

FENOMENA *URBAN HEAT ISLAND* DI KOTA BANDUNG

Gildan Kantona Hamdani^{1*}, Viona Dika Rikumahu², Fabio Esa Putra³, Chivilya Uny⁴

^{1,2,3,4}Institut Teknologi Bandung, Indonesia

*Corresponding author: gkantona@gmail.com

Abstract: The Urban Heat Island (UHI) phenomenon is an increase of temperature in urban areas, which becomes higher when compared to suburban temperatures. Bandung is one of the cities indicated to have experienced an increase in surface temperature due to rapid development. For that reason, it is necessary to identify the UHI phenomenon that occurs, through analysis of the spatial pattern of surface temperature and vegetation density patterns in Bandung Municipality. The analysis was conducted using Landsat 8 imagery, which was then assisted by a GIS program, resulting in Land Surface Temperature (LST) maps to obtain land surface temperature patterns and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) maps to obtain vegetation density patterns. Based on the results of this study, it was identified that Bandung Municipality experienced an increase in surface temperature of around 28.57% between 2018 and 2022. This condition is also influenced by the reduced vegetation density in Bandung Municipality in 2022. Population increase, land cover conversion, and anthropogenic activities in urban areas may be the factors that cause the increase of surface temperature. Therefore, comprehensive policies such as increasing green areas, using heat-reflecting materials, and developing mass public transportation systems, need to be implemented to reduce the negative impacts of the UHI phenomenon in Bandung Municipality.

Keywords: Urban Heat Island, Bandung Municipality, Land Surface Temperature (LST), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Abstrak: Fenomena Urban Heat Island (UHI) merupakan peristiwa peningkatan suhu di wilayah perkotaan, yang menjadi lebih tinggi jika dibandingkan dengan suhu pinggiran kota. Bandung merupakan salah satu kota yang diindikasikan mengalami kenaikan suhu permukaan akibat pesatnya pembangunan. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi terhadap fenomena UHI yang terjadi, melalui analisis pada pola spasial suhu permukaan dan pola kerapatan vegetasi yang terdapat di Kota Bandung. Analisis tersebut dilakukan dengan menggunakan citra *Landsat 8*, yang kemudian dibantu oleh program GIS, sehingga menghasilkan peta *Land Surface Temperature (LST)* untuk memperoleh pola suhu permukaan lahan dan peta *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* untuk memperoleh pola kerapatan vegetasi. Berdasarkan hasil penelitian ini, teridentifikasi bahwa Kota Bandung mengalami peningkatan suhu permukaan sekitar 28,57% antara tahun 2018 dan tahun 2022. Kondisi ini juga dipengaruhi oleh berkurangnya kerapatan vegetasi di Kota Bandung pada tahun 2022. Peningkatan jumlah penduduk, perubahan tutupan tanah, dan aktivitas antropogenik di perkotaan kemungkinan menjadi faktor yang menyebabkan terjadinya kenaikan suhu permukaan. Sehingga, kebijakan yang komperhensif seperti peningkatan kawasan hijau, penggunaan material yang mampu memantulkan panas, dan pengembangan sistem transportasi umum massal, perlu diterapkan untuk dapat mengurangi dampak negatif dari fenomena UHI yang terjadi di Kota Bandung.

Kata Kunci: Urban Heat Island, Kota Bandung, Land Surface Temperature (LST), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

PENDAHULUAN

Fenomena *Urban Heat Island* (UHI) merupakan peristiwa di mana terjadinya peningkatan suhu di wilayah pusat perkotaan menjadi lebih tinggi, jika dibandingkan dengan suhu di wilayah pinggiran sekitarnya (Darlina et al., 2018). UHI merupakan istilah yang mengarah pada efek yang ditimbulkan oleh perkembangan perkotaan dan aktivitas manusia terhadap peningkatan suhu di dalam dan sekitar kota (Magee et al., 1999). UHI diibaratkan sebagai sebuah pulau atau area dengan suhu permukaan tinggi yang terpusat di kawasan perkotaan (*urban*), yang kemudian suhunya semakin menurun di kawasan rural (*sub-urban*) di sekitarnya (Hardyanti et al., 2017). Fenomena UHI pertama kali diteliti pada daerah perkotaan London, Inggris pada tahun 1810 oleh seorang ahli meteorologi asal Inggris bernama Luke Howard. Sejak saat itu, ilmuwan diseluruh dunia mulai ikut melakukan penelitian yang mendalam terkait UHI (Baroroh & Pangi, 2018). Fenomena UHI dapat menimbulkan berbagai dampak negatif bagi lingkungan dan juga kesehatan manusia. Peningkatan suhu menyebabkan naiknya konsumsi energi untuk kebutuhan pendinginan (Gago et al., 2013). Berdasarkan studi dari U.S. Environmental Protection Agency (2008), sebagian besar energi listrik di Amerika bersumber dari pembakaran bahan bakar fosil yang meningkatkan polusi udara dan emisi. Polutan yang dihasilkan seperti sulfur dioksida (SO₂), nitrogen oksida (NO_x), materi partikulat (PM), karbon monoksida (CO), merkuri (Hg), dan karbon dioksida (CO₂), kemudian berdampak terhadap masalah kualitas udara dan mengakibatkan efek gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap perubahan iklim global. Dampak buruk dari UHI ini merupakan salah satu penyebab dari terjadinya pemanasan global (Corburn, 2009). Kenaikan suhu diperkotaan juga memberikan beberapa dampak negatif bagi kesehatan manusia (Jacob & Winner, 2009). Dampak dari UHI khususnya pada musim kemarau akan membuat orang menjadi tidak nyaman, sehingga berdampak kepada kesehatan yang terganggu (Nuruzzaman & Syahrul, 2016). Ridwan (2024) menunjukkan bahwa, dampak kesehatan akibat peningkatan suhu tersebut ditimbulkan oleh tekanan termal, yang secara linear juga berhubungan dengan angka kematian pada musim panas di dan sekitar Shanghai. Analisis terkait gelombang panas yang dilakukan di Chicago pada tahun 1995 juga menunjukkan, bahwa peluang masyarakat masuk rumah sakit karena suhu panas yang terjadi di kota, lebih besar dibandingkan dengan mereka yang tinggal di pinggiran kota (Rydman et al., 1999).

