

Perubahan Kerapatan Vegetasi dan Penutup Lahan Terhadap *Urban Heat Island (UHI)* di Kota Bekasi

Rahmadya Trias Handayanto¹, Haryono¹, Herlawati^{2,*}

* Korespondensi: e-mail: herlawati@ubharajaya.ac.id

¹ Teknik Komputer, Fakultas Teknik; Universitas Islam 45 Bekasi; Jl. Cut Meutia No. 83, Bekasi, Jawa Barat, Indonesia; e-mail: rahmadya.trias@gmail.com, h4ry0n0.mkom@gmail.com

² Informatika, Fakultas Ilmu Komputer; Universitas Bhayangkara Jakarta Raya; Jl. Raya Perjuangan No.81, RT.003/RW.002, Marga Mulya, Kec. Bekasi Utara, Kota Bekasi, Jawa Barat 17143; e-mail: herlawati@ubharajaya.ac.id

Submitted : 16 April 2023
Revised : 29 April 2023
Accepted : 23 Mei 2023
Published : 30 Mei 2023

Abstract

The replacement of vegetation by roads, buildings, and other structures leads to increased absorption and reflection of solar heat, resulting in elevated surface temperatures in urban areas. This leads to the formation of more hotspots, triggering changes in weather and climate, which are key indicators of the Urban Heat Island (UHI) phenomenon. UHI refers to the phenomenon where urban areas experience higher temperatures compared to their surrounding areas. The primary factor influencing UHI is the conversion of vegetated land cover into developed areas due to urban growth. This causes an increase in surface temperatures due to a reduction in vegetation density and an increase in building density. Changes in land cover within the study area can be identified using unsupervised classification analysis, followed by the analysis of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess the vegetation index's impact on Land Surface Temperature (LST) and determine the surface temperature of Bekasi city. Accordingly, the objective of this research is to analyze the Urban Heat Island in Bekasi city using a quantitative approach that utilizes Landsat satellite imagery. The results indicate that the temperature in Bekasi city ranges from 25 to 31 degrees Celsius.

Keywords: Landsat-8, Land Surface Temperature, Land Use, NDVI, USGS

Abstrak

Pergantian vegetasi oleh jalan, bangunan, dan struktur lainnya menyebabkan peningkatan penyerapan dan pantulan panas matahari, yang mengakibatkan kenaikan suhu permukaan di kota. Akibatnya, terbentuk lebih banyak titik panas yang memicu perubahan cuaca dan iklim, yang menjadi pemicu terjadinya *Urban Heat Island (UHI)*. *UHI* adalah fenomena di mana wilayah perkotaan mengalami suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah sekitarnya. Faktor utama yang mempengaruhi terjadinya *UHI* adalah konversi lahan vegetasi menjadi area perkotaan akibat pembangunan kota. Hal ini menyebabkan peningkatan suhu permukaan karena berkurangnya kerapatan vegetasi dan peningkatan kerapatan bangunan. Perubahan tutupan lahan di dalam area penelitian dapat diidentifikasi melalui analisis klasifikasi tak terbimbing, diikuti oleh analisis Indeks Vegetasi Perbedaan Ternormalisasi (*NDVI*) untuk mengetahui pengaruh indeks vegetasi terhadap Suhu Permukaan Tanah (*LST*) dan menentukan suhu permukaan kota Bekasi. Dengan demikian, tujuan penelitian adalah untuk menganalisis *Urban Heat Island* di kota Bekasi dengan pendekatan kuantitatif yang menggunakan citra satelit Landsat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu kota Bekasi berkisar antara 25 hingga 31 derajat Celsius.

