

Pemanfaatan Teknologi Citra Satelit Penginderaan Jauh dalam Mengamati Distribusi Intensitas Suhu Perkotaan di Kabupaten Bekasi

Izzuddin Muhammad^{1*}

¹Universitas Negeri Semarang, Indonesia

ABSTRACT

Urban Heat Island is a phenomenon characterized by increasing surface temperature in an urban area. This phenomenon can be observed using remote sensing satellite imagery. This research examines the utilization of remote sensing satellite imagery in observing the intensity of heat waves that occur in Bekasi Regency in 2023. The satellite image used is the Landsat 9 OLI/TIRS image which has a spatial resolution of 30m and a temporal resolution of 16 days and WorldPop Estimated Age and Sex Structure data which functions to display population data. The advantage of this satellite imagery is able to observe surface temperature conditions in a fast and large area. The method used to determine the intensity of heat waves is the Urban Heat Island Index (UHI) algorithm. This method is used to determine the condition of heat wave intensity per sub-district in Bekasi Regency. The results of observations using satellite imagery show that 8 sub-districts in Bekasi Regency are indicated to experience the Urban Heat Island phenomenon, namely in Serang Baru, Central Cikarang, South Cikarang, North Cikarang, Cibitung, West Cikarang, South Tambun, and North Tambun sub-districts. The three sub-districts with the highest value are West Cikarang, South Tambun, and South Cikarang. A total of 29.4% of the area in Bekasi Regency experienced UHI where 55.2% of the population in Bekasi Regency was exposed to UHI. The results show that the use of satellite imagery can be an alternative in observing urban temperature conditions.

ABSTRAK

Urban Heat Island merupakan fenomena yang ditandai dengan meningkatnya suhu permukaan di suatu perkotaan. Fenomena ini dapat diamati menggunakan citra satelit penginderaan jauh. Penelitian ini mengkaji tentang pemanfaatan citra satelit penginderaan jauh dalam mengamati intensitas gelombang panas yang terjadi di Kabupaten Bekasi pada tahun 2023. Citra satelit yang digunakan adalah citra Landsat 9 OLI/TIRS yang memiliki resolusi spasial 30m dan resolusi temporal 16 hari serta data *WorldPop Estimated Age and Sex Structure* yang berfungsi menampilkan data populasi Kabupaten Bekasi. Keunggulan citra satelit ini adalah mampu mengamati kondisi suhu permukaan dalam area yang luas dan waktu yang cepat. Metode yang digunakan untuk mengetahui intensitas gelombang panas adalah algoritma Urban Heat Island Index (UHI). Metode ini digunakan untuk mengetahui kondisi intensitas gelombang panas per kecamatan di Kabupaten Bekasi. Hasil pengamatan menggunakan citra satelit ini menunjukkan bahwa sebanyak 8 kecamatan di Kabupaten Bekasi terindikasi mengalami fenomena Urban Heat Island yakni di Kecamatan Serang Baru, Cikarang Pusat, Cikarang Selatan, Cikarang Utara, Cibitung, Cikarang Barat, Tambun Selatan, dan Tambun Utara. Tiga kecamatan dengan nilai tertinggi berada pada Kecamatan Cikarang Barat, Tambun Selatan, dan Cikarang Selatan. Sebanyak 29,4% luas wilayah di Kabupaten Bekasi mengalami UHI di mana sebanyak 55,2% penduduk di Kabupaten Bekasi terpapar UHI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan citra satelit dapat menjadi salah satu alternatif dalam mengamati kondisi suhu perkotaan.

