

Analisis fenomena *urban heat island* (UHI) multitemporal tahun 2019-2024 dengan *Google Earth Engine* (GEE) di Kota Semarang

Qaanitah Hasmaulia¹, Muhammad Rafi Ash-Shidqi¹, Mariescha Mega Az Zahra¹, Ilham Badaruddin Mataburu²,

^{1,2} Program Studi Geografi, Fakultas Ilmu Sosial dan Hukum, Universitas Negeri Jakarta 1, Jl Rawamangun Muka, RT/RW 11/4, Rawamangun, Pologadung, Jakarta Timur, 13220

^{*)} Email Korespondensi: mariescha_1411622009@mhs.unj.ac.id,

Abstract

Situsi:

Hasmaulia, Q¹, Ash-Shidqi, M. R.¹, Az Zahra, M. M. A.¹, & Mataburu, I. B.² (2024). *Analisis fenomena urban heat island (UHI) multitemporal tahun 2019–2024 dengan Google Earth Engine (GEE) di Kota Semarang*. Jurnal Sains Geografi, Vol. 3, No. 2.

Sejarah Artikel:

Diterima: 27 Desember 2024

Revisi: 16 Juni 2025

Disetujui: 30 Oktober 2025

Online: 30 November 2025

Publikasi: 30 November 2025

This study examined anthropogenic climate change within urban environments, specifically focusing on the Urban Heat Island (UHI) phenomenon in Semarang City. It analyzed Land Surface Temperature (LST) dynamics from 2019 to 2024 to understand distribution trends and their correlation with human activities. Unlike previous studies limited in temporal scope, this research comprehensively covered the pre-pandemic, pandemic, and post-pandemic periods. Utilizing a quantitative geospatial approach, Landsat 8 Collection 2 Level 2 imagery was processed using Google Earth Engine (GEE) to extract thermal data. The results indicated that the highest temperatures occurred in 2019, coinciding with a population growth rate of 1.57%. A significant temperature decrease was observed during 2020–2021, attributed to activity restrictions during the COVID-19 pandemic. However, temperatures rebounded in 2024, exceeding the 2019 average. These findings highlight the elasticity of UHI intensity relative to human activity and provide critical data for climate change adaptation policies and urban spatial planning in Semarang.

Keyword: Urban Heat Island (UHI), Semarang City, Google Earth Engine (GEE), multitemporal

Abstrak



Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Penelitian ini mengangkat isu perubahan iklim antropogenik dalam lingkungan perkotaan, khususnya fenomena *Urban Heat Island* (UHI) di Kota Semarang. Fokus kajian adalah dinamika Suhu Permukaan Daratan (*Land Surface Temperature/LST*) selama periode 2019 hingga 2024. Rumusan masalah berfokus pada tren distribusi suhu dan hubungannya dengan aktivitas manusia. Studi terdahulu cenderung terbatas pada cakupan waktu tertentu dan belum mengkaji secara komprehensif periode pandemi hingga pasca-pandemi. Penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan suhu permukaan dan keterkaitannya dengan dinamika populasi serta pembatasan aktivitas. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif geospasial dengan teknik penginderaan jauh. Citra Landsat 8 Collection 2 diproses melalui *Google Earth Engine* (GEE). Hasil menunjukkan suhu tertinggi terjadi pada 2019 saat laju pertumbuhan penduduk mencapai 1,57 persen; penurunan signifikan terjadi pada 2020–2021 akibat pembatasan aktivitas masyarakat; dan terjadi kenaikan kembali pada 2024 dengan suhu rata-rata melampaui tahun 2019. Temuan ini memberikan kontribusi penting bagi penyusunan kebijakan mitigasi UHI dan tata ruang kota yang berkelanjutan.

Kata Kunci: *Urban Heat Island* (UHI), Kota Semarang, *Google Earth Engine* (GEE), multitemporal

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan modifikasi jangka panjang terhadap pola suhu dan cuaca, yang dapat bersumber dari proses alami seperti variasi siklus matahari. Sejak abad ke-19,

aktivitas manusia khususnya penggunaan bahan bakar fosil seperti batubara, minyak, dan gas menjadi pendorong utama perubahan iklim (United Nations Indonesia, 2024). Dalam konteks ini, pertumbuhan penduduk diidentifikasi sebagai faktor kunci penyebab perubahan iklim, dimana laju pertumbuhan yang tinggi secara langsung meningkatkan permintaan lahan terbangun (Maria, 2021; Ajimas & Ariastita, 2017). Alih fungsi lahan terbuka hijau menjadi kawasan terbangun mengubah karakteristik permukaan tanah dari permeabel menjadi impermeabel (Darlina et al., 2019; Pratiwi & Jaelani, 2020; Sari et al., 2024). Transformasi ini memicu peningkatan suhu permukaan tanah secara progresif yang berujung pada fenomena *Urban Heat Island* (UHI), dimana suhu kawasan perkotaan lebih tinggi daripada sekitarnya (Fahmi et al., 2024; Fajary et al., 2024; Maheng et al., 2024; Meng et al., 2023).

Urban Heat Island (UHI) merupakan fenomena peningkatan suhu di kawasan perkotaan akibat pertumbuhan populasi dan perkembangan kota, terutama di wilayah metropolitan (Junjungan & Sejati, 2023; Meng et al., 2023; Rendana et al., 2023). Fenomena ini ditandai dengan suhu permukiman yang lebih tinggi dibandingkan daerah sekitarnya (Fahmi et al., 2024; Sukoco & Hauzan, 2023). Faktor utamanya disebabkan oleh terperangkapnya panas matahari setelah perubahan lahan terbuka hijau menjadi lahan terbangun (Fahmi et al., 2024). Secara metodologis, UHI dapat diukur melalui dua pendekatan yaitu *in situ* (stasiun cuaca/survei lapangan) dan penginderaan jauh (Ćesić et al., 2025; Rendana et al., 2023). Pada skala regional, metode *in situ* memiliki keterbatasan dalam efisiensi waktu-biaya dan akurasi interpolasi spasial. Penginderaan jauh menjadi alternatif unggul karena mampu memperoleh informasi permukaan bumi kompleks dengan cakupan luas secara efektif (Fawzi, 2017).