1. Pendahuluan

Kota adalah tempat berbagai aktivitas dan pelayanan dilakukan, baik oleh penduduk kota maupun masyarakat di sekitarnya. Pertumbuhan kota terjadi secara cepat sebagai hasil dari aktivitas dan pelayanan yang dilakukan oleh penduduk (Pontoh & Kustiwan, 2009). Perkembangan perkotaan terlihat dari lahirnya kota-kota baru dan penambahan penduduk serta peningkatan kepadatan di kota-kota besar (Mirzaei, 2015). Pertumbuhan penduduk dan pembangunan yang pesat di kawasan perkotaan menyebabkan perubahan penggunaan lahan karena keterbatasan ruang (Arie, 2012). Perubahan penggunaan lahan dalam pembangunan tidak bisa dihindari dan seringkali menimbulkan konflik kepentingan serta ketidaksesuaian dengan rencana tata ruang yang telah ditetapkan. Dampak negatifnya adalah penurunan kualitas lingkungan karena berkurangnya ruang untuk vegetasi akibat perluasan area bangunan yang luas (Aftriana, 2013; Eko & Rahayu, 2012; Fawzi & Mufarikah, 2013).

PBB telah menyetujui penerapan 17 tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals* atau *SDGs*). Salah satu tujuan *SDGs* yang paling menantang adalah "*Sustainable Cities and Communities*" (United Nation, 2015). Kota-kota merupakan wilayah yang padat dengan masalah polusi dan sosial ekonomi yang sering terjadi di seluruh dunia (Steiner, 2008; Williams et al., 2000). Masalah tata guna lahan juga memiliki dampak pada aspek sosial ekonomi, sehingga setiap wilayah perlu melakukan perencanaan yang baik (Firman, 2004).

Perkembangan infrastruktur yang pesat dan penurunan vegetasi sebagai penyerap panas menyebabkan peningkatan suhu permukaan di perkotaan. Pertumbuhan permukiman yang meluas juga mempengaruhi kerapatan vegetasi dalam kota. Dalam situasi keterbatasan lahan, konversi lahan untuk memenuhi kebutuhan manusia mengurangi area hijau yang dapat diakses (Akbari & Kolokotsa, 2016). Penurunan proporsi lahan hijau ini berkontribusi pada peningkatan suhu udara perkotaan yang signifikan. Perubahan ini dapat menyebabkan *Urban Heat Island (UHI)*, di mana suhu udara di perkotaan meningkat sekitar 3°-10°C dibandingkan dengan daerah sekitarnya. Faktor utama *UHI* adalah perubahan penggunaan lahan dari vegetasi menjadi area terbuka *non-vegetasi* seperti aspal, beton, dan perkembangan perkotaan. Dampak *UHI* termasuk peningkatan polusi udara dan degradasi lingkungan (Kotharkar & Bagade, 2018). Jika penambahan lahan terbangun terus berlanjut tanpa kompensasi vegetasi yang memadai, suhu permukaan perkotaan akan terus meningkat.

Penggantian lahan vegetasi dengan jalan, bangunan, dan infrastruktur lain yang terbuat dari aspal dan beton meningkatkan penyerapan dan pemantulan panas matahari, sehingga menyebabkan kenaikan suhu permukaan di dalam kota (Hardyanti et al., 2017; Sobirin & Fatimah, 2015).

Kenaikan suhu permukaan di perkotaan menyebabkan terbentuknya titik panas kota, yang mempengaruhi kondisi cuaca dan iklim. Suhu permukaan di pusat kota lebih tinggi daripada suhu udara di sekitarnya. Umumnya, suhu rata-rata tahunan di kota lebih tinggi sekitar 3°C dibandingkan dengan pinggiran kota. Fenomena ini dikenal sebagai *Urban Heat Island (UHI)* (Adiningsih et al., 2001; Arie, 2012; Tursilowati, 2010; Wichayani et al., 2014).

Kerapatan vegetasi menggambarkan jumlah tutupan vegetasi dalam suatu area dalam satuan luas tertentu. Pendekatan yang efektif untuk memperoleh informasi tentang sebaran dan keberadaan vegetasi di daerah perkotaan adalah dengan menggunakan indeks vegetasi menggunakan data penginderaan jauh. Salah satu indeks vegetasi yang sering digunakan adalah *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*, yang menyoroti karakteristik vegetasi dan dapat menunjukkan tingkat kerapatan vegetasi melalui transformasi data (Aftriana, 2013; Mukmin et al., 2016).