KONTAK

izzuddinmuhammad53@gmail.com

KATA KUNCI

Urban Heat Island, Citra Satelit, Suhu Perkotaan

PENDAHULUAN

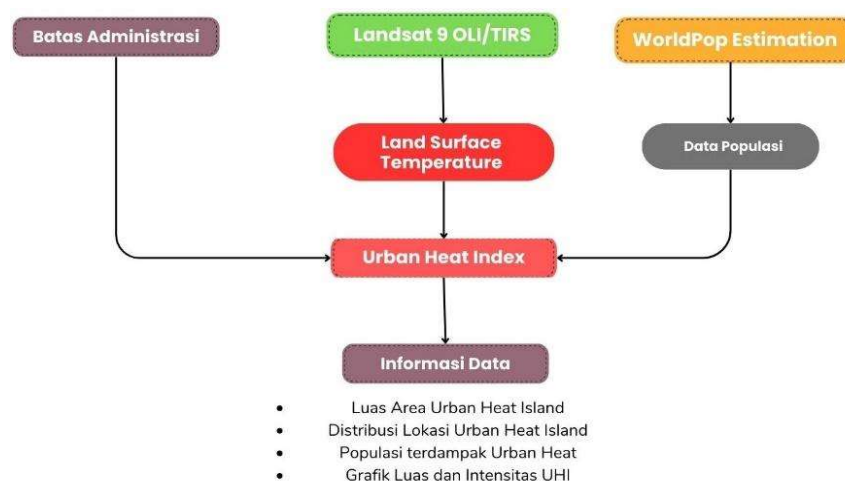
Kabupaten Bekasi merupakan daerah yang terletak di Provinsi Jawa Barat. Letak Kab. Bekasi yang berdekatan dengan daerah Jabodetabek menjadikan daerah tersebut mengalami pertumbuhan perkotaan yang sangat pesat. Hal ini dapat dilihat dari pembangunan dan perkembangan beberapa kawasan industri di Kab. Bekasi. Pertumbuhan kota ini memberikan dampak positif terhadap pendapatan ekonomi masyarakat di Kab. Bekasi. Akan tetapi, pertumbuhan perkotaan yang pesat juga berdampak negatif terhadap lingkungan. Dampak negatif dari pertumbuhan perkotaan adalah adanya alih fungsi lahan vegetasi menjadi lahan terbangun. Alih fungsi lahan menjadi salah satu permasalahan umum pada daerah yang mengalami perkembangan perkotaan (Putra et al., 2021).

Pertumbuhan penduduk yang pesat serta urbanisasi menyebabkan tingginya permintaan akan lahan terbangun seperti pemukiman, bangunan, perkantoran, dan sebagainya (Prasetyo et al., 2023). Meningkatnya lahan terbangun di perkotaan menimbulkan permasalahan lingkungan seperti persampahan, drainase yang buruk, timbulnya pemukiman kumuh (*slum area*), serta bencana seperti banjir. Di samping itu, peningkatan lahan terbangun juga berdampak pada kenyamanan masyarakat terhadap lingkungan udara di perkotaan seperti meningkatnya suhu permukaan. Suhu permukaan umumnya disebabkan akibat adanya perubahan iklim serta aktivitas manusia seperti alih fungsi lahan vegetasi atau lahan hijau menjadi lahan terbangun. Dengan meningkatnya lahan terbangun terutama di Kab. Bekasi menyebabkan tingginya suhu permukaan di daerah tersebut. Hal ini disebabkan rapatnya bangunan menyebabkan udara panas menjadi terjebak sehingga temperatur udara dan permukaan di lingkungan tersebut meningkat. Peningkatan suhu panas mendorong penduduk memanfaatkan AC sebagai pendingin ruangan. Pemanfaatan ini secara tidak langsung menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca yang dapat memicu terjadinya pemanasan global (Siburian, 2020).

Fenomena UHI dapat diamati menggunakan teknologi citra satelit penginderaan jauh. Citra satelit mampu memetakan dan menangkap gelombang panas melalui sensor pada kanal/band. Dengan menggunakan teknologi ini, pengamat tidak perlu melakukan pengamatan langsung di lapangan. Dengan menggunakan citra satelit, pengamat dapat mengamati fenomena UHI kapan saja dan di mana saja. Pemanfaatan citra satelit penginderaan jauh dalam mengamati fenomena UHI telah banyak dilakukan. Penelitian oleh Asi et al (2022) meneliti tentang pengaruh perubahan penggunaan lahan dan kaitannya tentang perubahan suhu permukaan di Kabupaten Bekasi. Hasil menunjukkan bahwa suhu permukaan di Kabupaten Bekasi mengalami peningkatan pada tahun 2004-2020. Hal ini dapat diamati dari suhu permukaan yang meningkat pada lahan terbangun seperti pemukiman, bangunan, jalan, dan industri. Oleh karena itu, penulisan paper ini mencoba untuk menerapkan teknologi citra satelit dalam mengamati distribusi fenomena UHI yang terjadi di setiap kecamatan pada Kabupaten Bekasi tahun 2023. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam arahan pengembangan perkotaan hijau yang ramah lingkungan di mana nantinya fenomena UHI dan suhu permukaan yang terjadi di Kabupaten Bekasi dapat diturunkan intensitasnya

METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah analisis deskriptif kuantitatif. Penelitian dan pengolahan data dilakukan melalui platform Google Earth Engine (GEE) yang merupakan platform pengolahan citra satelit penginderaan jauh. Adapun citra satelit yang digunakan dalam mengamati distribusi suhu permukaan di Kabupaten Bekasi adalah citra Landsat 9 OLI/TIRS yang telah dikoreksi secara radiometrik menggunakan metode *Top of Atmosphere* (ToA) serta data satelit *WorldPop Estimated Age and Sex Structure Population Grid 100m* untuk mengetahui populasi terdampak *urban heat island*. Citra Landsat 9 memiliki resolusi spasial 30 meter di mana dalam satu luas piksel mewakili luasan 300 m² di lapangan. Sedangkan, data WorldPop memiliki resolusi spasial 100 meter yang berarti satu luas piksel mewakili luasan 1 hektare di lapangan. Adapun alur penelitian dan pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 1 berikut



Gambar 1. Diagram alur penelitian.

