

Analisis Pengaruh Ruang Terbuka Hijau Terhadap Fenomena *Urban Heat Island* di Kota Depok, Jawa Barat

Ramanda Widyanti^{1*}, Nizar Nasrullah¹, dan Bambang Sulistyantara¹

¹Program Studi Arsitektur Lanskap, IPB University, Indonesia; e-mail: ramandaramanda@apps.ipb.ac.id

ABSTRAK

Depok, selain berfungsi sebagai kota satelit Jakarta, merupakan kota termuda di Jawa Barat yang mengalami peningkatan populasi akibat urbanisasi. Pada tahun 2021, laju pertumbuhan penduduk Depok mencapai 1,92%; naik 0,28% dari tahun 2020. Akibatnya, terjadi konversi ruang terbuka hijau (RTH) menjadi lahan terbangun. Jumlah vegetasi yang merupakan komponen utama RTH, yang berperan dalam memperbaiki iklim kota melalui evapotranspirasi terus berkurang. Proses evapotranspirasi ini menyerap panas radiasi matahari, sehingga mengurangi suhu permukaan yang menjadi penyebab utama fenomena pulau panas perkotaan (UHI). Oleh karena itu, diperlukan analisis pengaruh distribusi RTH untuk meningkatkan nilai ekologis kota berdasarkan pola sebaran indeks keragaman vegetasi (NDVI) pada tahun 2011, 2016, dan 2021 dengan menggunakan Landsat 7 ETM+ dan Landsat OLI-TIRS. Pada tahun 2011, luas tutupan vegetasi adalah 44,86%; yang kemudian berkurang menjadi 33,98% pada tahun 2016; dan terus menurun hingga 29,20% pada tahun 2021, khususnya pada tanaman dengan kerapatan tajuk sedang hingga sangat tinggi. Pada tahun 2011, luas tutupan vegetasi dengan kerapatan tajuk sangat tinggi adalah 10,83%; turun menjadi 10,35% pada tahun 2016, dan menyusut hingga 5,95% pada tahun 2021. Selama proses alih fungsi RTH ini, suhu permukaan (LST) meningkat dari tahun 2011 hingga 2021. Pada tahun 2011, hanya 0,08% dari luas kota yang memiliki suhu permukaan di atas 29°C, namun pada tahun 2021, angkanya meningkat menjadi 1,24% yang berpotensi meningkatkan aglomerasi UHI di kawasan terbangun. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi bagi pemerintah kota dan para pembuat kebijakan untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya RTH guna mencegah peningkatan intensitas UHI dan meningkatkan kualitas hidup warga kota.

Kata kunci: ruang terbuka hijau (RTH), sebaran indeks keragaman vegetasi (NDVI), suhu permukaan (LST), pulau panas perkotaan (UHI), kota Depok

ABSTRACT

Next to one of Jakarta's satellite towns, Depok is the youngest city in West Java, experiencing significant population growth due to urbanization. In 2021, the population growth rate was 1,92%; up by 0,28% from 2020. This growth has led to a reduction in green open spaces (GOS), replaced by built-up land. Vegetation, crucial for improving urban climate through evapotranspiration, is steadily decreasing. Evapotranspiration helps absorb heat, thus reducing Land Surface Temperature (LST), a key factor in the urban heat island (UHI) effect. Consequently, a study was conducted on GOS distribution to enhance the city's ecological value using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from 2011, 2016, and 2021, utilizing Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI-TIRS. Vegetation covered 44,86% of the city in 2011, decreasing to 33,98% in 2016 and further to 29,20% in 2021, particularly in areas with moderate to very high-density vegetation. Very high-density vegetation areas decreased from 10,83% in 2011 to 10,35% in 2016, and to 5,95% in 2021. Correspondingly, LST increased as GOS diminished from 2011 to 2021. In 2011, only 0,08% of the city had temperatures exceeding 29°C, which rose to 1,24% by 2021 that could raise UHI's agglomeration in built-up area. The study is finding to serve as a recommendation for the government and stakeholders to raise awareness about the importance of GOS, aiming to mitigate UHI intensity and improve quality of resident's life.

Keywords: Green Open Space (GOS), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Land Surface Temperature (LST), Urban Heat Island (UHI), Depok city

Citation: Widyanti, R, Nasrullah, N., dan Sulistyantara, B. (2025). Analisis Pengaruh Ruang Terbuka Hijau Terhadap Fenomena Urban Heat Island di Kota Depok, Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(2), 371-381, doi:10.14710/jil.23.2.371-381

1. PENDAHULUAN

Secara umum, lanskap kota dapat berfungsi sebagai ruang terbuka hijau (RTH) yang dapat mengakomodasi kebutuhan fisik maupun psikologis masyarakatnya. Namun, seiring dengan adanya peningkatan populasi penduduk akibat urbanisasi, perubahan penampakan fisik lanskap kota banyak dipengaruhi oleh aktivitas antroposentris

masyarakatnya. Perubahan lanskap kota ini terjadi secara masif melalui alih fungsi ruang terbuka hijau (RTH) menjadi area terbangun dengan tujuan untuk mendukung fungsi kota. Kota Depok merupakan salah satu kota madya di Provinsi Jawa Barat yang mengalami pertumbuhan penduduk secara signifikan dari tahun ke tahun. Menurut Biro Pusat Statistik (2022), jumlah penduduk kota Depok mencapai

2.033.508 jiwa di tahun 2014, dan terus mengalami peningkatan hingga 2.085.930 jiwa di tahun 2021. Pertambahan jumlah penduduk di kota Depok berdampak terhadap meningkatnya angka kebutuhan akan pemukiman, infrastruktur, serta fasilitas pendukung kota lainnya sehingga memaksa adanya alih fungsi ruang hijau tanpa disertai pertimbangan terhadap sisi ekologis lingkungan kota. Akibatnya, suhu udara kota Depok mengalami peningkatan seiring dengan berkurangnya jumlah ruang terbuka hijau (RTH).

Menurut Matsuda et al (2018), berkurangnya kuantitas RTH terlihat nyata selama sepuluh tahun terakhir, yaitu mulai dari tahun 1995 hingga tahun 2005. Luas RTH kota Depok di tahun 1995 sebesar 49,9% dari luas wilayah kota Depok, yang kemudian mengalami penurunan di tahun 2005 sebesar 48,9%. Syahtriawan (2019) menemukan bahwa suhu rata-rata terendah kota Depok di tahun 1989 adalah 19,4°C dan suhu rata-rata tertinggi sebesar 29,7°C dengan luas tutupan vegetasi mencapai 65,2%. Kemudian di tahun 2014, luas RTH kota Depok mengalami penurunan sebesar 58,7% yang mengakibatkan suhu udara kota mengalami peningkatan hingga 35,7°C dengan suhu rata-rata terendah 31,5°C; dan suhu rata-rata tertinggi 36,8°C. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Mas'at (2009) di wilayah DK Jakarta, menghasilkan bahwa efek alih fungsi untuk pengembangan sarana dan prasarana kota dapat memicu peningkatan suhu udara sebesar 0,8°C. Hal ini juga sesuai dengan Meng et al. (2019) yang menyatakan bahwa berkurangnya vegetasi perkotaan dapat mengakibatkan kenaikan suhu permukaan hingga sebesar 1,7°C.