Informasi penggunaan lahan adalah penutup lahan permukaan bumi, dan kegunaan penutup lahan tersebut pada suatu daerah (Khambali, 2000; Purwadhi et al., 2015; Sumantri & Supriyatno, 2019).

Suhu udara adalah nilai rata-rata atmosfer di suatu lokasi, yang dipengaruhi oleh radiasi matahari. Suhu permukaan mencerminkan panas yang terasa di permukaan bumi. Pengukuran suhu permukaan dan udara bisa langsung atau melalui analisis citra satelit. Pendekatan penginderaan jauh digunakan untuk deteksi suhu permukaan dengan saluran termal (Fawzi & Mufarikah, 2013; Mukmin et al., 2016; Nugroho et al., 2016).

Metode *Land Surface Temperature (LST)* digunakan untuk mendapatkan informasi tentang suhu permukaan bumi saat pengambilan citra oleh satelit. Perhitungan *LST* melibatkan radiasi *Top of Atmosphere (TOA)*, suhu kecerahan satelit, dan memanfaatkan *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* untuk menentukan nilai emisivitas permukaan bumi (Septiangga & M, 2016)

Saluran termal dapat digunakan untuk mengidentifikasi distribusi suhu permukaan dan menganalisis *Urban Heat Island* (Fawzi & M, 2013; Mukmin et al., 2016). *Urban Heat Island* dapat diibaratkan sebagai kubah raksasa yang menahan panas di dalam kota dan terbentuk oleh elemen-elemen di dalamnya. Menurut Voogt (2002), fenomena ini menggambarkan peningkatan suhu udara di lapisan perkotaan dibandingkan dengan wilayah pinggiran. Secara umum, suhu rata-rata tahunan di dalam kota dapat menjadi sekitar 3°C lebih tinggi dibandingkan dengan pinggiran atau pedesaan. Fenomena ini dikenal sebagai *Urban Heat Island*. (Bhargava et al., 2017).

Penelitian direncanakan untuk dilaksanakan dalam jangka waktu satu tahun dengan beberapa tujuan, antara lain: (a) Mengidentifikasi perubahan vegetasi di Kota Bekasi; (b) Menganalisis perubahan kerapatan bangunan di Kota Bekasi; dan (c) Merekam suhu permukaan di Kota Bekasi.

Harapannya, hasil penelitian akan memberikan pemahaman yang cepat tentang perubahan vegetasi dan perubahan kerapatan bangunan di Kota Bekasi melalui penggunaan

citra satelit yang mampu mencakup wilayah yang luas. Selain itu, hasil olah citra satelit dalam bentuk peta akan lebih mudah diinterpretasikan daripada data statistik.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Kota Bekasi, yang merupakan kota berkembang pesat dan wilayah industri seperti Cibitung dan Cikarang. Kurangnya vegetasi di kota ini dapat mengurangi kenyamanan dan kesehatan. Kota Bekasi juga berfungsi sebagai daerah penyangga untuk kota lain. Penelitian bertujuan menggunakan penginderaan jarak jauh untuk memantau vegetasi dengan cepat.