Berdasarkan Gambar 1, Citra Landsat 9 OLI/TIRS diseleksi sesuai waktu perekaman 01 Januari 2023 hingga 31 Desember 2023. Keberadaan tutupan awan pada citra satelit juga turut diseleksi guna menghindari gangguan awan. Seleksi keberadaan awan dilakukan dengan kondisi tutupan awan kurang dari 30 persen. Hasil akhir dari seleksi citra satelit kemudian akan dipilih *band thermal* pada Landsat 9 yakni band 10 yang menampilkan kondisi suhu permukaan di lapangan. Setelah mendapatkan data suhu permukaan, penerapan algoritma UHI (*Urban heat index*) dapat dilakukan guna untuk mengetahui intensitas fenomena urban heat island di Kabupaten Bekasi. Dari data tersebut, kemudian dapat dilakukan ekstraksi informasi berupa luas area, distribusi lokasi, serta populasi terdampak urban heat island. Adapun persamaan algoritma UHI yang diperoleh dari penelitian Pratiwi & Jaelani (2020) dapat dilihat sebagai berikut

$$UHI = T - (\mu + 0,5\alpha) \quad (1)$$

di mana T merupakan data suhu permukaan, μ merupakan rata-rata nilai suhu permukaan, dan α merupakan nilai standar deviasi suhu permukaan. Setelah nilai UHI ditentukan, kemudian dilakukan identifikasi area yang tergolong mengalami urban heat island berdasarkan persamaan (2) dan (3) yang diperoleh dari penelitian Puspita & Hadiyanti (2022).

$$T > \mu + 0,5\alpha, \text{ Area UHI} \quad (2)$$

$$0 < T \leq \mu + 0,5\alpha, \text{ Area Non UHI} \quad (3)$$

Lebih lanjut, Pratiwi & Jaelani (2020) mengelompokkan nilai UHI berdasarkan intensitasnya ke dalam empat kelas seperti Tabel 1 berikut

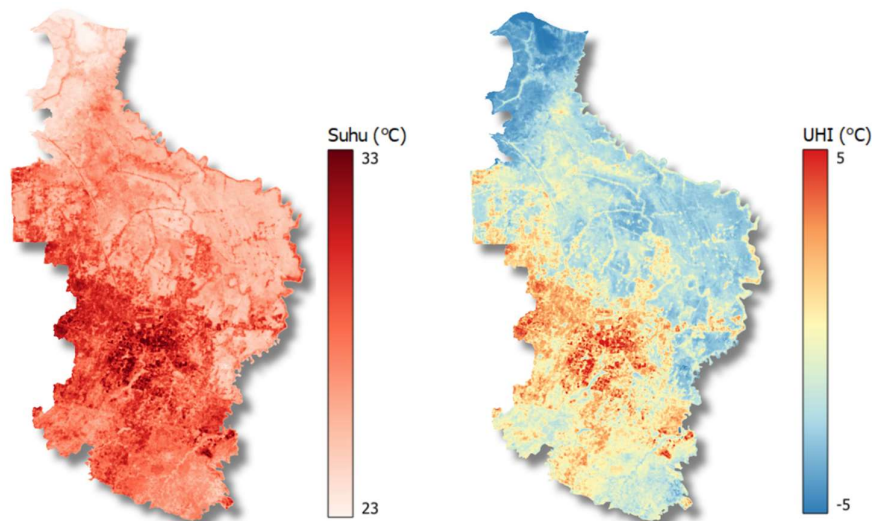
Tabel 1. Kelas intensitas *urban heat island*

