

IDENTIFIKASI PENGARUH KEPADATAN BANGUNAN TERHADAP URBAN HEAT ISLAND DI PULAU BATAM MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 8

Erick Ikbal Sujiantoro¹, Wenang Anurogo^{2*}

¹Program Studi Teknologi Geomatika, Politeknik Negeri Batam

^{2*} SungKyunKwan University

wenang@polibatam.ac.id

Artikel Info : diterima 22/09/2024, revisi 03/11/2025, publish 27/12/2025

ABSTRACT

The rapid population growth in Batam City has led to the conversion of green land into a built area to meet residential, industrial, and infrastructure needs. This change in land use has an impact on increasing surface temperature and triggers the Urban Heat Island (UHI) phenomenon. UHI is characterized by higher temperatures in urban areas compared to surrounding areas due to changes in land cover. This study aims to identify land surface temperature, UHI phenomenon, building density level (NDBI), and the influence of NDBI on UHI on Batam island. The results showed significant variations in land surface temperatures across the island, with a range between 18°C to 33°C. This temperature difference directly contributes to the formation of the UHI phenomenon on Batam Island. The NDBI map of Batam Island shows that the UHI phenomenon tends to be concentrated in areas with high building densities such as in urban center, industrial and residential areas. The regression results between NDBI and UHI showed the influence of NDBI on UHI by 71%, which shows that the relationship between the UHI and NDBI variables has a positive and proportional relationship. The results also show that the higher the density of the building, the intensity of the UHI will also increase. This study confirms that the increase in building density is the factor that encourages the occurrence of the UHI phenomenon in Batam Island.

Keywords: Landsat 8, Batam Island, Urban Heat Island, Land Surface Temperature, Building Density

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk yang pesat di Kota Batam menyebabkan alih fungsi lahan hijau menjadi kawasan terbangun untuk memenuhi kebutuhan hunian, industri, dan infrastruktur. Perubahan penggunaan lahan ini berdampak pada meningkatnya suhu permukaan daratan dan memicu fenomena *Urban Heat Island* (UHI). UHI ditandai dengan suhu yang lebih tinggi di kawasan perkotaan dibandingkan dengan daerah sekitarnya akibat perubahan penutup lahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi suhu permukaan daratan (LST), fenomena UHI, tingkat kepadatan bangunan (NDBI), dan pengaruh NDBI terhadap UHI di pulau Batam. Hasil menunjukkan variasi suhu permukaan daratan yang signifikan di seluruh pulau, dengan rentang antara 18,2°C hingga 33,1°C. Perbedaan suhu ini secara langsung berkontribusi pada terbentuknya fenomena UHI di Pulau Batam. Peta NDBI Pulau Batam menunjukkan bahwa fenomena UHI cenderung terkonsentrasi di wilayah dengan kepadatan bangunan tinggi seperti di kawasan pusat kota, industri dan pemukiman. Hasil regresi antara NDBI dengan UHI menunjukkan pengaruh NDBI terhadap UHI sebesar 71%, yang mengindikasikan bahwa hubungan antara variabel UHI dan NDBI memiliki hubungan yang positif dan berbanding lurus. Hasil tersebut menyatakan jika nilai NDBI semakin tinggi maka intensitas UHI juga akan meningkat. Penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan kepadatan bangunan merupakan faktor yang berpengaruh pada fenomena UHI di Pulau Batam.

Kata kunci: Landsat 8, Pulau Batam, *Urban Heat Island*, Suhu Permukaan Daratan, Kepadatan Bangunan

A. LATAR BELAKANG

Kota merupakan suatu tempat yang memiliki fungsi sebagai pusat kegiatan manusia. Sangat terkait dengan karakteristik kawasan perkotaan sebagai pusat pemerintahan, kegiatan ekonomi, wisata, dan tempat untuk meningkatkan kualitas hidup. Bidang-bidang di kawasan perkotaan berkembang sangat pesat dibandingkan dengan kawasan lainnya. Besarnya peluang untuk meningkatkan kualitas hidup membuat masyarakat pinggiran kota dan desa yang mencoba mencari kesempatan di kota semakin padat (Mukmin, dkk., 2016). Tingkat urbanisasi di kawasan perkotaan akan meningkatkan kebutuhan ruang tempat tinggal. Hal ini dapat menyebabkan perubahan lingkungan, salah satunya adalah pergeseran penggunaan lahan bervegetasi menjadi lahan yang dibangun. Alih fungsi lahan ini juga dapat menyebabkan meningkatnya pembangunan infrastruktur dan meningkatnya jumlah bangunan dengan kerapatan yang tinggi (Dewi, dkk., 2023).