Sumber: <https://bekasikota.bps.go.id/indicator/153/59/1/luas-wilayah-kecamatan.html>

Gambar 1. Wilayah Kota Bekasi

Kota Bekasi memiliki 12 kecamatan dan 56 kelurahan dengan populasi penduduk sekitar 2.4 juta jiwa. Wilayahnya terletak antara koordinat Bujur Timur 106o48'28" - 107o27'29" dan Lintang Selatan 6o10'6" - 6o30'6". Topografi Kota Bekasi memiliki kemiringan antara 0-2% dan ketinggian antara 11-81 m di atas permukaan air laut. Beberapa kecamatan mengalami genangan saat musim hujan. Secara geologis, Kota Bekasi didominasi oleh *pleistocene volcanik facies*, namun ada dua kecamatan dengan struktur geologi yang berbeda. Terdapat pula sumur gas di Bekasi Selatan. Analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan menggunakan *NDVI* dan *LST*. Analisis *NDVI* bertujuan untuk mengetahui kelas

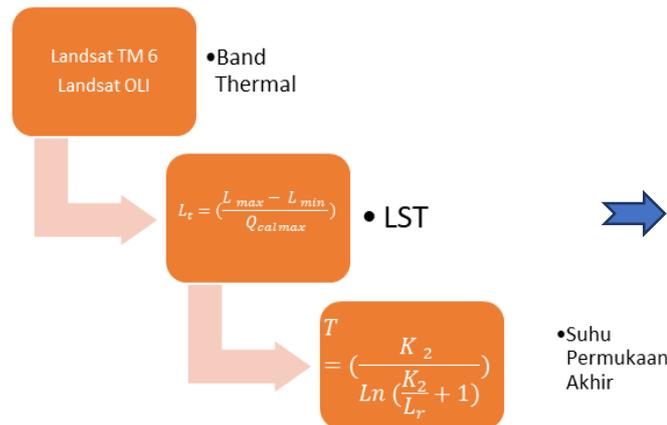
kerapatan vegetasi berdasarkan data citra penginderaan jauh. Pada Gambar 2 merupakan tahapan analisis *NDVI* dalam penelitian.



Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Gambar 2. Alur analisis *NDVI*

Analisis *LST* bertujuan untuk menentukan kelas suhu permukaan menggunakan data citra penginderaan jauh. Gambar 3 menunjukkan tahapan analisis *LST* dalam penelitian mencakup perbedaan suhu permukaan yang kemudian diinterpretasikan untuk mengklasifikasikan suhu permukaan.



Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Gambar 3. Alur analisis *LST*

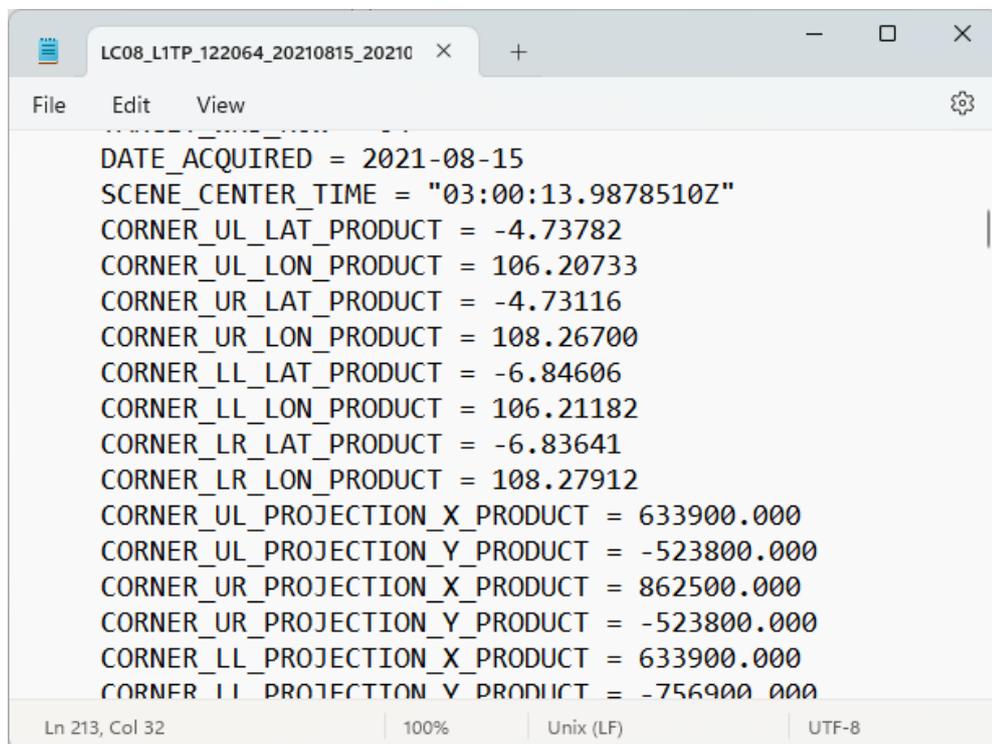
Diperlukan *GIS Tool* dalam penelitian ini, antara lain *ArcGIS 10.7*. *ArcGIS* diperlukan untuk menyiapkan citra dalam format peta yang sudah terstandar baik proyeksi maupun koordinatnya. Diperlukan kalkulator *raster* pada *toolbox ArcGis* untuk melakukan kalkulasi *NDVI* membutuhkan beberapa citra komposit (gabungan beberapa rentang frekuensi) yakni Infra Merah, Near Infra Merah, serta citra *Green*.