Hasil yang sama juga terjadi dimana kasus kematian akibat gelombang panas di wilayah perkotaan, lebih besar jika dibandingkan dengan wilayah dipinggiran kota di Swiss (Thommen, 2005). Hal ini menunjukkan bahwa UHI juga berkontribusi langsung pada peningkatan angka kematian akibat dari paparan panas ekstrem.

Fenomena UHI sangat ditentukan oleh karakteristik yang dapat menimbulkan iklim perkotaan tertentu dan mengubah kondisi lingkungan. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya UHI. Meningkatnya jumlah dan kepadatan penduduk merupakan faktor yang memberikan kontribusi besar terhadap UHI, karena akan berpengaruh pada meningkatnya jumlah tempat tinggal atau bangunan serta tempat untuk aktivitas manusia yang berdampak pada meningkatnya penggunaan material perkerasan seperti beton yang cenderung menyerap banyak radiasi matahari dan kemudian akan memerangkap panas matahari (Kullberg & Feeley, 2023). Berdasarkan proyeksi, nantinya sekitar 67% penduduk dunia akan menjadi penduduk yang tinggal di kawasan perkotaan pada tahun 2050 (Widyaningrum, 2018). Dengan demikian, fenomena UHI menjadi salah satu tantangan di kawasan perkotaan, seiring dengan proyeksi peningkatan urbanisasi yang akan semakin mempengaruhi pembangunan di masa mendatang.

Faktor lain yang menyebabkan terjadinya UHI, salah satunya adalah pengaruh konteks geografis, yaitu cuaca, iklim regional, serta kondisi atmosfer (Michau et al., 2023). Peristiwa *El-Nino* dan *La-Nina* juga dapat mempengaruhi tingkat UHI yang terjadi pada suatu kota (Zulkifar et al., 2022). Aktivitas antropogenik juga merupakan salah satu penyebab terjadinya UHI (Vásquez-Álvarez et al., 2022). Pelepasan panas berlebih akibat aktivitas manusia dari dalam kota yang biasa disebut dengan panas antropogenik, mencakup panas yang keluar dari mobil, rumah, pabrik, atau sumber manusia lainnya (Magee et al., 1999). Meskipun kota menempati 2% permukaan bumi, namun penduduknya mengonsumsi 75% sumber daya energi dunia (Gago et al., 2013). Emisi panas antropogenik ini juga salah satunya dihasilkan oleh lalu lintas kendaraan (Mussetti et al., 2022). Emisi yang dihasilkan kendaraan bermotor mengandung senyawa seperti nitrogen, karbon dioksida, karbon monoksida dan lain sebagainya akan mengakibatkan terjadinya polusi udara (Restiana & Permadi, 2023). Polusi yang dihasilkan oleh banyak dan padatnya kendaraan ini akan menimbulkan *dust dome* atau selubung polutan yang menyelimuti kota, lalu membuat pola sirkulasi atmosfer

perkotaan yang unik dan mengakibatkan munculnya perbedaan suhu yang signifikan di daerah perkotaan yang kemudian disebut dengan *Urban Heat Island* (Baroroh & Pangi, 2018). Panas dari radiasi matahari dan berbagai aktivitas perkotaan tersebut dapat membuat suhu kota meningkat pada wilayah tertentu. Jika dibiarkan tanpa melakukan upaya minimalisasi atau pencegahan, hal ini akan menyebabkan *backwash effect* yang makin memperburuk kondisi lingkungan dan sekitarnya (Machmud & Nouri, 2024). Kemudian, penelitian yang dilakukan oleh (Wong & Yu, 2005) tentang *Study of green areas and urban heat island in a tropical city* di Singapura juga menunjukkan, bahwa efek UHI semakin parah akibat hilangnya kawasan hijau di lingkungan perkotaan, yang disebabkan oleh meningkatnya populasi secara cepat sehingga menyebabkan tuntutan untuk mengkonversi sumber daya alam. Hal ini dibuktikan dengan adanya perbedaan suhu maksimum sebesar 4,01 derajat celsius antara area yang banyak tanaman dengan area CBD, yang mana hal ini terkait dengan penggunaan lahan di Singapura. Adanya perubahan tutupan tanah di wilayah perkotaan mengakibatkan berkurangnya naungan dan kelembapan yang menjaga kawasan perkotaan tetap sejuk (U.S. Environmental Protection Agency, 2008). Kondisi ini menunjukkan bahwa berkurangnya vegetasi atau pepohonan juga akan memperparah UHI. Hal tersebut dikarenakan vegetasi yang biasanya mendominasi lanskap, dapat memberikan keteduhan dan membantu menurunkan suhu melalui proses yang disebut evapotranspirasi, di mana tanaman melepaskan air ke udara sekitarnya, sehingga dapat menghilangkan panas di sekitar.