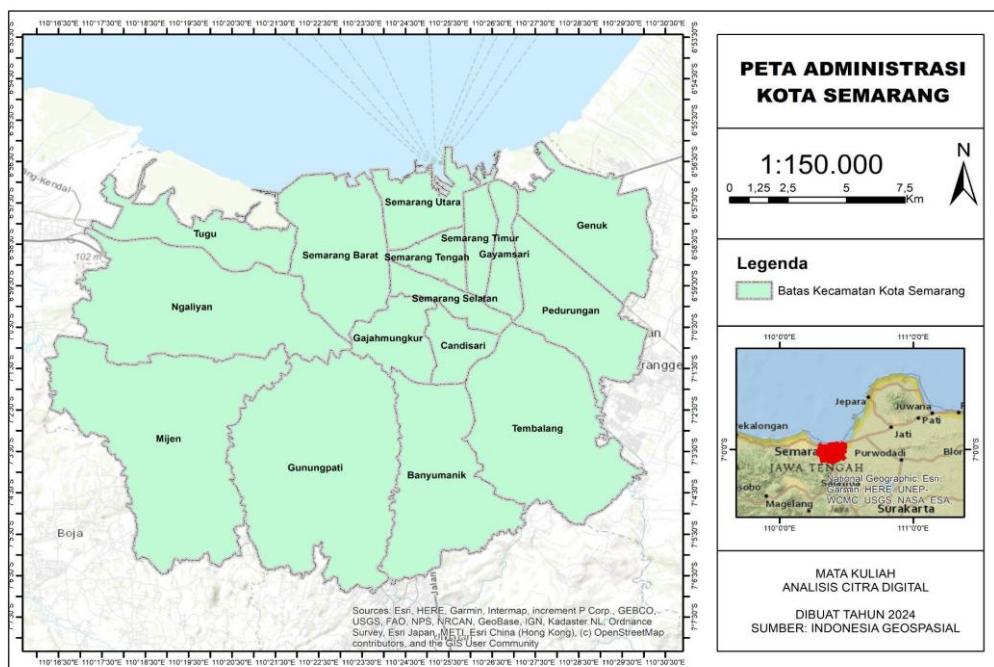
Lillesand et al. (2004, dalam Amalia et al., 2024) mendefinisikan penginderaan jauh sebagai ilmu dan teknik untuk memperoleh informasi mengenai objek, wilayah, atau fenomena tertentu yang dikaji. Keunggulan teknologi ini mencakup kemudahan penggunaan, biaya relatif terjangkau karena akses gratis terhadap beberapa data, serta kecepatan pengunduhan melalui internet sesuai kebutuhan pengguna (Rahman et al., 2022). Salah satu platform yang dapat dimanfaatkan untuk analisis *Urban Heat Island* (UHI) adalah *Google Earth Engine* (GEE). Platform berbasis *cloud* ini memungkinkan pengolahan gratis data citra satelit multi-temporal dalam skala besar. Ketersediaan data termal multi-tahun pada GEE mendukung analisis tren suhu permukaan lahan di perkotaan terkait fenomena UHI. Distribusi spasial suhu permukaan tersebut juga dapat dikaitkan dengan fenomena fisik lain di perkotaan, seperti kepadatan bangunan dan indeks vegetasi.

Kota Semarang merupakan kota metropolitan di Pulau Jawa sekaligus ibu kota Provinsi Jawa Tengah yang memegang peran strategis dalam sektor pemerintahan, jasa, dan perdagangan, baik pada skala lokal maupun regional (Arsandi et al., 2017). Data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Semarang menunjukkan dinamika pertumbuhan penduduk yang signifikan, Pada tahun 2019 laju pertumbuhan penduduk mencapai puncaknya sebesar 1,57%, sementara pada 2023 turun menjadi 0,9% meskipun jumlah absolut penduduk tetap tinggi. Pertumbuhan ini memicu peningkatan kepadatan di pusat kota dan perpindahan penduduk ke wilayah pinggiran. Dampak utama pertumbuhan penduduk adalah tekanan terhadap penggunaan lahan dan konsumsi energi. Permintaan lahan yang tinggi mengakibatkan alih fungsi lahan terbuka hijau menjadi lahan terbangun, sehingga peningkatan konsumsi energi memperburuk kualitas udara perkotaan. Kombinasi perubahan tutupan lahan dan polusi energi tersebut berkontribusi pada kenaikan suhu udara rata-rata (Tursilowati, 2012 dalam Maulana & Bioresita, 2022). Fenomena pemanasan ini menimbulkan dampak multidimensi seperti gangguan terhadap vegetasi perkotaan, perubahan mikroklimat, akumulasi polutan, penurunan kualitas udara, risiko kesehatan masyarakat, serta ketidaknyamanan termal (Firozjaeji et al., 2019; Maulana & Bioresita, 2022).

Penelitian terdahulu belum secara komprehensif mengkaji pola spasial-temporal *Urban Heat Island* (UHI) di Kota Semarang dalam kurun lima tahun terakhir. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis fenomena UHI secara multitemporal (2019–2024) dengan memanfaatkan data satelit Landsat 8 Collection 2 dan platform *Google Earth Engine* (GEE). Efisiensi pengolahan data berbasis *cloud computing* diharapkan menghasilkan rekomendasi ilmiah untuk mendukung perencanaan kota berkelanjutan, khususnya mitigasi peningkatan suhu perkotaan.