Bila alih fungsi RTH terjadi secara terus-menerus, maka dapat berakibat meningkatnya suhu udara kota yang dikenal dengan fenomena Pulau Panas Perkotaan atau Urban Heat Island (UHI). Menurut Porangaba et al. (2021), pulau panas perkotaan (UHI) umumnya ditandai dengan adanya perubahan iklim mikro pada wilayah kota sehingga suhu udara menjadi lebih hangat dibandingkan dengan kawasan di sekitarnya. Sementara itu, Haq (2011) menyimpulkan bahwa efek pulau panas perkotaan dapat meningkatkan suhu perkotaan hingga 5°C. Sedangkan, Ossola et al (2021), fenomena UHI berdampak kepada biodiversitas, infrastruktur, dan ekonomi kota, serta berpengaruh terhadap menurunnya tekanan atmosfer, perubahan sirkulasi udara, dan penahanan partikel polutan di udara yang dapat mengganggu kesehatan warga kota. Adapun penelitian mengenai UHI telah dilakukan sebelumnya oleh Paramitha et al (2017) yang menunjukkan bahwa fenomena UHI di kota Depok teraglomerasi di area pusat kota atau Central Business District (CBD) yang didominasi oleh penggunaan tanah khas urban seperti gedung-gedung perkantoran, perumahan, dan industri. Intensitas UHI di kota Depok dapat mengalami peningkatan bila pembangunan terus dilakukan secara sporadis. Oleh karena itu, analisis pengaruh pola perubahan RTH terhadap intensitas

UHI perlu dilakukan melalui pendekatan penilaian kerapatan vegetasi berdasarkan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) terhadap suhu permukaan atau Land Surface Temperature (LST) yang dapat dijadikan referensi dalam rangka pencegahan peningkatan intensitas UHI di masa yang akan datang, sehingga dapat memperbaiki lingkungan kota, sekaligus meningkatkan kualitas kehidupan masyarakat kota Depok.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada lanskap kota Depok mulai dari bulan Desember 2021 hingga bulan November 2023, dengan kualifikasi RTH maupun ruang hijau lainnya baik yang dimiliki oleh pemerintah kota maupun perorangan. Pengambilan data raster dilakukan dengan menggunakan citra satelit Landsat-7 ETM+ dan Landsat-8 OLI-TIRS melalui *Google Earth Engine* (<https://code.earthengine.google.com/>) pada *Path 122 dan Row 64* dengan tutupan awan 5%. Waktu penyediaan data (*acquisition*) saat siang hari selama musim kemarau, pada tanggal 15 April hingga 15 Agustus tahun 2011, 2016, dan 2021. Pengambilan data raster tersebut menggunakan Landsat-7 ETM+ (resolusi spasial 30 m) serta Landsat-8 OLI-TIRS (resolusi spasial 30 m – 100 m). Data primer tersebut selanjutnya dianalisis secara spasial dan temporal dengan menggunakan Quantum GIS 3.26.

2.1. Analisis Tutupan Lahan

Peta hasil citra landsat selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan data tutupan lahan dengan menggunakan metode *supervised classification*. Metode ini dilakukan melalui pendekatan koefisien matriks yang membandingkan empat jenis tutupan lahan hasil citra landsat melalui *band 1, band 2, dan band 3*, dengan kondisi faktual di lapangan. Mekanisme dari metode ini mensyaratkan nilai *cohen's kappa* minimum sebesar 0,75. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan data tutupan lahan kota Depok yang terdiri dari vegetasi, badan air, lahan terbangun, dan tanah terbuka sesuai dengan kriteria Lufilah et al (2017), dan Matsuda et al (2018).

2.2. Analisis Kerapatan Vegetasi berdasarkan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Analisis kerapatan vegetasi digunakan untuk mengidentifikasi aspek kerapatan dan tingkat kehijauan vegetasi pada suatu wilayah. Salah satu variabel yang digunakan untuk menentukan tingkat kerapatan vegetasi yang umum dan cukup efektif digunakan adalah Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Perolehan nilai NDVI ini dilakukan melalui perhitungan terhadap besar penyerapan radiasi matahari oleh tanaman terutama pada bagian daun pada proses fotosintesis. Formula untuk menghitung nilai NDVI adalah sebagai berikut:

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

Pada rumus tersebut diketahui bahwa NIR merupakan reflektansi kanal inframerah dekat (*Near Infrared*) dan RED merupakan reflektansi kanal cahaya tampak. Perhitungan NDVI melibatkan *band* 4 yang merupakan kanal untuk NIR dan *band* 3 yang merupakan kanal RED pada Landsat-7 ETM+, sedangkan pada Landsat-8, perhitungan NDVI melibatkan *band* 5 untuk kanal NIR dan *band* 4 untuk kanal RED. Selanjutnya, dilakukan klasifikasi kerapatan vegetasi berdasarkan nilai NDVI yang mengacu kepada Dewanti *et al* (1999), Rustiadi *et al* (2015), Lufilah *et al* (2017), dan Matsuda *et al* (2018) dengan mengkategorikan nilai NDVI ke dalam lima kelas, yaitu tidak ada vegetasi, sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi.

2.3. Analisis Land Surface Emisivity (LSE)

Perhitungan terhadap emisivitas permukaan lahan atau Land Surface Emisivity (LSE) harus dilakukan untuk dapat memperkirakan besaran LST. Hal ini karena LSE merupakan faktor proporsionalitas yang menentukan cahaya blackbody (kaidah Planck) untuk memprediksi cahaya yang dipancarkan, dan merupakan efisiensi transmisi energi panas di seluruh permukaan atmosfer (Avdan dan Jovanoska 2016). Adapun LSE berguna untuk mengukur kemampuan energi panas menjadi energi radiasi. Formulasi perhitungan LSE adalah sebagai berikut:

$$\varepsilon = mPv + n \quad (2)$$

Diketahui bahwa nilai $m = 0,004$ dan $n = 0,986$ berdasarkan hasil analisis yang dikemukakan oleh Sobrino *et al* (2004). Nilai Pv merupakan nilai proporsi vegetasi yang diperoleh dengan menggunakan persamaan Carlson dan Ripley (1997) sebagai berikut:

$$Pv = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{[NDVI_{max} - NDVI_{min}]^2} \quad (3)$$

2.4. Analisis Suhu Permukaan (LST)

Analisa terhadap data suhu permukaan menggunakan data citra thermal yang dikonversi terlebih dahulu. Pada landsat 7, kanal yang digunakan adalah *band* 6 dan pada Landsat 8 menggunakan *band* 10 dan *band* 11. Adapun nilai pixel data citra Landsat yang digunakan disebut dengan Digital Number (DN). Proses konversi data citra menjadi data suhu permukaan (LST) melalui dua (2) tahap konversi yaitu Konversi Digital Number Menjadi Spectral Radiance ($L\lambda$), dan Konversi Spectral Radiance ($L\lambda$) Menjadi Brightness Temperature (T).