Dalam dua dekade terakhir, suhu bumi secara global meningkat sebesar 0.6 derajat celsius (Ahmad & Urufi, 2021). Kota yang adaptif terhadap perubahan iklim pun menjadi isu penting yang disoroti dalam beberapa tahun terakhir (Esperon-Rodriguez et al., 2021). Sebagai salah satu negara tropis, Indonesia menjadi salah satu negara yang mengalami fenomena ini. Kondisi tersebut disebabkan karena negara-negara dengan iklim tropis memiliki kemungkinan besar untuk dapat mengalami UHI (McGregor & Nieuwolt, 1998). Di Indonesia, Kota Bandung menjadi salah satu kota yang diindikasikan mengalami kenaikan suhu di kawasan perkotaannya. Semakin bertambahnya jumlah penduduk dan pesatnya pembangunan di Kota Bandung juga mengakibatkan bertambahnya aktivitas masyarakat yang kemudian berdampak pada peningkatan suhu. Pada tahun 1996, suhu udara maksimum di Kota Bandung adalah 25,8 derajat celsius, sedangkan pada tahun 2018 suhu maksimumnya meningkat hingga

menyentuh angka 36,1 derajat celcius (Naf & Hernawati, 2018). Berkurangnya lahan bervegetasi akibat konversi lahan alami ke lahan buatan manusia juga menjadi faktor yang menyebabkan terjadinya kenaikan suhu di Kota Bandung (Himayah, 2019).

UHI dapat dideteksi di beberapa kota di seluruh dunia (Vásquez-Álvarez et al., 2022). UHI sendiri sebenarnya diidentifikasi dari kenaikan suhu udara dan panas relatif pada sebuah permukaan atau material di atasnya (Putra Arie Gayo, 2023). Sehingga dapat dijelaskan bahwa interaksi energi termal dari matahari yang serap oleh objek di permukaan bumi merupakan konsep dasar dari UHI (Fawzi, 2017). Berdasarkan konsep tersebut, suhu permukaan tanah merupakan indikator yang digunakan dalam mengidentifikasi UHI. Suhu permukaan yang tinggi tersebut kemudian dapat memengaruhi suhu udara, karena panas yang tersimpan pada permukaan tanah dan material perkotaan, seperti beton dan aspal, akan dilepaskan ke atmosfer, terutama pada malam hari. Proses ini menyebabkan peningkatan suhu udara di kawasan perkotaan, yang akhirnya berkontribusi pada meningkatnya suhu kota secara keseluruhan. Oleh karena itu, penelitian ini akan coba mengidentifikasi fenomena UHI yang terjadi di Kota Bandung melalui analisis terhadap perubahan suhu permukaan beserta pola persebarannya. Selain itu, pola kerapatan vegetasi juga akan diidentifikasi pada penelitian ini, karena kondisinya dapat mempengaruhi perubahan suhu pada permukaan tanah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu acuan bagi pemerintah dalam merumuskan kebijakan, terutama dalam perencanaan penataan ruang sebagai upaya menyikapi perubahan iklim, serta mendorong penelitian-penelitian selanjutnya, terutama yang berkaitan dengan konteks sumber daya dan lingkungan.

METODE

Penelitian ini mencoba mengidentifikasi kembali perkembangan fenomena UHI yang terjadi di Kota Bandung, terutama antara tahun 2018 dengan tahun 2022. Pemilihan rentang tahun untuk analisis UHI tersebut didasarkan pada beberapa alasan. Rentang waktu tersebut dapat memberikan data terbaru yang relevan untuk menganalisis perubahan suhu dan pola. Selain itu, periode ini juga mencakup tahun-tahun yang secara signifikan berbeda dalam hal aktivitas manusia akibat terjadinya pandemi COVID-19. Tahun 2019 hingga 2021 merupakan periode di mana terjadi pembatasan aktivitas akibat pandemi, yang menyebabkan penurunan emisi karbon dari kendaraan bermotor dan industri. Penurunan aktivitas ini memberikan kesempatan unik

untuk menganalisis bagaimana penurunan emisi mempengaruhi suhu perkotaan dan intensitas UHI. Pada tahun 2022, aktivitas manusia kembali normal seperti sebelum pandemi, sementara pada tahun 2018, aktivitas berjalan seperti biasa tanpa adanya pembatasan. Dengan demikian, periode ini memungkinkan untuk membandingkan suhu sebelum, selama, dan setelah pandemi, serta melihat apakah ada perubahan signifikan dalam intensitas UHI akibat fluktuasi aktivitas manusia.

Kota Bandung dikenal dengan aktivitas ekonomi, pendidikan, dan sosial yang intensif, yang diperkirakan dapat mempengaruhi fenomena UHI. Secara geografis, Kota Bandung terletak di koordinat 6°54'53" - 7°1'11" LS dan 107°32'18" - 107°43'48" BT. Identifikasi dilakukan melalui analisis terhadap pola spasial suhu permukaan dan pola kerapatan vegetasi yang terdapat di Kota Bandung. Sebagai upaya mitigasi di wilayah perkotaan, UHI dapat diprediksi dengan menggunakan citra *Landsat 8*, yang proses analisisnya dibantu oleh program GIS (Sartina et al., 2023). Citra *Landsat 8* sendiri merupakan data penginderaan jarak jauh yang dapat dimanfaatkan untuk memperoleh data suhu permukaan lahan yang hasilnya berupa peta *Land Surface Temperature* (LST) yang merupakan peta estimasi suhu permukaan daratan (Liwana & Latue, 2023). Sementara itu, untuk memperoleh nilai kerapatan vegetasi, digunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), yang biasa digunakan untuk menganalisis kondisi vegetasi (Indrawati et al., 2020).