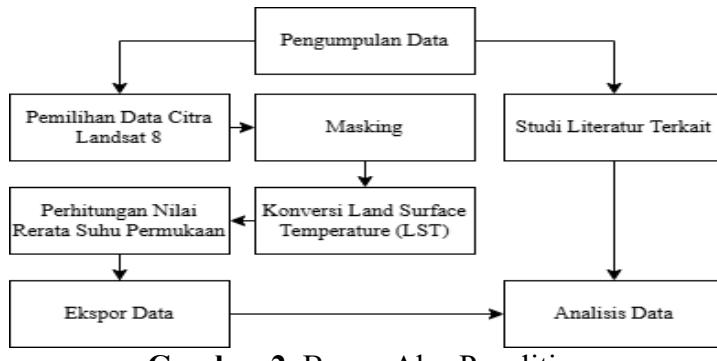
2. METODE

Penelitian ini dilakukan di Kota Semarang, ibu kota Provinsi Jawa Tengah dan salah satu kota metropolitan utama di Pulau Jawa. Secara administratif, kota ini memiliki luas sekitar 373 km², terdiri atas 16 kecamatan, dan dihuni oleh sekitar 1,6 juta penduduk pada tahun 2023 (BPS, 2023). Secara geografis, Semarang terletak pada 6°50'–7°10' LS dan 109°35'–110°50' BT.



Gambar 1. Peta Administrasi Kota Semarang

Data yang digunakan dalam menganalisis fenomena *Urban Heat Island* (UHI) di Kota Semarang yaitu data batas administrasi kecamatan yang berasal dari Indonesia Geospasial, data ini berfungsi sebagai kerangka spasial untuk memetakan wilayah penelitian secara detail. Data penginderaan jauh (*remote sensing*) yang berasal dari satelit Landsat 8 Collection 2 yang fokus pada pengolahan suhu permukaan (*Surface Temperature*) dengan menggunakan band termal ST_B10 yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan suhu di permukaan bumi. Dalam penelitian ini menggunakan *Google Earth Engine* (GEE) untuk mengunduh data satelit Landsat 8 Collection 2. GEE merupakan salah satu platform berbasis *cloud* yang menyediakan basis data citra yang bersifat *open source* dan dapat diakses secara *real time* di seluruh dunia (Hehanussa dkk, 2023). Terdapat berbagai fungsi untuk pengolahan citra pada GEE ini termasuk menganalisis statistik, mendeteksi tepi, dan pengujian matriks (Ermida et al., 2020). Selain itu, GEE juga memungkinkan pemrosesan data yang lebih efisien melalui skrip pemrograman, sehingga analisis distribusi suhu permukaan dapat dilakukan secara cepat dan akurat. Pemrosesan awal data Landsat 8 Collection 2 dalam penelitian ini mencakup beberapa tahap yaitu :

**Gambar 2.** Bagan Alur Penelitian

1. Pemilihan Data

Dataset Landsat 8 *Collection 2 Level-2* dipilih karena memiliki produk koreksi atmosfer otomatis, sehingga data lebih siap untuk analisis suhu permukaan. Data di filter berdasarkan rentang waktu 2019-2024 bulan November dan wilayah studi yang didefinisikan menggunakan batas geografis Kota Semarang. Fungsi “*filterDate()*” dan “*filterBounds()*” digunakan untuk menyaring dataset sesuai parameter tersebut.

2. Masking Awan

Citra satelit yang dipilih kemudian dimask untuk menghilangkan piksel yang tertutup awan atau bayangan awan. *Masking* ini dilakukan dengan menggunakan band **QA_PIXEL**, di mana piksel dengan nilai tertentu yang mengindikasikan keberadaan awan dihilangkan menggunakan operasi *bitwise*. *Masking* diterapkan dengan fungsi “*.map()*” yang menjalankan *skrip masking* untuk setiap citra dalam koleksi.

3. Ekstraksi dan Konversi Suhu Permukaan

Analisis suhu permukaan dilakukan menggunakan band termal **ST_B10**. Band ini direpresentasikan sebagai nilai radiasi yang dikonversi menjadi suhu permukaan (*Land Surface Temperature*, LST) dengan pendekatan algoritma Planck. Konstanta yang diperlukan, seperti K_1 , K_2 , gain (M), dan bias (A), diambil dari metadata citra pertama dalam koleksi menggunakan fungsi “*.get()*.” Konversi LST dilakukan dengan persamaan berikut:

$$LST(^{\circ}\text{C}) = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{\text{Radiani}} + 1\right)} - 273.15$$

Keterangan

K_1 , K_2 : Konstanta kalibrasi termal.

Radiani: Nilai radansi termal sensor ($\text{TIR} \times M$) + A.

-273.15\$: Konversi dari Kelvin ke Celsius.

Radiani dihitung dengan formula “Radiani=(TIR×M)+A”, di mana TIR adalah nilai piksel dari band **ST_B10**. Proses ini diterapkan ke seluruh koleksi citra menggunakan fungsi “*.expression()*” dan “*.map()*”.

4. Perhitungan Rata-Rata Suhu Permukaan

Setelah suhu permukaan dihitung untuk setiap citra, nilai rata-rata suhu tahunan diperoleh dengan fungsi “*.mean()*”. Hasilnya dipotong sesuai dengan batas wilayah studi (*clipping*) menggunakan fungsi “*.clip()*”.

5. Visualisasi dan Pemetaan

Citra hasil analisis suhu rata-rata divisualisasikan dalam peta dengan skala suhu 10°C hingga 33°C, menggunakan palet warna mulai dari biru hingga merah untuk menunjukkan gradasi suhu. Fungsi “*Map.addLayer()*” digunakan untuk menampilkan peta suhu rata-rata di GEE.