Terdapat sedikit perbedaan pada mekanisme pengolahan Digital Number (DN) untuk Landsat-7 ETM+ dan Landsat-8 OLI-TIRS terkait persamaan matematis yang digunakan. Persamaan dasar yang digunakan untuk mengkonversi nilai pixel menjadi

nilai Spectral Radiance ($L\lambda$) pada data Landsat-7 ETM+ adalah melalui perbandingan antara selisih panjang gelombang terhadap nilai maksimum dan nilai minimum DN sebagai berikut (USGS 2018):

$$L\lambda = \frac{L_{max} - L_{min}}{Q_{Calmax} - Q_{Calmin}} \times (Q_{Cal} - Q_{Calmin}) + L_{min} \quad (4)$$

Adapun nilai $Q_{calmax} = 255$, $Q_{calmin} = 1$, Q_{Cal} adalah Digital Number (DN), L_{min} merupakan Spectral Radiance ($L\lambda$) yang diskalakan terhadap Q_{calmin} , dan L_{max} adalah Spectral Radiance ($L\lambda$) yang diskalakan terhadap Q_{calmax} . Sementara itu, konversi DN menjadi spectral radiance ($L\lambda$) pada Landsat-8 adalah sebagai berikut:

$$L\lambda = MLQ_{Cal} + AL \quad (5)$$

dengan ketentuan bahwa $L\lambda$ merupakan Spectral Radiance pada sensor; ML adalah konstanta *scalling* yang diperoleh dari metadata citra, Q_{cal} adalah Digital Number (DN), dan AL merupakan konstanta penambah yang diperoleh dari metadata citra. Selanjutnya, konversi Spectral Radiance menjadi Brightness Temperature hanya dapat dilakukan setelah nilai $L\lambda$ diketahui. Nilai suhu kecerahan atau Brightness Temperature (T) untuk *band* 6 pada Landsat-7 tertulis pada persamaan berikut.

$$T_n = \frac{K_2}{\ln \left[\frac{K_1}{L\lambda} + 1 \right]} \quad (6)$$

dengan ketentuan bahwa n adalah nomor *band*, T merupakan suhu kecerahan (K), K_1 adalah konstanta kalibrasi Spectral Radiance dari metadata ($W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$) dengan $K_1_CONSTANT_BAND_n$, K_2 merupakan konstanta kalibrasi suhu absolut dari metadata (K) dengan $K_2_CONSTANT_BAND_n$, dan $L\lambda$ merupakan Spectral Radiance pada sensor ($W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$). Nilai suhu kecerahan untuk masing-masing *band* pada Landsat-8 tertulis pada persamaan berikut ini (USGS 2018):

$$T_n = \frac{T_{10} + T_{11}}{2} \quad (7)$$

Perhitungan terhadap Land Surface Temperature (LST) atau suhu permukaan dilakukan dengan menurunkan suhu kecerahan dan memperhitungkan besaran LSE. Formulasi untuk perhitungan LST adalah sebagai berikut:

$$LST = \frac{T}{[1 + (\lambda T/a) \ln(\varepsilon)]} \quad (8)$$

Adapun T merupakan suhu kecerahan (K), λ adalah nilai tengah panjang gelombang kanal (μm), a adalah $1,4388 \times 10^{-2}$ mK yang diperoleh dari hc/s ; dimana h adalah Konstanta Planck ($6,626 \times 10^{-34}$ Js), c adalah kecepatan cahaya ($2,998 \times 10^8$ m/s), dan δ adalah konstanta Boltzmann ($1,38 \times 10^{-34}$ J/K), dan ε adalah LSE.

Nilai LST dengan satuan Kelvin (K) selanjutnya akan dikonversi ke dalam Celcius (°C). Hasil dari proses analisis dan evaluasi dengan menggunakan citra satelit Landsat-7 ETM+ maupun Landsat-8 OLI-TIRS adalah peta sebaran vegetasi dan suhu permukaan pada lanskap kota Depok dengan keterangan tahun 2011, 2016, dan 2021 yang kemudian melalui proses overlay menghasilkan peta tematik yang merupakan dasar untuk pengambilan keputusan terkait pola distribusi suhu permukaan dan vegetasi pada tahun 2011, 2016, dan 2021.

2.5. Analisis Pengaruh Ruang Terbuka Hijau (RTH) terhadap Suhu Permukaan (LST)

Adapun metode regresi linear sederhana digunakan untuk mengetahui besarnya pengaruh kuantitas RTH terhadap suhu permukaan (LST) lanskap kota. Persamaan regresi linear tersebut adalah sebagai berikut:

$$\hat{y} = \alpha + \beta x \tag{9}$$

Berdasarkan rumus tersebut, diketahui bahwa \hat{y} merupakan variabel akibat atau variabel dependent, x merupakan variabel faktor penyebab atau variabel independent, a adalah konstanta (α), dan b adalah koefisien regresi (β) atau kemiringan (slope).

2.6. Analisis Intensitas Urban Heat Island (UHII)

Tahap ini dilakukan dengan menganalisa tingkat intensitas dari fenomena UHI terhadap berbagai tutupan lahan vegetasi pada lanskap kota Depok dengan menggunakan data citra tahun 2021. Mekanisme dari proses analisa terhadap intensitas UHI adalah melakukan perbandingan suhu permukaan di wilayah urban dan suburban yang dapat dilihat secara spasial melalui citra satelit dan diolah menjadi data suhu permukaan. Besaran suhu urban menggunakan suhu permukaan kota Depok, sedangkan suhu permukaan suburban yang digunakan adalah suhu permukaan kecamatan Bojonggede, kabupaten Bogor yang berbatasan langsung dengan kota Depok di bagian Selatan. Adapun tutupan lahan yang akan dibandingkan meliputi lahan terbangun, lahan terbuka, lahan dengan komposisi vegetasi, dan badan air. Persamaan yang digunakan untuk menghitung intensitas UHI adalah sebagai berikut:

$$UHII = LST_{urban} - LST_{suburban} \tag{10}$$

Formula tersebut bertujuan untuk mengetahui sejauh mana peningkatan intensitas UHI (*Urban Heat Island Intensity*) atau UHII melalui variabel LST urban atau suhu permukaan di wilayah urban (K), dan LST sub-urban atau suhu permukaan di wilayah suburban (K)

Persamaan di atas merupakan perhitungan matematis yang paling umum digunakan ketika menghitung intensitas UHI. Namun di dalam teknik penginderaan jauh, persamaan tersebut harus

dimodifikasi agar dapat digunakan. Kajian UHI harus memperlihatkan adanya perbedaan suhu antara wilayah urban dengan suburban. Dalam hal ini, UHI dapat diidentifikasi melalui persamaan berikut (Ma *et al*, 2010).

$$T > \mu + 0,5\alpha \tag{11}$$

$$0 < T \leq \mu + 0,5\alpha \tag{12}$$

Persamaan 11 dan 12 menunjukkan ambang batas suhu (*threshold temperature*) untuk area yang dilanda UHI. Sedangkan untuk area yang tidak dilanda UHI, maka ambang batas suhu yang digunakan terdapat pada persamaan baris kedua.

Pulau panas perkotaan (UHI) merupakan fenomena geografis yang keberadaannya sangat dipengaruhi oleh lingkungan sekitar. Oleh karena itu, perlu adanya analisis mendalam terhadap besaran nilai LST yang didapatkan. Untuk memenuhi tujuan tersebut, perlu dilakukan penyaringan (*filtering*) terhadap hasil citra suhu permukaan sehingga didapatkan nilai *pixel* rata-rata. Selanjutnya, peta hasil penyaringan ini diaplikasikan ke persamaan 18 dan persamaan 19 untuk mendapatkan peta sebaran intensitas UHI. Formulasi nilai sebaran intensitas UHI tertera pada persamaan berikut ini:

$$UHII = T_{mean} - (\mu + 0,5\alpha) \tag{13}$$

Adapun nilai μ dan α merupakan nilai rata-rata dan standar deviasi dari suhu permukaan hasil pengolahan nilai sebaran (*Tmean*) pada lanskap yang diteliti.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi Umum

Secara astronomis, kota Depok terletak pada koordinat 6°19'00" - 6°28'00" Lintang Selatan dan 106°43'00" - 106°55'00" Bujur Timur. Sementara secara geografis, kota Depok berbatasan langsung dengan kota Jakarta atau berada dalam lingkungan wilayah Jabotabek. Bentang alam kota Depok mulai dari Selatan ke Utara merupakan daerah dataran rendah hingga perbukitan bergelombang lemah dengan ketinggian antara 60 hingga 150 meter di atas permukaan laut, dan memiliki kemiringan lereng kurang dari 15%.

