

PEMETAAN SPASIAL KERAPATAN VEGETASI DAN SUHU PERMUKAAN DI HUTAN KOTA KAOMBONA, PALU, PROVINSI SULAWESI TENGAH

MADINA DWI PANUNTUN^{1*}, RIZKY PURNAMA¹, DWI KARTIKA ASIH HASIBUAN¹, ISTIQOMAH SHARIATI ZAMANI¹

1. Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Tadulako, Palu, Sulawesi Tengah

*Email : madinadwip@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan penduduk di kawasan perkotaan berpotensi dapat mengurangi fungsi hutan kota, seperti di Hutan Kota Kaombona, Palu. Mengingat bahwa pentingnya Hutan Kota Kaombona sebagai pengendali iklim mikro di kawasan perkotaan, monitoring kerapatan vegetasi serta estimasi suhu permukaan lahan perlu dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji variasi kerapatan vegetasi terhadap suhu permukaan di Hutan Kota Kaombona. Penelitian ini menggunakan permodelan spasial dengan Google Earth Engine (GEE) dan ArcGIS 10.8. Bahan yang digunakan adalah Citra Sentinel 2A dan Citra Landsat 8 OLI perekaman tahun 2024. Perhitungan kerapatan vegetasi dengan algoritma Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dan suhu permukaan menggunakan perhitungan Land Surface Temperature (LST). Hasil menunjukkan bahwa Hutan Kota Kaombona memiliki kerapatan vegetasi dengan nilai NDVI -0,03 sampai dengan 0,88, dan suhu permukaan lahan sekitar 26-40°C. Kerapatan vegetasi didominasi oleh kategori sangat rapat (NDVI 0,07-1) dengan luas sekitar ±29,59 ha (45%), sedangkan suhu permukaan lahan di Hutan Kota Kaombona didominasi 30 - 35°C. Kerapatan vegetasi dan suhu permukaan di Hutan Kota Kaombona menunjukkan pengaruh yang cenderung lemah hingga sedang yakni sebesar 34,55%. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar evaluasi untuk menemukan rekomendasi solusi pengembangan Hutan Kota Kaombona yang berkelanjutan.

Kata kunci: Kerapatan Vegetasi, Suhu Permukaan, Hutan Kota Kaombona.

ABSTRACT

Population growth in urban areas potentially contributes to reduce of the function of urban forests, such as in the Kaombona Urban Forest, Palu. Kaombona Urban Forest as a controller of microclimate in urban areas, so monitoring vegetation density and land surface temperature needs to be conducted. The study aims to examine the variation in vegetation density on surface temperature in the Kaombona Urban Forest. This study uses spatial modeling with Google Earth Engine (GEE) and ArcGIS 10.8. The study utilized Landsat 8 OLI and Sentinel 2A satellite imagery acquired in 2024. The assessment of vegetation density was conducted through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), whereas land surface temperature was derived from Land Surface Temperature (LST) measurements. In accordance with the results, Kaombona Urban Forest has a land surface temperature of around 26–40 °C and vegetation density with values of NDVI ranging from -0.03 to 0,88. With a total area of approximately ±29.59 hectares (45%), the very dense category (NDVI 0.07-1) dominates the vegetation density, while 30 to 35°C dominates the land surface temperature. Kaombona Urban Forest's vegetation density and surface temperature exhibit a weak to moderate influence (34.55%). This study can serve as a basis for evaluation in formulating recommendations for the sustainable development strategy of Kaombona Urban Forest.

Keywords: Vegetation Density, Surface Temperature, Kaombona Urban Forest.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan wilayah perkotaan yang sangat pesat berkontribusi akan berkurangnya ruang terbuka hijau dan meningkatnya suhu permukaan tanah. Perkembangan wilayah perkotaan juga menjadi bagian dari konsekuensi adanya pertumbuhan penduduk. Hal tersebut sangat berkaitan dengan fenomena *Urban Heat Island* (UHI) merupakan suatu kondisi ketika suhu permukaan di perkotaan cenderung lebih tinggi daripada wilayah pedesaan atau rural sekitarnya sebagai akibat dari rendahnya tutupan pohon (Delarizka dkk, 2016; Rendana dkk., 2023; Tamboli dkk., 2023). Suhu permukaan lahan atau *Land Surface Temperature* (LST) merupakan parameter yang penting untuk dipelajari dalam iklim perkotaan (El Garouani dkk., 2021). Informasi yang berkaitan dengan suhu dapat membantu mengidentifikasi tren pemanasan di suatu wilayah perkotaan, mitigasi kerusakan ekosistem pada suatu hutan kota, serta menjadi dasar untuk pengambilan keputusan dalam proyek penghijauan kota. Penutupan pohon tersebut terbukti mampu mengurangi suhu permukaan melalui proses evapotranspirasi, penyerapan radiasi matahari, sekaligus fungsi sebagai peneduh alami (Declat-Barreto dkk., 2016; Shiflett dkk., 2017). Hal tersebut akan memberikan dampak pada peningkatan daya serap dan simpanan panas di permukaan lahan dibandingkan dengan tutupan permukaan berupa tanah dan vegetasi (Jamei dkk., 2022). Dampak tersebut selanjutnya akan mempengaruhi kenyamanan masyarakat dan kesehatan masyarakat khususnya di wilayah perkotaan (Ayuni dkk, 2023). Hutan kota menjadi bagian dari ruang terbuka hijau di wilayah perkotaan yang berperan dalam menstabilkan iklim mikro kota (Sulistiyana dkk, 2017). Hutan kota juga dapat diartikan sebagai hamparan lahan di perkotaan yang terdiri dari variasi vegetasi tumbuhan bawah dan pepohonan yang kompak (Maulana dkk, 2021). Fungsi Hutan Kota juga diperjelas oleh Vogt (2020) dan Paransi dkk (2021) yaitu sebagai bentuk konservasi lingkungan hidup di wilayah perkotaan karena berfungsi sebagai zona penyangga untuk memenuhi kebutuhan air dan udara yang bersih, menyediakan sumber daya lingkungan yang alami, dan menyediakan habitat bagi satwa serta tanaman pohon di perkotaan. Hutan Kota juga berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim dengan menangkap dan menyimpan karbon dioksida atmosfer dalam biomassa vegetasi serta sebagai penyedia jasa ekosistem di wilayah perkotaan (Aulia dkk., 2023).

