan penyusutan luas sawah secara signifikan (**Gambar 2**), yang mengindikasikan terjadinya konversi lahan atau perubahan fase pengelolaan lahan, salah satunya menjadi pemukiman yang masif.

Secara sintesis, penurunan nilai NDVI memvalidasi terjadinya kehilangan biomassa secara masif di lanskap Jember Selatan, yang ditandai secara spesifik oleh transisi spektral yang mendekati nol bahkan bernilai negatif pada area pemukiman tahun 2025. Fenomena ini berkorelasi langsung dengan peningkatan suhu permukaan lahan (LST) yang telah dibahas sebelumnya. Hilangnya tutupan vegetasi merepresentasikan kondisi lanskap yang kehilangan mekanisme pendinginan evaporatif (*evaporative cooling*) alami,

sehingga permukaan lahan menjadi lebih rentan terhadap penyerapan radiasi matahari dan memicu peningkatan suhu lingkungan.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menganalisis terjadinya transformasi lanskap fundamental di Jember Selatan selama periode 2001–2025, yang ditandai oleh pergeseran dominasi tutupan lahan dari sektor agraris menjadi kawasan terbangun. Analisis multitemporal menunjukkan degradasi masif pada tutupan lahan vegetasi produktif, di mana luas sawah menyusut secara drastis dari 66,4 ribu hektar pada awal periode tahun 2001 menjadi hanya 13,8 ribu hektar pada tahun 2025. Sebaliknya, ekspansi pemukiman yang masif hingga menjadi tutupan lahan dominan seluas 82,9 ribu ha pada tahun 2025 secara signifikan mengonversi area penyangga ekologis, khususnya sawah dan hutan sekunder. Perubahan fisik lanskap tersebut berimplikasi langsung terhadap dinamika termal wilayah, yang dibuktikan dengan peningkatan suhu permukaan lahan (*land surface temperature/LST*) dan pembentukan fenomena *surface urban heat island* (SUHI). Pola distribusi suhu wilayah telah bergeser dari dominasi suhu sedang pada tahun 2001 menjadi suhu tinggi pada tahun 2025. LST maksimum pada area pemukiman tercatat mencapai angka ekstrem 38,1°C, menggantikan pola suhu sejuk/edang (21–24°C) yang sebelumnya didominasi oleh vegetasi.

Analisis hubungan spektral pada penelitian ini menggambarkan mekanisme biofisik yang terjadi pada fenomena pemanasan tersebut, di mana peningkatan LST berkorelasi berkorelasi negatif dengan kerapatan vegetasi (NDVI). Transisi nilai NDVI yang mendekati nol ataupun menuju angka negatif menunjukkan bahwa substitusi biomassa vegetasi dengan material kedap air (*impervious surface*) pada *built-up area* merupakan faktor penentu utama perubahan iklim mikro di lanskap Jember Selatan. Temuan ini menekankan urgensi implementasi strategi tata

ruang yang membatasi konversi lahan dan memprioritaskan penyediaan ruang terbuka hijau untuk memitigasi dampak urbanisasi terhadap keberlanjutan lingkungan. Direkomendasikan untuk menggunakan citra satelit dengan resolusi spasial yang lebih tinggi agar meminimalkan bias mixed pixel pada analisis tutupan lahan serta untuk memperhalus detail spasial dalam pemetaan distribusi suhu permukaan.

Daftar Pustaka

- Abdelkrim Z, Eslamian S. 2026. An evaluation of spatial and temporal variations of land surface temperature in Biskra, Algeria using remote sensing and GIS. *Journal of African Earth Sciences* **235**:105942.
- Aditya F. 2021. Perubahan tingkat kenyamanan berdasarkan indeks panas (humidex) di Kalimantan Barat. *Megasains* **12**:8–16.
- Aryal J, Sitaula C, Aryal S. 2022. NDVI threshold-based urban green space mapping from Sentinel-2A at the local governmental area (LGA) level of Victoria, Australia. *Land* **11**:351. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Bergantino AS, Troiani G, Bashir T, Pagliara F. 2025. How vulnerable are road networks to shocks? An analysis through accessibility indicators. *Sustainable Futures* **9**:100471.
- BPS Provinsi Jawa Timur. 2023. Luas Kawasan Hutan dan Perairan Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur (ha), 2023 - Tabel Statistik. Available from <https://jatim.bps.go.id/id/statistics-table/3/Umpod09GaG5RbTIOYTJwaVF XWnJPRmQ1Wm1wMVP6MDkjMw==/luas-kawasan-hutan-dan-konservasi-perairan-sup--1--sup--menurut-kabupaten-kota-dan-fungsi-hutan-di-provinsi-jawa-timur--ha---2022.html?year=2023> (accessed December 13, 2025).