6. Ekspor Data

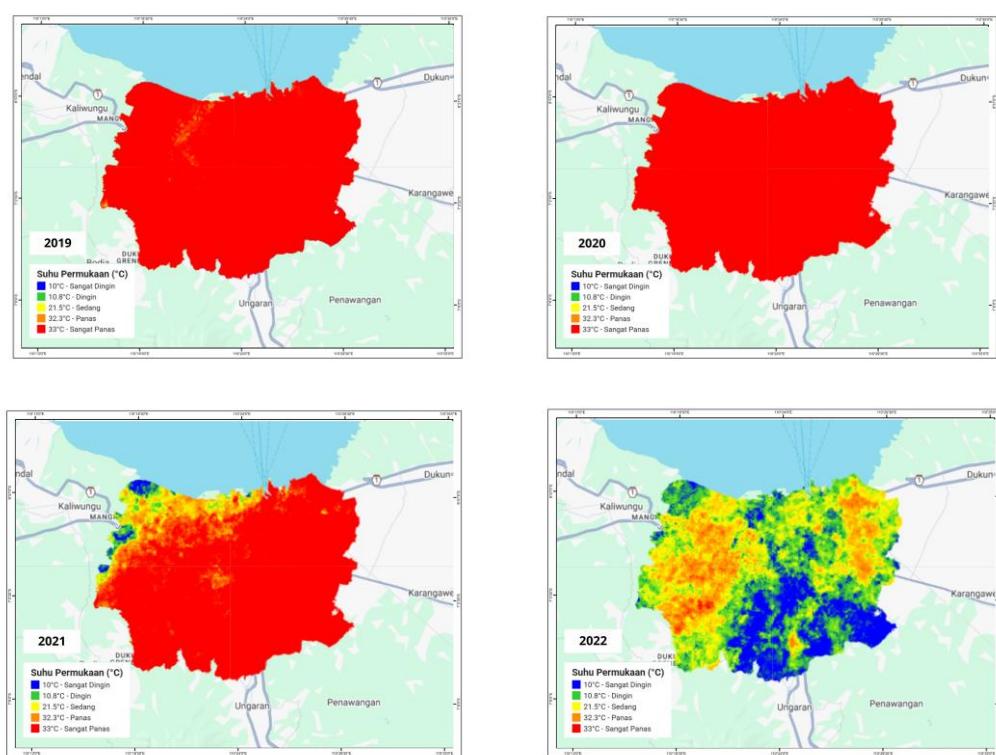
Data suhu rata-rata diekspor ke Google Drive dalam format raster untuk digunakan dalam analisis lebih lanjut atau sebagai bahan presentasi. Fungsi “*Export.image.toDrive()*” digunakan dengan pengaturan skala spasial sebesar 60 meter dan wilayah studi yang didefinisikan.

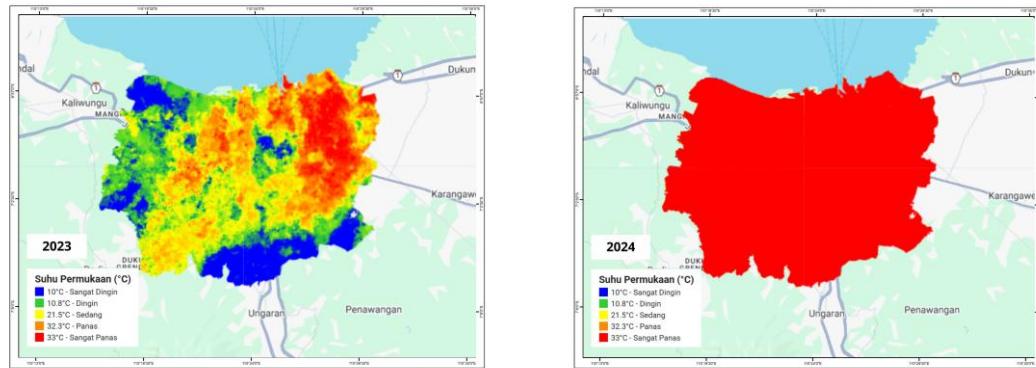
Kombinasi penggunaan data batas administrasi, penginderaan jauh berbasis Satelit Landsat 8, dan pengolahan berbasis GEE ini menghasilkan analisis yang terintegrasi untuk mengidentifikasi distribusi dan intensitas fenomena UHI di berbagai kecamatan di Kota Semarang pada rentang waktu 2019-2024 Bulan November.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. HASIL

Hasil analisis fenomena *Urban Heat Island* (UHI) di Kota Semarang secara multitemporal dari tahun 2019-2024 dengan memanfaatkan data satelit Landsat 8 Collection 2 yang diperoleh dan diolah menggunakan *Google Earth Engine* (GEE), sebagai berikut.





[Peta Suhu Kota Semarang dalam 5 Tahun]

Gambar 3. (a) Suhu 2019; (b) Suhu 2020; (c) Suhu 2021; (d) Suhu 2022; (e) suhu 2023; dan (f) suhu 2024