Kota Depok memiliki luas wilayah sekitar 200,29 km² dan dialiri oleh sungai-sungai besar, yaitu sungai Ciliwung dan Cisadane serta 13 sub Satuan Wilayah Aliran Sungai. Selain itu, terdapat pula 26 situ dengan kondisi topografi kota berupa dataran rendah bergelombang dengan kemiringan lereng yang landai. Hal ini menyebabkan masalah banjir di beberapa wilayah, terutama kawasan cekungan antara beberapa sungai yang mengalir dari selatan menuju utara, yaitu Kali Angke, Sungai Ciliwung, Sungai Pesanggrahan dan Kali Cikeas (BPS Kota Depok, 2022).

Letak kota Depok sangat strategis, yaitu diapit oleh kota Jakarta, kabupaten Bogor, dan kota Tangerang

Selatan. Letak yang strategis tersebut berdampak terhadap meningkatnya perkembangan kota Depok seiring dengan peningkatan efisiensi transportasi yang terhubung secara regional dengan kota-kota di sekitarnya. Secara garis besar, batas-batas wilayah kota Depok adalah sebagai berikut:

- Sebelah Utara berbatasan dengan provinsi DKI Jakarta;
- Sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Bogor;
- Sebelah Barat berbatasan dengan kota Tangerang Selatan;
- Sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Bogor.

Kota Depok memiliki kondisi iklim tropis dengan curah hujan rata-rata adalah 254,48 mm/bulan, suhu udara sebesar 24,3°C - 33,0°C, kelembaban rata-rata sebesar 82,0%, kecepatan angin rata-rata sebesar 3,3 knot, dan penyinaran matahari rata-rata sebesar 49,8% (Dinas Perumahan dan Permukiman Pemerintah Kota Depok, 2022).

3.2. Tutupan Lahan

Berdasarkan hasil analisis, luas tutupan vegetasi pada tahun 2011 adalah 44,86% dari luas kota yang kemudian mengalami degradasi hingga mencapai 6.785,86 ha atau 33,98% pada tahun 2016. Penurunan signifikan kuantitas area hijau ini terus berlanjut hingga tahun 2021, yaitu 5.832,81 ha atau 29,20% dari luas kota. Berbanding terbalik dengan luas tutupan lahan terbangun, yaitu 3.555,50 ha atau 17,80% pada tahun 2011, lalu pada tahun 2016, luas area tutupan ini meningkat hingga mencapai 5.910,19 ha atau 29,59%. Begitu juga dengan tahun 2021, luas tutupan lahan terbangun kembali meningkat seiring laju penduduk hingga mencapai 7.395,16 ha atau 37,03% dari wilayah kota. Sementara itu, luas tutupan badan air pada tahun 2011, sebesar 2.619,41 ha atau 13,11% dari luas kota yang terdiri dari danau, sungai, kolam irigasi, dan tambak. Pada tahun 2016, luas tutupan badan air berada di angka 2.572,08 ha atau 12,88%, begitu juga pada tahun 2021 yang cenderung stabil di angka 2.610,11 ha atau 2,02%. Sedangkan, degradasi luas tutupan tanah terbuka cukup terlihat nyata dengan adanya stagnasi kuantitas, yaitu 4.837,50 ha atau 24,22% pada tahun 2011; 4.704,78 ha atau 23,56% pada tahun 2016; dan 4.134,83 ha atau 20,70% pada tahun 2021 yang secara keseluruhan terdapat pada Tabel 1 dan Gambar 1.

3.3. Kerapatan Vegetasi

sil analisis tingkat kerapatan vegetasi menunjukkan bahwa pada tahun 2011 dan 2016 sebanyak 12,83 ha atau 0,06% dari wilayah kota merupakan area yang dapat dikatakan hampir tidak ada vegetasi, lalu terdegradasi hingga mencapai 6,63 ha atau 0,03% pada tahun 2021. Sementara itu, area dengan tingkat kerapatan vegetasi rendah adalah 2.312,16 ha atau 11,46% pada tahun 2011, lalu mengalami penyusutan hingga 10,31% pada tahun 2016, dan kembali meningkat pada tahun 2021 hingga menyentuh

2.255,58 ha atau 11,18%. Kemudian pada tahun 2011; 2.007,89 ha atau 9,95% teridentifikasi sebagai area dengan kerapatan vegetasi sedang, lalu terdegradasi menjadi 1.427,21 ha atau 7,08% pada tahun 2016, dan berlanjut hingga 1.190,57 ha atau 5,90% pada tahun 2021. Area vegetasi dengan tingkat kerapatan tinggi pada tahun 2011 mencapai 1.549,64 ha (7,68%); lalu 917,34 ha (4,55%) pada tahun 2016, dan kembali menurun hingga 698,25 ha (3,46%) pada tahun 2021. Begitu juga area dengan tingkat kerapatan vegetasi sangat tinggi, pada tahun 2011 area ini mencakup 2.184,71 ha (10,83%) lalu mengalami penyusutan hingga 2.086,92 ha (10,35%) pada tahun 2016, dan terus terdegradasi hingga 1.199,42 ha (5,95%) pada tahun 2021. Degradasi luas area dengan kerapatan vegetasi tinggi maupun sangat tinggi ini sangat mungkin terjadi seiring dengan berkurangnya kuantitas RTH. Adapun hasil analisis tingkat kehijauan vegetasi ditampilkan pada Gambar 2 dan Tabel 2.

3.4. Suhu Permukaan

T Sebanyak 6,95% dari wilayah kota merupakan area dengan suhu permukaan kurang dari 23°C pada tahun 2011, lalu mengalami degradasi hingga 2,08% pada tahun 2016, dan 0,28% pada tahun 2021. Sementara itu, area dengan suhu permukaan antara 23°C hingga 25°C pada tahun 2011 adalah 54,97%, lalu terdegradasi hingga 35,42% pada tahun 2016, dan terus berkurang hingga 18,15% pada tahun 2021. Sedangkan, area dengan rentang suhu permukaan 25°C hingga 27°C terus mengalami peningkatan secara signifikan, yaitu 32,48% pada tahun 2011, lalu 47,53% pada tahun 2016, dan 53,59% pada tahun 2021. Hal ini berarti peningkatan suhu permukaan kota Depok terus terjadi antara tahun 2011, 2016, dan 2021.