- Carlson TN, Ripley DA. 1997. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment* **62**:241–252.
- Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Timur. 2025, November 25. Jalur Lintas Selatan Jatim Manyabung Pacitan-Malang. Available from <https://kominfo.jatimprov.go.id/berita/842> (accessed December 15, 2025).
- Dutta S, Rehman S, Chatterjee S, Sajjad H. 2021. Analyzing seasonal variation in the vegetation cover using NDVI and rainfall in the dry deciduous forest region of Eastern India. Pages 33–48 in Kumar Shit P, Pourghasemi HR, Adhikary PP, Bhunia GS, Sati VP, editors. *Forest Resources Resilience and Conflicts*. Elsevier. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128229316000034> (accessed June 25, 2022).
- Duveiller G, Hooker J, Cescatti A. 2018. The mark of vegetation change on Earth's surface energy balance. *Nature Communications* **9**:679. Nature Publishing Group.
- Gaikwad SV, Vibhute AD, Kale KV. 2022. Assessing Meteorological Drought and Detecting LULC Dynamics at a Regional Scale Using SPI, NDVI, and Random Forest Methods. *SN Computer Science* **3**:458.
- Guha S, Govil H, Dey A, Gill N. 2018. Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy. *European Journal of Remote Sensing* **51**:667–678. Taylor & Francis.
- Hailu T, Assefa E, Zeleke T. 2024. Land use transformation by urban informal settlements and ecosystem impact. *Environmental Systems Research* **13**:32.
- Ikhlas HH, Cahyono EH, Windari S. 2024. Analisis potensi dan tantangan pertanian padi di Kabupaten Jember (Pendekatan triple helix berbasis content analysis). *JIA (Jurnal Ilmiah Agribisnis) Jurnal Agribisnis dan Ilmu Sosial Ekonomi Pertanian* **9**:591–602.
- Isdianto A et al. 2025. Land Surface Temperature–Based Planning Indicators and Adaptation Zoning for Urban Cooling in Coastal Jakarta, Indonesia. *International Journal of Sustainable Development and Planning* **20**:3691–3703.
- Jiang J, Jin Y, Bao T, Ou X. 2019. Sensible heat discharging from pavements with varying thermophysical properties. *Sustainable Cities and Society* **45**:431–438.
- Kanjin K, Alam BM. 2024. Assessing changes in land cover, NDVI, and LST in the Sundarbans mangrove forest in Bangladesh and India: A GIS and remote sensing approach. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* **36**:101289.
- Karurung WS, Lee K, Lee W. 2025. Assessment of forest fire vulnerability prediction in Indonesia: Seasonal variability analysis using machine learning techniques. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* **138**:104435.
- Kjellstrom T, Briggs D, Freyberg C, Lemke B, Otto M, Hyatt O. 2016. Heat, Human Performance, and Occupational Health: A Key Issue for the Assessment of Global Climate Change Impacts. *Annual Review of Public Health* **37**:97–112.
- Laurance WF, Goosem M, Laurance SGW. 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in Ecology & Evolution* **24**:659–669. Elsevier.

