

Analisis Hubungan Tipologi Bangunan terhadap Efek Urban Heat Island Berbasis Sistem Informasi Geografis dengan Overlay Heatmap: Studi Kasus Gondokusuman, Yogyakarta

Angga Dwi Prasetyo¹

¹Program Studi Magister Arsitektur, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

Email : archildz@yahoo.com

Article Information

Article history

Received 28 June 2025

Revised 30 September 2025

Accepted 30 November 2025

Available 30 December 2025

Keywords

Urban Heat Island

Building Typology

Python

Heatmap

Spatial Analysis

Abstract

The Urban Heat Island (UHI) phenomenon is a critical environmental issue in tropical urban areas such as Yogyakarta, especially in dense zones with diverse building typologies. This study aims to analyze the relationship between building typology and UHI intensity using a spatial approach powered by Python. Land surface temperature data were extracted from Landsat 8 imagery, while building typologies were classified based on spatial functions (residential, commercial, mixed-use, and public). Through overlay analysis and heatmap visualization, it was found that commercial and mixed-use buildings exhibited the highest surface temperatures (up to 34.2 °C), while residential and vegetated public facilities showed lower temperatures (around 27–29 °C). The open-source-based approach (GeoPandas, Rasterio, Folium) proved effective for spatial mapping and correlational analysis. This research contributes significantly to thermal mitigation strategies based on building morphology and supports adaptive planning for tropical cities facing microclimate change.

Keywords : *Urban Heat Island, Building Typology, Python, Heatmap, Spatial Analysis*

Corresponding Author:

Angga Dwi Prasetyo,
Universitas Atma Jaya Yogyakarta,
Email : archildz@yahoo.com

Abstrak

Fenomena *Urban Heat Island* (UHI) menjadi isu lingkungan kritis di wilayah perkotaan tropis seperti Yogyakarta, terutama di kawasan padat dengan tipologi bangunan yang beragam. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan antara tipologi bangunan dan intensitas UHI menggunakan pendekatan spasial berbasis Python. Data suhu permukaan diperoleh dari ekstraksi citra Landsat 8, sementara tipologi bangunan diklasifikasikan berdasarkan fungsi spasial (rumah tinggal, komersial, campuran, dan publik). Melalui proses overlay dan visualisasi heatmap, ditemukan bahwa bangunan komersial dan campuran memiliki suhu permukaan tertinggi (hingga 34,2 °C), sedangkan rumah tinggal dan fasilitas publik dengan vegetasi memiliki suhu lebih rendah (sekitar 27-29 °C). pendekatan berbasis *open-source* (*GeoPandas*, *Rasterio*, *Folium*) terbukti efektif untuk pemetaan spasial dan analisis korelatif. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam merancang strategi mitigasi termal berbasis morfologi bangunan dan mendukung perencanaan kota tropis yang adaptif terhadap perubahan iklim mikro.

Kata Kunci : *Urban Heat Island, Tipologi Bangunan, Python, Heatmap, Analisis Spasial*

Copyright@2025 Angga Dwi Prasetyo
This is an open access article under the [CC-BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.



1. Pendahuluan

Perkembangan wilayah perkotaan di negara-negara tropis seperti Indonesia tidak dapat dilepaskan dari pesatnya pertumbuhan fisik kota yang ditandai oleh meningkatnya jumlah bangunan, perluasan infrastruktur, dan alih fungsi lahan secara masif. Salah satu konsekuensi lingkungan dari fenomena ini adalah terjadinya *Urban Heat Island (UHI)*, yaitu peningkatan suhu udara dan suhu permukaan di wilayah perkotaan dibandingkan dengan wilayah non-perkotaan sekitarnya (Fauzia et al., 2021). UHI tidak hanya menurunkan kenyamanan termal, tetapi juga meningkatkan beban energi, memperparah polusi udara, dan berdampak negatif terhadap kesehatan manusia, terutama pada kelompok rentan seperti lansia dan anak-anak (Nucifera et al., 2022).

Urban Heat Island (UHI) atau pulau panas perkotaan merupakan salah satu fenomena lingkungan yang paling signifikan dalam konteks perubahan iklim perkotaan. Fenomena ini ditandai oleh meningkatnya suhu udara dan suhu permukaan di wilayah perkotaan dibandingkan dengan wilayah sekitarnya yang didominasi oleh vegetasi dan permukaan alami. UHI bukan hanya berdampak pada ketidaknyamanan termal, tetapi juga memiliki implikasi besar terhadap kesehatan masyarakat, efisiensi energi, kualitas udara, dan sistem ekologi urban secara keseluruhan. Faktor-faktor utama penyebab UHI antara lain meliputi peningkatan tutupan lahan terbangun, penggantian vegetasi dengan material kedap panas seperti aspal dan beton, serta aktivitas manusia yang menghasilkan panas antropogenik.