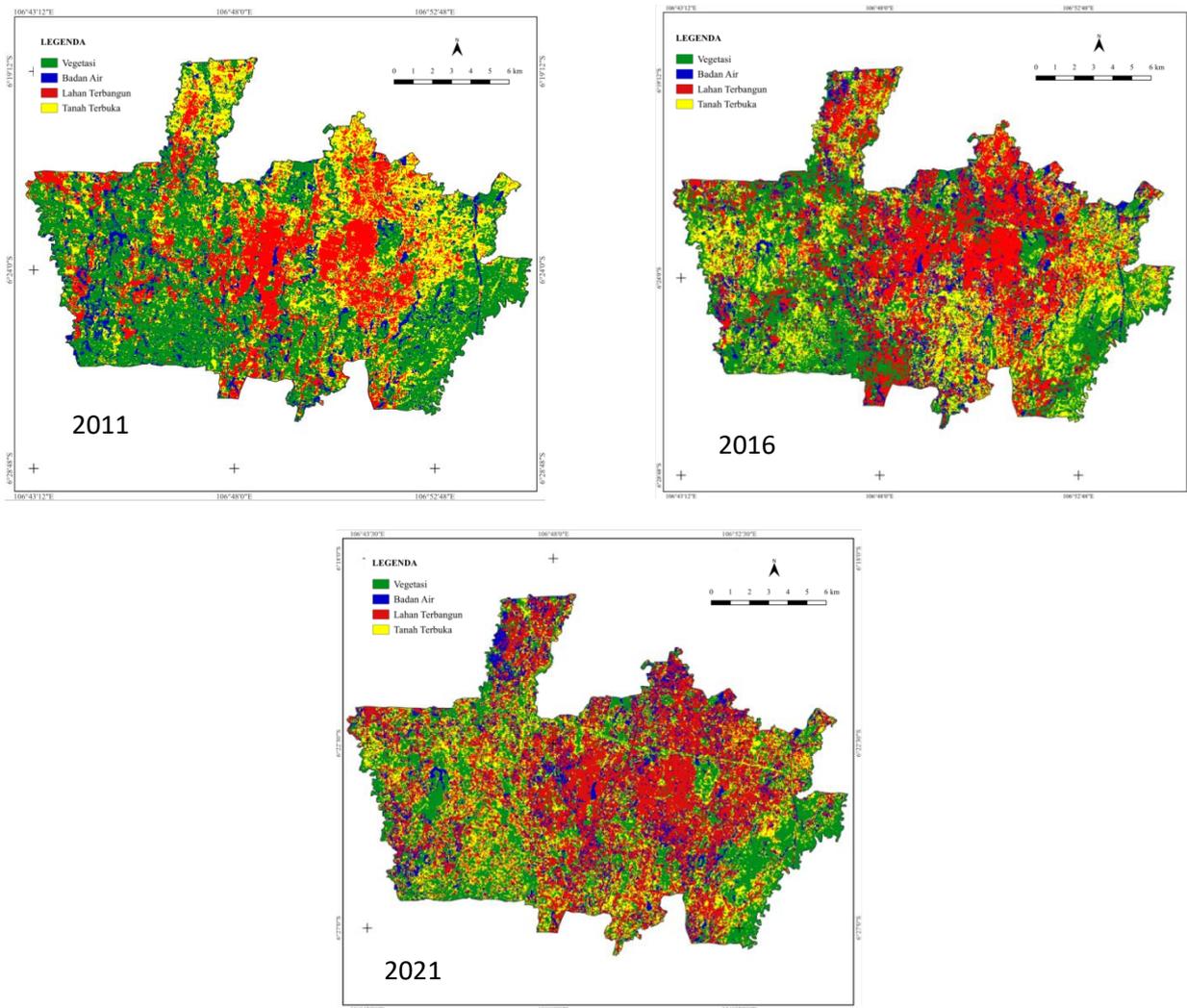
Peningkatan yang signifikan juga terjadi pada wilayah dengan rentang suhu 27°C hingga 29°C. Pada tahun 2011, area dengan suhu permukaan antara 27°C hingga 29°C adalah 5,51%, lalu meningkat hingga 14,89% pada tahun 2016, dan diikuti dengan 26,73% pada tahun 2021. Sama halnya dengan area yang memiliki suhu lebih dari 29°C mengalami peningkatan sejak tahun 2011 hingga 2021 dengan persentase awal yaitu 0,08 % pada tahun 2011, lalu 0,15% pada tahun 2016, dan 1,24% pada tahun 2021. Adapun suhu permukaan rata-rata kota Depok pada tahun 2011 adalah 24,84°C dengan suhu maksimum adalah 31,56°C dan suhu minimum 20,86°C. Sementara suhu permukaan rata-rata pada tahun 2016 adalah 26,67°C dengan suhu maksimum 32,37°C dan suhu minimum 21,38°C. Adapun suhu permukaan rata-rata pada tahun 2021 adalah 28,14°C dengan suhu maksimum mencapai 33,19°C dan suhu minimum sebesar 21,05°C. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 3, dan peta persebaran suhu permukaan kota Depok yang terdapat pada Gambar 3.

Tabel 1. Luas Tutupan Lahan Kota Depok

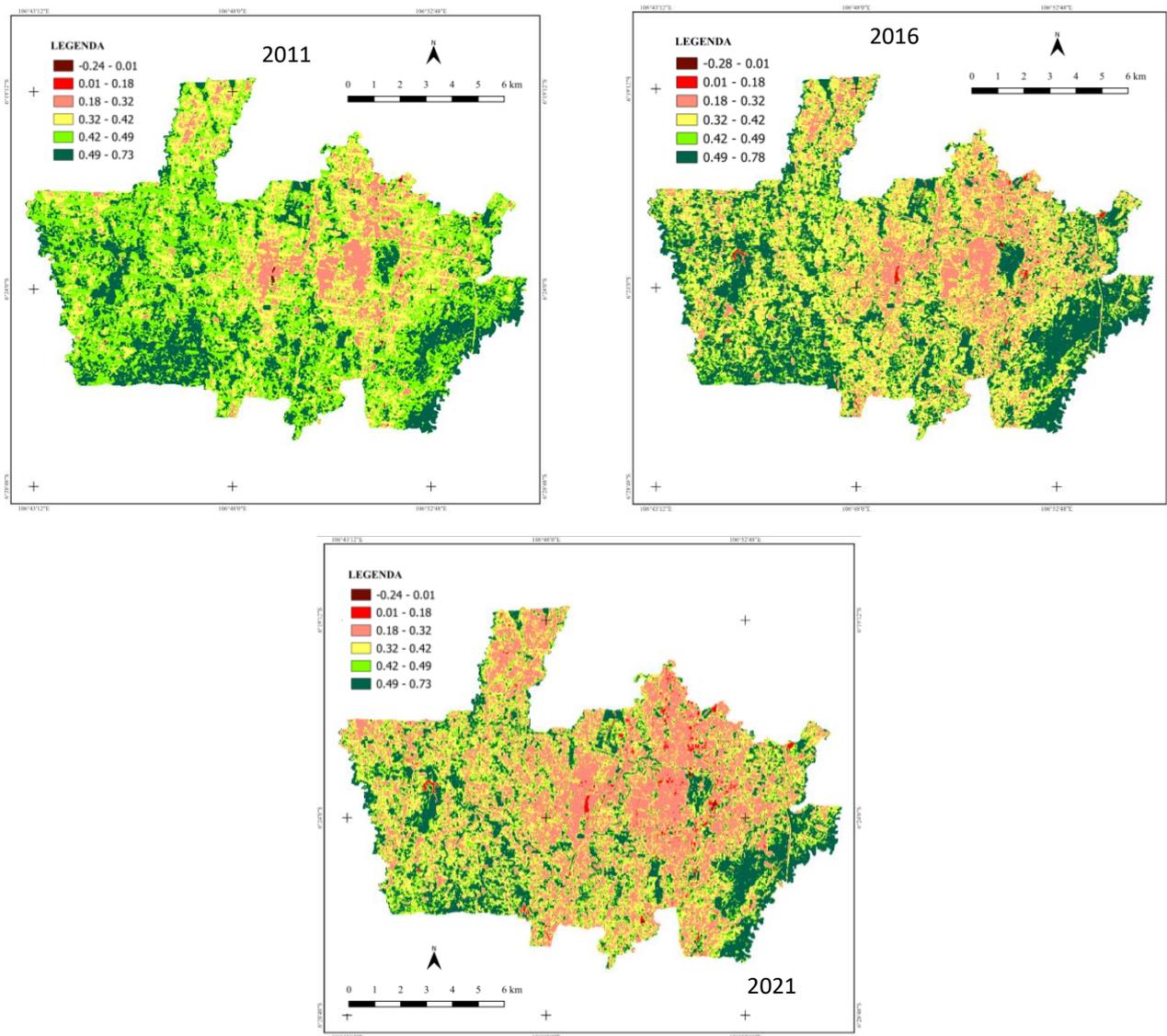
Tutupan Lahan	2011		2016		2021	
	Luas (ha)	Persentase (%)	Luas (ha)	Persentase (%)	Luas (ha)	Persentase (%)
Vegetasi	8.960,49	44,86	6.785,86	33,98	5.832,81	29,20
Badan Air	2.619,41	13,11	2.572,08	12,88	2.610,11	13,07
Lahan Terbangun	3.555,50	17,80	5.910,19	29,59	7.395,16	37,03
Tanah Terbuka	4.837,50	24,22	4.704,78	23,56	4.134,83	20,70
<i>Overall Accuracy</i>	0,93		0,92		0,92	
<i>Cohen's Kappa</i>	0,88		0,86		0,88	