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra satelit *Landsat 8* OLI/TIRS untuk periode tahun 2018 hingga 2022 yang diunduh dari *United States Geological Survey* (USGS) dengan syarat tutupan awan kurang dari 10% untuk memastikan kualitas data yang baik. Data citra satelit tersebut pertama-tama dikoreksi secara radiometrik untuk memperbaiki nilai piksel yang terganggu oleh atmosfer. Setelah itu, citra juga dikoreksi secara geometrik untuk menghilangkan distorsi yang disebabkan oleh kelengkungan bumi. Citra yang sudah dikoreksi kemudian dipotong sesuai dengan batas administrasi Kota Bandung. Kemudian, proses identifikasinya dilakukan sebagai berikut:

Temperature Brightness

Proses ini melibatkan konversi nilai piksel citra menjadi nilai radian spektral menggunakan persamaan:

$$L_{\lambda} = M_L \times Q_{cal} + A_L$$

Keterangan :

- $L\lambda$ = TOA radiance (nilai pancaran)
- M_L = Band-specific multiplicative rescaling factor
- A_L = Band-specific additive rescaling factor
- Q_{cal} = DN pada setiap piksel dalam band citra Landsat

Untuk nilai ML dan AL dapat di lihat pada meta data citra landsat 8 yang di gunakan

```

QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_11 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_11 = 1
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2152E-02
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.2444E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1467E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 9.6698E-03
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 5.9174E-03
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.4716E-03
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 4.9601E-04
RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.0944E-02
RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.3127E-03
RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04
RADIANCE_MULT_BAND_11 = 3.3420E-04
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -60.76163
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -62.22065
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -57.33580
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -48.34878
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -29.58704
RADIANCE_ADD_BAND_6 = -7.35803
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.48005
RADIANCE_ADD_BAND_8 = -54.71751
RADIANCE_ADD_BAND_9 = -11.56329
RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000
RADIANCE_ADD_BAND_11 = 0.10000
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
    
```

Gambar 1. Meta Data Citra Landsat 8

Konversi Radian ke Kelvin, menggunakan persamaan:

$$T = T = K2 / \ln (K1 / L\lambda + 1)$$

Keterangan:

- T = Suhu (Kelvin)
- $L\lambda$ = Nilai Radian pada band thermal
- K1 = Konstanta kalibrasi radian spektral ($W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$) yang diperoleh dari metadata citra satelit yang digunakan
- K2 = Konstanta kalibrasi suhu absolut (K) yang diperoleh dari metadata citra satelit.

Konversi Kelvin ke Celsius

Suhu dalam Kelvin kemudian dikonversi ke Celsius menggunakan persamaan:

$$BT = T - 273.15$$

Di mana BT adalah kecerahan suhu dalam Celsius.

Indeks Vegetasi (*NDVI*)

Menghitung NDVI untuk menentukan emisivitas permukaan menggunakan persamaan:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

Keterangan:

NIR = Radiasi inframerah dekat dari piksel.

RED = Radiasi cahaya merah dari piksel.

Proportion of Vegetation (PV)

Nilai PV didapatkan dengan menskalakan NDVI untuk meminimalkan gangguan dari kondisi tanah yang lembab dan fluks energi permukaan. Nilai PV kemudian didapat dengan persamaan sebagai berikut:

$$PV = [(NDVI - NDVI \text{ min}) / (NDVI \text{ max} + NDVI \text{ min})]^2$$

Keterangan:

NDVI min = nilai NDVI terkecil

NDVI max = nilai NDVI tertinggi

Emisivitas Permukaan

Emisivitas permukaan menjadi penting terutama untuk mengurangi kesalahan dalam estimasi suhu permukaan menggunakan citra satelit. Emisivitas permukaan dihitung dengan persamaan:

$$E = 0.004 \times PV + 0.986$$

Land Surface Temperature (LST)

Setelah mengetahui nilai emisivitas dan merubah nilai *digital number* kedalam *radiance* serta merubah suhu kelvin ke celcius, selanjutnya LST dirumuskan dan ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$LST = (BT / 1 + W * (BT / p) * \ln(E))$$

Keterangan:

BT = temperatur kecerahan satelit (°C)

W = panjang gelombang radiasi (11.5 μm)

p = $h \cdot c / s$ (14380 mK) h = Konstanta Planck – $6.626 \cdot 10^{-34}$ Js, c = Kecepatan cahaya – $2.998 \cdot 10^8$ m/s

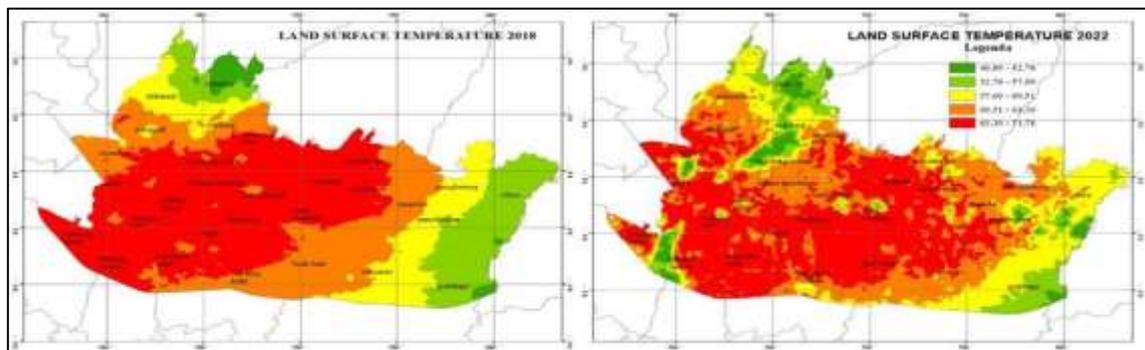
s = Konstanta Boltzmann – $1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K E= emisivitas permukaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Analisis yang telah dilakukan menunjukkan dinamika pola distribusi suhu