Kota Batam memiliki posisi geografis yang strategis, terletak di antara Selat Malaka dan Singapura, menjadikannya sebagai jalur pelayaran internasional yang sibuk. Sejak tahun 1970-an, Batam mulai dikembangkan sebagai pusat industri melalui berbagai kebijakan pemerintah, termasuk Keputusan Presiden Nomor 41 Tahun 1973 yang menetapkan Batam sebagai daerah industri. Hal ini bertujuan untuk menjadikan Batam sebagai pusat pertumbuhan ekonomi dengan memanfaatkan letak geografisnya yang menguntungkan. Berdasarkan data BPS Kota Batam, jumlah penduduk Kota Batam pada tahun 2019 berjumlah 1.112.538 jiwa sedangkan pada tahun 2024 berjumlah 1.294.548 jiwa. Terdapat peningkatan penduduk berjumlah 182.010 jiwa dalam kurun waktu 5 tahun, peningkatan tersebut menyebabkan mempengaruhi luasan lahan maupun peralihan lahan dari lahan hijau untuk menunjang kebutuhan masyarakat dalam berbagai aspek kehidupan terutama kebutuhan lahan hunian, industri, pertokoan bahkan jalan raya.

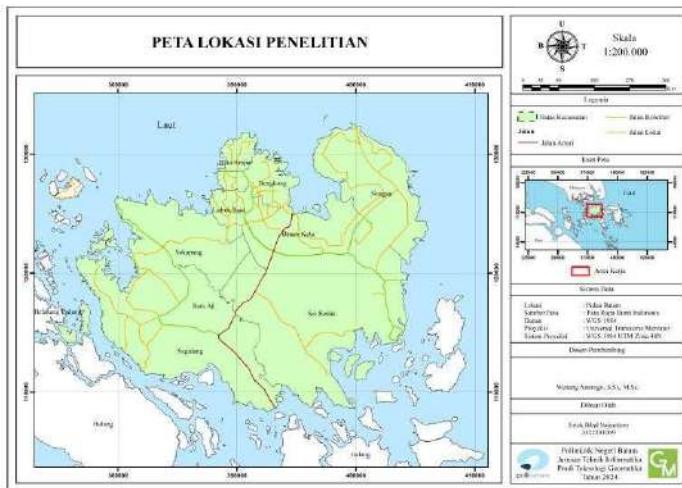
Urban Heat Island (UHI) adalah fenomena peningkatan suhu di kota dibandingkan dengan pedesaan, yang umum terjadi di kota-kota besar di seluruh dunia, termasuk di Indonesia (Kurnianti, 2020). Konsep dasar dari fenomena UHI adalah bahwa ada hubungan antara energi termal yang diterima oleh objek permukaan bumi dari matahari. Ini menyebabkan level termal yang tidak sama di kota dan pedesaan karena perbedaan konduktivitas termal mereka. UHI dapat memiliki efek negatif, seperti penurunan kualitas kesehatan, degradasi kualitas udara dan lingkungan, pemanasan global, peningkatan polusi, dan dinamika iklim yang dapat mempengaruhi kegiatan perkotaan. Karena itu, fenomena UHI harus diidentifikasi.

Land Surface Temperature (LST), yang digambarkan dalam bentuk piksel dari berbagai jenis permukaan bumi, dapat digunakan untuk mengidentifikasi fenomena UHI (Guntara, 2016). LST tersebut didapat dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh atau dengan melakukan pengukuran suhu secara langsung di lapangan. Kerapatan bangunan yang tinggi juga merupakan salah satu faktor yang menyebabkan perubahan suhu permukaan menjadi naik. Kerapatan bangunan dapat mempengaruhi penyimpanan dan pemantulan radiasi panas matahari (Beatrice, 2018). Kerapatan bangunan dalam penginderaan jauh dapat diidentifikasi menggunakan indeks lahan terbangun yaitu *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI). NDBI merupakan algoritma yang dirancang untuk lebih menunjukkan kenampakan lahan terbangun dibandingkan dengan objek lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh kepadatan bangunan terhadap fenomena *Urban Heat Island* di Pulau Batam.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data citra Landsat 8 perekaman tahun 2025. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari pengambilan sampel suhu permukaan di Pulau Batam, sedangkan data sekunder merupakan data citra satelit dan shapefile kota batam yang diperoleh dari situs USGS explorer dan website BIG. Citra satelit yang digunakan adalah Citra Landsat 8 OLI/TIRS, citra ini dipilih untuk menjaga konsistensi data, kemudahan pengolahan, dan keakuratan suhu permukaan, serta memastikan bahwa seluruh tahapan analisis dilakukan pada data dengan karakteristik sensor yang telah teruji luas dalam penelitian sebelumnya.