Kondisi ini semakin diperparah di negara-negara tropis seperti Indonesia yang memiliki radiasi matahari tinggi sepanjang tahun. Di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, dan Yogyakarta, efek UHI tercatat menyebabkan kenaikan suhu permukaan hingga 3-5°C (BMKG, 2020). Beberapa studi menunjukkan bahwa konversi lahan menjadi kawasan terbangun yang semakin padat menjadi salah satu faktor utama dalam peningkatan suhu permukaan kota. Penurunan lahan terbuka hijau dan berkurangnya vegetasi perkotaan memperburuk penyerapan panas dan meningkatkan pemanasan mikroklimat. Bappenas juga menyarankan agar perencanaan pembangunan perkotaan ke depan memperhatikan aspek adaptasi iklim, termasuk dalam merancang kota yang dapat memitigasi efek UHI dengan meningkatkan ruang terbuka hijau dan mengoptimalkan desain bangunan untuk menurunkan suhu.

Kota Yogyakarta sebagai kota budaya, pendidikan, dan pariwisata dengan pertumbuhan urbanisasi yang cepat mengalami tekanan tinggi terhadap lahan. Dalam laporan proyeksi penduduk 2015-2045 oleh Bappenas bersama BPS, jumlah penduduk Kota Yogyakarta diperkirakan akan meningkat mencapai 440.000 jiwa pada tahun 2035. Meski laju pertumbuhan penduduknya relatif lebih lambat dibandingkan kota besar lain, tingginya kepadatan penduduk (lebih dari 13.000 jiwa/km²) menjadi tantangan utama dalam penyediaan ruang terbuka dan kualitas lingkungan mikro. Peningkatan jumlah penduduk ini juga berimplikasi langsung pada konsumsi energi, penggunaan kendaraan

bermotor, serta kebutuhan infrastruktur, yang keseluruhannya berkontribusi pada pembentukan UHI di lingkungan perkotaan.

Tabel 1. Laporan proyeksi penduduk kota-kota besar di Indonesia tahun 2015-2045 (dalam juta jiwa)

| Tahun | Yogyakarta | Jakarta | Surabaya |
|-------|------------|---------|----------|
| 2015 | 3,67 | 10,17 | 4,15 |
| 2020 | 3,92 | 10,57 | 4,41 |
| 2025 | 4,18 | 10,88 | 4,67 |
| 2030 | 4,44 | 11,11 | 4,92 |
| 2035 | 4,70 | 11,23 | 5,16 |
| 2040 | 4,96 | 11,27 | 5,36 |
| 2045 | 5,22 | 11,23 | 5,56 |

Sumber: Bappenas & BPS, 2018

Wilayah tropis memiliki karakteristik termal yang unik karena suhu dasarnya sudah tinggi sepanjang tahun. Ketika digabungkan dengan faktor urbanisasi yang tidak terkendali, efek UHI menjadi semakin intens. Kota Yogyakarta sebagai kota budaya sekaligus pendidikan mengalami tekanan spasial akibat peningkatan kebutuhan lahan hunian dan aktivitas komersial, terutama di wilayah pusat kota seperti Kecamatan Gondokusuman. Kawasan ini memiliki fungsi campuran yang kompleks, seperti rumah tinggal, bangunan komersial, perkantoran, fasilitas pendidikan, dan rumah ibadah berdampingan dalam radius spasial yang sempit. Perpaduan antara kepadatan bangunan, fungsi ganda, serta minimnya ruang terbuka menjadikan kawasan ini rentan terhadap efek UHI mikro.

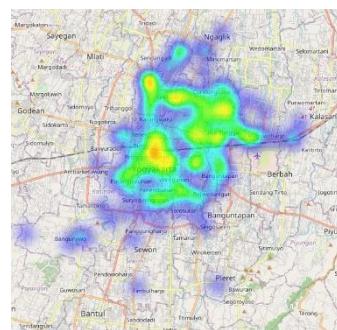
Berdasarkan studi Suparno (2022), perubahan fungsi bangunan di Yogyakarta secara signifikan mempengaruhi iklim mikro, terutama melalui penurunan aliran udara dan hilangnya vegetasi pekarangan, sementara itu, Mustaqim (2020) menunjukkan bahwa vegetasi dan ruang terbuka hijau (RTH) efektif dalam mereduksi suhu permukaan secara lokal. Namun demikian, penelitian-penelitian ini belum secara eksplisit mengintegrasikan dimensi tipologi bangunan dengan distribusi spasial suhu permukaan.

