

Teknologi Penginderaan Jauh untuk Mengidentifikasi Pengaruh Pola Spasio Temporal Penutup Lahan Terhadap Perubahan Temperatur Kawasan

Diah Sekar Arum Sari¹, Wenang Anurogo², Debby Seftyarizki³

¹Prodi Teknik Geomatika Politeknik Negeri Batam, Indonesia

²Laboratorium Penginderaan Jauh, Politeknik Negeri Batam, Indonesia

³Arsitektur, Universitas Bengkulu, Kota Bengkulu

Article Info

Article history:

Received Mar 10, 2025

Revised Dec 15, 2025

Accepted Jan 10, 2026

Keywords:

Teknologi Penginderaan Jauh
Penutup Lahan
Suhu Permukaan
Pulau Batam

ABSTRACT

Perubahan temperatur kawasan merupakan salah satu dampak dari dinamika pembangunan yang berlangsung untuk memenuhi kebutuhan dan aktivitas penduduk. Perubahan tersebut dapat dianalisis melalui pola perubahan penutup lahan yang mencerminkan variasi spasial dan temporal suatu wilayah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola perubahan sebaran penutup lahan dan temperatur kawasan secara spasio-temporal di Pulau Batam periode tahun 2002–2022, serta mengkaji hubungan antara perubahan penutup lahan terhadap *Land Surface Temperature* (LST). Data yang digunakan berupa citra Landsat 7 tahun 2002 dan 2012, serta Landsat 8 tahun 2022 dengan interval waktu sepuluh tahun. LST dihitung menggunakan parameter *brightness temperature* dan *Land Surface Emissivity* (LSE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Pulau Batam mengalami peningkatan temperatur permukaan pada tahun 2012 dan penurunan temperatur pada tahun 2022 sebesar 2,2 °C. Secara spasial, kelas penutup lahan bangunan dan permukiman mengalami peningkatan luas secara temporal sebesar 15,05% yang berasosiasi dengan peningkatan temperatur kawasan. Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa hubungan antara perubahan penutup lahan dan LST memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,22 pada tahun 2002 dan meningkat menjadi 0,36 pada tahun 2012. Temuan ini menunjukkan bahwa perubahan penutup lahan berkontribusi terhadap variasi temperatur kawasan, meskipun bukan merupakan satu-satunya faktor yang memengaruhi dinamika suhu permukaan. Analisis yang melibatkan variabel iklim lain seperti curah hujan, kelembapan udara, serta karakteristik kawasan terbangun berpotensi memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor yang memengaruhi perubahan temperatur kawasan, terutama apabila didukung oleh analisis multitemporal dengan interval waktu yang lebih rapat pada wilayah perkotaan yang berkembang pesat.

Copyright © 2025 Universitas Indraprasta PGRI.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Wenang Anurogo,
Laboratorium Penginderaan Jauh,
Politeknik Negeri Batam,
Jl. Ahmad Yani. Batam Center, Kota Batam, Kepulauan Riau
Email: wenang@poliBatam.ac.id

1. PENDAHULUAN

Batam adalah salah satu pulau yang terdapat dalam gugusan Kepulauan Riau. Dengan luas daratan 712 km² dan luas wilayah keseluruhan mencapai 1.575 km². Batam adalah salah satu pulau yang letaknya berada antara Selat Malaka dan Singapura. Beberapa tahun terakhir, pembangunan kawasan kota, khususnya Pulau Batam, sangat signifikan setiap tahun, khususnya 30 tahun terakhir. Oleh karena itulah, jumlah penduduk

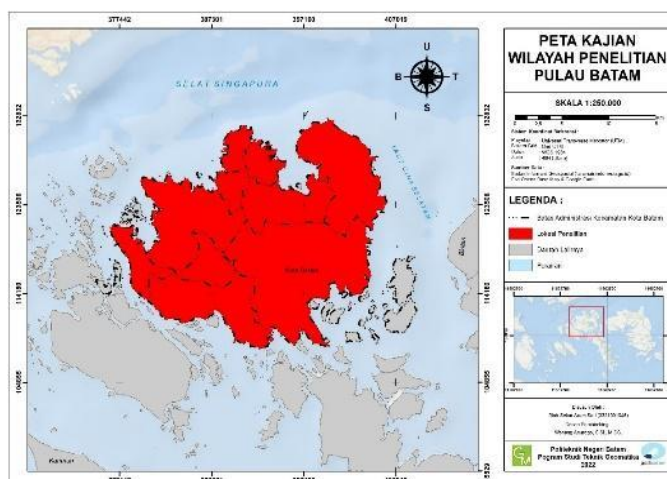
tiap tahunnya bertambah. Tercatat pada tahun 2020 penduduk yang tinggal di Kota Batam mencapai angka 1.196.396 jiwa [1].