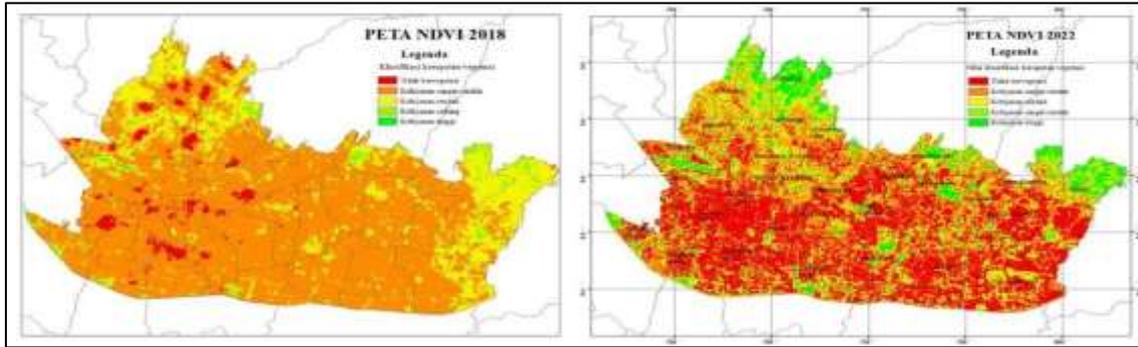
permukaan di Kota Bandung selama periode pengamatan, yang mencerminkan pengaruh aktivitas perkotaan dan karakteristik lingkungan pada berbagai area. Berdasarkan hasil analisis *Land Surface Temperature* (LST) yang menggunakan citra satelit Landsat 8, teridentifikasi perbedaan kondisi pola spasial suhu permukaan di Kota Bandung antara tahun 2018 dan tahun 2022. Meskipun terdapat perbedaan pola, dapat dilihat bahwa pada tahun 2018 maupun 2022, area perkotaan yang terletak di bagian tengah Kota Bandung masih didominasi oleh warna merah, yang menunjukkan suhu permukaan yang tinggi. Sedangkan, semakin ke samping suhu permukaan mengalami penurunan, yang ditunjukkan oleh perubahan warna, mulai dari oranye hingga hijau. Hasil analisis yang menunjukkan kondisi pola spasial suhu permukaan di Kota Bandung



tersebut dapat dilihat pada gambar peta berikut.

Gambar 2. Peta LST Kota Bandung Tahun 2018 dan Tahun 2022 Sumber: Hasil Analisis

Selain itu, Kota Bandung juga mengalami penurunan nilai kerapatan vegetasi, yang kemudian berkontribusi pada peningkatan suhu permukaan dan memicu terjadinya fenomena UHI di kawasan perkotaan. Berdasarkan hasil analisis *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), yang juga menggunakan citra satelit Landsat 8, terlihat bahwa kondisi tutupan vegetasi di Kota Bandung antara tahun 2018 dan tahun 2022 juga mengalami perubahan. Kondisi yang paling jelas terlihat adalah meluasnya area yang tidak ditutupi oleh vegetasi pada tahun 2022, yang ditunjukkan oleh dominasi warna merah pada pola spasial kerapatan vegetasi di Kota Bandung. Hasil analisis yang menunjukkan kondisi pola spasial kerapatan vegetasi di Kota Bandung tersebut dapat dilihat pada gambar peta berikut.



Gambar 3. Peta NDVI Kota Bandung Tahun 2018 dan Tahun 2022 Sumber: Hasil Analisis

Hasil temuan dari analisis tersebut menunjukkan hubungan yang erat antara perubahan suhu permukaan dan kerapatan vegetasi di Kota Bandung, di mana dinamika pola spasial suhu permukaan mencerminkan pengaruh dari penurunan tutupan vegetasi dalam periode pengamatan. Kerapatan vegetasi yang menurun kemudian memperbesar potensi penyerapan dan pelepasan panas oleh permukaan tanah serta material perkotaan seperti beton dan aspal. Perubahan ini memberikan gambaran mengenai dampak aktivitas perkotaan terhadap fenomena *urban heat island* (UHI) yang terjadi di Kota Bandung.

Pembahasan

Kota Bandung merupakan Ibukota Provinsi Jawa Barat yang terbagi menjadi 30 kecamatan. Berdasarkan kebijakan penataan ruangnya, Kota Bandung juga dibagi ke dalam 8 (delapan) sub wilayah kota (SWK). Diantaranya adalah SWK Bojonegara, SWK Cibeunying, SWK Tegallega, SWK Karees, SWK Arcamanik, SWK Kordon, SWK Gedebage dan SWK Ujungberung. Konsep dari fenomena UHI pada dasarnya adalah peningkatan suhu akibat serapan energi panas matahari oleh objek di permukaan bumi, yang sering kali terjadi di daerah perkotaan (Fawzi, 2017; Gayo, 2023). Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan di Kota Bandung, pada tahun 2018 wilayah dengan pola spasial yang memiliki suhu permukaan tertinggi juga berpusat di area tengah kota, yakni di sekitar SWK Tegallega, SWK Karees, serta di sebagian SWK lain yang berdekatan dengan wilayah tersebut. Kondisi panas pada suhu permukaan tersebut ditunjukkan dengan warna merah dan oranye, dengan suhu permukaan tertinggi mencapai 56 derajat celcius. Sementara itu, pada area pinggiran kota tepatnya sebelah utara dan timur Kota Bandung, suhunya jauh lebih rendah, kondisi ini ditandai dengan warna kuning dan hijau.