Salah satu aspek yang belum banyak dikaji dalam studi UHI adalah hubungan antara tipologi bangunan dan distribusi suhu permukaan. Tipologi bangunan merujuk pada karakteristik fisik dan spasial bangunan seperti ketinggian, bentuk atap, orientasi terhadap matahari dan arah angin, serta kerapatan antar bangunan. Elemen-elemen ini secara langsung mempengaruhi proses penyerapan, penyimpanan, dan pelepasan panas, serta aliran udara di lingkungan urban. Studi oleh Emmanuel (2005) dan Stewart & Oke (2012) menekankan bahwa klasifikasi *Local Climate Zones (LCZ)* dapat digunakan untuk memahami perilaku termal berdasarkan tipologi morfologi kota. Namun, pendekatan ini masih jarang diterapkan secara spesifik di konteks lokal Indonseia dengan heterogenitas tipologi yang tinggi.

Tipologi bangunan tidak hanya mencerminkan fungsi suatu bangunan, tetapi juga merepresentasikan bentuk, skala, orientasi, dan hubungan bangunan terhadap ruang luar. Studi di kota-kota besar menunjukkan bahwa perbedaan tipologi dapat menghasilkan efek termal yang berbeda, tergantung pada kepadatan massa bangunan, jenis material, ketinggian, dan keberadaan vegetasi di sekitarnya (Lu et al., 2023). Oleh karena itu, pemahaman terhadap keterkaitan antara tipologi bangunan dan UHI menjadi penting, terutama sebagai dasar kebijakan penataan kota yang adaptif terhadap perubahan iklim lokal.

Di era digital dan keterbukaan data saat ini, pendekatan berbasis data spasial terbuka dan pemrograman Python memberikan peluang baru dalam analisis UHI secara efisien, transparan, dan dapat direplikasi. Python memungkinkan integrasi data raster seperti citra Landsat dengan data vektor seperti peta bangunan, sehingga analisis spasial seperti overlay suhu dan tipologi dapat dilakukan secara kuantitatif dan visual. Pendekatan ini telah digunakan oleh Lu et al. (2023) dalam studi UHI di wilayah tropis Asia Tenggara dan terbukti efektif dalam mendukung pemetaan risiko termal dan pengambilan keputusan spasial.

Dengan berkembangnya teknologi penginderaan jauh dan pemrograman spasial berbasis Python, kini tersedia peluang untuk melakukan pemetaan termal dan analisis hubungan spasial secara lebih presisi, murah, dan terbuka. Citra satelit seperti Landsat 8 dan Sentinel-2 memungkinkan ekstraksi suhu permukaan serta parameter spasial seperti *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* dan *Normalized Difference Built-up Index (NDBI)*, sementara pustaka Python seperti Geopandas, Rasterio, dan Folium dapat digunakan untuk membuat overlay heatmap serta model regresi spasial. Penelitian ini memanfaatkan metode tersebut untuk mengidentifikasi keterkaitan antara tipologi bangunan dan UHI di Kota Yogyakarta.



Gambar 1. Overlay Heatmap Hotel di Yogyakarta menggunakan Python.

Sumber: Penulis, 2025

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan: (1) memetakan distribusi suhu permukaan (*Land Surface Temperature/LST*) sebagai proksi pola UHI mikro di Kecamatan Gondokusuman; (2) menganalisis perbedaan karakteristik suhu

permukaan pada tipologi bangunan berbasis fungsi (rumah tinggal, komersial, campuran, fasilitas publik) melalui integrasi data LST dan peta bangunan; serta (3) mengidentifikasi area hotspot dan implikasinya bagi prioritas mitigasi termal berbasis bukti spasial. Ruang lingkup penelitian dibatasi pada analisis berbasis LST dan tipologi fungsi bangunan di wilayah studi, sehingga hasilnya ditujukan sebagai dukungan awal untuk perencanaan mitigasi termal pada kawasan urban tropis padat.

Kontribusi utama penelitian ini adalah menyediakan kerangka analisis SIG-Python yang replikatif untuk mengaitkan tipologi fungsi bangunan dengan variasi suhu permukaan pada skala mikro, serta menghasilkan peta hotspot yang dapat menjadi masukan untuk kebijakan penataan ruang (misalnya prioritas penghijauan dan evaluasi fungsi kawasan padat) yang adaptif terhadap risiko panas perkotaan.

2. Kajian Terdahulu

Sejumlah studi terdahulu telah memberikan kontribusi penting dalam memahami fenomena UHI dari berbagai perspektif mulai dari aspek fisik seperti tutupan lahan dan material bangunan, hingga aspek sosial dan teknologi penginderaan jauh. Kajian-kajian ini tidak hanya memperkaya literatur ilmiah, tetapi juga menjadi dasar dalam merancang strategi mitigasi dan adaptasi terhadap peningkatan suhu di kawasan urban.

