



ANALISIS SPASIAL PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP SUHU PERMUKAAN DI KOTA MALANG

Al Ikhsan Rama Komura^{1*}, Diky Al Khalidy², Aulia Nindy Fadila Gastama³, Muhammad Taufan Nuryadin⁴, Widya Nur Hidayati⁵, Ainun Maghfiroh⁶, Syamsul Bachri⁷

¹²³⁴⁵⁶⁷Universitas Negeri Malang, Indonesia

Email: al.ikhsan.2307218@students.um.ac.id¹, diky.al.2307216@students.um.ac.id^{2*}, aulia.nindy.2307218@students.um.ac.id³, muhammad.taufan.2307218@students.um.ac.id⁴, widya.nur.2407218@students.um.ac.id⁵, ainun.maghfiroh.2107216@students.um.ac.id⁶, syamsul.bachri.fis@um.ac.id⁷

Website Jurnal: <http://ejurnal.unima.ac.id/index.php/geographia>



Akses dibawah lisensi CC BY-SA 4.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

DOI: 10.53682/gjppg.v6i2.10849

(Diterima: 16-12-2024; Direvisi: 30-04-2025; Disetujui: 27-11-2025)

ABSTRACT

This study aims to analyze the impact of land cover changes on land surface temperature (LST) in Malang City for the years 2015, 2019, and 2024 using geospatial technology. The methods include supervised classification for land cover analysis and LST extraction using Sentinel-2 and Landsat 8 imagery. The results show a significant increase in built-up areas from 5,793 ha (2015) to 8,419 ha (2024), while vegetated areas declined sharply from 3,952 ha to 2,356 ha during the same period. Surface temperatures rose from 28.4°C (2015) to 30.2°C (2024), indicating a negative correlation between NDVI and LST ($R^2 = 0.5521$ in 2024). The decline in vegetation due to urbanization contributes to rising surface temperatures. This study recommends sustainable land management policies through environmentally friendly regional spatial planning.

Keywords: Land cover, Land surface temperature, Malang City

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap suhu permukaan di Kota Malang pada tahun 2015, 2019, dan 2024 menggunakan teknologi geospasial. Metode yang digunakan meliputi klasifikasi terbimbing (supervised classification) untuk tutupan lahan, serta ekstraksi suhu permukaan (land surface temperature) menggunakan citra Sentinel-2 dan Landsat 8. Hasil penelitian menunjukkan lahan terbangun meningkat secara signifikan, mulai dari 5.793 Ha (2015) menjadi 8.419 (2024). Lahan bervegetasi mengalami penurunan drastis, dari 3.952 Ha (2015) menjadi 2.356 Ha (2024). Peningkatan suhu permukaan terlihat dari 28,4°C (2015) menjadi 30,2°C (2024), dengan hubungan negatif antara NDVI dan LST ($R^2 = 0,5521$ pada tahun 2024). Penurunan vegetasi akibat urbanisasi berkontribusi terhadap peningkatan suhu permukaan tanah. Penelitian ini merekomendasikan kebijakan pengelolaan lahan yang berkelanjutan melalui perencanaan tata ruang wilayah yang ramah lingkungan.

Kata Kunci: Kota Malang, Suhu permukaan tanah, Tutupan lahan.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan tantangan terbesar yang dihadapi dunia saat ini. Perubahan iklim tidak hanya menjadi isu ([Wiwoho et al., 2024](#)), melainkan fenomena nyata yang terjadi dalam beberapa dekade terakhir ([Ghil & Lucarini, 2020](#); [Marion Suisseea et al., 2022](#)). Aktivitas manusia seperti deforestasi ([Caballero et al., 2022](#); [Sugiarto et al., 2024](#)) dan perubahan tutupan lahan ([Roy et al., 2022](#)), merupakan faktor utama dalam peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer ([Shakoor et al., 2020](#); [Sumarmi et al., 2021](#)). Akumulasi gas rumah kaca mempercepat pemanasan global, yang berdampak pada skala regional hingga internasional ([Bhatti et al., 2024](#)).

Gejala perubahan iklim telah terlihat dari berbagai fenomena lingkungan pada skala global. Fenomena ini meliputi peningkatan suhu, curah hujan ekstrim, kekeringan berkepanjangan, serta kenaikan permukaan air laut, dan fenomena lingkungan lainnya ([Duchenne-Moutien & Neetoo, 2021](#); [George, 2024](#); [Kumar et al., 2023](#)). Fenomena ini berdampak pada ketidakstabilan iklim, ekosistem, dan keberlanjutan kehidupan manusia, flora, serta fauna ([Abbass et al., 2022](#); [Muluneh, 2021](#)). Salah satu dampak signifikan perubahan iklim adalah peningkatan suhu permukaan ([Woolway et al., 2020](#)), yang dipengaruhi oleh perubahan tutupan lahan akibat urbanisasi di daerah perkotaan ([Mukherjee & Singh, 2020](#)).

Kota Malang menghadapi tantangan perubahan tutupan lahan yang signifikan akibat pesatnya urbanisasi dan pertumbuhan penduduk. Kawasan hijau dan lahan pertanian di wilayah peri-urban telah beralih fungsi menjadi perumahan dan area komersial ([Adrianto & Ravetz, 2020](#); [Sasongko et al., 2024](#)). Perubahan ini dapat menurunkan kapasitas lahan untuk menyerap panas dan mengatur suhu ([Kusumadewi et al., 2024](#); [Purwanto et al., 2023](#)). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Malang mengalami peningkatan suhu dari 19°C-30°C pada tahun 2015 ([Statistik, 2016](#)) menjadi 19°C-32°C pada tahun 2023 ([Statistik, 2024](#)). Peningkatan ini berkorelasi dengan berkurangnya tutupan hijau,

dari 1.170 Ha pada tahun 2015 menjadi 778 Ha pada tahun 2024 ([Statistik, 2024](#)).