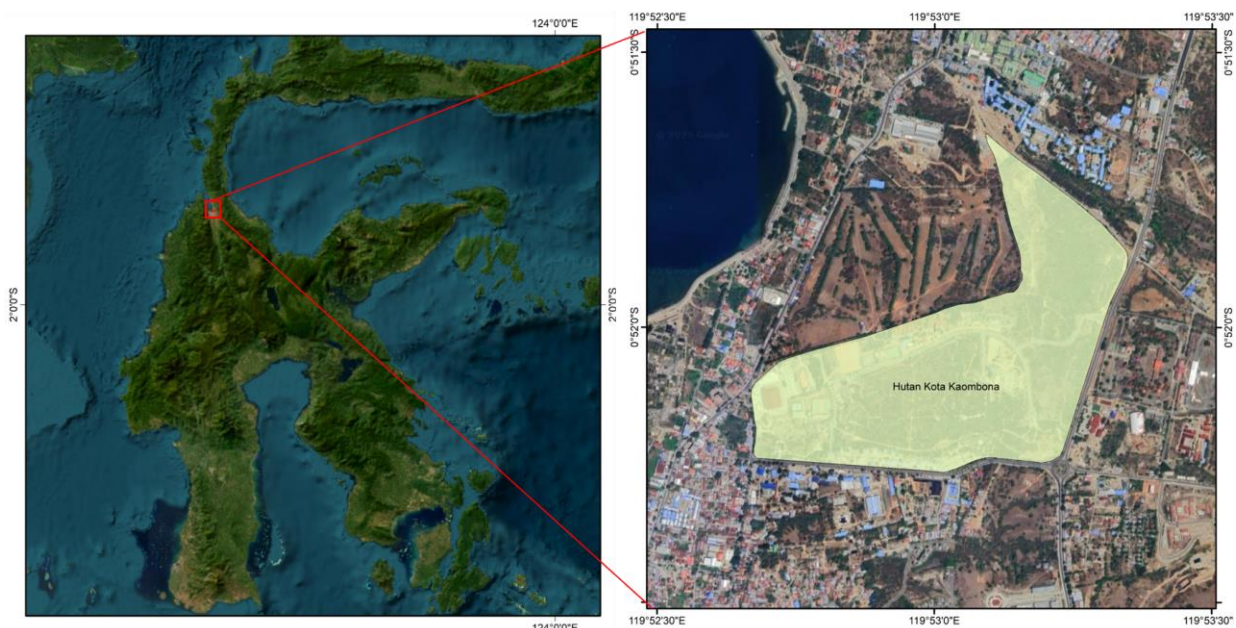
Kota Palu adalah salah satu wilayah administrasi yang memiliki suhu relatif tinggi yaitu sebesar 36.8°C dengan tingkat kelembaban sebesar 45% (Ballaseng dkk, 2024) dan membutuhkan hutan kota sebagai penyeimbang iklim mikro kota. Perkembangan pesat yang dilakukan Kota Palu dari segi infrastruktur, permukiman baru, kawasan perdagangan, dan sarana transportasi berpotensi dapat mendorong ekspansi wilayah kota secara horizontal maupun vertikal. Perkembangan wilayah perkotaan yang tanpa menerapkan prinsip keberlanjutan lingkungan secara tidak langsung dapat berdampak pada terdegradasinya Hutan Kota. Hutan Kota Palu atau yang biasa dikenal Hutan Kota Kaombona secara administrasi terletak di Kelurahan Talise, Kecamatan Mantikulore, Kota Palu. Berdasarkan Peraturan Walikota Palu Nomor 31 Tahun 2019 tentang Taman Hutan Kota Kaombona pada Pasal 2 menguraikan bahwa Hutan Kota tersebut merupakan Ruang Terbuka Hijau dan Ruang Terbuka Non Hijau yang berfungsi sebagai kawasan rekreasi, edukasi dan mitigasi bencana. Hutan Kota Kaombona secara tidak langsung bukan hanya berfungsi sebagai penyeimbang iklim lokal akan tetapi juga sebagai media rekreasi, estetika, olahraga, konservasi, pendidikan, dan pelatihan (Paransi dkk, 2021; Maulana dkk, 2021).

Apabila ditinjau dari penelitian terdahulu, kajian mengenai variasi kerapatan vegetasi terkini terhadap suhu permukaan khususnya di Hutan Kaombona belum pernah dilakukan. Penelitian terdahulu oleh Saputra dkk (2015), terfokus pada evaluasi perubahan tutupan

lahan di Ruang Terbuka Hijau Kota Palu termasuk di dalamnya mencakup Hutan Kota Palu sedangkan penelitian oleh Ayub (2020), terfokus pada aspek analisis kesesuaian rencana pembangunan Hutan Kota Kaombona terhadap regulasi pemerintahan serta penelitian oleh Winarta dkk (2022) dan Najib dkk (2022) terfokus pada peran Hutan Kaombona dalam mendukung ekowisata perekonomian masyarakat setempat. Hal tersebut menunjukkan bahwa penelitian yang berkaitan dengan penilaian kerapatan dan suhu permukaan merupakan kajian terbaru yang dapat mendukung pengembangan pengetahuan ilmiah. Mengingat bahwa besarnya fungsi Hutan Kota Kaombona terutama sebagai penyeimbang iklim mikro kota, oleh karenanya penelitian mengenai kajian variasi kerapatan vegetasi terhadap suhu permukaan dilakukan sebagai salah satu dasar bentuk evaluasi serta bentuk upaya untuk mendukung pengembangan Hutan Kota Kaombona. Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengkaji variasi kerapatan vegetasi terhadap suhu permukaan di Hutan Kota Kaombona.

2. METODE

Objek penelitian ini adalah Hutan Kota Kaombona, Kelurahan Talise, Kecamatan Mantikulore, Kota Palu dengan luas wilayah sekitar 56,20 ha. Penelitian dilakukan pada bulan Mei-Juni 2025, dengan tahapan mencakup persiapan data, *pre-processing* data, *processing*, dan penulisan hasil. Pemetaan spasial pada penelitian ini menggunakan pendekatan penginderaan jauh yakni mengestimasi variasi kerapatan vegetasi dan suhu permukaan di lokasi Hutan Kota Kaombona. Penginderaan jauh yang dimaksud dilakukan dengan memanfaatkan citra satelit yang mencakup kegiatan mengumpulkan, menganalisis atau memetakan data tentang permukaan bumi (Tewabe dan Fentahun, 2020).



Gambar 1. Lokasi Hutan Kota Kaombona, Palu, Sulawesi Tengah

Penggunaan Citra Sentinel 2A sebagai data dasar untuk analisis kerapatan vegetasi dan integrasinya dengan Citra Landsat 8 OLI digunakan untuk analisis estimasi suhu permukaan lahan dengan total 12 citra *composite* perekaman bulan Januari sampai dengan Desember tahun 2024 yang bersumber dari *platform Google Earth Engine (GEE)*. Selain GEE, analisis kerapatan vegetasi dan penilaian estimasi suhu permukaan lahan juga dilakukan dengan

menggunakan alat bantu ArcGIS 10.8. *Pre-processing* yang dilakukan diantaranya koreksi citra dengan tutupan awan yang rendah (<10%) dan koreksi geometrik. Setelah dilakukan koreksi geometrik, dilanjutkan dengan penajaman citra, pemotongan citra sesuai lokasi penelitian. *Processing* dilakukan sesuai dengan perhitungan nilai masing-masing algoritma dan terakhir adalah proses uji akurasi. Estimasi variasi kerapatan vegetasi menggunakan algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), sedangkan estimasi suhu permukaan menggunakan perhitungan *Land Surface Temperature* (LST).