Tabel 2. Klasifikasi Kerapatan Vegetasi Kota Depok

Klasifikasi NDVI	Kerapatan Vegetasi	Estimasi Kerapatan Vegetasi	Luas RTH (ha)			Perubahan Kerapatan Vegetasi (%)		
			2011	2016	2021	2011 - 2016	2016 - 2021	2011 - 2021
-1.01	Tidak Ada Vegetasi	Tidak Ada Vegetasi	12,83	12,77	6,63	0,00	-0,03	-0,03
0,01 - 0,18	Sangat rendah	0% < Kanopi ≤ 20%	893,25	262,13	482,36	-3,13	1,09	-2,04
0,18 - 0,32	Rendah	20% < Kanopi ≤ 40%	2.312,16	2.079,50	2.255,58	-1,15	0,87	-0,28
0,32 - 0,42	Sedang	40% < Kanopi ≤ 50%	2.007,89	1.427,21	1.190,57	-2,87	-1,18	-4,05
0,42 - 0,49	Tinggi	50% < Kanopi ≤ 60%	1.549,64	917,34	698,25	-3,13	-1,09	-4,22
0,49 - 1	Sangat Tinggi	60% < Kanopi ≤ 80%	2.184,71	2.086,92	1.199,42	-0,48	-4,40	-4,88



Gambar 2. Peta Tutupan Lahan Kota Depok Tahun 2011, 2016, dan 2021



Gambar 3. Peta Sebaran NDVI Kota Depok Tahun 2011, 2016 dan 2021

Tabel 3. Persentase Persebaran Suhu Permukaan Kota Depok

Suhu Permukaan (LST)	Persebaran LST (%)			Perubahan LST (%)		
	2011	2016	2021	2011 - 2016	2016 - 2021	2011 - 2021
≥ 29°C	0,08	0,15	1,24	0,07	1,09	1,16
27°C ≤ LST < 29°C	5,51	14,89	26,73	9,38	11,84	21,22
25°C ≤ LST < 27°C	32,48	47,53	53,59	15,05	6,06	21,11
23°C ≤ LST < 25°C	54,97	35,42	18,15	-19,55	-17,27	-36,82
< 23°C	6,95	2,00	0,28	-4,95	-1,72	-6,67

3.5. Pengaruh RTH terhadap LST

Pengaruh luas ruang terbuka hijau (RTH) terhadap suhu permukaan dapat diketahui dengan memformulasikan pengaruh LST yang merupakan variabel independent, terhadap RTH sebagai variabel dependent melalui persamaan $y = 31,26 - 0,11x$, yang berarti bahwa suhu permukaan kota Depok dapat berkurang sebesar $0,11^{\circ}\text{C}$ dengan meningkatkan kuantitas RTH sebesar 1% atau 17.600 m². Nilai R Square (R²) dari persamaan tersebut adalah 0,72 yang berarti bahwa pengaruh RTH untuk memperbaiki iklim mikro pada setiap 1,76 ha atau 17.600 m² area sebesar 72%. Sementara itu, faktor-faktor seperti luas permukaan badan air, kecepatan

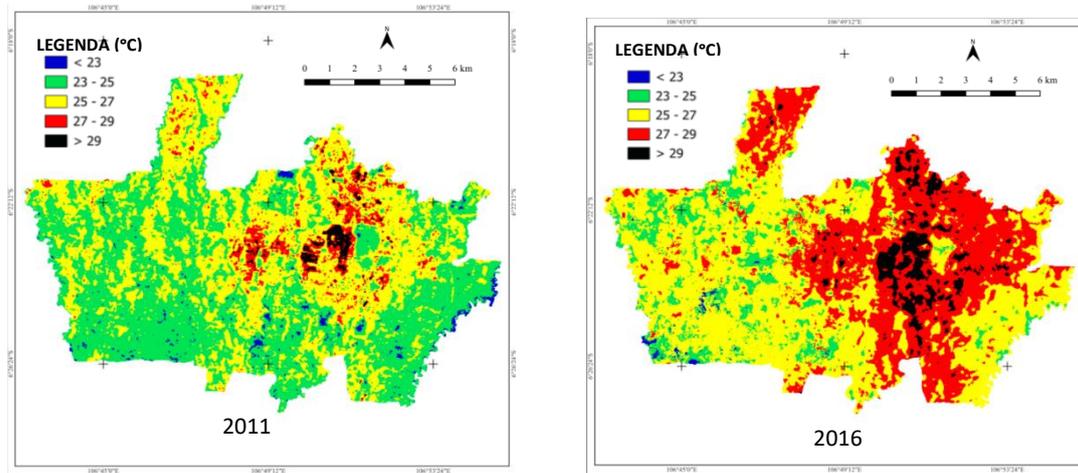
angin, intensitas radiasi cahaya matahari, dan faktor ekologis lainnya menyumbang 28% dari upaya penurunan suhu permukaan lanskap kota. Grafik pengaruh luas RTH terhadap LST terdapat pada Gambar 6.

Secara umum, kondisi eksisting RTH yang terdapat di setiap kecamatan kota Depok masih belum memenuhi standar dalam memitigasi intensitas UHI secara berkelanjutan, dikarenakan kuantitasnya yang kurang dari standar minimum RTH perkotaan menurut UU No. 26 Tahun 2007. Pada tahun 2021, 8 dari 11 kecamatan, yaitu kecamatan Beji, Cilodong, Cimanggis, Cinere, Cipayung, Pancoran Mas, Limo, dan Sukmajaya memiliki luas RTH yang kurang dari 30%.