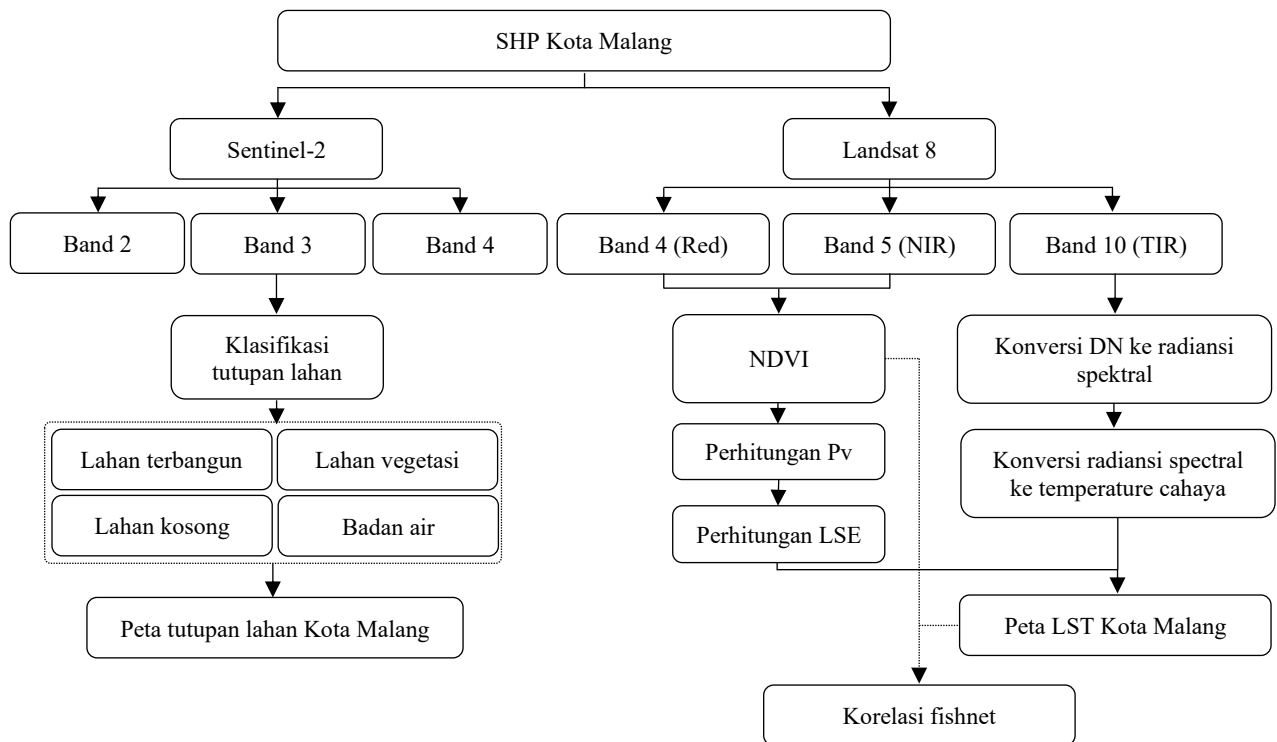
Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan hubungan perubahan tutupan lahan dan peningkatan suhu permukaan, khususnya di daerah perkotaan. Hasil penelitian [Gohain et al. \(2021\)](#) menunjukkan peningkatan signifikan area terbangun sebesar 43,1%, sementara lahan pertanian mengalami penurunan di Pune, India. Suhu musim panas meningkat sebesar 5,8%, sedangkan musim menurun 12,4%. Penelitian lain oleh [Tan et al. \(2020\)](#) menunjukkan peningkatan suhu permukaan di Danau Dongting, China sebesar 3,5% di musim dingin. Hal ini disebabkan oleh penyusutan badan air dan lahan sebagai akibat pembangunan Bendungan Tiga Ngarai. Hasil ini menunjukkan urgensi untuk mengkaji lebih lanjut mengenai pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap peningkatan suhu permukaan, khususnya di Kota Malang.

Penelitian ini bertujuan untuk 1) menganalisis perubahan tutupan lahan di Kota Malang selama satu dekade (2015, 2019, dan 2024) dengan memanfaatkan data geospasial dan 2) menganalisis hubungan perubahan tutupan lahan dengan peningkatan suhu permukaan tanah di Kota Malang. Penelitian ini berkontribusi dalam memberikan pemahaman komprehensif mengenai pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap peningkatan suhu permukaan di Kota Malang.

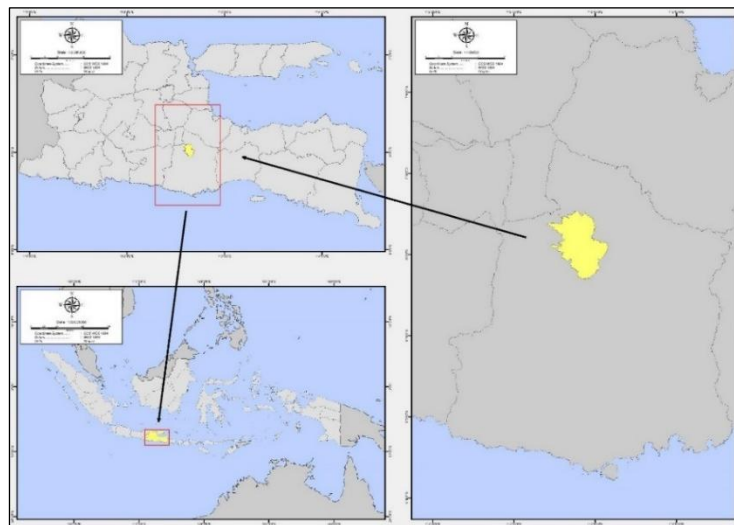
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis spasial untuk menganalisis pengaruh tutupan lahan terhadap suhu permukaan tanah. Penelitian ini memanfaatkan data penginderaan jauh dari citra Landsat 8 untuk ekstraksi suhu permukaan tanah dan Sentinel-2 untuk klasifikasi tutupan lahan. Alur penelitian ditunjukkan oleh [Gambar 1](#).

Penelitian dilakukan di Kota Malang, yang terletak pada koordinat 7°58'53"S - 112°37'55"E / 7.98129825°S - 112.63192625°E. Kota ini dipilih karena mengalami urbanisasi pesat dan perubahan signifikan dalam tutupan lahan selama satu dekade terakhir. Lokasi penelitian ditunjukkan pada [Gambar 2](#).



Gambar 1. Alur penelitian



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

Data spasial yang digunakan adalah citra Sentinel-2, citra Landsat 8, dan data shapefile Kota Malang. Citra Sentinel-2 diperoleh dari Copernicus Data Space Ecosystem dengan resolusi spasial 10 meter. Citra ini digunakan untuk analisis klasifikasi tutupan lahan karena resolusi terkategori tinggi, sehingga proses identifikasi dapat lebih akurat terhadap berbagai jenis tutupan lahan, seperti lahan terbangun, lahan vegetasi, lahan kosong, dan badan air.

Citra Landsat 8 diperoleh dari USGS Earth Explorer dengan resolusi spasial 30 meter. Citra Landsat 8 digunakan untuk ekstraksi suhu permukaan (land surface temperature atau LST) karena memiliki band-band yang sesuai, yaitu band 4 (red), band 5 (Near-Infrared), dan band 10 (Thermal Infrared). Analisis LST memberikan gambaran umum tentang perubahan suhu permukaan dalam skala yang lebih luas.