Penelitian ini berlokasi di Pulau Batam yang terletak di Kota Batam (Gambar 1). Secara geografis, Batam berada pada koordinat antara $1^{\circ}5'$ hingga $1^{\circ}15'$ Lintang Utara dan $103^{\circ}35'$ hingga $104^{\circ}0'$ Bujur Timur. Pulau ini memiliki luas sekitar 715 km^2 dan dikelilingi oleh Selat Singapura di sebelah utara, Selat Malaka di sebelah barat, serta Selat Riau di sebelah selatan dan timur.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Tahapan *pre-processing* yaitu mengunduh data citra Landsat 8 OLI/TIRS di website USGS *earth explorer*, kemudian data dikoreksi geometrik dan radiometrik, lalu dilakukan masking awan. Koreksi geometrik menggunakan penempatan *Ground Control Point* (GCP) untuk menyesuaikan koordinat gambar dengan sistem proyeksi peta. Pada penelitian ini koreksi geometrik menggunakan peta RBI Kota Batam skala 1:50.000 dengan nilai standar deviasi (*Root Mean Square Error*) harus kurang dari 1. Apabila nilai RMSE lebih dari 1 maka akan dilakukan pengulangan hingga memenuhi syarat untuk dilakukan koreksi geometrik (Wenang, dkk., 2023). Koreksi radiometrik merupakan koreksi dasar pada sebuah citra yang dilakukan guna menghilangkan noise yang terdapat pada sebuah citra, cara ini dapat dilakukan dengan metode *Top of Atmosphere* (TOA) dengan melakukan ubahan nilai *Digital Number* (DN) pada rumus berikut (USGS, 2016):

Konversi *Digital Number* (DN) ke TOA Radian

Keterangan:

$L\lambda$: TOA Spektral Radian (Watts/(m²*sradien*μm))

ML : Radiance Mult Band

AL : Radiance Add Band

Ocal : Digital Number (DN)

Konversi *Digital Number* (DN) ke TOA Radian

Keterangan:

$\rho\lambda$: Nilai reflektansi

π : konstanta matematika (3,14)

d₂ : jarak matahari – bumi (satuan astronomi)

$ESUN\lambda$: rata-rata penyinaran matahari exoatmosfer (W/m².sr. μ m)

θ_S : sudut zenith matahari (derajat)

Masking awan dilakukan agar data citra tidak terjadi bias suhu permukaan akibat daratan yang tertutup awan. Masking awan berfungsi mengidentifikasi kondisi piksel, seperti awan, bayangan awan, air, dan permukaan daratan bersih. Piksel awan akan diklasifikasikan sebagai *No Data* dan hanya piksel yang diklasifikasikan sebagai *clear land* atau bebas awan yang diproses ke tahap perhitungan LST. Estimasi nilai LST meliputi tahapan konversi digital number menjadi TOA radian, konversi suhu kecerahan (BT), proporsi vegetasi, ekstraksi emisivitas permukaan, dan ekstraksi data LST.

Brightness Temperature (BT) dihitung dari citra Landsat 8 menggunakan Band 10 (TIRS), karena Panjang gelombangnya (10.6–11.2 μm) berada dalam jendela atmosferik dan telah dikalibrasi secara konsisten. Band 10 dipilih karena memiliki Tingkat ketidakpastian yang lebih rendah dibanding band 11. Perhitungan BT dilakukan menggunakan persamaan 3. Rumus tersebut merupakan proses mengubah nilai radian spektral menjadi suhu kecerahan dalam satuan derajat kelvin ($^{\circ}\text{K}$) dan kemudian diubah ke satuan derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$) agar mempermudah proses (Fawzi, 2017).

Keterangan:

BT : brightness temperature (OC)

K₂ : Konstanta spesifik band termal dari metadata

K₁ : Konstanta spesifik band termal dari metadata

$L\lambda$: Radiansi spektral ToA (Watt/m²*srad *μm)

NDVI merupakan sebuah metode yang dapat digunakan untuk menghitung sebuah kerapatan vegetasi, semakin tinggi nilai NDVI maka semakin tinggi pula tingkat kerapatan vegetasinya. Perhitungan NDVI menggunakan band 4 (*Red*) dan band 5 (*NIR*), kedua band tersebut mampu menangkap sifat biokimia dan struktur vegetasi dengan baik. Pigmen klorofil dalam daun menyerap energi secara intens di band Red, sedangkan sel mesofil memantulkan secara kuat di band NIR. Rumus NDVI dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (4)$$

Keterangan:

NIR : Kanal Inframerah Dekat (Band 5)

RED : Kanal Merah (Band 4)

PV merupakan salah satu proses penskalaan NDVI guna mengurangi gangguan yang muncul dari kelembapan tanah. Rumus PV dapat dilihat pada persamaan di bawah:

Keterangan :

PV : Proporsi Vegetasi

NDVI : Nilai NDVI yang sudah dianalisa

NDVImin : Nilai minimum pada NDVI

NDVImax : Nilai maximum pada NDVI

Nilai emisi vegetasi dan tanah diperlukan untuk metode koreksi emisi menggunakan NDVI. Mengacu pada penelitian Valor & Casselers (1996) dalam Fawzi (2017), nilai emisivitas vegetasi adalah 0.985 dan nilai emisivitas tanah adalah 0.960. Rumus koreksi emisivitas dapat dilihat pada persamaan di bawah:

Keterangan:

ε : Emisivitas permukaan

εv : Emisivitas vegetasi (0.985)