Kelas	Nilai UHI (°C)
Non UHI	< 0
Ringan	0 - 2
Sedang	2 - 4
Berat	> 4

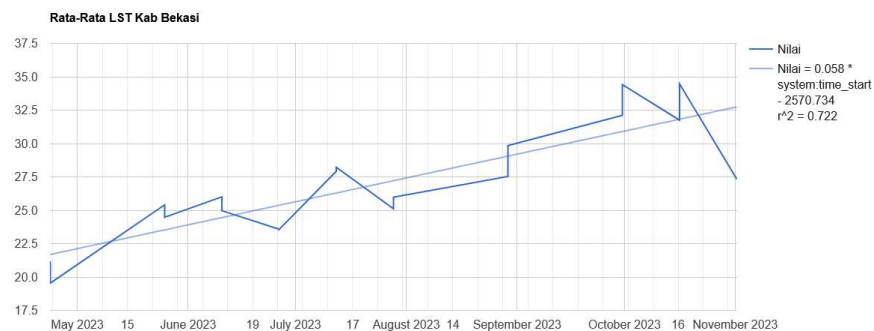
HASIL DAN PEMBAHASAN

Intensitas Suhu Permukaan dan Urban Heat Island Kabupaten Bekasi Tahun 2023

Hasil pemetaan intensitas suhu permukaan di Kabupaten Bekasi tahun 2023 menggunakan citra Landsat 9 menunjukkan rata-rata suhu mencapai 23-33 °C dengan rata-rata 26,9 °C. Sementara itu, indeks UHI di Kabupaten Bekasi berada pada rentang nilai -5 hingga 5 °C dengan rata-rata nilai UHI sebesar -0,99 °C. Nilai ini menunjukkan bahwa Kab. Bekasi secara keseluruhan wilayahnya hampir mengalami urban heat island sebab nilai rerata UHI hampir mendekati nol. Adapun peta intensitas suhu permukaan dan urban heat island dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Intensitas Suhu Permukaan dan UHI Kab. Bekasi Tahun 2023

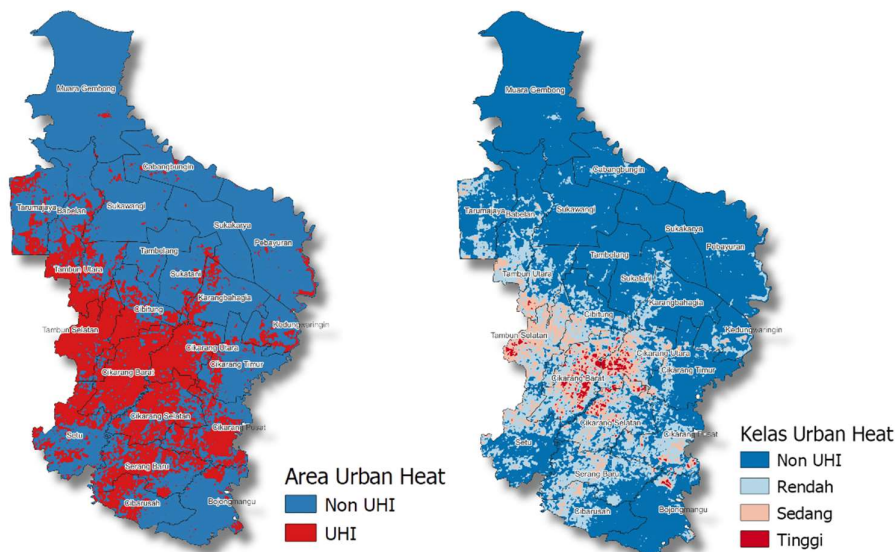


Gambar 3. Grafik Rata-Rata Suhu Permukaan Kab. Bekasi Tahun 2023

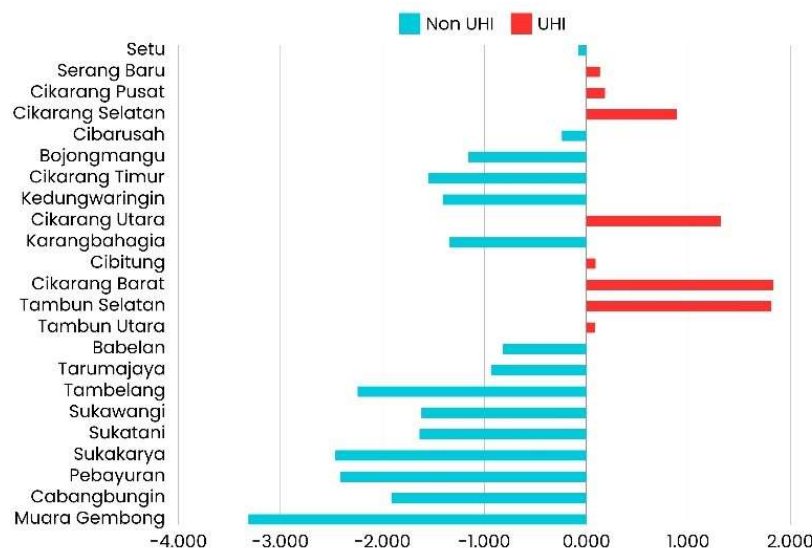
Gambar 3 memperlihatkan peningkatan suhu permukaan di Kab. Bekasi pada bulan Januari hingga bulan Desember. Grafik menunjukkan trend positif dengan nilai R-square 0,722 yang berarti menunjukkan hubungan yang kuat terhadap peningkatan suhu permukaan. Rata-rata suhu tertinggi berada pada tanggal 16 Oktober 2023 dengan rerata 34,46 °C dan rata-rata suhu terendah berada pada tanggal 23 April 2023 dengan rerata 19,54 °C. Berdasarkan penelitian Asi et al (2022), Intensitas permukaan di Kab. Bekasi telah mengalami peningkatan pada rentang 2004-2020 di mana terjadi peningkatan suhu pada lahan terbangun berupa pemukiman, industri, serta jalan. Peningkatan suhu permukaan di Kab. Bekasi disebabkan akibat konversi lahan sawah menjadi pemukiman. Hasil prediksi penggunaan lahan Kab. Bekasi di tahun 2028 menunjukkan peningkatan luasan lahan terbangun dan penurunan luasan lahan persawahan. Dampak dari alih fungsi lahan ini akan menyebabkan peningkatan suhu permukaan di masa depan.