Selain itu, data shapefile Kota Malang mencakup berbagai jenis, diantaranya administrasi, jaringan jalan, dan aliran sungai, yang diperoleh dari Ina-Geospasial. Data ini menjadi peta dasar dalam menentukan batas-batas administrative dan memahami

konektivitas antara berbagai elemen geografis di Kota Malang. Shapefile juga digunakan untuk membagi wilayah studi dalam analisis spasial lebih lanjut. [Tabel 1](#) menunjukkan rincian data citra satelit dan shapefile yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 1. Data citra satelit yang digunakan dalam penelitian

Tanggal Akuisisi	Jenis	Sensor	Resolusi Spasial	Sumber
2 Agustus 2015	Landsat 8	OLI/TIRS	30 meter	USGS Earth Explorer
13 Agustus 2019	Landsat 8	OLI/TIRS	30 meter	USGS Earth Explorer
26 Agustus 2024	Landsat 8	OLI/TIRS	30 meter	USGS Earth Explorer
17 Agustus 2015	Sentinel-2	BOA Reflectance	10 meter	Copernicus Data Space Ecosystem
23 Agustus 2019	Sentinel-2	BOA Reflectance	10 meter	Copernicus Data Space Ecosystem
12 Agustus 2024	Sentinel-2	BOA Reflectance	10 meter	Copernicus Data Space Ecosystem
2022	Shapefile Kota Malang	-	-	Ina-Geoportal

Data klasifikasi tutupan lahan dihasilkan dari citra Sentinel-2 karena memiliki resolusi tinggi ([Phiri et al., 2020](#)). Klasifikasi tutupan dibagi menjadi empat, yaitu lahan terbangun, lahan kosong, lahan bervegetasi, dan badan air. Data klasifikasi tutupan lahan diperoleh menggunakan klasifikasi berbasis citra *supervised*. Data suhu permukaan tanah (*Land Surface Temperature* atau *LST*) di ekstrak dari citra Landsat 8, karena memiliki band 4 dan band 5 (*Near-Infrared* atau *NIR*) serta band 10 (*Thermal Infrared* atau *TIR*) ([Vanhellemont, 2020](#)). Band 5 digunakan untuk perhitungan indeks vegetasi, sedangkan band 10 dimanfaatkan untuk menghitung suhu permukaan melalui algoritma *single-channel*. Data diolah menggunakan analisis spasial, yaitu tutupan lahan menggunakan metode *supervised classification*, dan suhu permukaan tanah menggunakan metode *LST*.

Supervised classification (klasifikasi terbimbing) merupakan metode untuk mentransformasi data citra multi-spektral ke kelas atau unsur spasial tertentu ([Quan et al., 2020](#)). Analisis ini menggunakan Citra Sentinel-2 dengan resolusi 10 meter (*BOA Reflectance*), dengan kategorisasi lahan terbangun, lahan kosong, lahan bervegetasi, dan badan air. Sampel setiap kategori diperoleh menggunakan metode *maximum likelihood classification* (*MLC*) ([Talukdar et al., 2020](#)).

Analisis perubahan tutupan lahan dilakukan dengan membandingkan hasil setiap tahunnya.

LST merupakan metode untuk mengetahui kondisi suhu bagian terluar dari suatu objek, yang terekam oleh citra satelit. Analisis ini menggunakan citra Landsat 8, karena memiliki berbagai band untuk menganalisis suhu permukaan, yaitu band 4, band 5, dan band 10. Konversi nilai *DN* (*Digital Number*) dari band 10 menjadi radiansi spektral menggunakan rumus:

$$L^{\lambda} = \frac{(L_{max} - L_{min}) \times Q_{cal}}{(Q_{calmax} - Q_{calmin})} + L_{min} - O_i$$

Keterangan:

L_{max} adalah radiansi maksimum

L_{min} adalah radiansi minimum

Q_{cal} adalah nilai DN dari piksel

Q_{calmax} adalah nilai DN dari piksel maksimum

Q_{calmin} adalah nilai DN dari piksel minimum

O_i adalah nilai koreksi untuk band 10

Langkah-langkah untuk menghitung *LST* menurut [Digavinti et al. \(2017\)](#) diantaranya:

1. Konversi radiansi spektral menjadi *brightness temperature* (*BT*) menggunakan rumus:

$$BT = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{K\lambda} + 1\right)} - 273.15$$

K merupakan termal konstan dari *TIR* band 10, yang diperoleh dari *file metadata*. Hasil

konversi *BT* menggunakan skala *Fahrenheit*, sehingga harus dikonversi menjadi skala *celcius*, dengan mengurangi 273,15.

2. Menghitung nilai *NDVI* (*Normalized Difference Vegetation Index*) untuk mengidentifikasi tutupan lahan menggunakan band 4 (*Red*) dan band 5 (*Near-Infrared*), dengan rumus:

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

Perhitungan *NDVI* dilakukan untuk mengetahui *proportional vegetation* (*Pv*) dan *emissivity* (ϵ).

3. Menghitung nilai *Pv* untuk menentukan persentase vegetasi dalam piksel campuran (tanah kosong dan vegetasi) serta salah satu input untuk menghitung *LSE*. Rumus *Pv* yaitu:

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} + NDVI_{min}} \right)^2$$

4. Menghitung nilai *land surface emissivity* (*LSE*) untuk mengoreksi radiasi pancaran permukaan dari objek agar lebih akurat. *LSE* dihitung menggunakan *NDVI* dan *Pv* yang telah dihitung sebelumnya. Rumus *LSE* yaitu:

$$\epsilon = 0.004 \times P_v + 0.986$$

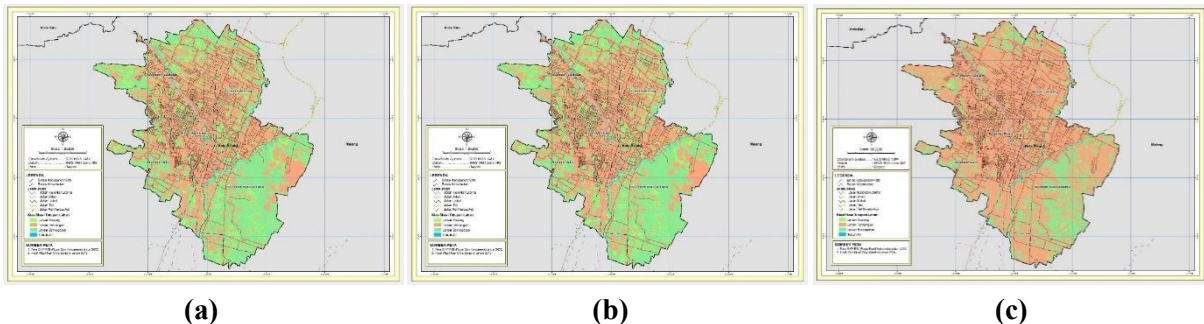
0.04 merupakan koefisien untuk menghitung emisivitas berdasarkan kontribusi vegetasi. Sedangkan 0.986 merupakan dasar emisivitas untuk permukaan campuran, yaitu vegetasi dan tanah kosong.

5. *Fishnet analysis* digunakan untuk menganalisis hubungan antara perubahan tutupan lahan dengan *LST*. Metode ini bertujuan untuk membagi area studi dalam grid berbentuk kotak-kotak dengan ukuran tertentu (Musiaka & Nalej, 2021). Analisis korelasi spasial *Fishnet* menggunakan data hasil tutupan lahan dan *LST*, sehingga mengidentifikasi dampak perubahan tutupan lahan terhadap suhu permukaan. Area grid *fishnet analysis* berukuran 20×20 meter.

HASIL PENELITIAN

Tutupan Lahan Kota Malang

Berdasarkan peta tutupan lahan Kota Malang tahun 2015, 2019, dan 2024, yang ditunjukkan oleh Gambar 3, yang menunjukkan perubahan tutupan lahan. Lahan terbangun (warna merah) yang berada pada pusat kota semakin menyebar hingga ke daerah pinggir kota. Hal ini menunjukkan perubahan tutupan lahan, dari lahan bervegetasi menjadi lahan terbangun.