2.1. Analisis Variasi Kerapatan Vegetasi

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) adalah suatu metode dengan pendekatan penginderaan yang memetakan kerapatan vegetasi di berbagai wilayah (Lasaiba dkk, 2023). NDVI diperoleh dengan menghitung pita inframerah dekat (NIR) dan cahaya merah (RED) (Hartoyo dkk., 2021). Adapun rumus (1) sebagai berikut (Huang dkk., 2021):

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}) \quad (1)$$

Keterangan:

NIR : *Band near infrared* (band 8 pada Sentinel 2A)

RED : *Band red* (sinar merah yaitu band 4 pada Sentinel 2A)

Nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk setiap piksel memiliki nilai minus satu (−1) hingga plus satu (+1) (Ahmed dan Singh, 2020). Klasifikasi variasi kerapatan vegetasi dibagi menjadi dari yang tidak terinterpretasi sampai dengan sangat rapat (Annatakarn dkk., 2022; Ahmed dkk., 2024). Adapun rinciannya disajikan pada tabel berikut:

Tabel 1. Klasifikasi Kerapatan Vegetasi

Nilai NDVI	Kategori Vegetasi	Klasifikasi Kerapatan
- 1.00 - 0	Tanpa vegetasi	Tidak terinterpretasi
0.00 – 0.10	Vegetasi sangat rendah	Tidak rapat
0.10 – 0.30	Vegetasi rendah	Cukup rapat
0.30 – 0.70	Vegetasi sedang	Rapat
0.70 – 1.00	Vegetasi lebat	Sangat rapat

2.2. Analisis Suhu Permukaan Lahan

Land Surface Temperature (LST) pada penelitian ini menjadi salah satu parameter kunci yang memiliki keterkaitan terhadap keseimbangan energi permukaan dan penting dalam proses hidrologi serta evapotranspirasi tanaman (Nasseri dkk., 2023). Perhitungan estimasi suhu permukaan atau biasa disebut *Land Surface Temperature* (LST) dilakukan dengan menggunakan rangkaian rumus berikut:

$$T_{\text{sat}} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_2}{R_c} + 1\right)} \quad (2)$$

$$R_c = 3,342 \times 10^{-4} \times \text{DN} + 0,1 \quad (3)$$

T_{sat} adalah Temperatur Kecerahan (*brightness temperature*) yang terekam oleh sensor satelit. Hasil dari T_{sat} tersebut dikoreksi dengan emisivitas permukaan sehingga dapat mempresentasikan suhu permukaan yang sebenarnya (Li dkk., 2023). Adapun K_1 dan K_2

adalah konstanta konversi *band-specific thermal* (2) (Gianni dkk., 2015), R_c adalah radiansi *band thermal* yang dihitung melalui persamaan (3). *Digital Number* (DN) yang dimaksud menggunakan piksel band 10 dan 11. Setelah dilakukan beberapa perhitungan awal, kemudian dilanjutkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Pv = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (4)$$

$$\varepsilon = 0,004 Pv + 0,986, \quad (5)$$

$$LST = T_{sat} / \left(1 + \lambda \left(\frac{T_{sat}}{14,380} \right) \ln \ln (\varepsilon) \right) \quad (6)$$

Nilai Pv merupakan integrasi dari hasil perhitungan NDVI (4). Selanjutnya, ε adalah emisivitas permukaan daratan (5); dan λ adalah panjang gelombang pusat band (10,8 μm untuk band 10 dan 12 μm untuk band 11) (6) (Fahmi *et al*, 2026). Adapun klasifikasi suhu permukaan lahan dapat dibagi berdasarkan tabel sebagai berikut: (Fitriana dkk, 2021 dengan modifikasi)

Tabel 2. Klasifikasi Suhu Permukaan

Nilai LST (°C)	Klasifikasi Suhu	Kategori
15 - 20	Sangat Rendah	Dingin
21 - 25	Rendah	Sejuk
26 - 30	Sedang	Normal
30 - 35	Tinggi	Hangat
36 - 40	Sangat Tinggi	Panas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

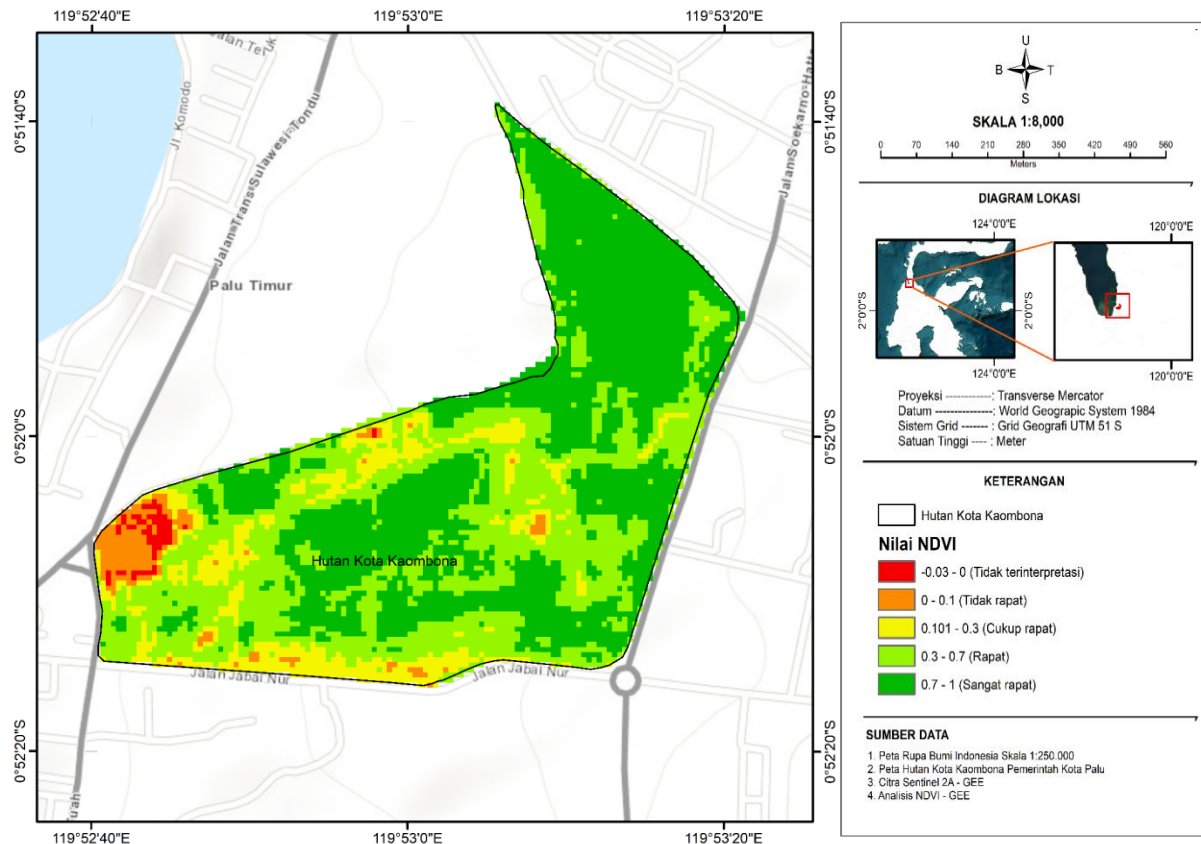
3.1. Variasi Kerapatan Vegetasi Hutan Kaombona