Identifikasi dan Distribusi Lokasi Urban Heat Island di Kabupaten Bekasi

Identifikasi dan lokasi yang mengalami urban heat island diperoleh dari nilai ambang batas UHI. Hasil perhitungan nilai ambang UHI menunjukkan nilai 27,89 °C. Suatu daerah dapat dikatakan terjadi UHI bila nilai suhu permukaan berada di atas nilai ambang batas UHI dan sebaliknya, suatu daerah dapat dikatakan tidak terjadi UHI bila nilai suhu permukaan berada di bawah nilai ambang. Hasil Identifikasi dan distribusi lokasi UHI di Bekasi dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5 dan Tabel 2 berikut



Gambar 4. Identifikasi dan Distribusi UHI Kab. Bekasi Tahun 2023



Gambar 5. Grafik Distribusi UHI per kecamatan di Kab. Bekasi

Tabel 2. Distribusi UHI per kecamatan di Kab. Bekasi

Kecamatan	Rerata UHI	Keterangan
Setu	-0.077	Non UHI
Serang Baru	0.133	UHI
Cikarang Pusat	0.183	UHI
Cikarang Selatan	0.887	UHI
Cibarusah	-0.239	Non UHI
Bojongmangu	-1.156	Non UHI
Cikarang Timur	-1.55	Non UHI
Kedungwaringin	-1.408	UHI
Cikarang Utara	1.318	UHI
Karangbahagia	-1.344	Non UHI
Cibitung	0.091	UHI
Cikarang Barat	1.834	UHI
Tambun Selatan	1.814	UHI
Tambun Utara	0.086	UHI
Babelan	-0.821	Non UHI
Tarumajaya	-0.932	Non UHI
Tambelang	-2.242	Non UHI
Sukawangi	-1.618	Non UHI
Sukatani	-1.636	Non UHI
Sukakarya	-2.461	Non UHI
Pebayuran	-2.413	Non UHI
Cabangbungin	-1.911	Non UHI
Muara Gembong	-3.313	Non UHI

Gambar 4 memperlihatkan distribusi lokasi area UHI di Bekasi. Bila diamati, daerah yang mengalami UHI berada dekat dengan Jakarta Timur. Hal ini imbas dari aglomerasi wilayah Jabodetabek yang menyebabkan perkembangan pesat perkotaan di wilayah Jakarta ikut mengarah ke daerah Bekasi bagian barat. Tabel 2 memperlihatkan sebanyak 8 dari 23 Kecamatan di Kab. Bekasi Mengalami *Urban Heat Island* di tahun 2023. Kecamatan tersebut ialah Serang Baru, Cikarang Pusat, Cikarang Selatan, Cikarang Utara, Cibitung, Cikarang Barat, Tambun Selatan, Tambun Utara. Lima kecamatan di Bekasi yang memiliki nilai UHI tertinggi berada pada Cikarang Barat (1,834), Tambun Selatan (1,814), Cikarang Utara (1,318), Cikarang Selatan (0,887), dan Cikarang Pusat (0,183). Lima kecamatan tersebut mengalami intensitas UHI paling tinggi dibanding yang lain. Hal ini disebabkan adanya kawasan industri yang berada di Kecamatan tersebut seperti MM2100 Industrial Town dan Gobel Industrial