Gambar 3. Peta tutupan lahan di Kota Malang tahun 2015 (a), tahun 2019 (b), dan tahun 2024 (c)

Tabel 2 menyajikan rincian data tentang luas tutupan lahan (Ha) di Kota Malang tahun 2015, 2019, dan 2024. Tabel ini menggambarkan perubahan dalam distribusi jenis tutupan lahan dengan perubahan luas lahan terbangun, lahan

bervegetasi, lahan kosong, dan badan air. Tabel ini menunjukkan adanya peningkatan terhadap luas lahan terbangun, sedangkan lahan bervegetasi dan lahan kosong mengalami penurunan.

Tabel 2. Data luas tutupan lahan Kota Malang tahun 2015, 2019, dan 2024 (dalam Ha)

Tahun	Luas Tutupan Lahan (Ha)			
	Lahan Terbangun	Lahan Bervegetasi	Lahan Kosong	Badan Air
2015	5.727	3.975	1.313	92
2019	6.466	3.522	1.033	86
2024	8.449	2.341	237	80

Berdasarkan hasil analisis citra satelit tahun 2015, tutupan lahan di Kota Malang didominasi oleh lahan terbangun dengan luas mencapai 51% dari total area. Lahan bervegetasi menempati posisi kedua dengan 39% di area pinggiran, diikuti oleh lahan kosong sebesar 9%, dan badan air hanya 1%. Lahan terbangun di Kecamatan Klojen dan Kecamatan Blimbing merupakan pusat aktivitas ekonomi dan administrasi Kota Malang. Kondisi ini menunjukkan urbanisasi mulai berkembang pesat di pusat kota, sementara di wilayah pinggiran masih didominasi oleh area vegetasi.

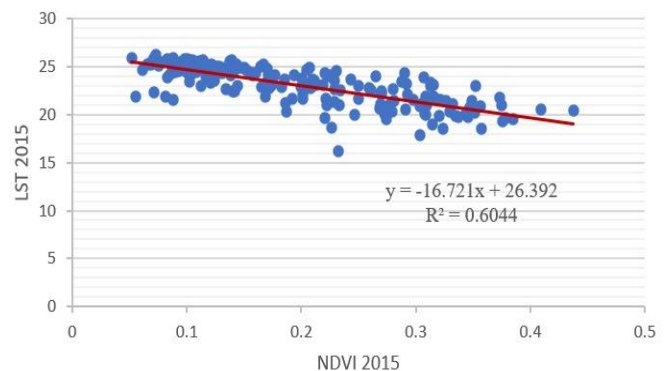
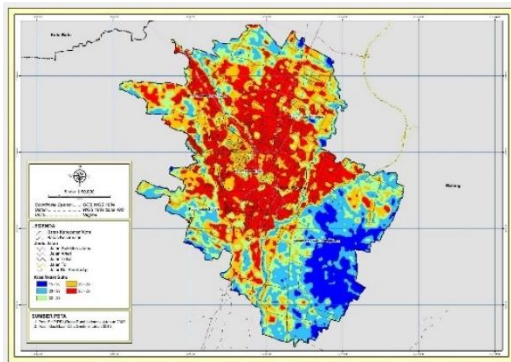
Berdasarkan hasil analisis citra satelit tahun 2019, tutupan lahan di Kota Malang mengalami perubahan signifikan dibandingkan tahun 2015. Lahan terbangun mengalami peningkatan menjadi 58%, yang menunjukkan perluasan area perkotaan, terutama di Kecamatan Kedungkandang. Lahan bervegetasi mengalami penurunan menjadi 32% akibat konversi lahan untuk pembangunan permukiman dan fasilitas publik. Lahan kosong dan badan air tetap stabil di angka 9% dan 1%, walaupun secara luasan tutupan lahan, kedua jenis ini mengalami penurunan.

Berdasarkan hasil analisis citra satelit tahun 2024, tutupan lahan di Kota Malang mengalami perubahan signifikan dibandingkan tahun 2019.

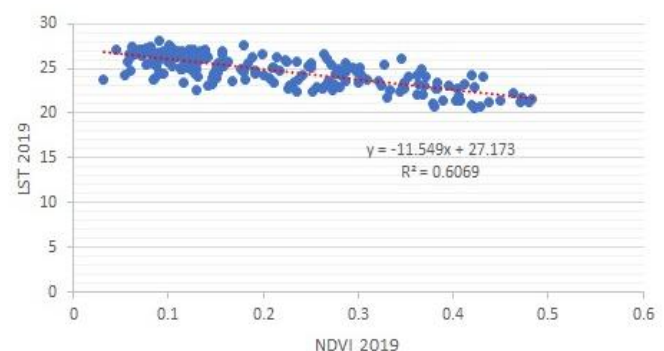
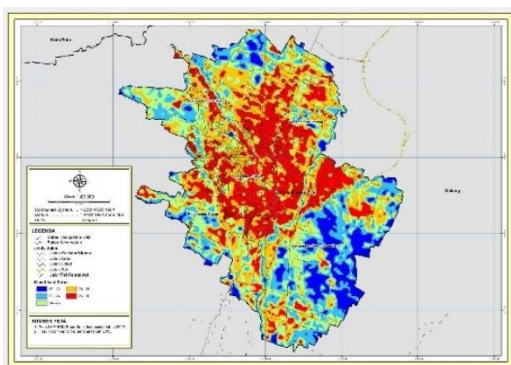
Lahan terbangun semakin mendominasi, dengan peningkatan menjadi 64% akibat pertumbuhan populasi, urbanisasi, dan perkembangan infrastruktur. Penurunan lahan bervegetasi terus berlanjut, menjadi 28% karena konversi lahan hijau menjadi kawasan terbangun. Selain itu, lahan kosong juga menunjukkan penurunan menjadi 7%, sedangkan badan air tetap stabil 1% walaupun mengalami penuruanan luasan area. Ekspansi lahan terbangun terlihat dominan di Kecamatan Kedungkandang, yang merupakan pengembangan utama di Kota Malang. Perubahan ini menegaskan tren urbanisasi yang semakin intensif di seluruh wilayah kota

Suhu Permukaan Kota Malang

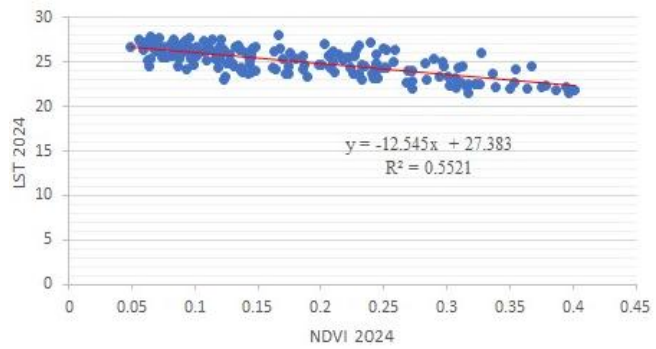
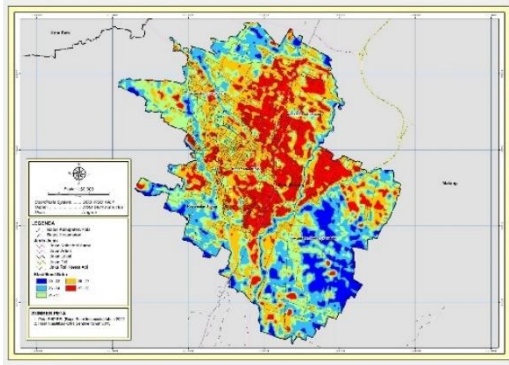
Berdasarkan analisis suhu permukaan, diperoleh peta suhu permukaan Kota Malang Tahun 2015, 2019, dan 2024. Peta suhu permukaan dan analisis korelasi *fishnet* ditunjukkan oleh [Gambar 4](#), yang menunjukkan distribusi suhu di Kota Malang. Analisis korelasi *fishnet* menggambarkan hubungan antara perubahan tutupan lahan dengan fluktuasi suhu permukaan di area tertentu, sehingga dapat mengamati peningkatan suhu di kawasan yang mengalami urbanisasi.