ε_s : Emisivitas tanah (0.960)

Pv : Proporsi Vegetasi

$d\epsilon$: Surface roughness (0.015)

Setelah mendapatkan nilai emisivitas, selanjutnya adalah melakukan perhitungan LST menggunakan persamaan berikut:

$$LST = \frac{BT}{1 + \left(\frac{BT}{n}\right) \ln s} \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

Keterangan:

LST : Land Surface Temperature (°C)

BT : Brightness Temperature (°C)

p : Konstanta 1,488 x 10-2

ε : Emisivitas permukaan

Dalam validasi data peta LST diperlukan data primer berupa data sampel suhu lapangan. Jumlah titik sampel uji validasi LST ditentukan berdasarkan pedoman dari CEOS (*Committee on Earth Observation Satellites*) dalam *Best Practice Protocol for Land Surface Temperature Product Validation* (NASA, 2018), yang menyatakan bahwa validasi produk LST pada tahap kuantitatif sebaiknya menggunakan lebih dari 30 titik pengamatan agar hasilnya lebih representatif dan dapat dipertanggungjawabkan secara statistik. Oleh karena itu, jumlah titik yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan rekomendasi agar uji validasi LST memiliki nilai yang mencukupi dan hasil yang valid. Penentuan jumlah sampel menggunakan rumus Cochran (1977) dalam Ambotang (2019)

Keterangan:

n : Jumlah sampel

z : Tingkat kepercayaan (1,96)

- p : Peluang benar (0,95)
 q : Peluang salah (0,05)
 e : Sampling error (0,05)

Hasil perhitungan tersebut didapat jumlah minimum sampel dengan hasil 73 titik, namun dalam penelitian ini digunakan sebanyak 75 titik sampel, yang dianggap sudah memenuhi kriteria representatif dan mampu menghasilkan uji validasi yang baik. Setelah nilai LST diketahui, selanjutnya dilakukan uji validasi untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara data suhu permukaan darat (LST) hasil pengolahan citra satelit dengan data suhu lapangan. Metode yang digunakan adalah uji korelasi pearson. Berikut persamaan untuk menghitung korelasi pearson:

$$r = \frac{n\Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{[n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2][n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}} \dots \quad (9)$$

Keterangan:

- x : Nilai LST citra
 - y : Nilai suhu lapangan
 - n : Jumlah sampel

Selanjutnya melakukan perhitungan *Urban Heat Index*, kuantifikasi besaran UHI yang terjadi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan antara suhu tertinggi dan suhu terendah. Didapat dari persamaan berikut:

Keterangan:

- $\Delta T_{\mu-r}$: Efek UHI yang ditimbulkan
 T_μ : Suhu permukaan di kota
 T_r : Suhu disekitar wilayah yang diukur

Perhitungan nilai kepadatan bangunan menggunakan transformasi NDBI, dihitung berdasarkan rasio reflektansi channel band SWIR (*short wave infrared*) dan NIR (*near infrared*) yang sesuai dengan persamaan 11 (Hendrawan, dkk., 2020). Wilayah terbangun (seperti beton, aspal, atap bangunan) memiliki karakteristik spektral yang mencerminkan nilai reflektansi SWIR lebih tinggi daripada NIR, sehingga NDBI memberikan nilai positif untuk area terbangun. Sebaliknya, vegetasi cenderung memiliki reflektansi lebih tinggi di NIR dibanding SWIR, sehingga NDBI memberikan nilai negatif pada area vegetasi.

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \quad (11)$$

Keterangan:

NDBI : Indeks lahan terbangun

SWIR : Band short wave infrared (*band 6*)

NIR : Band near infrared (*band 5*)

Klasifikasi kepadatan bangunan yaitu $<-0,15$ merupakan nilai kepadatan sangat rendah, $-0,15 - -0,1$ merupakan nilai kepadatan rendah, $-0,1 - 0,1$ merupakan nilai kepadatan sedang, dan $>0,1$ merupakan nilai kepadatan tinggi. Uji regresi dilakukan menggunakan Regresi Linear Sederhana. Uji regresi dilakukan dengan mengambil sampel 30 titik secara acak dari hasil overlay raster NDBI dan UHI. Pemilihan jumlah sampel sebanyak 30 didasarkan pada pedoman statistik minimum untuk regresi linear sederhana, sebagaimana dijelaskan oleh Hair, dkk. (2014), yang menyatakan bahwa jumlah minimal observasi untuk satu variabel prediktor adalah 30 data. Metode ini juga telah digunakan dalam berbagai penelitian terdahulu yang menganalisis hubungan spasial antar indeks geospasial, seperti yang digunakan oleh Rasyid, dkk. (2022). Variabel UHI adalah variabel dependen, dan variabel independen adalah variabel NDBI. Rumus regresi linear sederhana tercantum dalam persamaan di bawah:

Keterangan:

Y' : nilai yang diprediksi (variabel dependen)