Estate di Cikarang Barat. Kawasan Industri Jababeka di Cikarang Utara, Kawasan Industri EJIP, BIIE, dan Lippo Delta Silicon di Cikarang Selatan, serta Kawasan Industri Greenland di Cikarang Pusat. Sementara itu, Kec. Tambun Selatan menjadi kecamatan dengan populasi dan kepadatan penduduk yang tinggi (BPS, 2023). Faktor kawasan industri serta kepadatan penduduk menjadi salah satu faktor mengapa nilai UHI di delapan kecamatan tersebut sangat tinggi. Faktor kawasan industri menyebabkan banyaknya pembangunan lahan terbangun berupa pabrik dan kantor untuk menunjang aktivitas ekonomi di kawasan tersebut. Sedangkan, faktor populasi penduduk meningkatkan kebutuhan akan lahan pemukiman sehingga terjadi alih fungsi lahan dari lahan vegetasi menjadi lahan terbangun pemukiman (Prasetyo et al., 2023). Konversi lahan vegetasi menjadi lahan terbangun berupa pemukiman dan bangunan berdampak pada peningkatan suhu permukaan di Kabupaten Bekasi (Nadira et al., 2019). Korelasi antara kerapatan lahan terbangun dengan suhu permukaan memperlihatkan tren positif sehingga semakin rapat suatu bangunan maka semakin tinggi pula suhu permukaan yang dihasilkan (Kurniantoro et al., 2023). Hal ini berbanding terbalik dengan pengaruh lahan vegetasi terhadap suhu permukaan di mana menunjukkan tren negatif sehingga semakin rapat suatu vegetasi maka semakin rendah suhu permukaannya (Aldiansyah & Wardani, 2023). Sehingga, adanya lahan vegetasi berupa lahan terbuka hijau pada suatu daerah dapat mereduksi suhu permukaan.

Sementara itu, Kecamatan yang tidak mengalami UHI berada pada Kecamatan Muara Gembong dengan nilai rata-rata UHI sebesar $-3,313^{\circ}\text{C}$ dengan rata-rata suhu sebesar $24,57^{\circ}\text{C}$. Hal ini disebabkan letak Kec. Muara Gembong yang dekat dengan wilayah pesisir dan berada jauh dari pusat kota Bekasi sehingga Muara Gembong tidak mengalami fenomena UHI. Meski demikian, pada Gambar 4 memperlihatkan sedikit wilayah di Muara Gembong yang mengalami UHI kelas ringan.

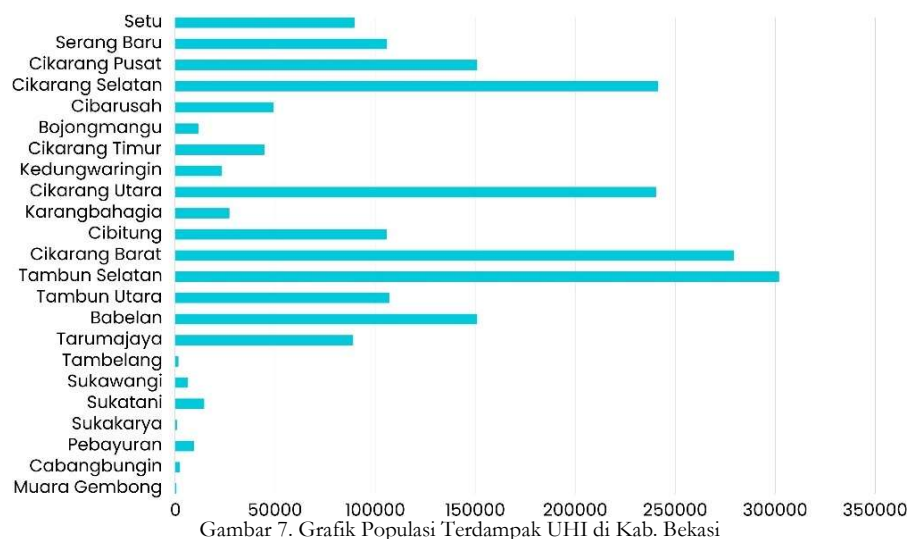


Gambar 6. a) Grafik Luas UHI Kelas Tinggi, b) Luas Area UHI per kecamatan

Hasil perhitungan luasan UHI di Kab. Bekasi menunjukkan area seluas 37342 ha atau sekitar 29,4 % dari total wilayah Kab. Bekasi mengalami UHI. Sisanya, luas daerah di Bekasi yang tidak mengalami UHI sebanyak 89514 ha atau sekitar 70,6 % dari total luas wilayah. Rincian luasan UHI menurut kelas intensitas UHI di Bekasi menunjukkan luas kelas UHI tinggi sebanyak 1312 ha atau 3,5%, kelas UHI sedang sebanyak 9251 ha atau 24,8%, serta kelas UHI ringan sebanyak 26678 ha atau 71,7%. Gambar 6 memperlihatkan grafik luas UHI per kecamatan di Kabupaten Bekasi. Sebanyak 14 dari 23 kecamatan di Kab. Bekasi terpapar UHI kelas tinggi ($> 4^{\circ}\text{C}$). Kecamatan paling luas yang terpapar UHI tinggi adalah Kec Cikarang Barat (1665 ha) disusul Cikarang Utara (962 ha) dan Cikarang Selatan (536 ha), dan lainnya. Sementara itu, kecamatan paling luas yang mengalami UHI adalah Kec. Cikarang Barat (4666 ha) atau sekitar 86% dari luas wilayahnya. Sedangkan, Kecamatan paling sedikit mengalami UHI adalah Kec. Sukakarya (53,719 ha).