(a)



(b)



(c)
Gambar 4. Peta suhu permukaan Kota Malang dan Analisis Korelasi *Fishnet* Tahun 2015 (a), 2019 (b), dan 2024 (c)

Distribusi suhu permukaan di Kota Malang selama periode 2015, 2019, dan 2024 menunjukkan dinamika, yang mencerminkan perubahan kondisi lingkungan akibat perubahan penggunaan lahan. Analisis suhu permukaan diklasifikasikan ke dalam lima kategori, mulai

dari suhu sangat rendah (17°C) hingga sangat tinggi ($>26^{\circ}\text{C}$). [Tabel 3](#) menyajikan persentase luas wilayah Kota Malang berdasarkan klasifikasi suhu permukaan pada masing-masing tahun.

Tabel 3. Data luas suhu permukaan Kota Malang tahun 2015, 2019, dan 2024 (dalam %)

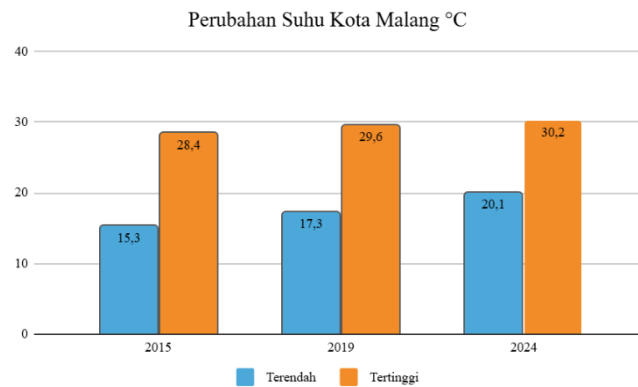
Tahun	Luas Kelas atau Kategori (%)				
	$<17^{\circ}\text{C}$ (Sangat Rendah)	$17^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}$ (Rendah)	$20^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C}$ (Sedang)	$23^{\circ}\text{C} - 26^{\circ}\text{C}$ (Tinggi)	$>26^{\circ}\text{C}$ (Sangat Tinggi)
2015	8,5	17,4	19,2	25,6	29,4
2019	8,8	17,1	23,1	28,0	22
2024	7,8	18,9	24,9	28,9	

Suhu permukaan tahun 2015 di Kota Malang bervariasi, yaitu antara $15,3^{\circ}\text{C}$ hingga $28,4^{\circ}\text{C}$, dengan rata-rata suhu $25,0^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan peta suhu, area dengan suhu tertinggi ($>26^{\circ}\text{C}$) terpisat di wilayah lahan terbangun, terutama di Kecamatan Klojen dan Kecamatan Blimbing. Sebaliknya, suhu lebih rendah ($<20^{\circ}\text{C}$) ditemukan di area bervegetasi lebar, khususnya di bagian selatan dan timur kota. Analisis korelasi menunjukkan hubungan negatif antara *NDVI* dan *LST*, dengan persamaan $y = -16,721x + 26,392$, dan nilai $R^2 = 0,6044$, yang berarti vegetasi berperan signifikan dalam menurunkan suhu permukaan.

Tahun 2019 menunjukkan peningkatan suhu permukaan dengan rentang $17,3^{\circ}\text{C}$ hingga $29,6^{\circ}\text{C}$, dan suhu rata-rata suhu sekitar $26,0^{\circ}\text{C}$. Lahan terbangun meluas ke wilayah ke Kecamatan Kedungkandang, area dengan suhu tinggi ($>26^{\circ}\text{C}$) cenderung meningkat. Peta suhu menunjukkan persebaran suhu rendah

($<20,0^{\circ}\text{C}$) semakin menyempit dibandingkan tahun 2015. Korelasi antara *NDVI* dan *LST* pada tahun ini menghasilkan persamaan $y = -11,549x + 27,713$ dan nilai $R^2 = 0,6069$, yang tetap menunjukkan hubungan negative kuat meskipun sedikit melemah.

Tahun 2024 menunjukkan peningkatan suhu permukaan lebih lanjut dengan rentang antara $20,1^{\circ}\text{C}$ hingga $30,2^{\circ}\text{C}$, dan rata-rata suhu sekitar $26,0^{\circ}\text{C}$. Area dengan suhu sangat tinggi ($>26^{\circ}\text{C}$) mencakup sekitar 20% Kota Malang, yang menunjukkan pengaruh urbanisasi yang meluas ke wilayah pinggiran kota. Wilayah dengan suhu rendah ($<20,0^{\circ}\text{C}$) semakin terbatas di area vegetasi yang tersisa. Hasil korelasi *NDVI* dan *LST* menunjukkan persamaan $y = -12,545x + 27,383$, dan nilai $R^2 = 0,5521$, yang menunjukkan pengaruh vegetasi terhadap penurunan suhu mulai berkurang akibat penyusutan luas lahan bervegetasi.



Gambar 9. Grafik suhu permukaan terendah dan tertinggi Kota Malang Tahun 2015, 2019, dan 2024

Berdasarkan grafik perubahan suhu permukaan, Kota Malang mengalami peningkatan terendah dan tertinggi. Pada tahun 2015, suhu tertinggi mencapai 28,4°C dan suhu terendah 15,3°C. Sekitar 29% wilayah memiliki suhu >26,0°C (sangat tinggi), sedangkan suhu moderat (23,0°C – 26,0°C) mendominasi 26% wilayah, dan 19 wilayah berada pada kategori suhu sedang (20,0°C – 23,0°C).

Pada tahun 2019, suhu tertinggi menjadi 29,6°C dan suhu terendah menjadi 17,3°C. Wilayah dengan suhu sangat tinggi menjadi 23%, namun suhu moderat meningkat menjadi 28%. Peningkatan ini menunjukkan ekspansi wilayah dengan suhu tinggi seiring meningkatnya urbanisasi.

Pada tahun 2024, suhu terus meningkat menjadi 30,2°C dan suhu terendah 20,1°C. Wilayah dengan suhu sangat tinggi berkurang menjadi 20%. Namun suhu moderat mendominasi 29% wilayah, dan diikuti oleh suhu sedang (25%). Penurunan vegetasi diakibatkan oleh urbanisasi yang menyebabkan distribusi suhu cenderung meningkat, terutama di area lahan terbangun.