- Liu J, Zhou X, Tang H, Yan F, Liu S, Tang X, Ding Z, Jiang K, Yu P. 2023. Feedback and contribution of vegetation, air temperature and precipitation to land surface temperature in the Yangtze River Basin considering statistical analysis. *International Journal of Digital Earth* **16**:2941–2961. Taylor & Francis.
- Noviani R, Saputra AE, Wijayanti P, Koesuma S. 2024. Analysis of land use land cover and land surface temperature in karst area: A case study Wonogiri Regency. *Indonesian Journal of Applied Physics* **14**:89–105.
- Nurwadjadi, Mulyanto B, Sabiham S, Poniman A, Suwardi. 2010. Indeks keberlanjutan lahan sawah untuk mendukung penataan ruang (Studi kasus di Kabupaten Jember, Jawa Timur). *Jurnal Tanah dan Iklim*:13–27.
- Oo TZ, Humphries UW. 2025. Hydrological Modeling of flood impacts under land use and land cover change: A systematic review of tools, trends, and challenges. *MethodsX*:103724.
- Pettorelli N, Vik JO, Mysterud A, Gaillard J-M, Tucker CJ, Stenseth NC. 2005. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution* **20**:503–510. Elsevier.
- Pisek J, Rautiainen M, Nikopensius M, Raabe K. 2015. Estimation of seasonal dynamics of understory NDVI in northern forests using MODIS BRDF data: Semi-empirical versus physically-based approach. *Remote Sensing of Environment* **163**:42–47.
- Prasetya TAE, Munawar M, Taufik MR, Chesoh S, Lim A, McNeil D. 2020. Land surface temperature assessment in Central Sumatra, Indonesia. *Indonesian Journal of Geography* **52**:239–245.
- Rothee SR, Biswas NK, Sharma S, Le MH. 2025. Analysis of land surface temperature and vegetation trends across major Indochina urban centers. *Discover Geoscience* **3**:152.
- Roy B, Bari E. 2022. Examining the relationship between land surface temperature and landscape features using spectral indices with Google Earth Engine. *Heliyon* **8**. Elsevier. Available from [https://www.cell.com/heliyon/abstract/S2405-8440\(22\)01956-9](https://www.cell.com/heliyon/abstract/S2405-8440(22)01956-9) (accessed November 22, 2025).
- Sayão VM, dos Santos NV, de Sousa Mendes W, Marques KPP, Safanelli JL, Poppiel RR, Demattê JAM. 2020. Land use/land cover changes and bare soil surface temperature monitoring in southeast Brazil. *Geoderma Regional* **22**:e00313.
- Sholihah RI, Karyati NE, Trisasongko BH, Panuju DR, Iman LOS, Nadalia D. 2022. Estimating soil moisture condition of paddy fields by using optical remote sensing imagery. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **1109**:012067.
- Sholihah RI, Trisasongko BH, KUSDARYANTO S, Karyati NE, Panuju DR, Iman LOS, Shiddiq D. 2024. Climate smart agriculture strategy for drought-prone areas: The role of land surface temperature data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **1359**:012094.
- Sobrino JA, Jimenez-Munoz JC, Soria G, Romaguera M, Guanter L, Moreno J, Plaza A, Martinez P. 2008. Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **46**:316–327.
- Sobrino JA, Raissouni N. 2000. Toward remote sensing methods for land cover dynamic

- monitoring: Application to Morocco. *International Journal of Remote Sensing* **21**:353–366. Taylor & Francis.
- Stathopoulou M, Cartalis C. 2007. Daytime urban heat islands from Landsat ETM+ and Corine land cover data: An application to major cities in Greece. *Solar Energy* **81**:358–368.
- Stringer T, Clavel ERG, Burelo M. 2025. Gender-specific impacts of road accessibility on rural development. *Journal of Transport Geography* **125**:104206.
- Toulios L, Toulios M, Zerva G. 1998. Spectral data analysis for cotton growth monitoring. Pages 534–539 *Proceedings of the World Cotton Research Conference-2*. Athens, Greece.
- Ullah W, Ahmad K, Ullah S, Tahir AA, Javed MF, Nazir A, Abbasi AM, Aziz M, Mohamed A. 2023. Analysis of the relationship among land surface temperature (LST), land use land cover (LULC), and normalized difference vegetation index (NDVI) with topographic elements in the lower Himalayan region. *Heliyon* **9**:e13322.
- USGS EROS Center. 2019. *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook*. USGS, South Dakota.
- Wang F, Qin Z, Song C, Tu L, Karnieli A, Zhao S. 2015. An improved mono-window algorithm for land surface temperature retrieval from Landsat 8 Thermal Infrared Sensor data. *Remote Sensing* **7**:4268–4289. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Wang X, Scott CE, Dallimer M. 2023. High summer land surface temperatures in a temperate city are mitigated by tree canopy cover. *Urban Climate* **51**:101606.
- Zou W, Jing W, Chen G, Lu Y, Song H. 2019. A survey of big data analytics for smart forestry. *IEEE Access* **7**:46621–46636.