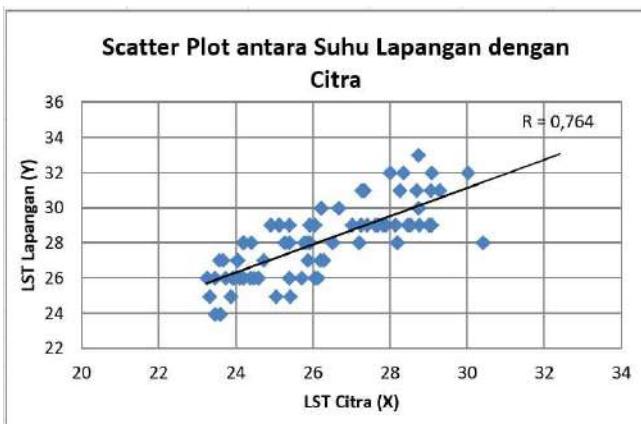
a : konstanta intersep

X : variabel independen

b : koefisien regresi

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

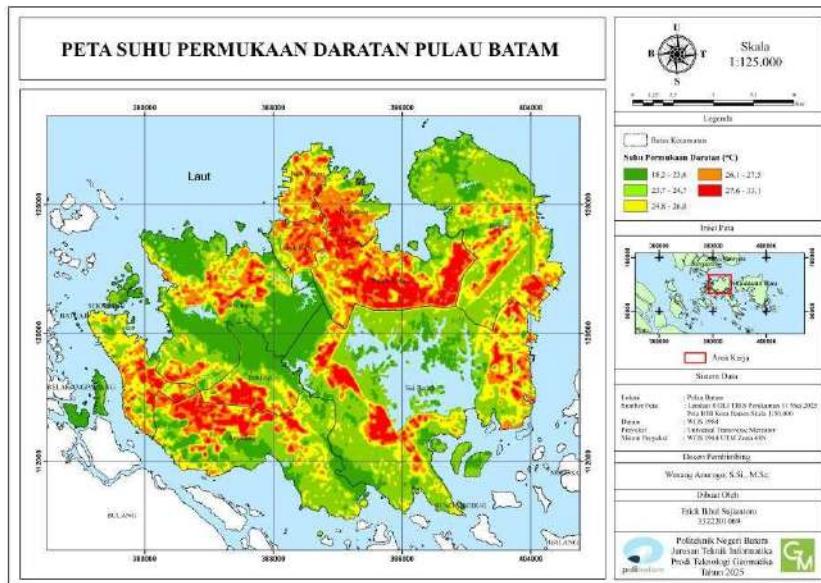
1. *Land Surface Temperature*



Gambar 2. Scatter Plot antara Suhu Lapangan dengan Citra

Validasi suhu permukaan daratan (LST) dalam penelitian ini dilakukan dengan membandingkan nilai LST hasil pengolahan citra Landsat 8 dengan data suhu lapangan yang diambil dalam rentang waktu 08.00 hingga 16.00 WIB. Meskipun waktu akuisisi citra Landsat untuk wilayah Pulau Batam terjadi sekitar pukul 10.00 WIB, proses perbandingan dilakukan tanpa membedakan waktu pengambilan masing-masing titik sampel. Pendekatan ini dipilih karena keterbatasan teknis dan waktu saat pengambilan data di lapangan. Namun, hal ini dapat menimbulkan bias suhu yang dikenal sebagai bias temporal, yaitu perbedaan antara waktu pengukuran suhu permukaan oleh sensor satelit dengan waktu pengambilan data suhu lapangan. Untuk mengurangi dampak bias ini, data suhu lapangan dikelompokkan berdasarkan waktu pengambilan. Titik-titik yang diambil pada pukul 09.30 – 11.00 WIB, yang paling mendekati waktu akuisisi citra, digunakan sebagai dasar utama dalam uji validasi. Sementara itu, titik-titik yang diambil di luar rentang waktu tersebut dijadikan sebagai data tambahan dan dianalisis secara terpisah untuk melihat pengaruh waktu terhadap deviasi suhu.

Untuk mengetahui hubungan tersebut dilakukan uji korelasi pearson. Berdasarkan hasil uji korelasi pearson didapat hasil $R\ Pearson = 0,764$ yang menunjukkan bahwa hubungan antara dua variabel tersebut memiliki hubungan yang kuat dan bernilai positif atau berbanding lurus. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai LST citra maka semakin tinggi pula nilai LST lapangan. Berdasarkan hasil tersebut, peta LST dapat digunakan dalam penelitian ini.