Distribusi Populasi Terdampak Urban Heat Island Berdasarkan Data Satelit

Hasil pemetaan penduduk terdampak *urban heat island* menggunakan data satelit *WorldPop Estimated Age and Sex Structure* dapat diamati pada Gambar 7 dan Tabel 3 berikut.



Tabel 3. Distribusi UHI per kecamatan di Kab. Bekasi

Kecamatan	Populasi Terdampak (Jiwa)
Setu	89728
Serang Baru	105966
Cikarang Pusat	151072
Cikarang Selatan	241574
Cibarusah	49214
Bojongmangu	11606
Cikarang Timur	44660
Kedungwaringin	23377
Cikarang Utara	240432
Karangbahagia	27121
Cibitung	105754
Cikarang Barat	279502
Tambun Selatan	301948
Tambun Utara	107049
Babelan	151025
Tarumajaya	89013
Tambelang	1674
Sukawangi	6251
Sukatani	14531
Sukakarya	833
Pebayuran	9383
Cabangbungin	2433
Muara Gembong	651

Pemetaan penduduk terdampak UHI sangat penting untuk dilakukan guna mengetahui dampak yang ditimbulkan dari fenomena UHI. UHI memiliki dampak bagi kesehatan penduduk di mana penduduk yang terpapar dapat menimbulkan gejala penyakit jantung, gangguan pernapasan, penyakit yang berkaitan dengan suhu panas, serta kesehatan mental (Ramly et al., 2024). Berdasarkan Tabel 2, total penduduk terdampak UHI berdasarkan data satelit menunjukkan angka sebesar 2.060.021 jiwa atau sekitar 55,2 % dari total penduduk di Kab. Bekasi serta populasi terpapar UHI kelas tinggi mencapai 100.342 jiwa. Populasi terpapar UHI paling banyak berada pada Kecamatan Tambun Selatan dengan total 301.948 jiwa. Tingginya populasi yang terpapar di Tambun Selatan disebabkan tingginya populasi dan kepadatan penduduk. Sementara itu, tiga kecamatan di Bekasi dengan populasi terpapar UHI tertinggi berada pada Kec. Tambun Selatan, Cikarang Barat, dan Cikarang Selatan. Sedangkan, kecamatan dengan populasi terpapar paling sedikit berada pada Kec. Muara Gembong sebanyak 651 jiwa.

KESIMPULAN

Teknologi citra satelit dapat dimanfaatkan sebagai alat untuk mengidentifikasi lokasi yang mengalami Urban Heat Island di Kabupaten Bekasi. Melalui band thermal Landsat 9 dan analisis algoritma UHI, dapat diamati sebanyak 8 dari 23 kecamatan di Kab Bekasi mengalami UHI. Kecamatan tersebut ialah Serang Baru, Cikarang Pusat, Cikarang Selatan, Cikarang Utara, Cibitung, Cikarang Barat, Tambun Selatan, Tambun Utara. Tiga kecamatan dengan nilai tertinggi berada pada Kecamatan Cikarang Barat, Tambun Selatan, dan Cikarang Selatan. Tingginya intensitas UHI disebabkan kecamatan tersebut terletak pada kawasan industri besar serta populasi yang tinggi. Keberadaan lahan terbangun berupa pemukiman dan bangunan pabrik serta minimnya lahan terbuka hijau menyebabkan intensitas fenomena UHI yang tinggi.

Hasil perhitungan luasan memperlihatkan sebanyak 29,4% dari total wilayah Kab Bekasi mengalami UHI. Sebanyak 14 dari 23 kecamatan di Kab. Bekasi terpapar UHI kelas tinggi yakni Kec Cikarang Barat, Cikarang Utara, Cikarang Selatan, dan lainnya. Luas area yang paling banyak mengalami UHI adalah Cikarang Barat seluas 86% dari luas wilayahnya. Penduduk terpapar UHI di Kab Bekasi mencapai 2.060.021 jiwa atau 55.2% dari total penduduk serta sebanyak 100.342 jiwa terpapar UHI kelas tinggi. Populasi paling banyak terpapar UHI berada pada Kecamatan Tambun Selatan sebanyak 301.948 jiwa.