Berdasarkan analisis spasiotemporal distribusi suhu permukaan (*Land Surface Temperature*) yang diolah menggunakan platform komputasi *Google Earth Engine (GEE)* pada Gambar 3, terlihat adanya dinamika profil termal Kota Semarang selama periode observasi enam tahun. Hasil ekstraksi data citra satelit ini menunjukkan bahwa stabilitas suhu permukaan sangat dipengaruhi oleh fluktuasi aktivitas antropogenik dan faktor demografi tahunan. Pada interval tahun 2020 hingga 2021, algoritma pengolahan citra merekam reduksi signifikan pada luasan area bersuhu tinggi, yang divisualisasikan melalui dominasi spektrum warna yang merepresentasikan suhu lebih rendah di berbagai wilayah. Fenomena penurunan intensitas panas ini berasosiasi kuat dengan pembatasan mobilitas selama pandemi, yang mengindikasikan adanya mitigasi emisi panas antropogenik secara tidak langsung. Penurunan intensitas panas tersebut terbukti bersifat transien berdasarkan data deret waktu (*time series*) selanjutnya. Eskalasi termal kembali terjadi pada rentang tahun 2022 hingga 2023, di mana klaster panas mendominasi secara spasial hingga menyamai atau melampaui baseline kondisi tahun 2019. Resurgensi ini mengonfirmasi dominasi tekanan urbanisasi dan efek Urban Heat Island (UHI) dalam peningkatan suhu lingkungan perkotaan pasca-pandemi. Hasil ekstraksi nilai suhu rata-rata tahunan menggunakan platform Google Earth Engine (GEE) disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Tabel Analisis Suhu Tahunan Kota Semarang

| Tahun | Suhu Rata-rata (C) | Cakupan Suhu Tinggi (%) | Indeks Panas Perkotaan |
|-------|--------------------|-------------------------|------------------------|
| 2019 | 33 | 95 | 8,5 |
| 2020 | 28 | 60 | 7,2 |
| 2021 | 25 | 40 | 6 |
| 2022 | 31 | 90 | 7,8 |
| 2023 | 33 | 95 | 8,7 |
| 2024 | 33,5 | 98 | 9 |

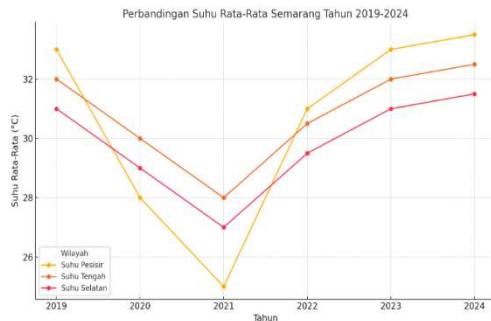
Berikut disajikan kurva yang menunjukkan perubahan cakupan suhu Kota Semarang dari tahun 2019 hingga 2024.



Gambar 4. Kurva Distribusi Cakupan Suhu Kota Semarang

3.2. PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**, dapat dilihat bahwa distribusi cakupan suhu terendah pada tahun 2020 maupun tahun 2021 cenderung stabil pada wilayah bagian selatan Kota Semarang yaitu kecamatan Gunungpati, Banyumanik dan Tembalang. Sedangkan pada bagian timur laut Kota Semarang seperti Kecamatan Gayamsari dan Kecamatan Pedurungan cenderung lebih hangat meskipun pada tahun dengan rata-rata suhu terendah. Dua kecamatan tersebut memiliki suhu yang relatif stabil meskipun mengalami puncak penurunan suhunya pada tahun 2021 dan kemudian kembali meningkat pada tahun berikutnya.



Gambar 5. Kurva Perbandingan Suhu Kota Semarang

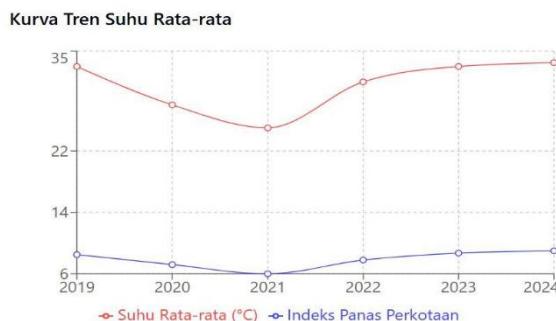
Berdasarkan **Gambar 2**, dapat diketahui bahwa adanya fluktuasi penurunan suhu pada masa COVID-19 atau rentang waktu 2020 hingga 2021 akhir, hal tersebut sejalan dengan Penelitian Purwantara & Ashari, (2025) yang menyatakan bahwa pembatasan aktivitas masyarakat (*anthropogenic activities*) selama pandemi COVID-19 terbukti berkorelasi dengan penurunan *Land Surface Temperature* (LST) serta mereduksi dampak *Surface Urban Heat Island* (SUHI) di lingkungan perkotaan. adanya. Hal ini dapat dibuktikan pada kurva yang tercantum pada **Gambar 5** yang menunjukkan bahwa suhu terendah ditempati pada tahun 2021 yang suhu rata-rata permukaannya mencapai 24°C pada wilayah pesisir dan suhu tertinggi mencapai 28°C pada wilayah tengah. Setelahnya suhu mulai kembali meningkat pada tahun 2022 hingga kini dengan suhu tertingginya mencapai 33,5°C.

Fenomena yang melatarbelakangi kenaikan suhu pada tahun 2019 di Kota Semarang adalah terjadinya kenaikan laju pertumbuhan penduduk yang cukup signifikan. Temuan ini diperkuat oleh penelitian Junjungan & Sejati (2023) yang menunjukkan bahwa peningkatan temperatur di Kawasan Metropolitan Semarang selama 2000–2020 memiliki pola yang selaras dengan urbanisasi, di mana rentang suhu 25–30°C yang sebelumnya hanya berada di pusat kota menyebar ke wilayah periurban seiring bertambahnya kawasan terbangun dan menurunnya tutupan lahan vegetasi. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kota

Semarang, laju pertumbuhan penduduk yang semulanya 0,51 pada tahun 2018 mengalami peningkatan pada tahun 2019 menjadi 1,57. Angka ini tergolong besar untuk sebuah laju pertumbuhan penduduk pertahunnya sehingga memicu kepadatan penduduk yang turut meningkat sehingga terjadi peningkatan kepadatan pemukiman yang mengakibatkan meningkatnya suhu permukaan. Melihat fenomena ini, pemerintah mengambil tindakan untuk menekan angka laju pertumbuhan penduduk tetap stabil dan menghindari *over populasi*. Kota Semarang yang saat itu dipimpin oleh Hendrar Prihadi memiliki 5 pilar untuk menangani masalah kependudukan di wilayah yurisdiksinya. Isi dari 5 pilar itu ialah upaya pengendalian baik secara kuantitas maupun kualitas penduduk, pembangunan keluarga, penataan administrasi, dan penataan persebaran penduduk. Dengan mengeluarkan kebijakan untuk pemerataan penduduk, angka jumlah penduduk lebih stabil dan angka harapan hidup melalui peningkatan fasilitas dan pelayanan kesehatan terutama pada penduduk lanjut usia.