PEMBAHASAN

Kota Malang mengalami perubahan signifikan dalam tutupan lahan selama periode 2015, 2019, dan 2024. Perubahan tutupan lahan disebabkan oleh aktivitas manusia, salah satunya urbanisasi. Pada tahun 2015, total lahan terbangun mencapai 5.793 Ha, kemudian meningkat menjadi 6.420 Ha pada tahun 2019, dan meningkat signifikan menjadi 8.419 Ha pada tahun 2024. Sebaliknya, lahan bervegetasi mengalami penurunan bertahap, mulai dari 3.952 Ha pada tahun 2015, menjadi 3.575 Ha

pada tahun 2019, dan menurun signifikan menjadi 2.356 Ha pada tahun 2024.

Perubahan paling dominan terjadi di Kecamatan Kedungkandang. Hal ini disebabkan oleh tingginya laju pertumbuhan penduduk di kecamatan ini, yaitu sebesar 0,31% memicu konversi lahan vegetasi menjadi lahan terbangun untuk memenuhi kebutuhan permukiman dan aktivitas ekonomi (Putra et al., 2024). Namun, selain faktor demografis, terdapat faktor lain yang mendorong perubahan lahan di wilayah ini, yaitu kebijakan tata ruang yang membuka peluang bagi pengembangan kawasan permukiman dan komersial di wilayah pinggiran kota (Hariyanto et al., 2023b; Hasyim et al., 2025; Isdianto et al., 2025). Selain itu, peningkatan aksesibilitas akibat pembangunan infrastruktur jalan dan transportasi telah mendorong alih fungsi lahan hijau menjadi area terbangun (Azizah et al., 2022; Hariyanto et al., 2023a). Pada tahun 2024, tutupan lahan di Kecamatan Kedungkandang terdiri dari lahan terbangun (64%), lahan vegetasi (33%), lahan kosong (2%), dan badan air (1%). Kondisi ini sejalan dengan penelitian Wellmann et al. (2020) dan Mansour et al. (2022), yang menyatakan pertumbuhan populasi berdampak langsung pada peningkatan permintaan lahan terbangun, sehingga luas lahan bervegetasi dan lahan kosong mengalami penurunan secara signifikan.

Perubahan tutupan lahan ini memiliki implikasi signifikan terhadap interaksi manusia dengan lingkungan serta keseimbangan ekosistem. Urbanisasi yang tidak terkendali dapat membawa dampak negatif, seperti berkurangnya kemampuan lahan untuk menyerap panas, sehingga menurunkan kualitas lingkungan (Vujovic et al., 2021). Oleh karena

itu, perencanaan tata ruang yang berkelanjutan sangat diperlukan untuk menjaga keseimbangan antara pembangunan dan pelestarian lingkungan (Lopez & Castro, 2021).

Perubahan tutupan lahan di Kota Malang memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan suhu permukaan. Lahan bervegetasi berperan penting dalam menurunkan suhu melalui proses evapotranspirasi dan efek bayangan (Yu et al., 2024), sehingga area dengan kerapatan vegetasi tinggi cenderung memiliki suhu lebih rendah dibandingkan area lahan terbangun atau lahan kosong (Wellmann et al., 2020).

Pada tahun 2015, hubungan antara kerapatan vegetasi (NDVI) dan suhu permukaan (LST) menunjukkan korelasi negatif kuat, dengan nilai $R^2 = 0.6044$. Seiring waktu, nilai korelasi pada tahun 2019 sedikit meningkat menjadi $R^2 = 0.6069$, meskipun lahan vegetasi mengalami penurunan. Namun, pada tahun 2024, nilai korelasi melemah menjadi $R^2 = 0.5521$, yang menunjukkan pengaruh vegetasi terhadap penurunan suhu mulai berkurang akibat konversi lahan yang terus meningkat.

Meskipun hubungan NDVI dan LST konsisten di berbagai tahun, kekuatan korelasi semakin berkurang. Hal ini mengindikasikan faktor lokal seperti jenis vegetasi, topografi, dan pola penggunaan lahan dapat mempengaruhi LST (Njoku & Tenenbaum, 2022; Yang et al., 2021). Oleh karena itu, analisis lebih lanjut dan pemahaman mendalam tentang dinamika spasial antara NDVI dan LST sangat diperlukan untuk memberikan wawasan yang lebih komprehensif dalam mengelola lingkungan dan tata ruang kota.

Temuan ini konsisten dengan penelitian Ullah et al. (2023) dan Nse et al. (2020), yang menyatakan semakin tinggi nilai NDVI, semakin rendah suhu permukaan tanah, begitupun sebaliknya. Penurunan vegetasi yang signifikan di Kota Malang menyebabkan peningkatan suhu permukaan, terutama di area lahan terbangun seperti Kecamatan Kedungkandang. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor, yaitu: (1) pertumbuhan penduduk yang pesat sehingga menciptakan kebutuhan terhadap lahan, baik untuk permukiman maupun fasilitas publik, (2) pembangunan infrastruktur, seperti jalan, fasilitas transportasi, dan aksesibilitas yang semakin tinggi, dan (3) kebijakan perencanaan ruang yang kurang memperhatikan

keberlanjutan lingkungan, seperti ruang terbuka hijau. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk memaksimalkan peran vegetasi dalam mitigasi peningkatan suhu permukaan, melalui program penghijauan dan pengelolaan tata ruang yang ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, Kota Malang mengalami perubahan tutupan lahan yang signifikan selama periode 2015, 2019, dan 2024. Lahan terbangun terus meningkat dari 5.793 Ha pada tahun 2015 menjadi 8.419 Ha pada tahun 2024, sementara lahan bervegetasi mengalami penurunan drastis, dari 3.952 Ha menjadi 2.356 Ha. Perubahan ini dipengaruhi oleh urbanisasi, seperti di Kecamatan Kedungkandang, yang mengalami pertumbuhan penduduk tertinggi.

Perubahan tutupan lahan ini berdampak langsung pada peningkatan suhu permukaan. Rata-rata suhu permukaan meningkat dari 28,4°C pada tahun 2015 menjadi 30,2°C pada tahun 2024. Hasil korelasi menunjukkan hubungan negatif antara NDVI dan LST, yang berarti berkurangnya vegetasi berperan dalam peningkatan suhu, khususnya di wilayah lahan terbangun.

Penelitian ini menunjukkan pentingnya pengelolaan tutupan lahan berkelanjutan, sebagai upaya mitigasi terhadap peningkatan suhu permukaan tanah. Beberapa kegiatan yang dapat dilakukan adalah program penghijauan, seperti satu rumah satu pohon atau tanaman, serta perencanaan tata ruang yang ramah lingkungan. Upaya ini penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem serta kualitas lingkungan di Kota Malang.