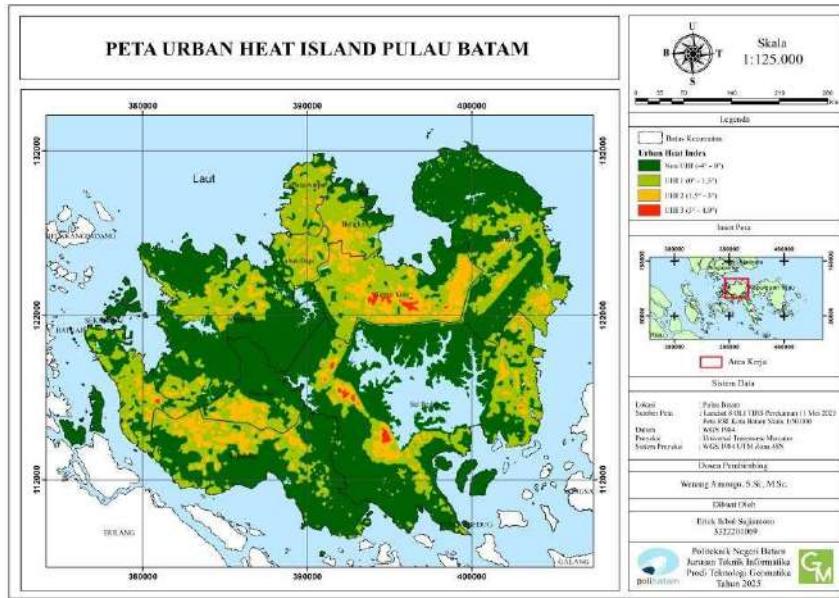


Gambar 3. Peta Suhu Permukaan Daratan Pulau Batam

Hasil dari perhitungan LST menunjukkan bahwa suhu di pulau batam memiliki rentang antara 18,2°C-33,1°C. Interval antar suhu menggunakan natural breaks dengan mengelompokkan data ke dalam kelas berdasarkan pola tertentu. Wilayah dengan suhu permukaan tertinggi (27,6°–33,1°C), ditandai dengan warna merah, tampak terkonsentrasi di kawasan pusat kota dan daerah dengan kepadatan bangunan tinggi. Area ini mencakup Kecamatan Batam Kota, Lubuk Baja, Bengkong, Batu Ampar, dan sebagian Batu Aji serta Sekupang. Suhu tinggi ini sangat erat kaitannya dengan fenomena *Urban Heat Island*, yaitu peningkatan suhu di wilayah perkotaan akibat dominasi permukaan buatan seperti beton, aspal, dan bangunan yang menyerap panas matahari lebih besar dibandingkan vegetasi. Sementara itu, wilayah dengan suhu sedang hingga tinggi (24,8°–27,5°C) tersebar di wilayah peralihan antara kawasan urban dan kawasan vegetatif, menunjukkan adanya transisi antara daerah padat bangunan dan daerah dengan tutupan lahan campuran. Warna kuning dan oranye pada peta menggambarkan area ini, yang berada di sekitar jalur transportasi utama dan kawasan suburban. Di sisi lain, daerah dengan suhu permukaan rendah (18,2°–24,7°C) yang diwakili oleh warna hijau muda dan hijau tua, banyak dijumpai di bagian barat, selatan, dan tengah Pulau Batam. Wilayah seperti hutan Duriangkang, hutan Tiban, dan beberapa daerah di Sekupang menunjukkan suhu yang relatif rendah. Hal ini mencerminkan dominasi tutupan vegetasi yang mampu menurunkan suhu permukaan melalui proses penyerapan sinar matahari.

2. *Urban Heat Island (UHI)*

Peta *Urban Heat Island* (UHI) Pulau Batam yang dihasilkan dari data penginderaan jauh citra Landsat 8 OLI TIRS tahun 2025 menunjukkan sebaran intensitas pulau panas perkotaan berdasarkan selisih suhu antara wilayah urban dan rural. Klasifikasi UHI dihasilkan dari perhitungan ambang batas UHI yang mendapatkan hasil dibagi ke dalam empat kategori, yakni: Non UHI (-0° – 0°C), UHI 1 (0° – $1,5^{\circ}\text{C}$), UHI 2 ($1,5^{\circ}$ – 3°C), dan UHI 3 (3° – $4,9^{\circ}\text{C}$), yang masing-masing diindikasikan dengan gradasi warna hijau hingga merah.