Tabel 2. Penelitian terdahulu tentang Urban Heat Island (UHI).

| No | Penulis | Judul Penelitian | Temuan Utama |
|----|------------------------|--|---|
| 1 | Fawzi (2017) | Mengukur Urban Heat Island Menggunakan Penginderaan Jauh dan Pengaruhnya Terhadap kualitas Lingkungan di Kota Yogyakarta | Menggunakan citra Landsat dan NDVI/NDBI, penelitian ini menunjukkan bahwa area terbangun menunjukkan korelasi positif yang kuat terhadap peningkatan Land Surface Temperature (LST) |
| 2 | Ramdhani et al. (2025) | Persepsi Masyarakat terhadap Urban Heat Island dan Adaptasi di Kawasan Perkotaan Indonesia | Menyoroti pentingnya persepsi masyarakat dalam pengendalian Urban Heat Island (UHI). Pendidikan, status ekonomi, dan pengalaman langsung terhadap panas mempengaruhi tingkat partisipasi masyarakat dalam tindakan mitigatif. |
| 3 | Dahrma et al. (2019) | Kualitas RTH Perkotaan Berbasis Urban Surface Temperature Sebagai Antisipasi Terbentuknya Urban | Melalui analisis spasial ditemukan bahwa wilayah dengan RTH kurang dari 30% memiliki suhu permukaan yang secara signifikan lebih tinggi, menekankan pentingnya vegetasi dalam peredaman panas. |

| | | | |
|----|----------------------------------|---|--|
| | | Heat Island di Kota Kendari | |
| 4 | Mustikarini et al. (2022) | Hubungan antara Indeks Kekeringan Meteorologis (SPI) dengan Urban Heat Island di Kabupaten Sleman | Mengkaji hubungan antara kekeringan meteorologis (SPI-3) dengan sebaran Urban Heat Island (UHI). Ditemukan bahwa kawasan padat dengan sedikit vegetasi lebih rentang terhadap akumulasi panas dan kekeringan. |
| 5 | Munsyi (2024) | Analisis Temporal Urban Heat Island Menggunakan Google Earth Engine di Kota Banjarmasin | Menggunakan Google Earth Engine (GEE) dan analisis multitemporal Landsat, penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan akibat ekspansi kota sejalan dengan peningkatan suhu permukaan. |
| 6 | Kartikawati & Kusumawanto (2013) | Kajian Urban heat Island di Kota Yogyakarta | Meneliti hubungan antara tipologi bangunan tradisional dan kenyamanan termal. Bangunan tradisional terbukti memiliki efek penurunan suhu lingkungan lebih baik dibandingkan tipologi modern. |
| 7 | Liu et al. (2023) | How Urban Morphology Relates to the Urban Heat Island Effect: A Multi-Indicator Study | Secara eksplisit meneliti hubungan morfologi bangunan (termasuk tipologi spasial dan vertikal) dengan UHI. Penggunaan indikator 2D/3D dan metode kuantitatif seperti SHAP sesuai dengan pendekatan data spasial dan klasifikasi bangunan yang digunakan pada penelitian ini. |
| 8 | Siswanto et al. (2023) | Spatio-temporal characteristics of urban heat island of Jakarta metropolitan | Indentifikasi intensitas dan penyebaran UHI selama 20 tahun di Jakarta. Menggunakan metode analisis satelit MODIS dan Landsat, serta observasi meteorologis |
| 9 | Kasniza Jumaria et al. (2023) | Analysis of urban heat islands with Landsat satellite images and GIS in Kuala Lumpur | Perubahan suhu permukaan signifikan antara tahun 2013-2021. Menggunakan metode thermal remote sensing, NDVI, dan ANOVA. |
| 10 | Rakin Abrar et al. (2022) | Assessing the Spatial Mapping of Heat Vulnerability under Urban Heat Island in Dhaka | Identifikasi zona risiko panas di Dhaka berdasarkan variabel spasial dan sosial menggunakan heat vulnerability index (HVI), PCA, Spatial Mapping |

Berdasarkan Tabel 2, mayoritas studi UHI berbasis penginderaan jauh menegaskan bahwa intensifikasi kawasan terbangun berkaitan dengan peningkatan suhu permukaan (LST), sedangkan vegetasi/RTH berperan menurunkan suhu permukaan. Temuan berbasis Landsat dan indeks permukaan (NDVI/NDBI) menunjukkan korelasi kuat antara area terbangun dan peningkatan LST.

Pada sisi mitigasi ekologis, studi RTH menunjukkan bahwa rendahnya proporsi RTH berasosiasi dengan suhu permukaan yang lebih tinggi. Selain itu, analisis multitemporal (misalnya melalui GEE) mengindikasikan bahwa dinamika perubahan tutupan lahan akibat ekspansi kota cenderung sejalan dengan tren peningkatan suhu permukaan.

Di luar tutupan lahan, riset terkini semakin menempatkan karakter kawasan terbangun sebagai determinan penting UHI, termasuk indikator morfologi/perwujudan fisik kota yang dianalisis secara kuantitatif dan didukung teknik interpretabilitas.