SARAN

Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pemahaman hubungan perubahan tutupan lahan dengan peningkatan suhu permukaan, khususnya di daerah perkotaan seperti Kota Malang. Hasil analisis spasial ini dapat dijadikan referensi bagi pemerintah daerah dan pembuat kebijakan dalam merancang strategi perencanaan tata ruang yang berkelanjutan. Selain itu, aplikasi teknologi geospasial seperti analisis citra satelit dapat diterapkan dalam studi perubahan iklim dan pengelolaan lingkungan di kota lain. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut dari metode dan teknik yang digunakan, seperti

penggunaan data gabungan dengan data iklim atau parameter lain, dapat meningkatkan akurasi suhu permukaan.

Penelitian ini dapat diperluas dengan memasukkan faktor lain yang mempengaruhi suhu permukaan, seperti jenis vegetasi, penggunaan lahan yang lebih detail, dan variabel meteorologi lain. Penelitian lanjutan juga dapat menggunakan analisis lebih lanjut mengenai dampak perubahan suhu terhadap kesehatan masyarakat, serta adaptasi dan mitigasi perubahan iklim yang dapat diimplementasikan di wilayah perkotaan. Selain itu, studi tentang penggunaan teknologi smart city dapat menjadi fokus penelitian untuk mencapai solusi yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. 2022. A Review of the Global Climate Change Impacts, Adaptation, and Sustainable Mitigation Measures. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42539–42559.
<https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>
- Adrianto, D. W., & Ravetz, J. 2020. Indonesia: A Bioregional Prospect for the Malang Peri-urban Area. In D. Fanfani & A. Matarán Ruiz (Eds.), *Bioregional Planning and Design: Volume II: Issues and Practices for a Bioregional Regeneration* (pp. 243–258). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-46083-9_14
- Azizah, V., Deffinika, I., & Arinta, D. 2022. The Effect of Land Use Changes on Land Surface Temperature in Malang City's on 2016 - 2020. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1066(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1066/1/012006>
- Bhatti, U. A., Bhatti, M. A., Tang, H., Syam, M. S., Awwad, E. M., Sharaf, M., & Ghadi, Y. Y. 2024. Global Production Patterns: Understanding the Relationship between Greenhouse Gas Emissions, Agriculture Greening and Climate Variability. *Environmental Research*, 245(October 2023), 118049.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.118049>
- Caballero, C. B., Ruhoff, A., & Biggs, T. 2022. Land Use and Land Cover Changes and their Impacts on Surface-Atmosphere Interactions in Brazil: A Systematic Review. *Science of the Total Environment*, 808, 152134.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152134>
- Digavinti, J., Reddy, S. N., & Manikiam, B. 2017. Land Surface Temperature Retrieval from LANDSAT Data using Emissivity Estimation. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(20), 9679–9687.
https://www.ripublication.com/ijaer17/ijaerv12n20_57.pdf
- Duchenne-Moutien, R. A., & Neetoo, H. 2021. Climate Change and Emerging Food Safety Issues: A Review. *Journal of Food Protection*, 84(11), 1884–1897.
<https://doi.org/10.4315/JFP-21-141>
- George, M. 2024. Effects of Changes in Temperature and Precipitation as Climate Factors that Influence the Spread of Climate-Related Diseases: A Systematic Review. *African Geographical Review*, 1–14.
<https://doi.org/10.1080/19376812.2024.2416167>
- Ghil, M., & Lucarini, V. 2020. The Physics of Climate Variability and Climate Change. *Reviews of Modern Physics*, 92(3), 035002.
<https://doi.org/10.1103/RevModPhys.92.035002>
- Gohain, K. J., Mohammad, P., & Goswami, A. 2021. Assessing the Impact of Land Use Land Cover Changes on Land Surface Temperature Over Pune City, India. *Quaternary International*, 575–576(March 2020), 259–269.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.04.052>
- Hariyanto, A. D., Yudono, A., & Wicaksono, A. D. 2023a. *Land Cover Change Simulation Based on Cellular Automata Using Artificial Neural Network Model Transition in Kedungkandang District, Malang City BT -*

- Proceedings of the 6th International Conference on Indonesian Architecture and Planning (ICIAP 2022)* (D. F. Swasto, D. H. Rahmi, Y. Rahmawati, I. Hidayati, J. Al-Faraby, & A. Widita (eds.); pp. 489–507). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-1403-6_33
- Hariyanto, A. D., Yudono, A., & Wicaksono, A. D. 2023b. Measurement of Sprawl Effect Based on Urban Growth Trends and Prediction in Kedungkandang District, Malang City. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1186(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1186/1/012019>
- Hasyim, A. W., Sukojo, B. M., Anggraini, I. A., Fatahillah, E. R., & Isdianto, A. 2025. Urban Heat Island Effect and Sustainable Planning: Analysis of Land Surface Temperature and Vegetation in Malang City. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 20(2), 683–697. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.200218>
- Isdianto, A., Hasyim, A. W., Sukojo, B. M., Alimuddin, I., Anggraini, I. A., & Fatahillah, E. R. 2025. Integrating Urban Design with Natural Dynamics: Enhancing Ecological Resilience in Malang City over a Decade. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 20(3), 1061–1075. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.200313>
- Kumar, S., Chatterjee, U., David Raj, A., & Sooryamol, K. R. 2023. Global Warming and Climate Crisis/Extreme Events. In U. Chatterjee, R. Shaw, S. Kumar, A. D. Raj, & S. Das (Eds.), *Climate Crisis: Adaptive Approaches and Sustainability* (pp. 3–18). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44397-8_1
- Kusumadewi, T., Surjono, S., Leksono, A. S., & Arif, Y. M. 2024. Exploring Neighborhood Green Space to Mitigate UHI Effect based on a Spatial Approach in Malang, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1312(1), 012008. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1312/1/012008>
- Lopez, L. J. R., & Castro, A. I. G. 2021. Sustainability and Resilience in Smart City Planning: A Review. In *Sustainability* (Vol. 13, Issue 1). <https://doi.org/10.3390/su13010181>
- Mansour, S., Alahmadi, M., Atkinson, P. M., & Dewan, A. 2022. Forecasting of Built-Up Land Expansion in a Desert Urban Environment. In *Remote Sensing* (Vol. 14, Issue 9). <https://doi.org/10.3390/rs14092037>
- Marion Suseeya, K. R., O'connell, M. G., Leoso, E., Defoe, M. S. B. N., Anderson, A., Bang, M., Beckman, P., Boyer, A. M., Dunn, J., Gilbert, J., Hester, J., Horton, D. E., Jennings, D. B., Kebec, P., Loeb, N. C., Loew, P., Miller, W. M., Moffitt, K., Packman, A. I., ... Zerega, N. 2022. Waking from Paralysis: Revitalizing Conceptions of Climate Knowledge and Justice for More Effective Climate Action. *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 700(1), 166–182. <https://doi.org/10.1177/00027162221095495>
- Mukherjee, F., & Singh, D. 2020. Assessing Land Use–Land Cover Change and Its Impact on Land Surface Temperature Using LANDSAT Data: A Comparison of Two Urban Areas in India. *Earth Systems and Environment*, 4(2), 385–407. <https://doi.org/10.1007/s41748-020-00155-9>
- Muluneh, M. G. 2021. Impact of Climate Change on Biodiversity and Food Security: A Global Perspective—A Review Article. *Agriculture and Food Security*, 10(1), 1–25. <https://doi.org/10.1186/s40066-021-00318-5>
- Musiaka, Ł., & Nalej, M. 2021. Application of GIS Tools in the Measurement Analysis of Urban Spatial Layouts Using the Square Grid Method. In *ISPRS International Journal of Geo-Information* (Vol. 10, Issue 8). <https://doi.org/10.3390/ijgi10080558>
- Njoku, E. A., & Tenenbaum, D. E. 2022. Quantitative Assessment of the Relationship between Land Use/Land Cover (LULC), Topographic Elevation and Land Surface