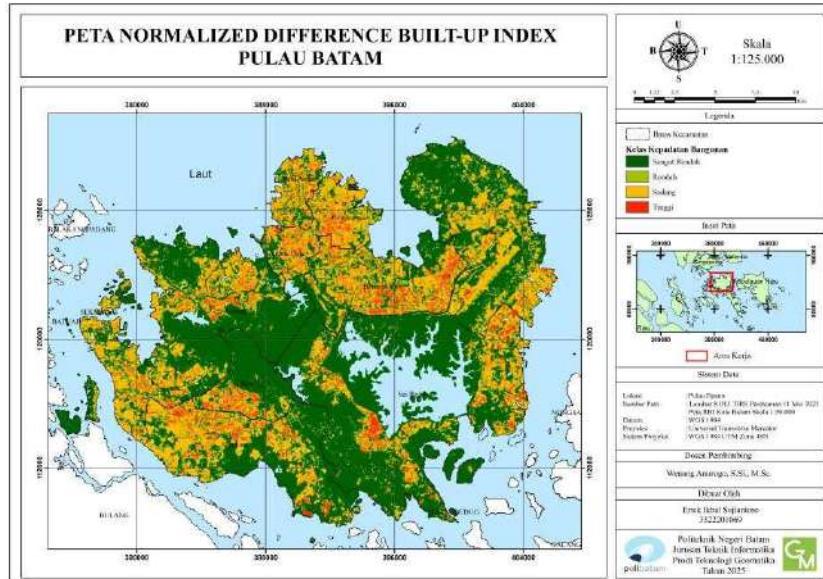


Gambar 4. Peta Urban Heat Island Pulau Batam

Pada gambar 4 dapat dilihat wilayah Pulau Batam non UHI (warna hijau tua), yang tersebar luas di bagian barat, selatan, dan timur pulau, seperti Sebagian Kecamatan Sagulung dan Batu Aji. Hal ini mengindikasikan bahwa kawasan tersebut memiliki suhu permukaan yang tidak jauh berbeda dengan wilayah vegetatif sekitarnya dan relatif tidak mengalami efek pulau panas. Fenomena UHI mulai tampak jelas pada kelas UHI 1 dan UHI 2 (warna kuning dan oranye), yang tersebar di sekitar daerah transisi antara kawasan urban dan rural, khususnya di Kecamatan Sekupang, Lubuk Baja, Bengkong, dan sebagian besar Batam Kota. Intensitas pulau panas pada area ini berada dalam rentang sedang (1 – 3°C), menunjukkan bahwa meskipun kawasan tersebut telah mengalami pembangunan, vegetasi masih cukup berperan dalam menurunkan suhu. Wilayah dengan intensitas tertinggi, yaitu UHI 3 (3 – $4,9^{\circ}\text{C}$) ditandai dengan warna merah dan tersebar sangat terbatas namun signifikan.

3. Normalized Difference Built-up Index (NDBI)

Perhitungan kepadatan bangunan di Pulau Batam dilakukan melalui transformasi NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) yang diperoleh dari citra satelit Landsat 8. Kepadatan bangunan dapat diklasifikasikan ke dalam empat kelas, yaitu: kepadatan sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi.



Gambar 5. Peta Normalized Difference Built-Up Index Pulau Batam

Hasil yang terdapat di gambar 5 menunjukkan bahwa pulau batam didominasi oleh kelas kepadatan bangunan sangat rendah. Kategori ini ditandai dengan warna hijau tua pada peta dan tersebar luas di bagian barat, selatan, dan tengah pulau. Kepadatan sangat rendah terlihat di daerah hutan Duriangkang, Tiban, Tanjung Riau, dan Sekupang. Kepadatan rendah hingga sedang yang ditunjukkan dengan warna hijau muda dan oranye banyak terdapat di daerah pemukiman. Kepadatan bangunan tinggi yang ditunjukkan oleh warna merah lebih terkonsentrasi di wilayah Batam Kota, Batu Aji, Batu Ampar, wilayah sekitar pelabuhan dan galangan kapal. Wilayah-wilayah ini merupakan pusat pertumbuhan ekonomi, permukiman padat, dan kawasan industri di Kota Batam.

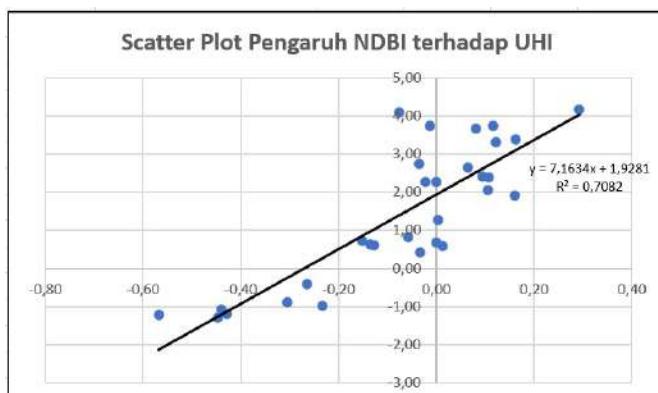
4. Pengaruh Kepadatan Bangunan Terhadap *Urban Heat Island*

Identifikasi pengaruh kepadatan bangunan terhadap Urban Heat Island dilakukan dengan uji regresi linear sederhana. Persamaan regresi linear sederhana yang didapat adalah:

Keterangan:

$Y = Urban\ Heat\ Index$

X = Normalized Difference Built-Up Index



Gambar 6. Scatter Plot Pengaruh NDBI terhadap UHI

Berdasarkan persamaan pada gambar 6, setiap kenaikan satu satuan NDBI akan menyebabkan peningkatan UHI sebesar 7,1634 satuan. Intersep sebesar 1,9281 menunjukkan nilai UHI ketika NDBI = 0. Hasil persamaan tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara variabel UHI dan NDBI memiliki hubungan yang positif dan berbanding lurus. Nilai *R Square* hasil regresi linear sederhana adalah sebesar 0,7082. Nilai tersebut menunjukkan terdapat 71% pengaruh kepadatan bangunan terhadap fenomena *Urban Heat Island* yang terjadi di pulau Batam. Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa semakin tinggi kepadatan bangunan maka intensitas UHI juga akan meningkat.