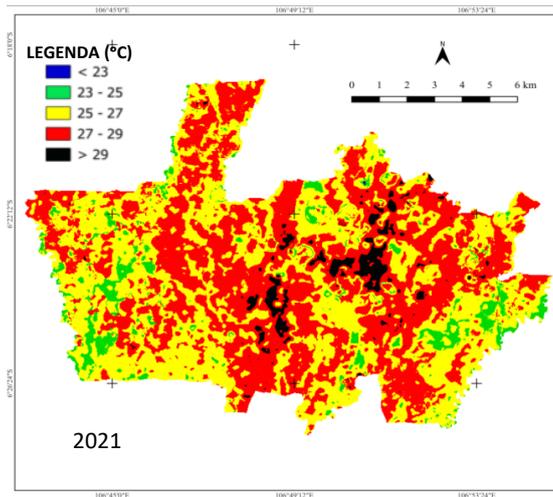
Berkurangnya kuantitas RTH yang berdampak terhadap peningkatan suhu permukaan lanskap kota tersebut disebabkan oleh berkurangnya luas permukaan daun yang dapat menyerap intensitas panas yang dihasilkan dari radiasi matahari selama proses fotosintesis berlangsung.

Menurut Risdiyanto dan Setiawan (2007), tipe tutupan lahan non vegetasi mempunyai nilai rata-ran albedo yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan

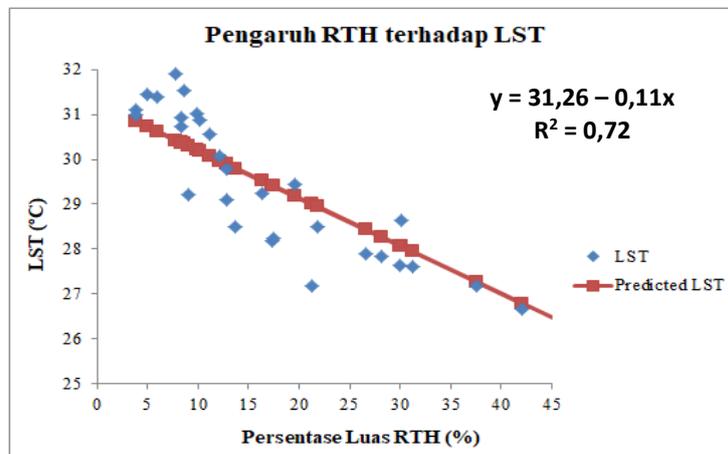
tipe tutupan lahan bervegetasi. Hal ini berarti, energi radiasi gelombang pendek yang dipantulkan kembali oleh permukaan dengan tipologi lanskap yang didominasi material perkerasan lebih banyak daripada permukaan lanskap dengan dominasi tanaman. Adapun, intensitas kerapatan vegetasi dan distribusi suhu permukaan pada setiap kecamatan yang ada di kota Depok terdapat pada Tabel 3.



Gambar 4. Peta Sebaran Suhu Permukaan (LST) Kota Depok Tahun 2011 dan 2016



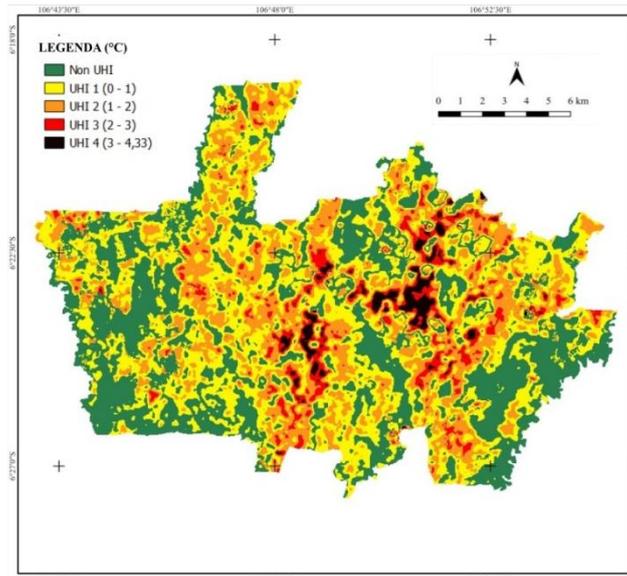
Gambar 5. Peta Sebaran Suhu Permukaan Kota Depok Tahun 2021



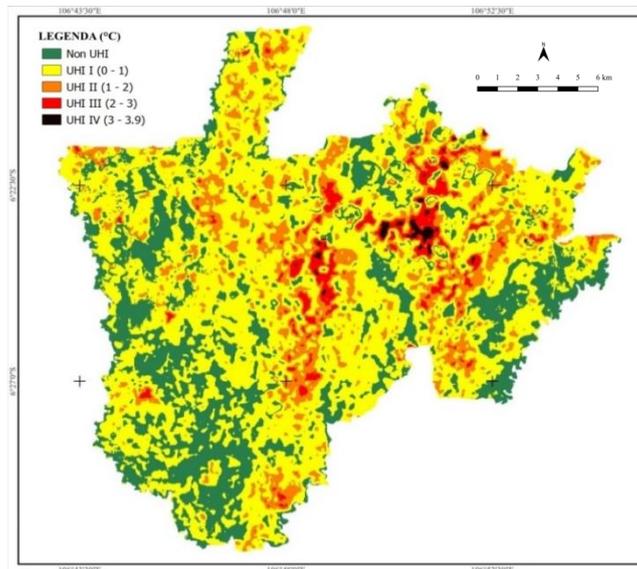
Gambar 6. Grafik Pengaruh RTH Terhadap LST Kota Depok

Tabel 3. NDVI, LST, dan Luas RTH Kota Depok

No.	Kecamatan	NDVI	LST	Kerapatan	Persentase	Intensitas UHI
		Rata-Rata	Maksimum	Vegetasi	RTH (%)	Tertinggi
1	Beji	0.32	31,81	Sedang	21,63	Kelas 4
2	Bojongsari	0.38	31,11	Sedang	50,67	Kelas 3
3	Cilodong	0.33	31,96	Sedang	18,53	Kelas 4
4	Cimanggis	0.30	33,19	Jarang	13,81	Kelas 4
5	Cinere	0.30	31,11	Jarang	13,55	Kelas 3
6	Cipayung	0.34	31,93	Sedang	29,43	Kelas 4
7	Limo	0.37	30,96	Sedang	28,63	Kelas 3
8	Pancoran Mas	0.32	32,76	Sedang	26,68	Kelas 4
9	Sawangan	0.42	30,97	Lebat	40,59	Kelas 3
10	Sukmajaya	0.31	33,00	Jarang	18,79	Kelas 4
11	Tapos	0.40	32,22	Sedang	40,50	Kelas 3



Gambar 7. Peta Sebaran Intensitas UHI Kota Depok Tahun 2021



Gambar 8. Peta Sebaran Intensitas UHI Kota Depok dan Kawasan Sub-Urban Tahun 2021

3.6. Urban Heat Island Intensity (UHII)

Suhu permukaan kota Depok (LST) yang dihasilkan melalui proses analisis perlu difiltrasi dan dikaji lebih lanjut untuk mendapatkan nilai intensitas UHI yang sesuai dengan kondisi eksisting tahun 2021. Proses pengkajian ini menghasilkan suatu ekstraksi berupa data suhu permukaan rata-rata kawasan

urban (Tmean). Sebagai bahan perbandingan, ditentukanlah sebagian area kabupaten Bogor, yaitu kecamatan Tajur Halang dan kecamatan Bojonggede yang berjarak ± 5 km dari batas kota Depok ke arah Selatan sebagai kawasan sub-urban.