Pada konteks Yogyakarta, bukti awal juga menunjukkan bahwa perbedaan tipologi (tradisional vs modern) dapat berpengaruh pada kondisi termal lingkungan, meskipun pendekatannya tidak berbasis LST dan SIG. Dari sisi penguatan inferensi, beberapa studi sudah menggunakan uji statistik (misalnya ANOVA) untuk menilai perbedaan suhu permukaan secara signifikan antar kategori tertentu, yang relevan sebagai rujukan bila penelitian ingin menguatkan klaim hubungan/perbedaan antar tipologi.

Meskipun literatur telah banyak membahas hubungan antara tutupan lahan dan LST, serta mulai menyoroti pengaruh karakter kawasan terbangun terhadap UHI, masih terdapat gap penting pada skala mikro di konteks lokal: keterbatasan studi yang secara eksplisit mengintegrasikan tipologi bangunan berbasis fungsi (rumah tinggal, komersial, campuran, fasilitas publik) dengan distribusi spasial LST menggunakan alur analisis yang terstruktur dan replikatif. Kesenjangan ini selaras dengan pernyataan gap pada naskah bahwa penelitian sebelumnya belum mengintegrasikan dimensi tipologi bangunan dengan distribusi suhu permukaan.

Oleh karena itu, penelitian ini diposisikan untuk mengisi gap melalui studi kasus Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta, yaitu kawasan padat dengan fungsi campuran yang relevan untuk mengamati pola UHI mikro. Integrasi data LST (Landsat 8) dan data bangunan berbasis SIG memungkinkan analisis spasial (overlay raster–vektor) dan ringkasan statistik per tipologi, sekaligus mendukung pemetaan hotspot termal sebagai masukan mitigasi berbasis bukti.

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif-kuantitatif dengan pendekatan spasial berbasis pemrograman. Tujuannya adalah untuk menganalisis hubungan antara tipologi bangunan dan intensitas suhu permukaan sebagai representasi efek *Urban Heat Island (UHI)*. Data dianalisis melalui pemrosesan citra satelit dan pemetaan spasial dengan Python menggunakan pustaka *open-source*.

Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan integrasi antara data raster (citra suhu permukaan) dan data vektor (tipologi bangunan), serta mampu menghasilkan representasi visual berupa heatmap overlay yang informatif.

Lokasi penelitian terletak di Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta, yang memiliki karakteristik kawasan perkotaan padat dengan fungsi campuran antara permukiman, komersial, dan fasilitas publik. Kecamatan ini dipilih karena representatif terhadap isu UHI mikro di kota tropis padat.

Objek penelitian mencakup:

- Data suhu permukaan (LST) dari citra Landsat.
- Data tipologi bangunan berdasarkan fungsi actual dari shapefile bangunan resmi (BAPPEDA Yogyakarta).
- Pola spasial antar tipologi dan hubungan terhadap suhu permukaan.

Jenis dan sumber data yang digunakan untuk penelitian ini mencakup:

Tabel 3. Jenis dan sumber data penelitian

| Jenis Data | Sumber Data | Format |
|--------------------------|---|--------------------|
| Citra Satelit Landsat 8 | USGS EarthExplorer | Raster (GeoTIFF) |
| Data bangunan | BAPPEDA Kota Yogyakarta | Vektor (Shapefile) |
| Data administrasi batas | BIG / OpenStreetMap | Vektor (Shapefile) |
| Data vegetasi penunjang | OpenStreetMap | Vektor (Shapefile) |
| Perangkat lunak pemroses | Python 3.11 (GeoPandas, Rasterio, Folium, Matplotlib) | - |

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui dua cara utama, yaitu:

- Unduh Citra Landsat 8 OLI/TIRS dari USGS EarthExplorer (Path 120/Row 65), dengan prioritas waktu perekaman pada musim kemarau (Mei-Agustus 2024), guna meminimalkan pengaruh awan.
- Kompilasi dan klasifikasi data bangunan dari peta shapefile lokal (BAPPEDA), kemudian dilakukan verifikasi visual melalui Google Earth untuk validasi fungsi bangunan (rumah tinggal, komersial, campuran, publik).

Teknik pengolahan dan analisis data dilakukan dengan pipeline berbasis Python secara sistematis sebagai berikut:

- Ekstraksi LST (Land Surface Temperature)
 - Kanal 10 dan kanal 11 dari Landsat 8 digunakan untuk menghitung LST.
 - Langkah-langkah:
 - Kalibrasi digital number (DN) ke top-of-atmosphere radiance.
 - Konversi ke brightness temperature.
 - Koreksi emisi permukaan menggunakan NDVI.
 - Hitung nilai LST dalam satuan °C.
- Klasifikasi Tipologi Bangunan
 - Data vektor bangunan diklasifikasi berdasarkan:
 - RT: Rumah Tinggal.