Karena proses berkembangnya wilayah, pembangunan sangat gencar dilakukan di wilayah tersebut. Salah satunya adalah proses relokasi penutup lahan yang dilakukan untuk membantu memenuhi kebutuhan masyarakat perkotaan akan prasarana dan sarana yang diperlukan untuk pengembangan kota. Di dalam prosesnya, pembangunan kota atau urbanisasi akan mengorbankan nilai ekologis lahan dengan menukarnya dengan fungsi yang lebih ekonomis. Dalam hal ini, pembangunan infrastruktur yang umumnya berupa bangunan dan perkerasan secara konkret merupakan pendukung pembangunan. Perubahan penggunaan lahan di Kota Batam dalam dekade terakhir didominasi oleh konversi lahan hijau dan pertanian menjadi kawasan terbangun, didorong oleh pertumbuhan ekonomi, urbanisasi, dan kebijakan pengembangan infrastruktur [2], [3].

Perubahan penggunaan lahan, terutama di wilayah perkotaan, memiliki dampak signifikan terhadap suhu permukaan bumi. Dalam beberapa dekade terakhir, urbanisasi yang pesat telah mengubah lanskap alami menjadi kawasan terbangun, menyebabkan fenomena peningkatan suhu kawasan. Fenomena ini memiliki implikasi serius terhadap kenyamanan termal, konsumsi energi, dan kesehatan masyarakat perkotaan. Perubahan suhu permukaan bumi merupakan salah satu indikator penting dalam studi perubahan lingkungan dan iklim. Suhu permukaan, yang dikenal sebagai Land Surface Temperature (LST) [4], mencerminkan sifat fisik permukaan Bumi dan memiliki peran kunci dalam berbagai proses lingkungan, seperti siklus energi, perubahan iklim, dan fenomena pulau panas perkotaan. Dalam beberapa dekade terakhir, peningkatan aktivitas manusia, termasuk perubahan penggunaan lahan dan urbanisasi, telah menyebabkan peningkatan suhu permukaan di berbagai wilayah. Adanya faktor dan indikator yang berpengaruh terhadap iklim dan suhu pada suatu wilayah menyebabkan perubahan temperatur kawasan. Perubahan temperatur suatu kawasan dapat dianalisa menggunakan data raster Citra Landsat 7 dan Citra Landsat 8 [5], [6], untuk menganalisa perubahan temperatur kawasan yang terjadi oleh perubahan pola persebaran penutup lahan. Pengaruh pola spasio-temporal penutup lahan terhadap perubahan temperatur kawasan di Pulau Batam pada periode tahun 2002–2022. Berikut rumusan masalah dalam penelitian yang akan dilakukan, yaitu : (1) Bagaimana perubahan temperatur permukaan berdasarkan spasio-temporal di Pulau Batam dalam kurun waktu 10 tahun, periode 2002–2022? (2) Bagaimana hubungan antara perubahan pola penutup lahan terhadap temperatur kawasan di Pulau Batam?.