Dengan mengetahui lokasi sebaran UHI di Kota Bekasi, maka dapat dilakukan upaya berkelanjutan dalam mengurangi efek dari Urban Heat di suatu kecamatan dengan melakukan kebijakan dan langkah yang tepat seperti gaya hidup berkelanjutan, perencanaan kota ramah lingkungan, penerapan *Urban Heat Resilience* serta *Green Infrastructure*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya berterima kasih atas kesempatan dari KPM UNJ yang telah menyelenggarakan Conference CASTLE sehingga para mahasiswa dapat memaparkan serta mempublikasikan karya penelitian mereka pada conference ini. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada teman saya serta pihak-pihak yang membantu saya di mana tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

REFERENSI

- Aldiansyah, S., & Wardani, F. (2023). Analisis Spasio-Temporal Fenomena Urban Heat Island dan Hubungannya Terhadap Aspek Fisik di Kota Makassar (1993-2021). *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 24(1), 1-11.
- Amindin, A., Pouyan, S., Pourghasemi, H. R., Yousefi, S., & Tiefenbacher, J. P. (2021). Spatial and temporal analysis of urban heat island using Landsat satellite images. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 41439-41450.
- Asi, A. N. H., Supriatna, S., & Zulkarnain, F. (2022, December). Spatial Study of Land Cover Changes and Land Surface Temperature in Bekasi Regency, West Java, Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1111, No. 1, p. 012024). IOP Publishing.
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Kabupaten Bekasi dalam Angka 2023*. Bekasi: Penerbit BPS.
- Ferdiansyah, E., & Penggalih, W. R. (2022). Identifikasi urban heat island dan faktor yang mempengaruhinya menggunakan google earth engine. *The Climate of Tropical Indonesia Maritime Continent Journal*, 1(1), 5-11.
- Haksama, R. J., & Feriadi, H. (2023, December). Identifikasi Urban Heat Island di Kawasan Tepian Selokan Mataram Yogyakarta. In *SMART: Seminar on Architecture Research and Technology* (Vol. 7, No. 1, pp. 121-134).
- Kurniantoro, R., Sasmito, B., & Hadi, F. (2023). Analisis Pengaruh Perubahan Kawasan Terbangun Menggunakan Algoritma ENDISI Terhadap Suhu Permukaan Tanah (Studi Kasus: Kabupaten Bekasi Bagian Selatan). *Jurnal Geodesi Undip*, 12(3), 281-290.
- Nadira, C., Saraswati, R., & Wibowo, A. (2019). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Fenomena Urban Heat Island di Kecamatan Cikarang Utara, Kabupaten Bekasi Tahun 2007-2018 Menggunakan Citra Landsat 5 dan 8. In *Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-6* (Vol. 5, No. 8, pp. 82-98).
- Pratiwi, A. Y., & Jaelani, L. M. (2021). Analisis Perubahan Distribusi Urban Heat Island (UHI) di Kota Surabaya Menggunakan Citra Satelit Landsat Multitemporal. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), C48-C55.
- Puspita, B. D., & Hadiyanti, A. (2022, February). Measuring Urban Heat Islands Using Landsat 8 TIRS and Investigating the Variety of Landuse Proportion in Yogyakarta City. In *Proceeding International Conference on Religion, Science and Education* (Vol. 1, pp. 595-603).

- Putra, C. D., Ramadhani, A., & Fatimah, E. (2021, April). Increasing Urban Heat Island area in Jakarta and it's relation to land use changes. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 737, No. 1, p. 012002). IOP Publishing.
- Ramly, N., Hod, R., Hassan, M. R., Arsad, F. S., Radi, M. F. M., & Ismail, R. (2024). IMPACT OF URBAN HEAT ISLAND ON HUMAN HEALTH: A SYSTEMATIC REVIEW: A SYSTEMATIC REVIEW. *Malaysian Journal of Public Health Medicine*, 24(1), 172-186.
- Siburian, S. 2020. Pencemaran Udara dan Emisi Gas Rumah Kaca. Jakarta: Kreasi Cendekia Pustaka.
- Syafitri, R. A., Pamungkas, A., & Santoso, E. B. (2021, May). Urban form factors that play important roles on UHI spatial-temporal pattern: A case study of East Surabaya, Indonesia. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 764, No. 1, p. 012030). IOP Publishing.
- Wirayuda, I. K. A. K., Widayani, P., & Sekaranom, A. B. (2023). Urban green space analysis and its effect on the surface urban heat island phenomenon in Denpasar City, Bali. *Forest and Society*, 7(1), 150-168.