- b) K: Komersial.
 - c) C: Campuran.
 - d) P: Publik.
- 2) Proses klasifikasi dilakukan dengan atribut manual dan verifikasi dari imagery.
- c. Overlay dan Visualisasi Spasial
- 1) Teknik overlay digunakan untuk menggabungkan peta LST dengan peta tipologi bangunan menggunakan *GeoPandas*.
 - 2) Analisis statistik suhu per tipe bangunan dilakukan (rata-rata, minimum, maksimum).
 - 3) Visualisasi hasil berupa peta heatmap overlay menggunakan Folium dan Matplotlib.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Distribusi Suhu Permukaan (LST) di Kecamatan Gondokusuman

Hasil pemrosesan citra Landsat 8 menunjukkan variasi suhu permukaan (LST) yang cukup signifikan di Kecamatan Gondokusuman. Rentang suhu permukaan berkisar antara 27°C hingga 34,2°C, dengan rata-rata suhu 31,1°C pada saat pengambilan citra di musim kemarau. Suhu tertinggi ditemukan pada area dengan dominasi permukaan keras seperti bangunan komersial dan ruas jalan besar.

Peta distribusi suhu permukaan yang dihasilkan melalui Rasterio dan Matplotlib menunjukkan zona panas (*hotspot*) yang tersebar di pusat-pusat aktivitas, khususnya sekitar Jalan Urip Sumoharjo, Jalan Cik Di Tiro, dan wilayah padat bangunan campuran di Demangan. Sedangkan zona relatif sejuk terdeteksi di area dengan vegetasi tinggi, seperti kompleks sekolah dan rumah ibadah serta pekarangan rumah tinggal.

4.2. Korelasi Tipologi Bangunan dengan Intensitas Suhu Permukaan

Dari hasil overlay tipologi bangunan terhadap peta LST menggunakan GeoPandas, diperoleh distribusi suhu rata-rata berdasarkan fungsi bangunan sebagai berikut:

Tabel 4. Korelasi tipologi bangunan dengan intensitas suhu permukaan

| Tipologi Bangunan | Rata-Rata Suhu (°C) | Suhu Maksimum (°C) | Suhu Minimum (°C) |
|-------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
| Komersial | 33.5 | 34.2 | 32.1 |
| Campuran | 32.8 | 33.7 | 31.4 |
| Rumah Tinggal | 29.6 | 30.9 | 28.1 |
| Fasilitas Publik | 28.9 | 30.0 | 27.0 |

Dari tabel tersebut, terlihat bahwa tipologi komersial dan campuran menunjukkan suhu yang lebih tinggi dibandingkan rumah tinggal dan fasilitas publik. Ini sejalan dengan temuan Mustaqim (2020), yang menyebutkan bahwa kerapatan bangunan dan minimnya vegetasi mempercepat penyerapan panas dan memperlambat pelepasannya pada malam hari.

Secara spasial, bangunan rumah tinggal yang memiliki pekarangan atau elemen vegetative cenderung memiliki efek penyejuk lokal, sementara bangunan komersial yang berdiri rapat, berlantai banyak, dan minim ruang terbuka, menciptakan kantong panas yang kuat.

4.3. Pola Spasial Urban Heat Island dan Faktor Pemicu

Dari hasil visualisasi spasial menggunakan Folium, terlihat bahwa pola UHI membentuk gugusan (cluster) yang erat kaitannya dengan zonasi fungsi bangunan dan jalur transportasi utama. Faktor-faktor utama pemicu konsentrasi suhu tinggi adalah:

- Kepadatan bangunan tinggi pada area komersial (floor area ratio > 1.5).
- Penggunaan material dengan albedo rendah, seperti atap seng dan aspal.
- Minimnya elemen vegetasi dan ketidakhadiran ruang terbuka hijau di zona padat.
- Rasio tapak tertutup yang tinggi pada bangunan pertokoan dan ruko.

Sebaliknya, area seperti kompleks pendidikan dan tempat ibadah menunjukkan efek pendinginan lokal, memperkuat peran penting vegetasi dan konfigurasi bangunan dalam mitigasi UHI mikro.

4.4. Relevansi dengan Penataan Kota dan Mitigasi Termal

Hasil penelitian ini menguatkan pentingnya integrasi analisis spasial dalam perencanaan kota, khususnya pada wilayah tropis padat penduduk. Pendekatan overlay heatmap dapat dijadikan sebagai alat evaluasi kebijakan pemanfaatan ruang (RTRW/RDTR), untuk:

- Menentukan zona prioritas penghijauan berbasis temperatur aktual.
- Mengkaji ulang fungsi bangunan di kawasan komersial padat terhadap kapasitas termal lingkungan.
- Menyusun standar desain bangunan baru yang memperhatikan rasio lahan terbuka dan penggunaan material beralbedo tinggi.

Dengan kata lain, tipologi bangunan tidak hanya berfungsi secara sosial-ekonomi, tetapi juga menjadi actor ekologis dalam lanskap termal perkotaan.