Seiring berjalannya waktu, terjadi perubahan pada pola spasial suhu permukaan di

Kota Bandung ke arah yang lebih buruk. Berdasarkan hasil analisis pada tahun 2022, terlihat pola spasial yang memiliki suhu tertinggi mulai mengalami pelebaran. SWK Gedebage dan SWK Ujungberung yang pada tahun 2018 masih didominasi oleh warna kuning dan hijau, pada tahun 2022 telah mengalami kenaikan pada suhu permukaannya. Kondisi tersebut ditunjukkan dengan warna merah dan oranye yang mulai menyebar ke arah timur Kota Bandung. Pada tahun 2022, suhu permukaan tertinggi meningkat sebesar 16 derajat celsius atau sekitar 28,57%, yakni mencapai 72 derajat celsius.

Kondisi suhu permukaan pada area utara dan timur Kota Bandung juga mulai mengalami peningkatan, yang ditandai dengan semakin berkurangnya warna hijau pada area tersebut. Perluasan area yang mengalami peningkatan suhu permukaan di Kota Bandung juga kemungkinan disebabkan oleh meningkatnya jumlah dan kepadatan penduduk. Peningkatan sebesar \pm 78 ribu jiwa pada jumlah penduduk di Kota Bandung juga terjadi antara tahun 2018 dan tahun 2022 (Badan Pusat Statistik, 2023). Kondisi tersebut kemudian berpengaruh terhadap semakin tingginya kebutuhan akan tempat tinggal maupun tempat beraktivitas yang dapat mengakibatkan meningkatnya pembangunan. Penggunaan material perkerasan seperti beton pun meningkat, sehingga kemudian menyerap dan memerangkap banyak radiasi panas matahari (Kullberg & Feeley, 2023).



Gambar 4. Statistik Jumlah Penduduk di Kota Bandung Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Bandung

Panas yang tersimpan pada permukaan tanah dan material perkotaan tersebut kemudian akan dilepaskan ke atmosfer, sehingga menyebabkan peningkatan suhu kota secara keseluruhan. Peningkatan suhu tersebut kemudian dapat mempengaruhi peningkatan konsumsi energi, khususnya di kawasan perkotaan. Ketika kondisi panas yang terik, masyarakat cenderung akan menjalankan sistem pendingin, sehingga menambah tekanan pada jaringan listrik, baik pada saat di kantor maupun di rumah (U.S. Environmental Protection Agency, 2008). Penelitian yang dilakukan oleh Magli et

al. (2015) juga menunjukkan, bahwa fenomena UHI mengakibatkan dampak terhadap konsumsi energi pada suatu gedung referensi, sehingga menimbulkan peningkatan emisi tahunan yang setara CO₂ hingga 7%. Kondisi juga semakin memperburuk kualitas lingkungan, terutama di kawasan perkotaan. Peningkatan jumlah penduduk juga mengakibatkan peningkatan pada penggunaan kendaraan bermotor, sebagai salah satu aktivitas antropogenik yang energinya di dapat dari sumber bahan bakar fosil. Berdasarkan pernyataan dari Kepala Bidang Lalu Lintas dan Perlengkapan Jalan Dinas Perhubungan Kota Bandung, volume kendaraan yang tercatat berada di Kota Bandung saat ini sebanyak 2,2 juta unit (Putra, 2023). Kemungkinan, banyaknya volume kendaraan ini juga dipengaruhi oleh masuknya kendaraan dari kota atau kabupaten sekitar di luar Kota Bandung yang melakukan aktivitas di dalam wilayah administrasi Kota Bandung. Emisi yang timbul dari kegiatan ini juga mempengaruhi proses terjadinya UHI. Polutan udara yang dihasilkan juga akan diserap dan dipancarkan kembali oleh banyaknya aerosol di wilayah perkotaan yang tercemar sehingga terbentuk efek rumah kaca karena pendinginan permukaan radiasi yang terhambat (Rizwan et al., 2008). Kondisi ini menunjukkan bahwa lingkungan perkotaan telah mengalami perubahan ke arah yang buruk, akibat aktivitas manusia dari dalam kota yang masih memberikan kontribusi besar terhadap terjadinya UHI di Kota Bandung.

Peningkatan aktivitas manusia tersebut juga berpengaruh terhadap berbagai faktor seperti berkurangnya lahan bervegetasi akibat konversi lahan alami ke lahan buatan manusia, yang kemudian memperparah kenaikan suhu permukaan. Peningkatan suhu permukaan di Kota Bandung juga dipengaruhi oleh berkurangnya area yang ditutupi oleh vegetasi. Hilangnya kawasan hijau yang dapat memberikan keteduhan dan membantu menurunkan suhu akan semakin memperparah *urban heat island* yang terjadi di lingkungan perkotaan (Wong & Yu, 2005). Hasil analisis NDVI menunjukkan, meskipun pola kerapatan vegetasi pada tahun 2018 didominasi oleh warna oranye, yang menunjukkan tingkat kerapatan vegetasinya masih rendah, kondisi sebaran tutupan vegetasi di Kota Bandung masih cukup merata. Sementara itu pada tahun 2022, hasil analisis NDVI menunjukkan bahwa tingkat kerapatan vegetasi di Kota Bandung mulai tidak merata. Kondisi ini ditunjukkan dengan dominasi warna merah yang terlihat pada pola kerapatan vegetasi pada tahun 2022. Meskipun terdapat beberapa area dan bagian kecil kota yang kondisi kerapatan vegetasinya sudah mulai tinggi, namun sebagian besar

lokasinya terletak di pinggiran atau di area batas kota. Sedangkan pada area pusat perkotaan, hasil analisis NDVI mengindikasikan bahwa area-area tersebut memiliki kerapatan vegetasi yang sangat rendah atau bahkan sudah tidak lagi memiliki vegetasi. Terjadinya perubahan jenis tutupan permukaan tanah menjadi perkerasan, mengakibatkan berkurangnya tutupan vegetasi yang dapat menjaga kawasan perkotaan untuk tetap sejuk (U.S. Environmental Protection Agency, 2008).