Kerapatan vegetasi di Hutan Kota Kaombona sangat bervariasi dari tingkat kerapatan rendah sampai dengan tingkat kerapatan yang tinggi. Hal tersebut sejalan dengan beragamnya jenis tutupan lahan di Hutan Kota Kaombona. Selain itu, beberapa lokasi di Hutan Kota Kaombona juga tidak terinterpretasi kerapatan vegetasinya karena terdapat lahan terbangun dan badan air sehingga indeks kehijauan vegetasi dari sensor citra satelit Sentinel 2A memiliki nilai paling rendah. Secara keseluruhan, hasil analisis (Gambar 2) menunjukkan sebesar $\pm 29,59$ ha atau sekitar 45% dari total luas Hutan Kaombona tergolong kategori sangat rapat dan sebesar $\pm 1,28$ Ha atau 1,89% dari total luas Hutan Kaombona tergolong kategori yang tidak terinterpretasi. Kerapatan vegetasi dengan kategori sangat rapat didominasi oleh tutupan hutan sedangkan kategori yang tidak terinterpretasi merupakan badan air atau badan jalan yang ada di Hutan Kaombona. Perbedaan nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) tersebut akibat dari adanya perbedaan nilai kecerahan yang ditangkap oleh saluran melalui citra satelit tersebut karena proses penyerapan atau pemantulan cahaya merah oleh klorofil yang terdapat pada daun (Aditiya, 2021).

Berdasarkan sebaran lokasi, kerapatan vegetasi dengan kategori sangat rapat tersebar pada bagian utara, tengah, dan timur Hutan Kaombona. Selanjutnya, kerapatan vegetasi dengan kategori rapat dan cukup rapat didominasi di bagian selatan hingga bagian tengah Hutan Kaombona, sedangkan kerapatan vegetasi dengan kategori tidak rapat dan tidak

Panuntun dkk.

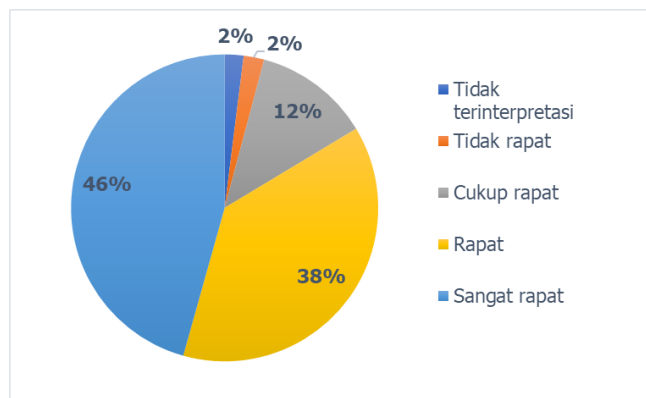
terinterpretasi terletak di bagian barat Hutan Kaombona. Rincian sebaran variasi kepadatan vegetasi di Hutan Kaombona disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Analisis Kepadatan Vegetasi Hutan Kota Kaombona

Besarnya persentase area dengan kategori sangat rapat mengindikasikan bahwa kondisi tutupan hutan cenderung baik dan mampu mendukung jasa ekosistem utama, seperti mengurangi laju erosi, dan penyediaan habitat bagi keanekaragaman hayati. Hal ini sejalan dengan penelitian Unsha dkk., (2025), dan Li dkk., (2023) yang menguraikan bahwa analisis kepadatan vegetasi berbasis penginderaan jauh secara efektif mampu menilai kondisi dan kesehatan ekosistem hutan, serta sebagai dasar ilmiah dalam perumusan strategi pengelolaan dan konservasi hutan berkelanjutan. Kondisi hutan yang masih relatif baik tersebut juga karena terbatasnya intervensi antropogenik khususnya di bagian tengah Hutan Kaombona. Meskipun demikian, upaya perlindungan pada area vegetasi yang sangat rapat perlu dipertahankan sehingga ruang hijau perkotaan dapat tetap lestari.

Adapun kategori cukup rapat hingga tidak rapat di Hutan Kota Kaombona memiliki persentase sekitar 14% mengindikasikan adanya area yang berpotensi mengalami tekanan ekologis atau perubahan tutupan lahan. Temuan kepadatan vegetasi dengan kategori tidak rapat tersebut perlu menjadi perhatian karena memiliki potensi besar akan gangguan antropogenik atau kerusakan vegetasi. Langkah pengembalian fungsi hutan kota melalui penanaman pada area yang rentan atau area dengan kategori tidak rapat penting untuk dilakukan (Yasin dkk., 2022). Langkah ini juga perlu adanya kolaborasi pemangku kepentingan masyarakat dan pemerintah termasuk dalam hal kegiatan pemantauan berkala (Nurlaily dkk., 2020).