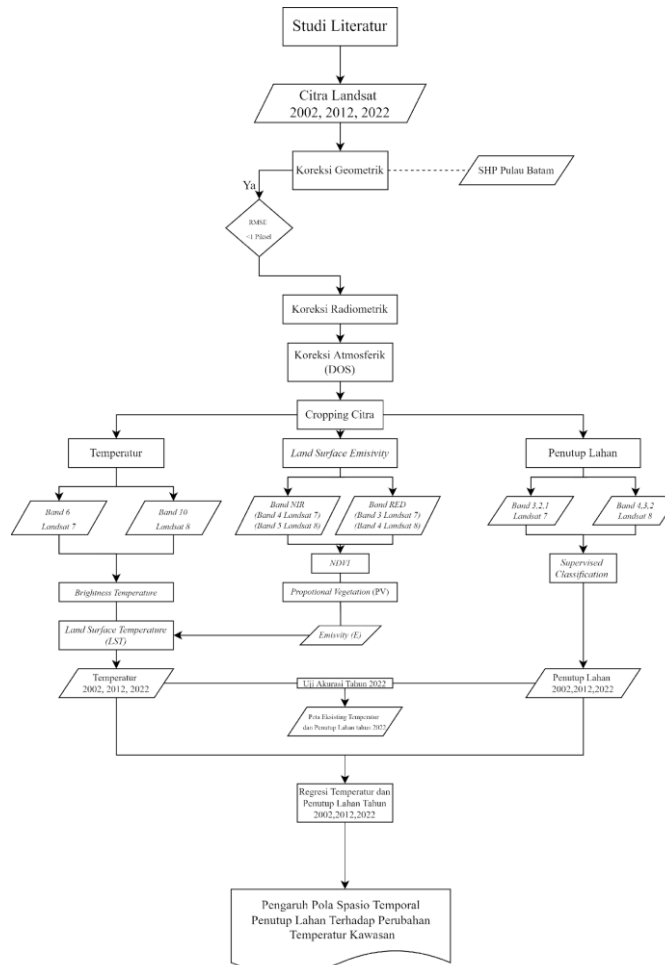
2. METODE

Penelitian ini dilakukan pada lokasi penelitian, yaitu Pulau Batam. Yang secara administrasi terletak pada perbatasan antara negara Indonesia dan Singapura dengan letak koordinat geografis $1^{\circ}04'04''\text{LU}$ dan $104^{\circ}01'00''\text{BT}$ zona UTM 48N.



Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dimulai dengan pengumpulan data citra Landsat 7 dan 8 dan proses pengolahan citra (koreksi) [5]. Setelah itu, dilanjutkan dengan pengolahan citra menjadi Brightness Temperature dan Land Surface Emissivity (LSE). Data yang sudah diolah kemudian diolah untuk perhitungan Land Surface Temperature (LST) dan klasifikasi terbimbing untuk mendapatkan data penutup lahan sesuai dengan data citra Landsat yang diolah. Data yang diperoleh kemudian dilakukan overlay sesuai dengan tahun data LST dan penutup lahan yang akan menghasilkan output, yaitu informasi spasial berupa peta [7], [8].



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Koreksi geometrik pada umumnya membutuhkan data input berupa dua dimensi (x,y) atau koordinat Ground Control Point (GCP) untuk menginformasikan serta memperbaiki citra dengan memperlihatkan titik akurasi GCP untuk melihat nilai *Root Mean Square Error* (RMSE). Sedangkan koreksi radiometrik adalah koreksi yang diperlukan untuk menghilangkan sumber kesalahan utama, yaitu faktor gangguan atmosfer yang mengakibatkan nilai pantulan objek di permukaan bumi tidak sesuai dengan nilai aslinya karena adanya hamburan pada saat proses serapan. Koreksi geometrik dan radiometrik merupakan tahap kritis dalam prapemrosesan data penginderaan jauh untuk memastikan akurasi spasial dan radiometrik sebelum analisis lebih lanjut [4], [9]. Tanpa kedua koreksi ini, data penginderaan jauh rentan menghasilkan kesalahan interpretasi yang signifikan. Perhitungan TOA Radiance untuk Landsat 7 menggunakan persamaan (1) sebagai berikut [8]:

$$L\lambda = \frac{Lmax\lambda - Lmin\lambda}{Qcalmax - Qcalmin} * (Qcalmax - Qcalmin) + Lmin\lambda \dots\dots(1)$$

Keterangan :

- L λ : Nilai *ToA* Radian (nilai pancaran)
- Qcal : Nilai Pixel
- Qcalmax : Nilai Max Pixel
- Qcalmin : Nilai Min Pixel
- Lmax : Nilai radian multiband maksimum
- Lmin : Nilai radian multiband minimum
- Qcalmax Lmin : *ToA* radiance terskala dengan Qcalmin

Tahapan ini khusus dilakukan untuk menghilangkan gangguan atmosfer pada citra band 10 Landsat 8 untuk mengubah nilai DN ke *TOA Radiance* yang menggunakan persamaan (2) sebagai berikut [9] :

$$L\lambda = ML * Qcal + AL.....(2)$$

Keterangan

- Lλ : Nilai Pancaran
 - ML : Band-specific multiplicative rescaling faktor
 - AL : Band-specific additive rescaling faktor
 - Qcal : Nilai Digital di setiap piksel dalam band citra Landsat
- Dikarenakan NDVI menggunakan nilai BoA (Bottom of Atmosphere) maka dilakukan koreksi nilai DN ke *ToA Reflectant* untuk Landsat 7 dengan persamaan (3) [5] :

$$\rho\lambda = \frac{\pi - Lmin\lambda}{Qcalmax - Qcalmin} \rho\lambda = \frac{\pi - L\lambda * d^2}{ESUN\lambda * cos(\theta)}(3)$$