- Temperature (LST) in Ilorin, Nigeria. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 27, 100780. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100780>
- Nse, O. U., Okolie, C. J., & Nse, V. O. 2020. Dynamics of Land Cover, Land Surface Temperature and NDVI in Uyo City, Nigeria. *Scientific African*, 10, e00599. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00599>
- Phiri, D., Simwanda, M., Salekin, S., Nyirenda, V. R., Murayama, Y., & Ranagalage, M. 2020. Sentinel-2 Data for Land Cover/Use Mapping: A Review. In *Remote Sensing* (Vol. 12, Issue 14). <https://doi.org/10.3390/rs12142291>
- Purwanto, Latifah, S., Yonariza, Akhsani, F., Sofiana, E. I., & Ferdiansah, M. R. 2023. Land Cover Change Assessment using Random Forest and CA Markov from Remote Sensing Images in the Protected Forest of South Malang, Indonesia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 32(September), 101061. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.101061>
- Putra, I. P., Leksono, A. S., Parmawati, R., & Li, T. 2024. The Best Scenario for the Development of Public Green Open Space Zones in Malang, Indonesia. *Jurnal Pendidikan Geografi: Kajian, Teori, Dan Praktek Dalam Bidang Pendidikan Dan Ilmu Geografi*, 29(2), 1–18. <https://doi.org/10.17977/um017v29i22024p240-256>
- Quan, Y., Tong, Y., Feng, W., Dauphin, G., Huang, W., & Xing, M. 2020. A Novel Image Fusion Method of Multi-Spectral and SAR Images for Land Cover Classification. In *Remote Sensing* (Vol. 12, Issue 22). <https://doi.org/10.3390/rs12223801>
- Roy, P. S., Ramachandran, R. M., Paul, O., Thakur, P. K., Ravan, S., Behera, M. D., Sarangi, C., & Kanawade, V. P. 2022. Anthropogenic Land Use and Land Cover Changes—A Review on Its Environmental Consequences and Climate Change. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 50(8), 1615–1640. <https://doi.org/10.1007/s12524-022-01569-w>
- Sasongko, I., Gai, A. M., & Azzizi, V. T. 2024. Spatiotemporal Dynamics of Land Use and Community Perception in Peri-Urban Environments: The Case of the Intermediate City in Indonesia. In *Urban Science* (Vol. 8, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/urbansci8030097>
- Shakoor, A., Ashraf, F., Shakoor, S., Mustafa, A., Rehman, A., & Altaf, M. M. 2020. Biogeochemical Transformation of Greenhouse Gas Emissions from Terrestrial to Atmospheric Environment and Potential Feedback to Climate Forcing. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(31), 38513–38536. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10151-1>
- Statistik, B. P. 2016. *Kota Malang dalam Angka 2016*. Badan Pusat Statistik. <https://malangkota.bps.go.id/id/publication/2016/08/17/61ad285c6a78a0d1297412d4/kota-malang-dalam-angka-2016.html>
- Statistik, B. P. 2024. *Kota Malang dalam Angka 2024*. Badan Pusat Statistik. <https://malangkota.bps.go.id/id/publication/2024/02/28/e7d11012c6940bb521e9c100/kota-malang-dalam-angka-2024.html>
- Sugiarto, A., Utaya, S., Bachri, S., & Shrestha, R. P. 2024. Estimation of Carbon Stocks and CO2 Emissions Resulting from the Forest Destruction in West Kalimantan , Indonesia. *Environmental Challenges*, 17(June), 101010. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.101010>
- Sumarmi, S., Purwanto, P., & Bachri, S. 2021. Spatial Analysis of Mangrove Forest Management to Reduce Air Temperature and CO2 Emissions. In *Sustainability* (Vol. 13, Issue 14). <https://doi.org/10.3390/su13148090>
- Talukdar, S., Singha, P., Mahato, S., Shahfahad, Pal, S., Liou, Y.-A., & Rahman, A. 2020. Land-Use Land-Cover Classification by Machine Learning Classifiers for Satellite

- Observations—A Review. In *Remote Sensing* (Vol. 12, Issue 7). <https://doi.org/10.3390/rs12071135>
- Tan, J., Yu, D., Li, Q., Tan, X., & Zhou, W. 2020. Spatial Relationship between Land-Use/Land-Cover Change and Land Surface Temperature in the Dongting Lake Area, China. *Scientific Reports*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66168-6>
- Ullah, W., Ahmad, K., Ullah, S., Tahir, A. A., Javed, M. F., Nazir, A., Abbasi, A. M., 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(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13322>
- Vanhellemont, Q. 2020. Combined Land Surface Emissivity and Temperature Estimation from Landsat 8 OLI and TIRS. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 166, 390–402. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.06.007>
- Vujovic, S., Haddad, B., Karaky, H., Sebaibi, N., & Boutouil, M. 2021. Urban Heat Island: Causes, Consequences, and Mitigation Measures with Emphasis on Reflective and Permeable Pavements. In *CivilEng* (Vol. 2, Issue 2, pp. 459–484). <https://doi.org/10.3390/civileng2020026>
- Wellmann, T., Schug, F., Haase, D., Pflugmacher, D., & van der Linden, S. 2020. Green Growth? On the Relation between Population Density, Land Use and Vegetation Cover Fractions in a City using a 30-Years Landsat Time Series. *Landscape and Urban Planning*, 202, 103857. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103857>
- Wiwoho, B. S., Astuti, I. S., Bachri, S., & Anshori, R. 2024. Are our Lands fetting Wetter or Drier? A Perspective from Climate Scenario Data in Upper Brantas. *International Conference on Agriculture and Food Sustainability*, 012022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1323/1/012022>
- Woolway, R. I., Kraemer, B. M., Lenters, J. D., Merchant, C. J., O'Reilly, C. M., & Sharma, S. 2020. Global Lake Responses to Climate Change. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(8), 388–403. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0067-5>
- Yang, J., Ren, J., Sun, D., Xiao, X., Xia, J. Cecilia, Jin, C., & Li, X. (2021). Understanding Land Surface Temperature Impact Factors based on Local Climate Zones. *Sustainable Cities and Society*, 69, 102818. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102818>
- Yu, Z., Chen, J., Chen, J., Zhan, W., Wang, C., Ma, W., Yao, X., Zhou, S., Zhu, K., & Sun, R. 2024. Enhanced Observations from an Optimized Soil-Canopy-Photosynthesis and Energy Flux Model revealed Evapotranspiration-Shading Cooling Dynamics of Urban Vegetation during Extreme Heat. *Remote Sensing of Environment*, 305, 114098. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2024.114098>