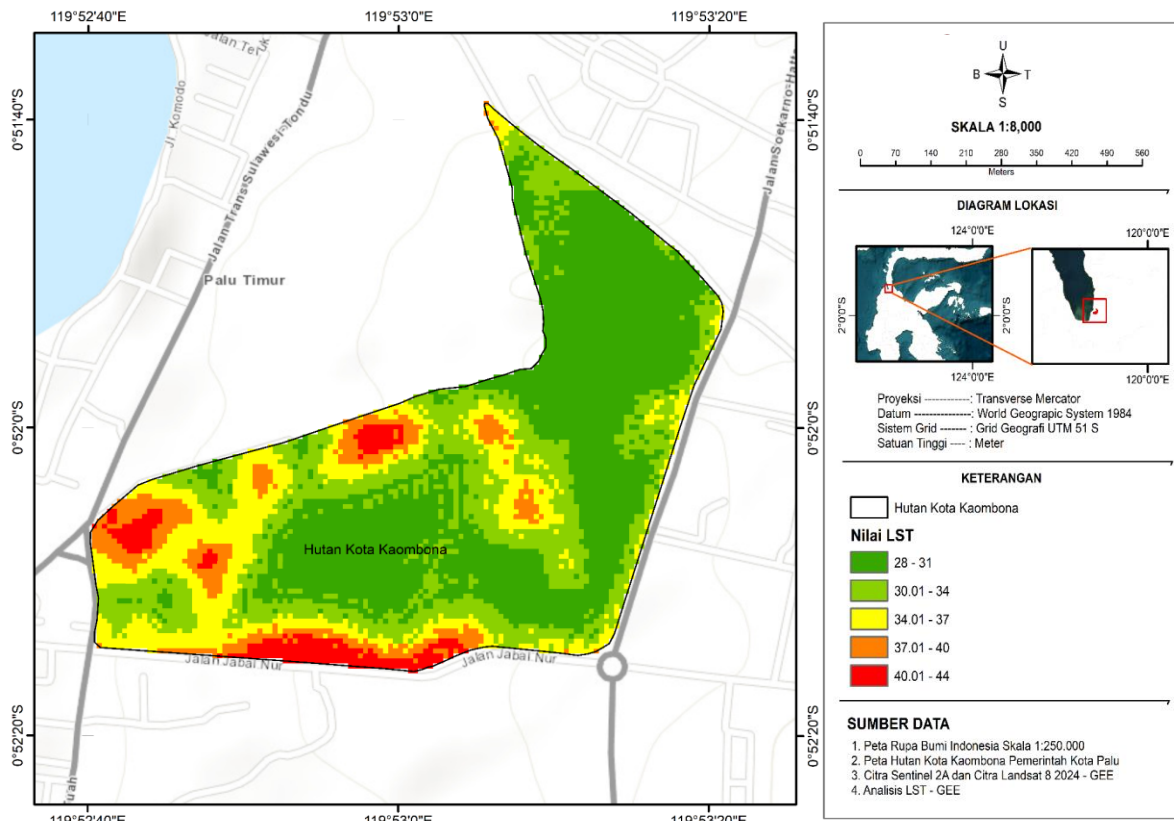


Gambar 3. Persentase Variasi Kerapatan Vegetasi di Hutan Kaombona

3.2. Distribusi Suhu Permukaan Lahan Hutan Kaombona

Hasil analisis menunjukkan bahwa Hutan Kota Kaombona memiliki variasi suhu permukaan lahan yang berkisar antara 28–44°C. Berdasarkan klasifikasi suhu permukaan, kawasan ini didominasi oleh kategori suhu hangat (30–35°C) dengan luas area sekitar ±34,06 ha atau 52,5% dari total luas kawasan. Selanjutnya, kategori suhu normal (26–30°C) mencakup area ±16,01 ha (24,7%), sedangkan kategori suhu sangat tinggi (36–40°C) memiliki luasan ±14,76 ha atau 22,8% dari total luas Hutan Kota Kaombona. Dominasi suhu hangat di Hutan Kota Kaombona menunjukkan bahwa meskipun kawasan ini masih memiliki tutupan vegetasi yang relatif baik, pengaruh lahan terbangun, area terbuka, badan air, serta aktivitas manusia di sekitar kawasan turut berkontribusi terhadap peningkatan suhu permukaan. Area dengan suhu yang lebih rendah umumnya berasosiasi dengan tutupan vegetasi rapat yang mampu menurunkan suhu permukaan melalui proses evapotranspirasi dan peneduhan alami. Jika dibandingkan dengan hutan kota di wilayah perkotaan lain di Indonesia, seperti Hutan Kotamobagu (29–30°C), DAS Wanggu (29°C) dan RTH Luwuk (35°C) (Paransi dan Wuinsang, 2021; Fitriani dkk, 2023; Mapuna dkk, 2025), kisaran suhu permukaan Hutan Kota Kaombona masih berada pada rentang yang relatif serupa. Namun demikian, keberadaan Hutan Kota Kaombona tetap berperan penting dalam menekan intensitas pemanasan lokal di Kota Palu.

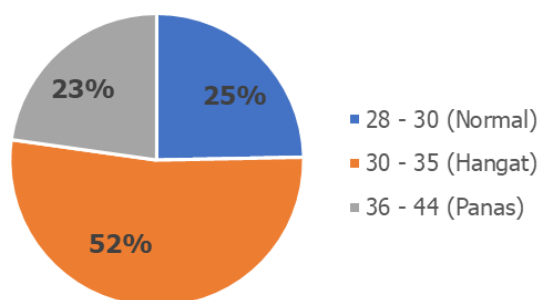
Perbedaan suhu permukaan tersebut dapat dipengaruhi oleh penutupan lahan (Cheval dkk., 2020). Hal ini mengindikasikan bahwa wilayah dengan estimasi suhu tinggi didominasi oleh penutupan lahan terbangun sedangkan yang memiliki suhu rendah yakni area dengan tutupan pohon atau area hijau dan area lahan terbangun yang relatif kecil (Achsan dkk, 2019). Berdasarkan sebaran lokasinya, suhu permukaan paling rendah didominasi di bagian utara Hutan Kota Kaombona sedangkan suhu tinggi cenderung di bagian selatan Hutan Kota Kaombona. Hasil analisis suhu permukaan tersebut sangat berkaitan dengan tutupan lahan yang ada di Hutan Kota Kaombona. Bagian selatan dan barat Hutan Kota Kaombona memiliki kecenderungan suhu yang tinggi dibandingkan bagian utara sampai dengan bagian tengah. Hal tersebut karena tutupan pohon yang semakin berkurang dan adanya bangunan yang biasa digunakan pengunjung untuk beristirahat atau sekedar berwisata. Adapun sebaran variasi suhu permukaan Hutan Kaombona disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Analisis *Land Surface Temperature* (LST) Hutan Kota Kaombona

Suhu permukaan lahan di Hutan Kaombona cenderung normal sampai dengan hangat. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar vegetasi dianggap mampu menjadi pendingin alami melalui proses evapotranspirasi sehingga dapat mengurangi suhu permukaan. Meskipun kanopi rapat mampu menekan suhu ekstrem, tetapi tidak selalu menghasilkan nilai *Land Surface Temperature* (LST) yang rendah secara absolut (Estoque dkk., 2023). Pernyataan tersebut terbukti bahwa ada beberapa area yang rapat tetapi terindikasi suhu yang hangat. Selanjutnya, suhu normal memiliki persentase yang lebih rendah, kecenderungan hangat di Hutan Kota Kaombona dapat diindikasikan karena kondisi tanah yang kering, perekaman citra di siang hari, kelembaban udara hingga letak geografis.

Upaya restorasi dengan mempertimbangkan struktur vegetasi berlapis, serta jenis tanaman tinggi dan berdaun lebar dapat menjadi salah satu rekomendasi untuk menurunkan suhu permukaan (Fan dkk., 2025; Rahimi dkk., 2025). Selain itu, rekayasa tata ruang hijau di Hutan Kota Kaombona melalui pola vegetasi yang terkoneksi dan kompak dapat meminimalisir adanya fragmen yang dapat memicu tingginya suhu permukaan. Lebih lanjut, kombinasi hutan kota dengan badan air seperti kolam atau lahan basah buatan berpeluang mampu menurunkan suhu mencapai 1,5 °C khususnya pada saat kemarau (Yilmaz dkk., 2025). Beberapa upaya tindak lanjut tersebut dapat sejalan dengan peningkatan vegetasi sehingga mampu mendukung memperkuat fungsi termal hutan kota.



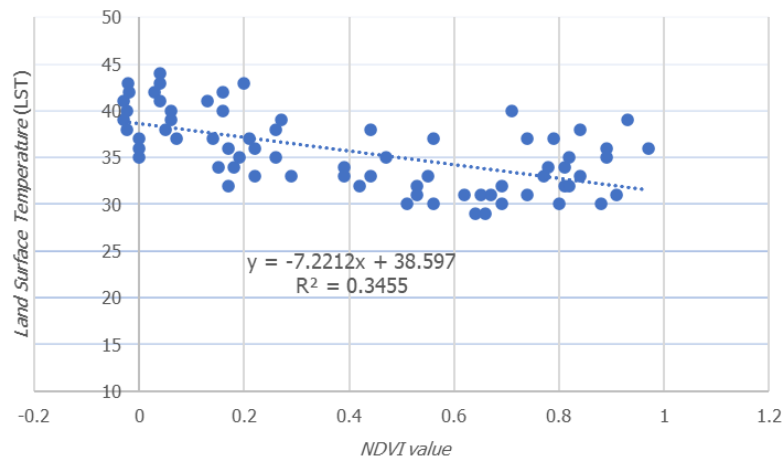
Gambar 5. Persentase Suhu Permukaan Lahan (°C) di Hutan Kaombona