Untuk menampilkan citra komposit, diperlukan gabungan beberapa rentang frekuensi dalam format RGB. Berbeda dengan RGB citra biasa, RGB pada penelitian gabungan rentang frekuensi yang dibutuhkan untuk analisa *NDVI*, misalnya citra RED yang ditampilkan pada RGB sejatinya adalah Near Infra Merah. Dengan konversi ke RGB maka proses kalkulasi area vegetasi dapat dengan mudah dihitung.

Permintaan lahan yang tinggi di wilayah perkotaan mengakibatkan peningkatan luas lahan terbangun. Dampaknya adalah suhu permukaan di kota menjadi lebih panas karena berkurangnya vegetasi akibat perubahan penggunaan lahan. Fenomena ini dikenal sebagai *Urban Heat Island (UHI)*, di mana panas terkonsentrasi di pusat kota karena banyaknya tutupan

permukaan yang dapat menyerap panas (Akbari & Kolokotsa, 2016; Kotharkar & Bagade, 2018). Perkembangan kota yang pesat dapat menyebabkan persaingan penggunaan lahan yang mengancam keberadaan ruang terbuka hijau sebagai pengatur suhu mikro perkotaan. Ruang terbuka hijau akan dikonversi menjadi permukiman, komersial, perkantoran, industri, dan bangunan lainnya. Perubahan ini menggantikan vegetasi alami dengan permukaan yang sulit menguap seperti aspal dan beton. Akibatnya, terjadi perbedaan radiasi permukaan dan suhu permukaan kota cenderung meningkat. (Weng et al., 2004). Alat ukur yang digunakan untuk analisis biomassa dan vegetasi adalah *Vegetation Index (VI)* atau Indeks Vegetasi. Nilai kecerahan digital dalam alat rekam dipengaruhi oleh gelombang yang diterima. Salah satu indeks vegetasi yang umum digunakan adalah *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*. *NDVI* digunakan untuk menggambarkan tingkat kehijauan tanaman dalam suatu wilayah. Indeks vegetasi ini diperoleh dengan membandingkan nilai dari band merah dan *band NIR (Near-Infrared Radiation)*. Langkah-langkah yang dilakukan adalah pembuatan: (a) Konversi ke *Top of Atmosphere (TOA) Radiance*; (b) Konversi to *Top of Atmosphere (TOA) Brightness Temperature (BT)*; (c) *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*; (d) *Land Surface Emissivity (LSE)*, dan (e) *Land Surface Temperature (LST)*.