Keterangan

- π : 3.14
- Lλ : Nilai TOA Radian
- d² : Jarak bumi-matahari (Metadata)
- ESUN_λ : Exoatmospheric Solar Irradiance (W/m2)
- θ : Sudut Zenith Matahari

Sedangkan perhitungan *Toa Reflectant* untuk Landsat 8 menggunakan persamaan (4) dan nilai *ToA Reflectance* terkoreksi sudut matahari dengan persamaan (5) sebagai berikut [4], [8], [9]:

$$\rho\lambda' = M\rho * Qcal + A\rho.....(4)$$

Keterangan :

- ρλ' : Nilai *Toa* reflektan tanpa koreksi sudut matahari
- Mρ : Nilai *Reflectance Multiplicative* band tertentu
- Qcal : Digital Number band tertentu
- Aρ : Nilai *Reflectance Additive* band tertentu

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos \theta_{sz}} = \frac{\rho\lambda'}{\cos \theta_{SE}} (5)$$

Keterangan :

- ρλ' : Nilai *Toa Reflectance* terkoreksi sudut matahari
- θSE : Sudut elevasi matahari (*SUN_ELEVATION*)
- θSZ : Sudut *solar zenith* (θsz = 90° - θSE)

Koreksi atmosferik dilakukan untuk menghilangkan uap air, oksigen, karbondioksida, metana dan ozon. Dengan metode DOS (Dark Object Substract) menggunakan nilai band terkecil untuk mendapatkan nilai reflektan permukaan atau Bottom of Atmosphere. Koreksi ini digunakan untuk membantu dalam proses pengolahan penentuan penutup lahan agar resolusi citra lebih tajam saat melakukan perhitungan NDVI dan klasifikasi penutup lahan terbimbing [4], [9].

Suhu kecerahan atau *Brightness Temperatur* telah banyak digunakan untuk mengukur suhu permukaan bumi berdasarkan termal inframerah yang ada pada aplikasi penginderaan jauh. Mengubah nilai radian menjadi suhu kecerahan. Suhu kecerahan diperoleh dengan mengambil nilai radian band 10 untuk landsat 8 dan Band 6 untuk landsat 7 yang akan dianalisis dengan persamaan (6) algoritma sebagai berikut [4] :

$$T = \frac{K2}{\ln(\frac{K1}{L\lambda} + 1)}.....(6)$$

Keterangan

- T : Temperatur Kecerahan dalam kelvin
- Lλ : Nilai Spektral Radiasi
- K1 : Konstanta termal band 10 (Landsat 8) dan band 6 (Landsat 7) (di metadata)
- K2 : Konstanta termal band 10 (Landsat 8) dan band 6 (Landsat 7) (di metadata)

Sifat intrinsik dari material alami yang berasal di permukaan bumi, dan sering digunakan sebagai faktor penting dari komposisi materialnya. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) atau Indeks vegetasi merupakan suatu indeks yang digunakan untuk menganalisis keadaan vegetasi dalam suatu Kawasan melalui transformasi saluran (band). Nilai emisivitas yang diturunkan oleh nilai NDVI dengan persamaan (7) berikut [4] :

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}.....(7)$$

Keterangan

- NIR : Band Near-Infrared Radiation pada Band 5

Red : Band merah pada Band 4

Kemudian untuk mencari nilai emisivitas LSE (Land Surface Emisivity) dibutuhkan nilai Proporsional Vegetasi (PV) dengan hasil perhitungan NDVI (7) yang dapat diperoleh dengan persamaan (8) sebagai berikut [4]:

$$PV = \frac{(NDVI - NDVI_{min})}{(NDVI_{max} + NDVI_{min})} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan

- NDVI : Band hasil perhitungan NDVI
- NDVI_{min} : Nilai terendah NDVI
- NDVI_{max} : Nilai tertinggi NDVI

Yang kemudian nilai Emisivitas LSE (E) akan dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$E = 0.004 * PV + 0.986 \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