Secara keseluruhan sebuah perencanaan untuk mitigasi intensitas UHI tidaklah mudah dan kebijakannya perlu disesuaikan dengan karakteristik masing-masing kota. Kebijakan yang diambil harus mencakup keseluruhan sistem perkotaan secara komprehensif dan tidak hanya berfokus pada efek UHI saja (Debbage & Shepherd, 2015). Peningkatan penghijauan dapat menjadi solusi awal untuk mengatasi permasalahan UHI di perkotaan. Hal ini dikarenakan ruang hijau dapat memperluas efek pendinginan skala mikro paling besar selama kondisi dengan intensitas UHI tinggi dan gelombang panas (Gunawardena et al., 2017). Kemudian, solusi juga dapat dilakukan pada bangunan, seperti penerapan *roof garden* atau bumbung hijau dan penggunaan material yang memantulkan panas. Sedangkan pada tapak, solusi yang dapat digunakan adalah seperti inovasi *cool pavements*, yakni penggunaan material alami, seperti misalnya pada lahan parkir. Dari aspek aktivitas antropogenik, solusi seperti peningkatan efisiensi energi melalui penggunaan kendaraan berbahan bakar listrik, serta melakukan manajemen transportasi dengan mengembangkan sistem transportasi umum massal yang lebih baik juga dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan dari terjadinya UHI.

SIMPULAN

Konsep dasar UHI adalah interaksi dari energi termal matahari yang diterima oleh objek di permukaan bumi. Penggunaan perkerasan aspal dan beton, cenderung akan menyerap dan memerangkap banyak radiasi panas matahari. Berdasarkan hasil penelitian, teridentifikasi bahwa Kota Bandung mengalami peningkatan suhu antara tahun 2018 dan tahun 2022. Kondisi ini sejalan dengan berkurangnya nilai kerapatan vegetasi di Kota Bandung pada tahun 2022. Terjadinya UHI di Kota Bandung awalnya berpusat di kawasan pusat kota, karena pada kawasan ini padat dengan bangunan sehingga memiliki konduktivitas termal yang tinggi dan menyebabkan suhu di area pusat kota lebih tinggi, yang kemudian dapat menyebar ke area di sekitarnya. Hal ini sesuai dengan beberapa literatur yang menunjukkan, bahwa meningkatnya penggunaan

material yang cenderung menyerap banyak radiasi matahari dan berkurangnya area hijau diperkotaan akan memerangkap panas matahari sehingga membuat suhu kota meningkat.

Kondisi ini juga kemudian diperparah dengan meningkatnya aktivitas antropogenik di perkotaan, yang salah satunya menghasilkan emisi panas kendaraan akibat meningkatnya volume kendaraan. Faktor ini ditandai oleh meningkatnya volume kendaraan yang masuk ke Kota Bandung yang jumlahnya sudah hampir sama dengan jumlah penduduk Kota Bandung. Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui juga bahwa kendaraan adalah salah satu sumber yang berkontribusi terhadap terjadinya *Urban Heat Island*. Aktivitas masyarakat yang menggunakan teknologi yang tidak ramah lingkungan juga memberikan kontribusi terhadap terjadinya UHI akibat peningkatan penggunaan energi listrik yang sumber energinya masih didominasi oleh sumber bahan bakar fosil. Oleh karena itu, diperlukan upaya mitigasi yang komprehensif untuk menangani fenomena UHI yang terjadi. Mengingat penyebab UHI berasal dari berbagai faktor yang merupakan tantangan utama perkotaan, rekomendasi mitigasi yang dilakukan harus mampu mengurangi dampak negatif UHI sekaligus meningkatkan kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat, khususnya di Kota Bandung.

DAFTAR RUJUKAN

- Ahmad, A. Q., & Urufi, Z. (2021). Analisis Pengaruh Variabel Antropogenik Terhadap Urban Heat Island di Kota Bandung. *Prosiding FTSP Series*.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Kabupaten Takalar Dalam Angka Tahun 2023*.
- Baroroh, N., & Pangi. (2018). *Perubahan Penutup Lahan dan Kerapatan Vegetasi terhadap Urban Heat Island di Kota Surakarta*.
- Corburn, J. (2009). Cities, Climate Change and Urban Heat Island Mitigation: Localising Global Environmental Science. *Urban Studies*, 46(2), 413–427. <https://doi.org/10.1177/0042098008099361>
- Darlina, S. P., Sasmito, B., & Yuwono, B. D. (2018). Analisis Fenomena Urban Heat Island Serta Mitigasinya (Studi Kasus: Kota Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(3), 77–87.
- Debbage, N., & Shepherd, J. M. (2015). The urban heat island effect and city contiguity. *Computers, Environment and Urban Systems*, 54, 181–194. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.08.002>
- Gago, E. J., Roldan, J., Pacheco-Torres, R., & Ordóñez, J. (2013). The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 749–758. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.057>