Sejatinya *Band 10* sudah bisa memberikan gambaran perbedaan suhu antara permukaan, namun untuk menentukan suhu secara pasti diperlukan kalibrasi. Perhitungannya dilakukan dengan menggunakan kalkulator raster dengan standar mengacu kepada *file MTL* yang ikut diunduh bersama kanal-kanal *Landsat 8* dari *USGS* (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).



```
LC08_L1TP_122064_20210815_20210
File Edit View
DATE_ACQUIRED = 2021-08-15
SCENE_CENTER_TIME = "03:00:13.9878510Z"
CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -4.73782
CORNER_UL_LON_PRODUCT = 106.20733
CORNER_UR_LAT_PRODUCT = -4.73116
CORNER_UR_LON_PRODUCT = 108.26700
CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -6.84606
CORNER_LL_LON_PRODUCT = 106.21182
CORNER_LR_LAT_PRODUCT = -6.83641
CORNER_LR_LON_PRODUCT = 108.27912
CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 633900.000
CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -523800.000
CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 862500.000
CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -523800.000
CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 633900.000
CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -756900.000
Ln 213, Col 32 100% Unix (LF) UTF-8
```

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

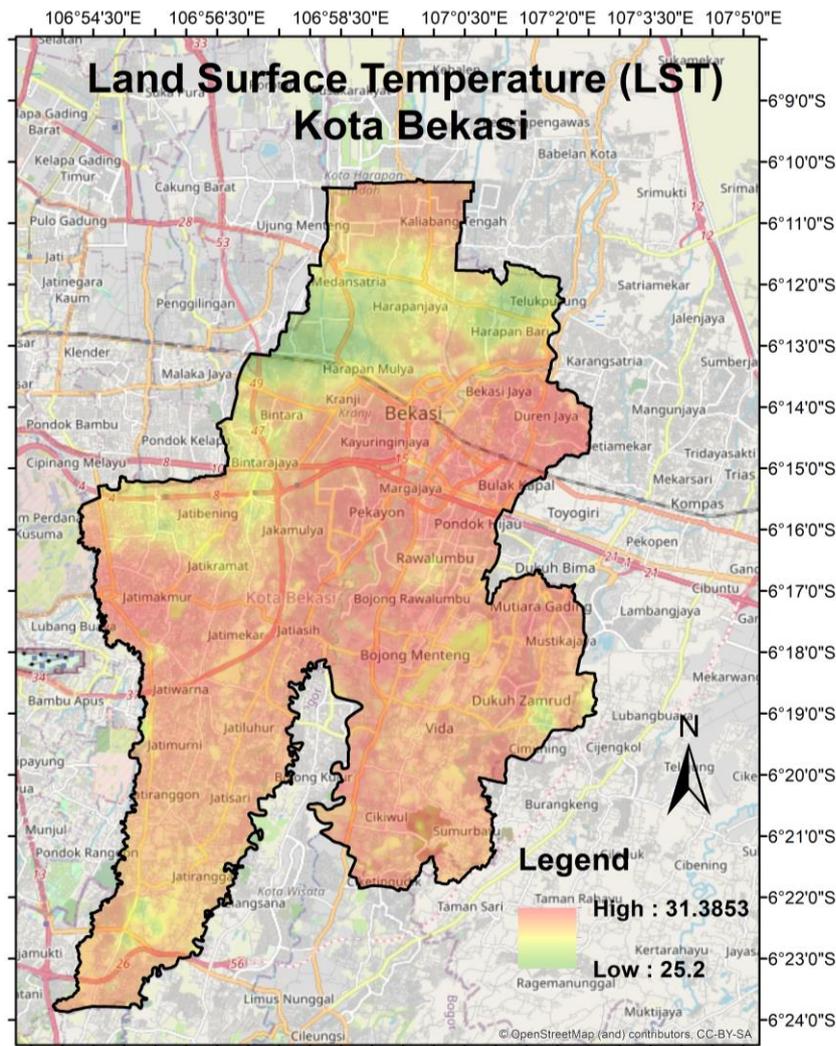
Gambar 4. File Metadata MLT

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian menggunakan *Band 10* yang merupakan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* yang akan dijadikan rujukan perhitungan suhu muka bumi. Lima langkah yang disebutkan pada metode penelitian selain perhitungan matematis juga *Band 5* dan *Band 4* sebagai kanal pembentuk citra komposit *NDVI*.