4.5 Keterbatasan dan Arah Penelitian Lanjutan

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan: LST dari Landsat 8 merepresentasikan suhu permukaan, bukan suhu udara; resolusi spasial dan proses resampling dapat memunculkan ketidakpastian saat di-overlay dengan objek bangunan; hasil dipengaruhi waktu perekaman dan kondisi atmosfer/awan; serta validasi lapangan suhu permukaan belum dilakukan secara intensif. Penelitian lanjutan disarankan menggunakan data multi-temporal, integrasi indikator morfologi dan indeks spektral (NDVI/NDBI), serta penerapan statistik spasial (G^* /Moran) untuk menguatkan inferensi pola UHI.

5. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan intensitas panas permukaan yang teramat antar tipologi bangunan di Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta, berdasarkan ekstraksi Land Surface Temperature (LST) Landsat 8 dan overlay spasial dengan data tipologi bangunan. Distribusi suhu permukaan menunjukkan variasi spasial yang jelas, dengan suhu tertinggi mencapai $34,2^{\circ}\text{C}$ pada area dengan kepadatan bangunan tinggi dan fungsi dominan komersial. Sebaliknya, area permukiman rendah dan fasilitas publik dengan vegetasi memiliki suhu permukaan lebih rendah, sekitar $27\text{--}29^{\circ}\text{C}$.

Bangunan bertipologi komersial dan campuran berkontribusi paling besar terhadap pembentukan zona panas (*hotspot*) lokal. Hal ini disebabkan oleh tingginya rasio lahan terbangun, minimnya ruang terbuka hijau, serta penggunaan material beralbedo rendah seperti aspal dan beton ekspos. Tipologi rumah tinggal dan fasilitas publik, terutama yang memiliki vegetasi dan halaman, menunjukkan efek pendinginan mikro yang signifikan. Ini memperkuat pentingnya mempertahankan vegetasi dan rasio tapak terbuka dalam desain bangunan.

Pendekatan analisis spasial menggunakan Python dan pustaka *open-source* (seperti Rasterio, GeoPandas, dan Folium) terbukti efektif untuk melakukan ekstraksi data suhu permukaan, analisis zona, dan visualisasi hasil dalam bentuk heatmap. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi terbuka dapat digunakan secara efisien dalam riset perkotaan berbasis lingkungan.

Implikasi praktis dari temuan ini adalah perlunya integrasi informasi termal berbasis SIG dalam penataan ruang kawasan padat—khususnya pada zona komersial/campuran—melalui prioritas penghijauan, peningkatan ruang terbuka, dan pengendalian dominasi permukaan beralbedo rendah sebagai strategi mitigasi UHI skala mikro.

Penelitian ini mengisi kekosongan dalam kajian interseksi antara arsitektur, tipologi bangunan, dan perubahan iklim mikro perkotaan, khususnya pada konteks kota tropis. Hasilnya dapat dijadikan bahan evaluasi dan dasar perumusan kebijakan tata

ruang, khususnya dalam penataan kawasan padat dengan pendekatan mitigasi termal berbasis tipologi.

Keterbatasan penelitian meliputi penggunaan citra satelit pada waktu pengamatan tertentu (snapshot musiman), resolusi spasial menengah yang berpotensi menyamarkan variasi mikro, serta penggunaan LST sebagai proksi panas permukaan yang tidak sepenuhnya merepresentasikan temperatur udara yang dirasakan manusia. Selain itu, klasifikasi tipologi bangunan yang melibatkan verifikasi visual masih berpotensi membawa bias interpretasi.

Penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan analisis multi-temporal lintas musim/tahun, menambahkan data resolusi lebih tinggi atau pengukuran lapangan untuk validasi, dan menerapkan uji statistik/inferensial serta analisis spasial seperti uji beda antar tipologi dan autokorelasi spasial agar klaim hubungan antar variabel dapat dinyatakan lebih kuat secara kuantitatif.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Floriberta Binarti, S.T., Dipl.NDS.Arch., selaku dosen pengampu mata kuliah *Kecerdasan Buatan Arsitektur*, yang telah memberikan bimbingan, inspirasi, serta dorongan ilmiah dalam pengembangan riset ini. Dukungan beliau sangat berperan dalam memperkaya pendekatan metodologis dan integrasi teknologi pemrograman dalam konteks arsitektur lingkungan tropis.

7. Pernyataan Penulis

Penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan terkait publikasi artikel ini. Penulis juga menyatakan bahwa seluruh data, analisis, dan isi makalah ini bebas dari unsur plagiarism dan merupakan hasil karya asli. Penulis bertanggung jawab secara penuh atas keaslian, integritas ilmiah, dan validitas artikel ini.