- Gunawardena, K. R., Wells, M. J., & Kershaw, T. (2017). Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. *Science of The Total Environment*, 584–585, 1040–1055. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>
- Hardyanti, L., Sobirin, S., & Wibowo, A. (2017). Variasi Spasial Temporal Suhu Permukaan Daratan di Kota Jakarta tahun 2015 dan 2016. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 8, 704–713.
- Himayah, S. (2019). Perubahan Temperatur Permukaan Lahan Di Kota Bandung Tahun 2009-2018. *Jurnal Geografi Gea*, 19(2), 105–112.
- Indrawati, D. M., Suharyadi, S., & Widayani, P. (2020). Analisis Pengaruh Kerapatan Vegetasi Terhadap Suhu Permukaan dan Keterkaitannya Dengan Fenomena UHI. *Media Komunikasi Geografi*, 21(1), 99. <https://doi.org/10.23887/mkg.v21i1.24429>
- Jacob, D. J., & Winner, D. A. (2009). Effect of climate change on air quality. *Atmospheric Environment*, 43(1), 51–63. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.09.051>
- Kullberg, A. T., & Feeley, K. J. (2023). Urban Heat Islands and What They Can Teach Us About Climate Change. *Frontiers for Young Minds*, 11.
- Liwan, S., & Latue, P. C. (2023). Analisis Spasial Perubahan Suhu Permukaan Daratan Kota Kupang Menggunakan Pendekatan Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI). *Buana Jurnal Geografi, Ekologi Dan Kebencanaan*, 1(1), 14–20. <https://doi.org/10.56211/buana.v1i1.343>
- Machmud, S. K., & Nouri, M. N. (2024). Pengaruh Karakteristik Komuter Di Kota-Kota Satelit Pada Kawasan Jabodetabek. *EDUSAINTEK: Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 11(3). <https://doi.org/10.47668/edusaintek.v11i3.1286>
- Magee, N., Wendler, G., & Curtis, J. (1999). The Urban Heat Island Effect at Fairbanks, Alaska. *Theoretical and Applied Climatology*, 64(1–2), 39–47. <https://doi.org/10.1007/s007040050109>
- Magli, S., Lodi, C., Lombroso, L., Muscio, A., & Teggi, S. (2015). Analysis of the urban heat island effects on building energy consumption. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 6, 91–99.
- McGregor, G. R., & Nieuwolt, S. (1998). *Tropical Climatology: An introduction to the Climates of Low Latitudes* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Michau, Y., Lemonsu, A., Lucas-Picher, P., & Caillaud, C. (2023). Evaluation of the Urban Heat Island of 12 cities of France in a high-resolution regional climate model simulation. *Urban Climate*, 47, 101386. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101386>
- Mussetti, G., Davin, E. L., Schwaab, J., Acero, J. A., Ivanchev, J., Singh, V. K., Jin, L., & Seneviratne, S. I. (2022). Do Electric Vehicles Mitigate Urban Heat? The Case of a Tropical City. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.810342>
- Naf, M. Z. T., & Hernawati, R. (2018). Analisis fenomena UHI (Urban Heat Island) berdasarkan hubungan antara kerapatan vegetasi dengan suhu permukaan. *ITB Indonesian Journal of Geospatial*, 5(1), 25–36.

- Nuruzzaman, H., & Syahrul, F. (2016). Analisis risiko kejadian demam tifoid berdasarkan kebersihan diri dan kebiasaan jajan di rumah. *Jurnal Berkala Epidemiologi*, 4(1), 74–86.
- Putra Arie Gayo, A. (2023). Urban Heat Island Pada Kota Industri. *EDUSAINTEK: Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 10(1), 212–220. <https://doi.org/10.47668/edusaintek.v10i1.642>
- Putra, W. (2023). Jumlah Kendaraan di Bandung Hampir Menyamai Populasi Warga, Ini Kata Pengamat. In *Detik Jabar*. Detik.com.
- Restiana, D. I., & Permadi, D. A. (2023). Estimasi Penurunan Emisi Pencemar Udara Pengaruh Dari Pengoperasian Bus Rapid Transit (BRT) Di Kota Bandung. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(2).
- Ridwan, M. K. (2024). *Fisika Energi Lingkungan Perkotaan: Upaya Memahami dan Mengurangi Iklim Panas Perkotaan*. UGM PRESS.
- Rizwan, A. M., Dennis, L. Y. C., & Liu, C. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 120–128. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)60019-4](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)60019-4)
- Rydman, R. J., Rumoro, D. P., Silva, J. C., Hogan, T. M., & Kampe, L. M. (1999). The rate and risk of heat-related illness in hospital emergency departments during the 1995 Chicago heat disaster. *Journal of Medical Systems*, 23(1), 41–56. <https://doi.org/10.1023/A:1020871528086>
- Sartina, Zhiddiq, S., Suprpta, Maddatuang, Basram, N., Rusdi, & Maru, R. (2023). Urban Heat Island Mitigation for CBD Areas With City Form and Ciy Function Approaches. *E3S Web of Conferences*, 400, 01002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340001002>
- Thommen, O. (2005). Heat wave 2003 and mortality in Switzerland. *Swiss Medical Weekly*. <https://doi.org/10.4414/smw.2005.11009>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2008). *Green Roofs." In: Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Draft*. <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>.
- Vásquez-Álvarez, P. E., Flores-Vázquez, C., Cobos-Torres, J.-C., & Cobos-Mora, S. L. (2022). Urban Heat Island Mitigation through Planned Simulation. *Sustainability*, 14(14), 8612. <https://doi.org/10.3390/su14148612>
- Widyaningrum, G. L. (2018). PBB: 68% populasi dunia akan tinggal di area perkotaan pada 2050. Retrieved from *National Geographic Indonesia Website: Htpps://Nationalgeographic. Grid. Id/Read/13673071/Pbb-68-Populasi-Dunia-Akan-Tinggal-Di-Areaperkotaan-Pada-2050*.
- Wong, N. H., & Yu, C. (2005). Study of green areas and urban heat island in a tropical city. *Habitat International*, 29(3), 547–558. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2004.04.008>
- Zulkiflar, M. F., Virgianto, R. H., & Kartika, Q. A. (2022). Pengaruh Urban Heat Island terhadap Kenyamanan di Jakarta dan Sekitarnya Tahun 1993-2018. *The Climate of Tropical Indonesia Maritime Continent Journal*, 1(1), 34–58.