Gambar 5 menunjukkan suhu permukaan muka bumi kota Bekasi pada tahun 2021, atau saat COVID terjadi di bulan Agustus. Hampir sebagian besar kota Bekasi sangat panas, sekitar 30° Celsius. Hanya beberapa wilayah di pinggiran atau yang memiliki badan air memiliki suhu yang lebih rendah.

Suhu tinggi terjadi di sekitar jalan raya utama, khususnya jalan tol yang membelah Bekasi. Pemukiman padat juga menyumbang peningkatan suhu. Perlu usaha pemerintah kota untuk menurunkan suhu yang cukup tinggi di Kota Bekasi antara lain menambah daerah hijau, waduk/setu, RTH, hutan kota dan mengurangi penggunaan kendaraan bermotor. Pabrik-pabrik sudah seleyaknya pindah ke kabupaten Bekasi.



Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Gambar 5. *Land Surface Temperature (LST)* Kota Bekasi

4. Kesimpulan

Landsat 8 yang diunduh dari situs USGS dan direkam pada Agustus 2021 menunjukkan suhu permukaan yang masih panas walau dalam kondisi COVID dimana mobilitas penduduk rendah. *Urban Heat Island (UHI)* dihasilkan pada penelitian dengan memanfaatkan sensor *Thermal Infra-Red Sensor (TIRS)*, yaitu *Band 10*. Hal ini menunjukkan bahwa kota penyangga Jakarta ini perlu memberi perhatian khusus agar suhu permukaan (*LST*) turun demi kenyamanan penduduk yang tinggal di wilayah itu. Kalibrasi menggunakan standar dari *Landsat 8* guna menghasilkan peta *LST* akhir. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk *LST* kota Bekasi pada tahun-tahun yang lampau untuk mengetahui berapa besar perubahan suhu kota Bekasi dari tahun ke tahun, bahkan dapat memprediksi kenaikan suhu di masa depan. Selain itu banyak faktor-faktor lain yang mempengaruhi peningkatan suhu, misalnya pemanasan global yang memang sulit diantisipasi oleh pemerintah kota/daerah. Perlu juga mengukur suhu pada bulan-bulan dingin, yang biasanya terjadi pada musim penghujan.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didukung oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (LPPM) Universitas Islam 45 Bekasi dalam skema Hibah Internal. Peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada reviewer atas saran-sarannya demi peningkatan kualitas artikel.

Daftar Pustaka

- Adiningsih, E. S., Soenarmo, S. H., & Mujasih, S. (2001). Kajian Perubahan Distribusi Spasial Suhu Udara Akibat Perubahan Penutup Lahan. *Jurnal Lapan, February*, 29–44.
- Aftriana, C. V. (2013). Analisis Perubahan Kerapatan Vegetasi Kota Semarang Menggunakan Bantuan Teknologi Penginderaan Jauh. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 8(9), 1–58.
- Akbari, H., & Kolokotsa, D. (2016). Three Decades of Urban Heat Islands and Mitigation Technologies Research. *Energy and Buildings*, 133, 834–842. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.09.067>
- Arie, F. C. (2012). Sebaran Temperatur Permukaan Lahan dan Faktor- Faktor yang Mempengaruhinya di Kota Malang. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah*, 23–34.
- Bhargava, A., Lakmni, S., & Bhargava, S. (2017). Urban Heat Island Effect: It's Relevance in Urban Planning. *Journal of Biodiversity & Endangered Species*, 05(02), 1–4. <https://doi.org/10.4172/2332-2543.1000187>
- Eko, T., & Rahayu, S. (2012). Perubahan Penggunaan Lahan dan Kesesuaiannya terhadap RDTR di Wilayah Peri-Urban Studi Kasus: Kecamatan Mlati. *Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Kota*, 8(4), 330. <https://doi.org/10.14710/pwk.v8i4.6487>
- Fawzi, N. I., & Mufarikah, N. N. (2013). Kajian Urban Heat Island di Kota Yogyakarta - Hubungan antara Tutupan Lahan dan Suhu Permukaan. *Simposium Nasional Sains*