3.3. Pengaruh Kerapatan Vegetasi terhadap Suhu Permukaan Lahan Hutan Kaombona

Penentuan pengaruh kerapatan vegetasi terhadap *Land Surface Temperature* (LST) atau suhu permukaan lahan menggunakan analisis regresi linier dengan alat bantu *scatterplot*. Hasil analisis menunjukkan bahwa kerapatan vegetasi di Hutan Kota Kaombona memiliki pengaruh yang cenderung lemah hingga sedang terhadap suhu permukaan lahan. Nilai koefisien yang diperoleh yaitu $y = -7,2212x + 38,597$, adapun *Land Surface Temperature* (LST) merupakan variabel terikat (y), sedangkan kerapatan vegetasi sebagai variabel bebas (x). Nilai negatif pada koefisien regresi tersebut artinya bahwa semakin tinggi nilai indeks kerapatan vegetasi maka suhu permukaan lahan atau LST cenderung menurun (Gambar 6). Pernyataan tersebut selaras dengan penelitian Khairunisa dkk. (2023) yang menjelaskan bahwa indeks vegetasi mempengaruhi suhu permukaan lahan, terutama pada wilayah yang telah mengalami alih fungsi lahan bervegetasi menjadi lahan terbangun. Semakin tinggi nilai kerapatan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) maka semakin rendah nilai *Land Surface Temperature* (LST) suatu wilayah. Sementara itu, area dengan nilai indeks vegetasi yang rendah memiliki kecenderungan suhu permukaan yang tinggi (Zaky dkk., 2023).

Suhu permukaan lahan dianggap sangat sensitif terhadap keberadaan vegetasi (Nega dkk., 2019). Selain itu, vegetasi juga berperan dalam menurunkan atau meningkatkan suhu permukaan lahan (Aginta dkk., 2021). Hasil analisis juga menunjukkan bahwa nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,3455 artinya sebesar 34,55% perubahan suhu permukaan mengindikasikan dapat dijelaskan oleh perubahan indeks kerapatan vegetasi. Adanya vegetasi di suatu area dapat menurunkan nilai *Land Surface Temperature* (LST) karena vegetasi mampu menutupi permukaan tanah dengan naungan serta mengontrol jumlah pantulan sinar matahari pada permukaan tersebut. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,3455 menunjukkan bahwa hubungan antara kerapatan vegetasi dan suhu permukaan lahan tergolong lemah hingga sedang. Hal ini mengindikasikan bahwa variasi kerapatan vegetasi cukup mampu menjelaskan sekitar 34,55% variasi suhu permukaan lahan, sementara sebagian besar lainnya sekitar 65,45% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan dalam model, seperti karakteristik topografi, kondisi meteorologis, jenis tutupan lahan non-vegetatif, kelembaban, kandungan air tanah, dan aktivitas manusia.

Panuntun dkk.



Gambar 6. Hasil Regresi Linier Kerapatan Vegetasi dan *Land Surface Temperature* (LST)

Apabila ditinjau berdasarkan distribusi luas Hutan Kota Kaombona, tingginya tingkat kerapatan vegetasi mengindikasikan bahwa suhu permukaan lahan yang semakin rendah (Tabel 3). Secara keseluruhan dan lebih rinci, suhu permukaan dominan di Hutan Kota Kaombona sekitar 30-35°C. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi suhu permukaan di Hutan Kota Kaombona masih tergolong normal sampai dengan hangat. Kecenderungan kategori suhu yang hangat juga didukung oleh letak geografis Kota Palu yang dekat garis khatulistiwa, serta di antara pengunungan atau biasa disebut sebagai daerah bayangan hujan. Selanjutnya, suhu permukaan lahan terendah diketahui sekitar 28°C dan suhu permukaan tertinggi sekitar 44°C dengan indikasi luasan masing-masing sebesar 0,12 ha dan 0,04 ha. Distribusi suhu beserta luasannya tersebut masih tergolong estimasi dan dapat menjadi data awal penilaian kondisi vegetasi di Hutan Kota Kaombona dari salah satu aspek abiotik yakni suhu permukaan lahan.

Tabel 3. Luas Kerapatan NDVI dengan Suhu Permukaan Lahan Hutan Kota Kaombona

Suhu Permukaan Lahan (LST)	Sebaran luas Nilai NDVI					Total Luas (ha)
	-0,03 - 0	0 - 0,10	0,11 - 0,30	0,31-0,70	0,70-1	
28				0,03	0,09	0,12
29				0,72	4,19	4,91
30			0,01	2,77	8,20	10,98
31			0,07	4,01	9,39	13,46
32		0,00	0,24	4,16	4,26	8,66
33		0,01	0,41	3,31	1,63	5,36
34		0,03	0,38	2,35	0,54	3,29
35	0,01	0,04	0,66	2,09	0,49	3,29
36	0,09	0,08	1,02	2,15	0,41	3,75
37	0,19	0,08	1,27	1,78	0,19	3,51
38	0,23	0,12	0,77	0,73	0,16	2,02
39	0,23	0,30	0,78	0,30	0,04	1,65
40	0,29	0,25	0,45	0,11	0,01	1,12
41	0,07	0,16	0,67	0,05		0,95
42	0,06	0,13	0,92	0,05		1,16
43	0,12	0,17	0,29			0,57
44		0,04				0,04
Total Luas (ha)	1,29	1,41	7,92	24,62	29,60	64,83

4. KESIMPULAN

Hutan Kota Kaombona memiliki kerapatan vegetasi dan distribusi suhu permukaan lahan yang sangat variatif. Nilai indeks vegetasi yang teridentifikasi di Hutan Kaombona berkisar - 0,03 sampai dengan 0,88 artinya terdapat bagian yang tidak terinterpretasi kerapatannya atau non vegetasi sampai dengan vegetasi yang sangat rapat. Secara keseluruhan, hasil analisis nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) menunjukkan bahwa sebesar $\pm 29,59$ ha atau sekitar 45% dari total luas Hutan Kaombona tergolong kategori sangat rapat dan sebesar $\pm 1,28$ Ha atau 1,89% dari total luas Hutan Kaombona tergolong kategori yang tidak terinterpretasi. Sementara itu, berdasarkan hasil analisis *Land Surface Temperature* (LST) diketahui bahwa kategori suhu yang hangat yakni sekitar 30-35°C dengan luas area $\pm 34,06$ ha (52,5%) mendominasi area Hutan Kota Kaombona sedangkan luasan terendah pada kategori suhu sangat tinggi yakni sekitar 36-40°C dengan luas area $\pm 14,76$ ha (22,8%). Meskipun suhu permukaan Hutan Kota Kaombona belum mencapai kategori sejuk, hasil analisis menunjukkan adanya kontribusi kawasan ini dalam menekan pemanasan lokal, yang ditunjukkan oleh hubungan negatif antara kerapatan vegetasi dan suhu permukaan lahan ($R^2 = 0,3455$). Dominasi vegetasi rapat pada sebagian besar kawasan berasosiasi dengan suhu yang lebih rendah dibandingkan area dengan tutupan non-vegetasi, sehingga Hutan Kota Kaombona tetap berperan sebagai pengendali iklim mikro di Kota Palu. Kerapatan vegetasi dan suhu permukaan di Hutan Kota Kaombona menunjukkan pengaruh yang cukup signifikan yakni sebesar 34,55% yang mengartikan bahwa suhu permukaan dapat dijelaskan oleh indeks kerapatan vegetasi. Mengingat bahwa pentingnya tutupan vegetasi dalam pengendalian suhu permukaan, maka pelestarian Hutan Kaombona sangat penting untuk dilakukan. Pelestarian tidak hanya dari aspek konservasi biodiversitas, tetapi juga pada konteks mitigasi pemanasan lokal. Data ini juga dapat digunakan sebagai dasar ilmiah dalam perumusan kebijakan pengelolaan lahan dan perencanaan tata ruang yang berkelanjutan khususnya di Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayuni, S. I., Widyatama, A. A., & Zani, N. M. (2023). The Effect of Changes in Land Cover and Vegetation Density on Urban Heat Island in Semarang City. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 8(1), 78. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v8i1.1632
- Aulia, R., Kaswanto, Arifin, H. S., Mosyaftiani, A., Syasita, N., Wahyu, A., & Wiyoga, H. (2023). Assessing the benefits and management of urban forest in supporting low carbon city in Jakarta, Indonesia. *Biodiversitas*, 24(11), 6151–6159. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d241136>
- Ayub., Hamzari., dan Ariyanti. (2020). Kaombona Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan. *Jurnal Warta Rimba* 8(2), 103–114.
- Ahmed, T., & Singh, D. (2020). Probability density functions based classification of MODIS NDVI time series data and monitoring of vegetation growth cycle. *Advances in Space Research*, 66(4), 873–886. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.05.004>
- Annatakarn, K., Annatakarn, K., Fooprateepsiri, R., Suwanprapab, M., Supunyachotsakul, C., & Witchayangkoon, B. (2022). Finding Threshold for NDVI to Classify Green Area: Case Study in the Central Thailand. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 49(4), 325–332. <https://doi.org/10.55463/issn.1674-2974.49.4.34>