Selain peningkatan suhu, faktor demografis tadi juga dapat mempengaruhi penurunan suhu terutama ketika terjadinya wabah pandemi yang memaksa masyarakatnya untuk *Lockdown* atau kebijakan yang melarang untuk beraktivitas keluar rumah (Feng et al., 2023; Nando, 2021; Safarrad et al., 2022). Pertambahan jumlah penduduk dan peningkatan mobilitas berpengaruh pada pertambahan jumlah moda transportasi baik secara kendaraan pribadi maupun kendaraan publik untuk menunjang aktivitas masyarakat, sehingga dapat berpengaruh pada perubahan kualitas udara dan perubahan suhu di perkotaan (Husna et al., 2023). Hal ini sesuai dengan pernyataan dalam penelitian Larasati (2022) yang menjelaskan adanya keterkaitan antara perubahan penggunaan lahan yang diakibatkan oleh laju pertumbuhan penduduk yang tinggi akan memicu perubahan suhu perkotaan melalui konversi lahan hijau menjadi lahan terbangun serta tingginya tingkat polusi udara yang disebabkan kendaraan bermotor dan aktivitas industri. Ketika aktivitas masyarakat terhenti akibat kebijakan pembatasan mobilitas, intensitas transportasi dan aktivitas industri menurun secara signifikan.

Pembatasan aktivitas selama pandemi dan berkurangnya aktivitas industri telah berkontribusi terhadap penurunan emisi global (Waruwu, 2022). Penurunan emisi polutan dari kedua sektor tersebut berkontribusi pada berkurangnya konsentrasi partikel di atmosfer. Kondisi ini dapat memicu penurunan suhu permukaan, terutama apabila diikuti oleh curah hujan yang membantu membersihkan atmosfer dari polusi dan meningkatkan kualitas udara (Alchamdani et al., 2021; Feng et al., 2021; Zhang et al., 2021). Hal ini sesuai dengan **Gambar 1 (b) dan (c)** yang dimana citra satelit mendeteksi bahwa suhu permukaan telah menurun mengikuti masa pandemi. Hal tersebut juga sejalan dengan penelitian Layali et al., (2024) bahwa pandemi yang terjadi pada tahun 2020-2022 mempengaruhi keadaan suhu permukaan di wilayah perkotaan, dalam penelitian tersebut menunjukkan bahwa suhu tertinggi Provinsi Daerah Khusus Jakarta dapat mencapai $34,19^{\circ}\text{C}$ pada tahun 2019, sedangkan suhu tertinggi pada tahun 2020-2021 hanya mencapai $31,48^{\circ}\text{C}$ - $33,43^{\circ}\text{C}$. Penelitian Nugroho, (2020) juga menjelaskan bahwa suhu Kota Semarang menurun setelah adanya larangan beraktivitas di luar rumah selama pandemi, dalam penelitiannya Nugroho menjelaskan bahwa kualitas udara di Kota Semarang pada 16 Maret 2018-2019 menunjukkan kondisi kurang baik dengan konsentrasi PM10 sebesar $8,10^{-8}$ mg/m³. Pada 16 Maret 2020, selama status darurat pandemi, konsentrasi PM10 menurun menjadi $2,10^{-8}$ hingga $3,10^{-8}$ mg/m³, menandakan kualitas udara di Kota Semarang membaik. Berdasarkan penjelasan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa aktivitas manusia mempengaruhi kenaikan suhu permukaan di wilayah perkotaan.



Gambar 6. Kurva Tren Suhu Rata - Rata Kota Semarang

Rata-rata suhu di Kota Semarang tahun 2019 yaitu 33°C dan indeks panas perkotaan 8,5. Hal ini menunjukkan suhu yang cukup tinggi. Keadaan seperti ini disebabkan oleh keramaian kota dan kurangnya vegetasi yang mampu menyerap panas. Suhu rata-rata turun menjadi 28°C di tahun berikutnya, dan indeks panas perkotaan turun menjadi 7,2. Penurunan ini disebabkan oleh hal-hal seperti peningkatan ruang terbuka hijau atau penurunan aktivitas manusia, yang sesuai dengan pembatasan aktivitas selama pandemi COVID-19. Pada tahun 2021, indeks panas perkotaan turun menjadi 6 dan suhu rata-rata turun lebih jauh hingga 25°C . Suhu rata-rata kembali naik menjadi 31°C pada tahun 2022, bersama dengan indeks panas perkotaan yang meningkat menunjukkan bahwa tren ini tampaknya bersifat sementara. Hal ini kemudian dibuktikan pada tahun 2023 dengan suhu rata-rata kembali ke 33°C , hampir mendekati kondisi tahun 2019 dengan indeks panas perkotaan yang sedikit lebih tinggi yaitu 8,7. Tren ini terus berlanjut hingga tahun 2024, ketika suhu rata-rata mencapai $33,5^{\circ}\text{C}$ dan indeks panas perkotaan mencapai 9 yang merupakan angka tertinggi dalam periode ini. Hal ini menunjukkan bahwa *Urban Heat Island* (UHI) semakin signifikan dan memburuk seiring dengan peningkatan suhu rata-rata.