Statistika yang diperoleh melalui proses pengkajian UHI ini adalah nilai rata-rata suhu

permukaan kawasan urban (μ) sebesar 28,14°C, dengan standar deviasi (α) sebesar 1,43°C, sehingga ambang batas untuk penilaian intensitas UHI (treshold temperature) sebesar 28,86°C. Hal ini berarti suhu permukaan yang kurang dari 28,86°C bukan termasuk kawasan dengan UHI, sedangkan suhu permukaan yang lebih dari 28,86°C termasuk kawasan persebaran UHI dengan intensitas tertentu. Ekstensi peta dilakukan untuk mengetahui pengaruh luas wilayah terhadap distribusi suhu permukaan dengan memasukan kawasan sub-urban ke dalam domain penelitian sehingga dihasilkan suhu permukaan rata-rata (μ) sebesar 28,41°C; dan standar deviasi (α) sebesar 1,39°C; sehingga ambang batas penilaian intensitas UHI adalah 29,11°C.

Hasil akhir analisis intensitas UHI adalah nilai ambang batas penentuan kelas distribusi UHI berdasarkan perhitungan yang menghasilkan nilai ambang batas UHI kawasan kota sebesar $\pm 4,33^\circ\text{C}$. Hal ini berarti nilai ambang batas intensitas UHI kawasan urban dan sub-urban sebesar $\pm 3,90^\circ\text{C}$. Adapun hasil analisis intensitas UHI tertuang di dalam peta persebaran UHI kota Depok serta kawasan urban dan sub-urban dengan lima kelas tingkatan mulai dari Non-UHI, UHI 1, UHI 2, UHI 3, dan UHI 4 (Gambar 7). Penambahan luas wilayah sub-urban (Gambar 8), mempengaruhi besarnya nilai ambang batas UHI, di mana penambahan luas wilayah sub-urban sebagai kawasan pendukung kota dapat menurunkan nilai ambang batas UHI hingga 0,43°C. Sementara itu, melalui analisis intensitas UHI (UHII) terhadap 11 kecamatan, dapat diketahui bahwa terdapat 6 kecamatan yang memiliki intensitas UHI tertinggi, yaitu kelas UHI 4 yang terdapat di kecamatan Sukmajaya, Cimanggis, Cipayung, Cilodong, Pancoran Mas, dan Beji. Sementara itu, 5 kecamatan lainnya, yaitu Cinere, Limo, Tapos, Sawangan, dan Bojongsari memiliki intensitas UHI tertinggi yang berada di kelas 3. Level intensitas UHI tersebut tidak terlepas dari kuantitas RTH di setiap kecamatan yang sebagian besar berada di bawah standar minimum penyediaan RTH kota menurut UU. No. 26 tahun 2007, yaitu 30% dari setiap luas wilayah kecamatan di kota Depok.

4. KESIMPULAN

Alih fungsi RTH menjadi lahan terbangun yang terjadi secara sporadis antara tahun 2011, 2016, dan 2021 mengakibatkan peningkatan suhu permukaan lanskap kota Depok secara keseluruhan, yaitu semakin berkurangnya kuantitas RTH pada suatu kecamatan, maka suhu permukaan di kecamatan tersebut semakin meningkat. Peningkatan suhu permukaan kota yang terjadi secara terus-menerus mengakibatkan fenomena *Urban Heat Island* (UHI) yang teraglomerasi pada tutupan lahan yang didominasi oleh material perkerasan, khususnya di kecamatan Beji, Cimanggis, Cilodong, Cipayung, Pancoran Mas, dan Sukmajaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Arsitektur Lanskap, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Avdan U, Jovanovska G. 2016. Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Jurnal of Sensors*. 2016 (2):1-8. doi:10.1155/2016/1480307.
- Badan Pusat Statistik Kota Depok. 2022. Sensus Kependudukan Kota Depok. Depok: BPS-Statistics of Depok.
- Carlson TN, Ripley DA. 1997. On the Relation between NDVI, Fractional Vegetation Cover, and Leaf Area Index. *Remote Sensing Environmental*. 62(3):241–252. doi:10.1016/S0034-4257(97)00104-1.
- Dewanti R, Maulana T, Budhiman S, Zainuddin F, Munyati. 1999. Kondisi Hutan Mangrove di Kalimantan Timur, Sumatera, Jawa, Bali dan Maluku. *Majalah LAPAN Edisi Penginderaan Jauh*, (91): 29-43
- Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Depok. 2022. Perancangan Peraturan Daerah Kota Depok tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Depok Tahun 2022 - 2042. Depok: Departemen Pekerjaan Umum Bidang Tata Ruang.
- Haq SMA. 2011. Urban Green Spaces and an Integrative Approach to Sustainable Environment. *Journal Environmental Protection* 2(05):601-608. doi: 10.4236/jep.2011.25069.
- Lufilah SN, Makalew ADN, Sulistyantara B. 2017. Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Analisis Indeks Vegetasi di DKI Jakarta. *Jurnal Lanskap Indonesia* 9(1):73-80. doi: 10.29244/jli.2017.9.1.73-80
- Ma Y, Kuang Y, Huang N. 2010. Coupling Urbanization Analysis for Studying Urban Thermal Environment and its Interplay with Biophysical Parameters based on TM/ETM+ Imagery. *Int J Appl Earth Obs Geoinf*. 12(2) 110 – 118. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2009.12.002>.
- Mas'at A. 2009. Efek Perkembangan Perkotaan terhadap Kenaikan Suhu Udara di Wilayah DKI Jakarta. *J Agromet* 23(1): 52 – 60,2009.
- Matsuda M, Nasrullah N, Sulistyantara B. 2018. Study About Factors Influencing Transition of Green Open Spaces based on Analysis of Landuse in Depok City, West Java, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 179 (2018) 012035. doi:10.1088/1755-1315/179/1/012035.
- Meng H, Li J, He X. 2019. The Influence of Underlying Surface on Land Surface Temperature (A Case Study of Urban Green Space in Harbin). *Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment, and Sustainability*. *Energy Procedia* 157 (2019) 746–751. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.240>.
- Ossola A, Jenerette GD, McGrath A, Chow W, Hughes L, Leishman MR. 2021. Small Vegetated Patches Greatly Reduce Urban Surface Temperature during a Summer Heatwave in Adelaide, Australia. *Australia: Macquarie University*. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104046>.
- Porangaba OF, Teixeira DC, Amorim MC, da Silva MH, Dubreuil V. 2021. Modeling the Urban Heat Island at a Winter Event in Trêz Lagoas, Brazil. *Urban Climate*. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100853>.

- Wahyuningrum, I. F. S., Agustina, L., Amal, M. I., Jati, K. W., Anwar, S. dan Sriningsih. (2025). Carbon Emission Disclosure and Its Impact on Developing Countries. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(2), 371-381, doi:10.14710/jil.23.2.371-381
- Risdiyanto I, Setiawan R. 2007. Metode Neraca Energi untuk Perhitungan Index Luas Daun Menggunakan Data Citra Satelit Multispektral. *J. Agromet Indonesia* 21 (2) : 27 - 38, 2007.
- Sobrinó JA, Jiménez-Muñoz JC, Paolini L. 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing Environment*. 90(4):434-440. doi:10.1016/j.rse.2004.02.003.
- Syahtriawan QZ. 2019. Fenomena Urban Heat Island dan Peran Vegetasi terhadap Penurunan Suhu di Kota Depok Jawa Barat. [Skripsi]. Bogor: IPB University.
- USGS.2018. Landsat 8 (L8) Data Users Handbook. South Dakota: U.S. Geological Survey.