- Ahmed, M., Alosan, M. A., Mohammed, W., Mesbah, E., Alsaleh, N. A., & Elghonaimy, I. (2024). Characterizing Land Surface Temperature (LST) through Remote Sensing Data for Small-Scale Urban Development Projects in the Gulf Cooperation Council (GCC). *Sustainability (Switzerland)*, 16(9). <https://doi.org/10.3390/su16093873>
- Aditiya, M. I. (2021). Analisis Kerapatan Vegetasi Menggunakan Metode NDVI di Kecamatan Banguntapan Kabupaten Bantul. *GEOGRAPHIA: Jurnal Pendidikan dan Penelitian Geografi*, 2(2), 150–156. <https://doi.org/https://doi.org/10.53682/gjpp>
- Achsan, A.C., Rizkhi, dan Awalia, R. (2019). Perencanaan Lanskap Kawasan Perkotaan Kota Palu Berbasis Mitigasi Temperatur Permukaan Lahan. *Jurnal Belantara (JBL)* Vol 2. No. 1. Doi: <https://doi.org/10.29303/jbl.v2i1.97>
- Aginta, F., Damayanti, A., & Dimiyati, M. (2021). Impact of Vegetation Density Change on Land Surface Temperature in Kuta Utara Subdistrict, Badung Regency, Bali Province. *Journal of Physics: Conference Series*.<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1811/1/012077>
- Bassaleng, A. J. R., Fitriaty, P., Burhany, N. R., Zubaidi, F., & Arifin, R. (2024). Thermal Performance of Vernacular Stilt House in Palu City. *INJURITY: Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(2), 185-195.
- Cheval, S., Popa, A.M., Sandaric, I., Ioja, C. (2020). Exploratory analysis of cooling effect of urban lakes on land surface temperature in Bucharest (Romania) using Landsat imagery. *Urban Climate*, 34 (December). <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100696>
- Declet-Barreto, J., Knowton, K., Jenerette, G.D., Buyantuev, A., 2016. Effects of urban vegetation on mitigating exposure of vulnerable populations to excessive heat in Cleveland, Ohio. *Weather Clim. Soc. (online first)* (doi:10.1175.WCAS-D-15-0026.1).
- Delarizka, A., Sasmito, B., & Hani'ah. (2016). Analisis Fenomena Pulau Bahang (Urban Heat Island) Di Kota Semarang Berdasarkan Hubungan Antara Perubahan Tutupan Lahan Dengan Suhu Permukaan Menggunakan Citra Multi Temporal Landsat. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(4), 165–177.
- Dwi Sulistiyana, M. I. C., Yuwono, S. B., & Rusita, R. (2017). Kenyamanan Hutan Kota Linara Berbasis Kerapatan Vegetasi, Iklim Mikro Dan Persepsi Masyarakat Di Kota Metro. *Jurnal Sylva Lestari*, 5(2), 78. <https://doi.org/10.23960/jsl2578-87>
- El Garouani, M., Amyay, M., Lahrach, A., & Jarar Oulidi, H. (2021). Land Surface Temperature in Response to Land Use/Cover Change Based on Remote Sensing Data and GIS Techniques: Application to Saïss Plain, Morocco. *Journal of Ecological Engineering*, 22(7), 100–112. <https://doi.org/10.12911/22998993/139065>
- Estoque, R. C., dkk. (2023). Thermal regulation of forest ecosystems under land-use pressure. *Landscape and Urban Planning*, 232, 104658.
- Fahmi, M., Achmad, A., Husin, H., & Dewi, C. (2026). Investigating Land Surface Temperature (LST) and Its Influencing Factors in the Laut Tawar Sub-Watershed, Indonesia, Using Landsat 9 Data. *Sustainability*, 18(1), 96. <https://doi.org/10.3390/su18010096>
- Fan, P., Wang, H., & Imbroglini, C. (2025). Hourly impact of urban forests on land surface temperature based on machine learning. *Results in Engineering*, 28, 107584. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.107584>
- Fitriana, Z. E., Putra, Y. S., & Zulfian, Z. (2021). Pengaruh Kerapatan Vegetasi terhadap Suhu Permukaan menggunakan Data Landsat 8 (Study Kasus: Kota Pontianak, Kalimantan Barat). *Prisma Fisika*, 9(2), 152. <https://doi.org/10.26418/pf.v9i2.49489>