- Geoinformasi ~ III 2013: "Meningkatkan Kualitas Data Geospasial Melalui Analisis Citra Dan Pemodelan Spasial," April, 275–280.
- Firman, T. (2004). New Town Development in Jakarta Metropolitan Region: a Perspective of Spatial Segregation. *Habitat International*, 28(3), 349–368. [https://doi.org/10.1016/S0197-3975\(03\)00037-7](https://doi.org/10.1016/S0197-3975(03)00037-7)
- 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(3), 704–713.
- Khambali, I. (2000). *Model Perencanaan Vegetasi Hutan Kota*. Andi.
- Kotharkar, R., & Bagade, A. (2018). Evaluating Urban Heat Island in the Critical Local Climate Zones of an Indian City. *Landscape and Urban Planning*, 169(August 2017), 92–104. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.08.009>
- Mirzaei, P. A. (2015). Recent Challenges in Modeling of Urban Heat Island. *Sustainable Cities and Society*, 19(May), 200–206. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.04.001>
- Mukmin, S. A. Al, Wijaya, A. P., & Sukmono, A. (2016). Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Distribusi Suhu Permukaan dan Keterkaitannya dengan Fenomena Urban Heat Island. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(1), 224–233.
- Nugroho, S. A., Wijaya, A. P., & Sukmono, A. (2016). Analisis Pengaruh Perubahan Vegetasi Terhadap Suhu Permukaan di Wilayah Kabupaten Semarang Menggunakan Metode Penginderaan Jauh. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(1), 253–263.
- Pontoh, N. K., & Kustiwan, I. (2009). *Pengantar Perencanaan Perkotaan*. ITB.
- Purwadhi, F. S. H., Kardono, P., Karsidi, A., Haryani, N. S., & Rokhmatuloh. (2015). *Aplikasi Penginderaan Jauh Sistem Informasi Geografis untuk Pengembangan Wilayah* (pp. 126–275).
- Septiangga, B., & M, J. R. (2016). *Aplikasi Citra Landsat 8 Untuk Penentuan Persebaran Titik Panas sebagai Indikasi Peningkatan Temperatur Kota Yogyakarta*. May.
- Sobirin, S., & Fatimah, R. N. (2015). Urban Heat Island Kota Surabaya. *Geoedukasi*, IV(2), 46–69.
- Steiner, F. (2008). *The Living Landscape - An Ecological Approach to Landscape Planning - Second Edition* (2nd ed.). Islan Press.
- Sumantri, S. H., & Supriyatno. (2019). *Buku Sistem Informasi*. CV. Makmur Cahaya Ilmu.
- Tursilowati, L. (2010). Pulau Panas Perkotaan Akibat Perubahan Tata Guna dan Penutup Lahan di Bandung dan Bogor. *Jurnal Sains Dirgantara*, 3(1), 43–64.
- United Nation. (2015). Habitat III Issue Papers - Public Space. *United Nation Conference on Housing and Sustainable Urban Development*.
- Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J. (2004). Estimation of Land Surface Temperature-Vegetation Abundance Relationship for Urban Heat Island Studies. *Remote Sensing of Environment*, 89(4), 467–483. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.11.005>
- Wicahyani, S., Sasongko, S. B., & Izzati, M. (2014). Pulau Bahang Kota (Urban Heat Island) di

Kota Yogyakarta dan Daerah Sekitarnya Hasil Interpretasi Citra Landsat Oli-Tirs Tahun 2013. *Jurnal Geografi*, 11(2), 196–205.

Williams, K., Burton, E., & Jenks, M. (2000). *Achieving Sustainable Urban Form*. Taylor & Francis.