Dinamika peningkatan suhu di Kota Semarang, secara keseluruhan menunjukkan hubungan yang konsisten dengan perubahan penggunaan lahan, terutama perluasan area terbangun. Hal ini sejalan dengan hasil analisis SUHI oleh Koman et al., (2021) di wilayah Semarang yang memperlihatkan pola pemanasan serupa. Dukungan temuan lain, termasuk penelitian Ananta et al., (2024), semakin menegaskan bahwa densifikasi kawasan perkotaan dan kurangnya elemen vegetasi menjadi faktor utama penguatan intensitas UHI. Dengan demikian, pembahasan ini memperlihatkan bahwa variasi suhu permukaan di Kota Semarang mengikuti arah perkembangan fisik kota, sehingga pola pemanasannya dapat dipahami melalui karakteristik urbanisasi yang terjadi. Dengan mempertimbangkan tren suhu ini, kebijakan publik di tingkat kota perlu lebih responsif terhadap isu pemanasan lokal guna melindungi kualitas hidup masyarakat perkotaan dan meningkatkan ketahanan kota terhadap perubahan iklim khususnya di Kota Semarang.

4. KESIMPULAN

Studi ini menyimpulkan bahwa densitas penduduk merupakan faktor determinan dalam intensitas *Urban Heat Island* (UHI) di Kota Semarang. Analisis data menunjukkan fluktuasi termal yang signifikan, pada tahun 2019 didominasi suhu tinggi, diikuti penurunan transien pada 2020–2021 akibat restriksi mobilitas pandemi, dan kembali meningkat drastis pada 2024 hingga melampaui level pra-pandemi. Perbedaan suhu yang mencolok antara pusat kota yang padat dan wilayah selatan yang bervegetasi menegaskan pengaruh tutupan lahan terhadap iklim mikro. Sebagai rekomendasi, diperlukan intervensi tata ruang yang berfokus pada pemerataan densitas penduduk dan ekspansi ruang hijau untuk mereduksi dampak pemanasan kota.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajimas, K. W., & Ariastita, P. G. (2017). Karakteristik perubahan lahan yang tidak sesuai rencana tata ruang di koridor Lingkar Timur Sidoarjo. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), 95–97.
- Alchamdani, A., Azizah, R., Sulistyorini, L., Martini, S., & Latif, M. T. (2021). Analisis dampak lockdown pada polutan udara utama di era pandemi Covid-19: Literature review. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*, 12. <http://forikes-ejournal.com/index.php/SF/article/view/sf12nk235>
- Amalia, S. R. R., Ulhaq, J. D., Putri, M., & Tisani, S. D. (2024). Pemanfaatan citra satelit untuk mengidentifikasi perubahan bentang lahan. *Jurnal Bima: Pusat Publikasi Ilmu Pendidikan Bahasa dan Sastra*, 2(2), 314–323.
- Ananta, R. R., Casriyah, C., Rehardiyan, M. R. I., & Pasha, L. N. (2024). Analisis dampak fenomena peningkatan urban heat island Kota Semarang tahun 2024. *Aliansi: Jurnal Hukum, Pendidikan dan Sosial Humaniora*, 2(1), 144–157. <https://doi.org/10.62383/aliansi.v2i1.676>
- Arsandi, A. S., R. D. W., Ismiyati, & Hermawan, F. (2017). Dampak pertumbuhan penduduk terhadap infrastruktur di Kota Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(4), 1–14.
- Badan Pusat Statistik Kota Semarang. (2025, 21 Maret). Jumlah penduduk menurut jenis kelamin, 2024. <https://semarangkota.bps.go.id/id/statistics-table/2/NzgjMg==/jumlah-penduduk-menurut-jenis-kelamin--jiwa-.html>
- Ćesić, M., Rogulj, K., & Krtalić, A. (2025). Combined thermal index development for urban heat island detection in area of Split, Croatia. *Land*, 14(1), 175. <https://doi.org/10.3390/land14010175>
- Darlina, S. P., Sasmito, B., & Yuwano, B. D. (2019). Analisis fenomena urban heat island serta mitigasinya (Studi kasus: Kota Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(3), 77–87.
- Fahmi, S., Wahyudi, D., & Putra, R. E. (2024). Utilization of multitemporal Landsat images for analysis urban heat island based on Google Earth Engine in Cimahi City. *Jurnal Planologi*, 21(1), 61–76.
- Fajary, F. R., Lee, H. S., Kubota, T., Bhanage, V., Pradana, R. P., Nimiya, H., & Putra, D. G. A. (2024). Comprehensive spatiotemporal evaluation of urban growth, surface urban heat island, and urban thermal conditions on Java island of Indonesia and implications for urban planning. *Heliyon*, 10(13), e33708. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33708>
- Fawzi, N. I. (2017). Mengukur urban heat island menggunakan penginderaan jauh, kasus di Kota Yogyakarta. *Majalah Ilmiah Globe*, 19(2), 195–206.
- Feng, X., Zhang, X., He, C., & Wang, J. (2021). Contributions of traffic and industrial emission reductions to the air quality improvement after the lockdown of Wuhan and neighboring cities due to COVID-19. *Toxics*, 9(12), 358. <https://doi.org/10.3390/toxics9120358>
- Feng, Z., Wang, X., Yuan, J., Zhang, Y., & Yu, M. (2023). Changes in air pollution, land surface temperature, and urban heat islands during the COVID-19 lockdown in three Chinese urban agglomerations. *The Science of the Total Environment*, 892, 164496. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164496>
- Firozjaei, M., Karimi, F., Fathololoumi, S., Kiavarz, M., Arsanjani, J. J., & Alavipanah, S. K. (2019). Modelling surface heat island intensity according to differences of biophysical characteristics: A case study of Amol City Iran. *Ecological Indicators*.
- Husna, A. Z., Kusumadewi, T., Faqihuddin, M. I., Mutiara, E., & Kurniawaty, P. (2023). Perubahan land surface temperature Kota Malang terhadap pemberlakuan kebijakan pembatasan aktivitas selama pandemi Covid-19. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*, 12(3), 144-153.