- Fitriani, V., La Gandri, L. I., & Bana, S. (2023). Analisis Hubungan Land Surface Temperature (Lst) Dan Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI) Das Wanggu, Sulawesi Tenggara Analysis Dynamic Of Land Surface Temperature (LST) And Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Wanggu Watershed, Southeast Sulawesi. *Jurnal Ilmu-Ilmu Kehutanan Vol, 7*(1).
- Giannini, M.B., Belfiore, O.R., Parente, C. & Santamaria, R. (2015). Land surface temperature from Landsat 5 TM images: comparison of different methods using airborne thermal data. *Journal of Engineering Science & Technology Review*, 8(3), 83–90. <https://doi.org/10.25103/jestr.083.12>
- Hartoyo, A. P. P., Sunkar, A., Ramadani, R., Faluthi, S., & Hidayati, S. (2021). Normalized difference vegetation index (Ndvi) analysis for vegetation cover in leuser ecosystem area, sumatra, indonesia. *Biodiversitas*, 22(3), 1160–1171. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220311>
- Huang, S., Tang, L., Hupy, J. P., Wang, Y., & Shao, G. (2021). A Commentary Review on The Use of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in The Era of Popular Remote Sensing. *Journal of Forestry Research*, 32(1), 1-6. Doi:10.1007/s11676-020-01155-1
- Jamei, Y., Seyedmahmoudian, M., Jamei, E., Horan, B., Mekhilef, S., & Stojcevski, A. (2022). Investigating the relationship between land use/land cover change and land surface temperature using *google earth engine*; case study: Melbourne, Australia. *Sustainability*, 14(22), 14868.
- Khairunisa, F. I., Damayanti, A., & Maulidina, K. (2023). Impacts of Land Cover Changes on Land Surface Temperature using Landsat Imagery with the Supervised Classification Method. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 12(1), 116–125. <https://doi.org/10.13170/aijst.12.1.30834>
- Lasaba, M. A., & Tetelepta, E. G. (2023). Analisis Spasial Kerapatan Vegetasi Kota Ambon Berbasis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). *Jurnal Pengembangan Kota*, 11(2), 124–139. <https://doi.org/10.14710/jpk.11.2.124-139>
- Li, Z.-L., Wu, H., Duan, S.-B., Zhao, W., Ren, H., Liu, X. (2023). Satellite Remote Sensing of Global Land Surface Temperature: Definition, methods, products, and applications. *Geophysics*, 61, <https://doi.org/10.1029/2022RG000777>.
- Li, L., Xin, X., Zhao, J., Yang, A., Wu, S., Zhang, H., & Yu, S. (2023). Remote Sensing Monitoring and Assessment of Global Vegetation Status and Changes during 2016–2020. *Sensors*, 23, 8452. <https://doi.org/10.3390/s23208452>
- Maulana, R., Riska, A. S., & Kusuma, H. E. (2021). Fungsi Hutan Kota: Korespondensi Motivasi Berkunjung dan Kegiatan. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 13(2), 54–60. <https://doi.org/10.29244/jli.v13i2.34925>
- Mapuna, D. F. U. D., Winarta, A., Achsan, A. C., & Hadid, A. K. (2025). Optimalisasi Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Distribusi Suhu Permukaan Pada Pusat Kegiatan Wilayah Di Kecamatan Luwuk Kabupaten Banggai. *Jurnal Peweka Tadulako*, 4(1), 87-98.
- Najib, A. M. R., Saptorini, H., & Fauzi, H. N. (2022). Placemaking Kawasan Kuliner Hutan Kota Kaombona Sebagai Self-Healing Masyarakat Palu. *Vitruvian : Jurnal Arsitektur, Bangunan Dan Lingkungan*, 11(3), 251. <https://doi.org/10.22441/vitruvian.2022.v11i3.007>

- Nasseri, S., Farhadi Bansouleh, B., & Azari, A. (2023). Estimation of land surface temperature in agricultural lands using Sentinel 2 images: A case study for sunflower fields. *Irrigation and Drainage*, 72(3), 796–806. <https://doi.org/10.1002/ird.2802>
- Nega, W., Hailu, B. T., & Fetene, A. (2019). An assessment of the vegetation cover change impact on rainfall and land surface temperature using remote sensing in a subtropical climate, Ethiopia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 16, 100266
- Nurlaily, E. D., Mustafa, L. D., & Mas'udia, P. E. (2020). Analisis Pemetaan Ruang Terbuka Hijau dari Hasil Citra Landsat 8 Menggunakan Metode NDVI di Kota Malang. *Jurnal Jaringan Telekomunikasi*. 10(3), 150–155. <https://doi.org/10.33795/JARTEL.V10I3.5>
- Paransi, S. E., Sangkertadi, & Wuisang, C. E. V. (2021). Analisis Pemanfaatan Hutan Kota Di Kota Kotamobagu. *Media Matrasain*, 18(2), 1–14. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jli/article/download/34925/22343/>
- Rahimi, E., Dong, P., & Jung, C. (2025). Global variations in asin the relationship between tree canopy height and land surface temperature. *Tropical Ecology*, 66(3), 496–506. <https://doi.org/10.1007/s42965-025-00392-x>
- Rendana, M., Idris, W. M. R., Rahim, S. A., Abdo, H. G., Almohamad, H., Al Dughairi, A. A., & Al-Mutiry, M. (2023). Relationships between land use types and urban heat island intensity in Hulu Langat district, Selangor, Malaysia. *Ecological Processes*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13717-023-00446-9>
- Saputra, P A., Hamzari., Mallombasang, S.N. (2015). Analisis Spasial Dan Temporal Ruang Terbuka Hijau di Kota Palu. *E-Jurnal Mitra Sains*, 3(3), 28–39.
- Sajib, M.Q.U. & Wang, T. (2020) Estimation of land surface temperature in an agricultural region of Bangladesh from Landsat 8: Intercomparison of four algorithms. *Sensors*, 20(6), 1778. <https://doi.org/10.3390/s20061778>
- Shiflett, S. A., Liang, L. L., Crum, S. M., Feyisa, G. L., Wang, J., & Jenerette, G. D. (2017). Variation in the urban vegetation, surface temperature, air temperature nexus. *Science of the Total Environment*, 579, 495-505.
- Tamboli, A. I., Al-Jawahry, H. M., Sharma, R., Durgadevi, G., & Renuka, G. (2023). *Analysis of Land Surface Temperature Fluctuations Using Remote Sensing Data*. 850–856. <https://doi.org/10.1109/ictacs59847.2023.10390089>
- Tewabe, D., & Fentahun, T. (2020). Assessing Land Use and Land Cover Change Detection Using Remote Sensing in The Lake Tana Basin, Northwest Ethiopia. *Cogent Environmental Science*, 6(1), 1778998. [Doi:10.1080/23311843.2020.1778998](https://doi.org/10.1080/23311843.2020.1778998)
- Unsha, F., Rasnovi, S., & Dahlan. (2025). Application of Remote Sensing for Mapping Vegetation Density Using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in Langsa City Mangrove Forest. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11, 738–745. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i7.11530>.
- Vogt, J. (2020). Urban Forests: Biophysical Features and Benefits. In *Encyclopedia of the World's Biomes: Volumes 1-5 (Vols. 1–5)*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12404-2>
- Winarta, A., & Salsabila, M. N. (2022). Dampak Keberadaan Hutan Kota Kaombona terhadap Peningkatan Aspek Ekonomi Pelaku Usaha Di Hutan Kota Kaombona. *Jurnal Ruang*, 16(1), 104–113.
- Yasin, M. Y., Abdullah, J., Noor, N. Hj. Mohd., Yusoff, M. M., & Noor, N. B. M. (2022). Landsat Observation of Urban Growth and Land Use Change Using NDVI And NDBI

Analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1067(1), 012037. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1067/1/012037>

Yilmaz, S., Mentes, Y., & Jamei, E. (2025). Investigating the Effect of Blue–Green Infrastructure on Thermal Condition—Case Study: Elazığ, Turkey. *Land*, 14(4), 891. <https://doi.org/10.3390/land14040891>

Zaky, A. R., Suhendra, S., & Arwin, M. A. (2023). Deteksi Land Surface Temperature Menggunakan Citra Landsat: Studi Kasus Kota Jababeka dan Sekitarnya. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 10(7), 1545–1554. <https://doi.org/10.25126/jtiik.1078013>