D. KESIMPULAN

Hasil perhitungan LST di Pulau Batam menunjukkan variasi suhu yang signifikan di seluruh pulau, dengan rentang antara 18,2°C hingga 33,1°C. Perbedaan suhu ini secara langsung berkontribusi pada terbentuknya fenomena *Urban Heat Island* (UHI). Intensitas UHI tertinggi, dengan selisih suhu mencapai 3°C–4,9°C dibandingkan area rural, ditemukan terkonsentrasi di pusat-pusat kota yang juga memiliki suhu permukaan paling tinggi. Sebaliknya, sebagian besar wilayah di bagian barat, selatan, dan timur pulau tidak menunjukkan adanya efek UHI.

Pengaruh kepadatan bangunan (NDBI) terhadap UHI diuji menggunakan uji regresi linear sederhana. Hasil menunjukkan bahwa 71% dari variasi fenomena UHI di Pulau Batam dapat dijelaskan oleh kepadatan bangunan. Hasil regresi membuktikan adanya hubungan positif yang kuat dan berbanding lurus, di mana setiap peningkatan satu unit kepadatan bangunan (NDBI) akan meningkatkan intensitas UHI secara signifikan. Dengan demikian, penelitian ini mengonfirmasi bahwa peningkatan kepadatan bangunan merupakan faktor dominan yang mendorong terjadinya fenomena *Urban Heat Island* di Pulau Batam.

E. SARAN

Penelitian ini hanya memanfaatkan citra satelit Landsat 8 tahun 2025 sebagai data utama. Untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai dinamika pertumbuhan kepadatan bangunan dan perubahan fenomena *Urban Heat Island* (UHI), disarankan pada penelitian selanjutnya dilakukan analisis multitemporal dengan memanfaatkan data citra pada beberapa periode, misalnya tahun 2015, 2020, dan 2025. Analisis multitemporal tersebut akan memungkinkan identifikasi tren pertumbuhan kawasan terbangun serta perkembangan intensitas UHI secara lebih rinci, sehingga hasil penelitian dapat memberikan dasar yang lebih kuat bagi perencanaan tata ruang dan mitigasi dampak UHI di Pulau Batam.

F. DAFTAR RUJUKAN

- Ambotang, A. S., Ahong, H. A., Shin, C., & Ompok, C. C. (2019). Pengaruh fasilitas, pentadbir sekolah dan guru LINUS terhadap pelaksanaan program LINUS di sekolah rendah daerah Kota Kinabalu. *Southeast Asia Early Childhood Journal*, 8(1), 11-18.
- Beatrice, I. S. (2018). Pengaruh Massa Bangunan dan Pola Bayangan Terhadap Kondisi Termal Ruang Luar Bangunan Apartemen di Surabaya (*Doctoral dissertation*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).

- Dewi, A. R., Taryana, D., & Astuti, I. S. (2023). Pengaruh perubahan kerapatan bangunan dan vegetasi terhadap Urban Heat Island di Kota Bekasi menggunakan citra penginderaan jauh multitemporal. *Jurnal Integrasi dan Harmoni Inovatif Ilmu-Ilmu Sosial*, 3(6), 604-625.
- Fawzi, N. I. (2017). Mengukur urban heat island menggunakan penginderaan jauh, kasus di Kota Yogyakarta. *Majalah Ilmiah Globe*, 19(2), 195-206.
- Guntara, I., & Priyana, Y. (2016). Analisis Urban Heat Island untuk Pengendalian Pemanasan Global di Kota Yogyakarta Menggunakan Citra Penginderaan Jauh (*Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta*).
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). *Multivariate Data Analysis* (7th ed.). Pearson Education Limited.
- Hendrawan, Marzuki, Muliadi, Azhari, A.P. (2020). Sebaran Lahan Terbangun Berdasarkan Normalized Difference Built-up Index Citra Landsat 8 di Kota Mataram. *SainsTech Innovation Journal*, 3(1), 35-40.
- Kurnianti, R. (2020). Ketersediaan ruang terbuka hijau dan urban heat island di Kota Makassar. MJurnal Litbang Sukowati: *Media Penelitian dan Pengembangan*, 3(2), 14-14.
- Mukmin, S. A., 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.
- NASA. (2018). *Best Practice Protocol for Land Surface Temperature Product Validation. Land Product Validation Subgroup*. Retrieved from <https://lpvs.gsfc.nasa.gov>.
- Rasyid, A., Afriyanti, D., & Marpaung, B. O. Y. (2022). Analisis pengaruh tutupan lahan terhadap suhu permukaan menggunakan citra Landsat 8 di Kota Medan. *Jurnal Geografi*, 14(1), 45–54.