- Junjungan, R. C., & Sejati, A. W. (2023). Pemodelan fenomena urban heat island di Kawasan Metropolitan Semarang tahun 2000-2020. *Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Kota)*, 12(3), 214-220. <https://doi.org/10.14710/tpwk.2023.34133>
- Koman, W. A. F., Sabri, L., & Hadi, F. (2021). Analisis surface urban heat island menggunakan data Sentinel-3 SLSTR (Studi kasus: Kota Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*, 10(3), 21-32. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2021.31132>
- Larasati, A. P., Rahman, B., & Kautsary, J. (2022). Pengaruh Perkembangan Perkotaan Terhadap Fenomena Pulau Panas (Urban Heat Island). *Jurnal Kajian Ruang* Vol, 2(1).
- Layali, I., Azzahra, F., Anggraeni, A. R., & Apriyanti, D. (2024). Analisis suhu permukaan daratan pada masa pandemi menggunakan platform Google Earth Engine (GEE) di DKI Jakarta. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 4(1), 27–33.
- Maheng, D., Pathirana, A., Bhattacharya, B., Zevenbergen, C., Lauwaet, D., Siswanto, S., & Suwondo, A. (2024). Impact of land use land cover changes on urban temperature in Jakarta: Insights from an urban boundary layer climate model. *Frontiers in Environmental Science*, 12, 1399041. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1399041>
- Maria, I. (2021). Pengaruh pertumbuhan penduduk dan perubahan iklim terhadap ketersediaan air. *e-SEHAD*, 2(2), 134–140.
- Maulana, J., & Bioreesita, F. (2022). Monitoring of land surface temperature in Surabaya, Indonesia from 2013-2021 using Landsat-8 imagery and Google Earth Engine. *Geomatics International Conference 2022*, 1–11.
- Meng, F., Yan, S., Tian, G., & Wang, Y. (2023). Surface urban heat island effect and its spatiotemporal dynamics in metropolitan area: A case study in the Zhengzhou metropolitan area, China. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1247046. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1247046>
- Nando, F. H. (2021). Perubahan kondisi variasi land surface temperature di masa pandemi Covid-19 (Studi kasus: Kota Kediri, Jawa Timur). *Jurnal Geografi, Edukasi dan Lingkungan (JGEL)*, 5(2), 92–100. <https://doi.org/10.22236/jgel.v5i2.7032>
- Nugroho, A. D. (2020). Pengaruh pandemik Covid-19 terhadap kualitas udara di beberapa kota besar di Indonesia memanfaatkan data permodelan cuaca. *Jurnal Widya Climage*, 2(2), 96–103.
- Pratiwi, A. Y., & Jaelani, L. M. (2020). Analisis perubahan distribusi urban heat island (UHI) di Kota Surabaya menggunakan citra satelit Landsat multitemporal. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), 48–55.
- Purwantara, S., & Ashari, A. (2025). Spatio-temporal variability of urban surface temperature during COVID-19 pandemic: A study from some selected cities in Indonesia and Singapore. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 12(3), 279-292. <https://doi.org/10.14710/jwl.12.3.279-292>
- Rahman, M. K., Wardana, B. F. K., Rahmawati, T., & Kurniaaji, B. (2022). Pemanfaatan penginderaan jauh untuk mendekripsi penggunaan lahan di Kecamatan Mojolaban Kabupaten Sukoharjo. *GEOGRAPHY Jurnal Kajian, Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, 10(1), 115–123.
- Rendana, M., Idris, W. M. R., Rahim, S. A., Abdo, H. G., Alhomadhara, 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(33). <https://doi.org/10.1186/s13717-023-00446-9>
- Safarrad, T., Ghadami, M., & Dittmann, A. (2022). Effects of COVID-19 restriction policies on urban heat islands in some European cities: Berlin, London, Paris, Madrid, and Frankfurt. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), 6579. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116579>

- Sari, K., Sanjaya, H., & Muhardi. (2024). Pemantauan fenomena urban heat island di Kota Pontianak Kalimantan Barat, menggunakan Google Earth Engine. *Poistron*, 14(2), 108–117.
- Sukojo, B. M., & Hauzan, N. S. (2023). Analisis perubahan indeks kekritisan lingkungan dengan algoritma environmental criticality index menggunakan citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS (Studi kasus: Kota Bandung). *Jurnal Geoid*, 18(2), 311–325.
- Tursilowati, L. (2012). Urban heat island dan kontribusinya pada perubahan lahan. Prosiding Seminar Nasional Pemanasan Global dan Perubahan Global - Fakta, Mitigasi, dan Adaptasi, 978–979.
- United Nations Indonesia. (2024). Apa itu perubahan iklim?. United Nations. <https://indonesia.un.org/id/172909-apa-itu-perubahan-iklim>
- Waruwu, O. (2022). ANALISIS PERUBAHAN SUHU PERMUKAAN KOTA MEDAN PRA DAN POST PANDEMI COVID-19. *Jurnal Samudra Geografi*, 5(1), 65-72.
- Zhang, M., Katiyar, A., Zhu, S., Shen, J., Xia, M., Ma, J., Kota, S. H., Wang, P., & Zhang, H. (2021). Impact of reduced anthropogenic emissions during COVID-19 on air quality in India. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 4025–4037. <https://doi.org/10.5194/acp-21-4025-2021>