Bibliografi

- Dahrma, A., Yusuf, M., & Wibowo, A. (2019). Kualitas RTH perkotaan berbasis Urban Surface Temperature sebagai antisipasi terbentuknya Urban Heat Island di Kota Kendari. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 101–112.
- Fauzia, R., Irwan, M., & Handoko, B. D (2021). Evaluasi fenomena Urban Heat Island di Kota Semarang menggunakan data satelit. *Jurnal Geografi*, 15(2), 150-162.
- Fawzi, A. (2017). Mengukur Urban Heat Island menggunakan penginderaan jauh dan pengaruhnya terhadap kualitas lingkungan di Kota Yogyakarta. *Jurnal Geografi Lingkungan*, 9(1), 45–55.

- Fitria, M., & Setyowati, N. (2020). Kajian spasial UHI dan potensi intervensi desain arsitektural. *Jurnal Arsitektur dan Urbanisme*, 15(1), 55-64.
- Hakim, B., & Pertiwi, A. (2023). Pemanfaatan pemrograman Python dalam analisis suhu perkotaan berbasis raster. *Jurnal Teknologi Informasi Geospasial*, 3(1), 12-23.
- Kartikawati, D., & Kusumawanto, A. (2013). Kajian Urban Heat Island di Kota Yogyakarta. *Jurnal Arsitektur Komposisi*, 7(2), 88-97.
- Kasniza Jumaria, N., Samat, N., & Omar, D. (2023). Analysis of urban heat islands with Landsat satellite images and GIS in Kuala Lumpur. *Geografia: Malaysian Journal of Society and Space*, 19(1), 45–60.
- Kurniawan, D., & Setiawan, Y. (2020). Studi perubahan suhu permukaan di Kota Bandung menggunakan citra Landsat multitemporal. *Jurnal Geodesi Indonesia*, 9(1), 15-26.
- Lazuardi, A., & Wahyudi, H. (2022). Perbandingan suhu permukaan antara kawasan permukiman formal dan informal di Jakarta. *Jurnal Tata Kota*, 10(2), 102-115.
- Liu, Y., Wang, Z., & Zhang, H. (2023). How urban morphology relates to the urban heat island effect: A multi-indicator study. *Urban Climate*, 47, 101397.
- Lu, D., Zhang, Y., & Xu, J. (2023). Python-based urban heat island mapping using Landsat and open-source GIS. *Remote Sensing of Urban Systems*, 12(3), 144-160.
- Munysi, R. (2024). Analisis temporal Urban Heat Island menggunakan Google Earth Engine di Kota Banjarmasin. *Jurnal Teknologi dan Sains Atmosfer*, 12(1), 34–48.
- Mustaqim, M. (2020). Efektivitas vegetasi dan ruang terbuka hijau dalam mereduksi efek Urban Heat Island. *Jurnal Arsitektur Topis*, 8(1), 43-52.
- Mustikarini, A., Nugraha, D., & Sukamto, B. (2022). Hubungan antara indeks kekeringan meteorologis (SPI) dengan Urban Heat Island di Kabupaten Sleman. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 10(3), 71–80.
- Nucifera, M., Siregar, D. R., & Rahmadi, A. (2022). Mitigasi kawasan perkotaan tropis berbasis lanskap: Studi komparatif Surabaya dan Makassar. *Planologi Kota*, 11(1), 87-98.
- Pramono, H., & Astuti, R. (2021). Pengaruh indeks vegetasi terhadap suhu permukaan perkotaan menggunakan penginderaan jauh. *Jurnal Sains Geomatika*, 17(3), 77–89.
- Puspitasari, N., & Hidayat, T. (2022). Strategi penataan kawasan padat penduduk untuk mitigasi UHI. *Jurnal Perencanaan Wilayah*, 14(2), 133–147.
- Rakhmawati, T., & Ramdhan, M. (2022). Implementasi vegetasi vertikal dalam mitigasi Urban Heat Island di kawasan pusat kota. *Jurnal Lanskap dan Lingkungan*, 5(1), 22–31.
- Rakin Abrar, M., Haque, R., & Rahman, M. M. (2022). Assessing the spatial mapping of heat vulnerability under Urban Heat Island in Dhaka. *Sustainable Cities and Society*, 81, 103830.
- Ramdhani, M. R., Fajarwati, F., & Hartini, E. (2025). Persepsi masyarakat terhadap Urban Heat Island dan adaptasi di kawasan perkotaan Indonesia. *Jurnal Sosial dan Lingkungan*, 13(1), 22–38.
- Siregar, S., & Purnomo, R. (2021). Analisis spasial efek Urban Heat Island di kawasan perkotaan tropis. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 18(1), 25–34.

- Siswanto, D., Santosa, E. S., & Nugroho, P. (2023). Spatio-temporal characteristics of urban heat island of Jakarta metropolitan. *Journal of Urban and Regional Analysis*, 15(1), 14–27.
- Suparno, H. (2022). Identifikasi perubahan fungsi bangunan dan dampaknya terhadap iklim mikro kawasan. *Jurnal Tata Ruang dan Wilayah*, 12(1), 61–72.