PV : Band hasil perhitungan PV

Land Surface Temperatur (LST) Didefinisikan oleh LST Internasional dan Kelompok Kerja Emisivitas sebagai ukuran seberapa panas atau dingin permukaan bumi saat disentuh atau dirasakan, Mengkonversi suhu kecerahan ke suhu permukaan lahan menggunakan rumus persamaan [4], [6], [7], [8], [9](10) sebagai berikut :

$$TS = \left(\frac{T}{1 + \left(\frac{\lambda T}{\rho} \right) \ln \epsilon} \right) \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan

- T_s : Temperatur Permukaan Kawasan
- T : Temperatur Kecerahan
- λ : Panjang gelombang radiasi yang dipancarkan
- ρ : Dengan nilai hc/K (1,438 x 10⁻² mK)
- H : Nilai konstanta Plank's (6,26 x 10⁻³)
- c : Nilai kecepatan cahaya (2,998 x 10⁸ m.scc⁻¹)
- K : Konstanta Stefan Boltzman (1,38 x 10⁻²³ JK⁻¹)
- ε : Emisivitas obyek

Konversi Temperatur Kelvin menjadi celsius

$$^{\circ}C = ^{\circ}K - 273.15 \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan

- °C : Temperatur dalam Celsius
- °K : Temperatur dalam Kelvin

Pola sebaran penutup lahan adalah perubahan fisik suatu objek serta penutupan lahan tanpa mempertimbangkan adanya kegiatan manusia pada objek tersebut, sementara penggunaan lahannya lebih terkait dengan kegiatan manusia terhadap objek. Oleh karena itu, diharapkan aktivitas manusia dan penggunaan lahan dapat diprediksi berdasarkan pengamatan tutupan lahan. Namun, ada juga aktivitas manusia, seperti aktivitas rekreasi, yang tidak berhubungan langsung dengan jenis tutupan lahan. Masalah lain termasuk beberapa penggunaan yang dapat terjadi secara bersamaan atau bergantian. Pada penelitian ini menggunakan klasifikasi berdasarkan kalsifikasi penutup lahan menurut SNI 7645-1 2014 [10] pada daerah skala 1:250.000 (Nasional, n.d.) akan menggunakan 5 klasifikasi yaitu :

Tabel 1. Tabel Kelas Penutup Lahan

No	Kelas Penutup Lahan
1	Tubuh Air
2	Bangunan Non Pemukiman / Pemukiman
3	Lahan Terbuka diusahakan dan permukaan di perkeras
4	Hutan dan vegetasi alami/semi-alami
5	Bervegetasi Budidaya Menetap

Klasifikasi citra merupakan tugas dasar untuk pengolahan citra penginderaan jauh. Hasilnya akan sangat memengaruhi keakuratan tugas-tugas selanjutnya, seperti ekstraksi fitur, pengenalan target, dan klasifikasi objek tanah. Klasifikasi citra yang digunakan pada penelitian ini adalah klasifikasi terbimbing *Maximum Likelihood*.

Korelasi digunakan untuk melihat hubungan nilai temperatur LST dari citra yang diolah dan data lapangan, serta mencari seberapa kuat hubungan antara temperatur LST berdasarkan klasifikasi dan jenis Penutup lahan setiap tahunnya, dengan persamaan regresi linier sederhana. Jumlah keseluruhan sampel akan terbagi menjadi dua yaitu untuk uji pemodelan dan uji akurasi dengan didasarkan persamaan analisis korelasi dan regresi yaitu [4], [9] :

$$Y = ax+b.....(12)$$

Keterangan :

- a : Koefisien Regresi
- b : Konstanta Regresi
- Y : Suhu lapangan
- x : Suhu citra

Uji akurasi ini mempunyai tujuan mengetahui nilai kesalahan atau error pada data penginderaan jauh semakin kecil RMSE yang dihasilkan maka data semakin bagus. Persamaan untuk uji akurasi error adalah sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(y-y')^2}{n}}.....(13)$$

Keterangan [4], [9]:

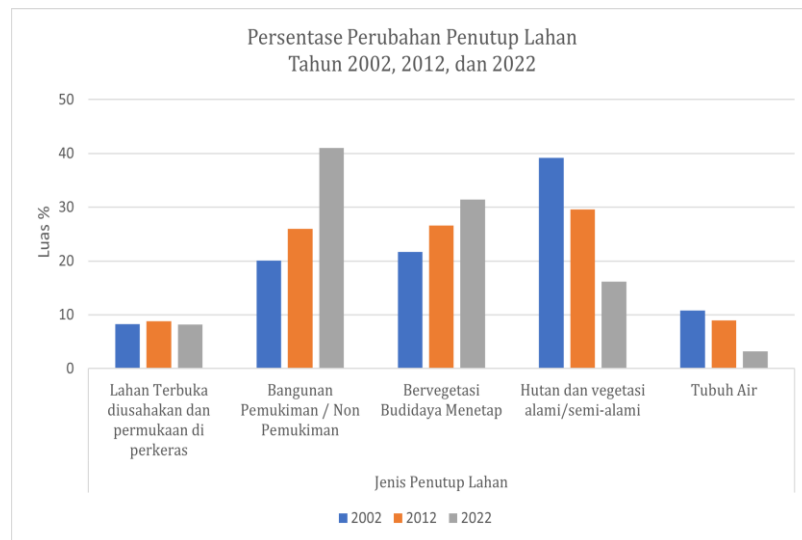
- Y :Nilai data yang diambil dilapangan.
- y' : Data model dari hasil persamaan regresi korelasi.
- n : Jumlah sampel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

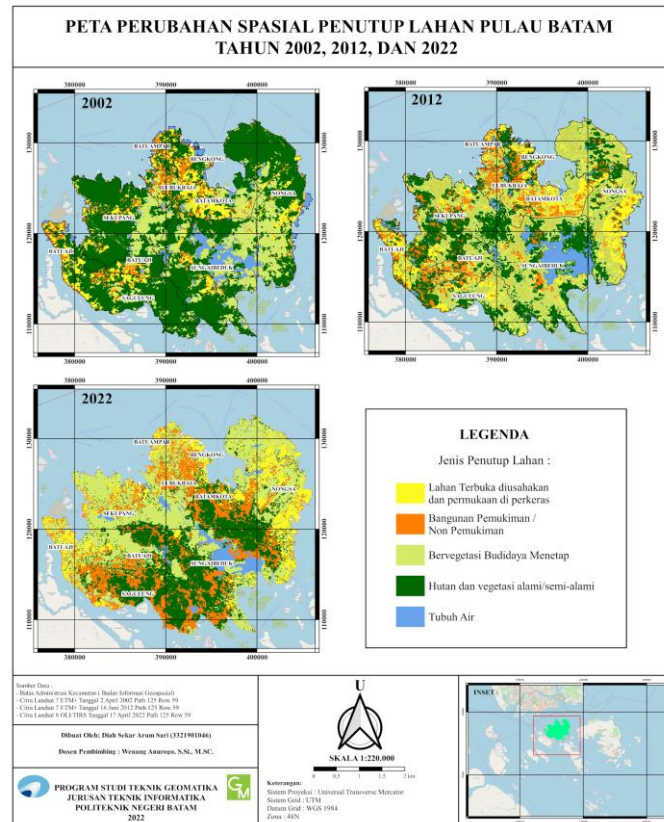
Pada bagian ini dijelaskan hasil penelitian sekaligus diberikan pembahasan yang komprehensif. Hasil penelitian dapat disajikan dalam bentuk gambar, grafik, tabel, dan lain-lain yang memudahkan pembaca untuk memahami [2], [5]. Pembahasan dapat dibuat dalam beberapa sub-bab.

3.1. Pola Perubahan Penutup Lahan Dan LST

Perubahan penutup lahan di Pulau Batam dibidang sangat signifikan yang dapat dilihat dari diagram batang dibawah ini, bahwa penutup lahan dengan jenis Bangunan Pemukiman / Non Pemukiman meningkat sekitar 15,05% dari tahun 2012 sedangkan penutup lahan dengan jenis Hutan dan vegetasi alami/semi-alami mengalami penurunan.

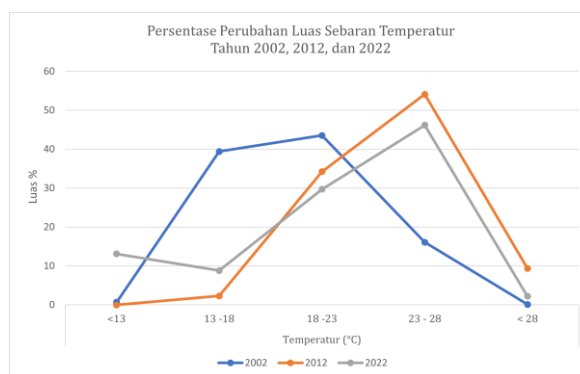


Gambar 3. Diagram Presentase Perubahan Penutup Lahan



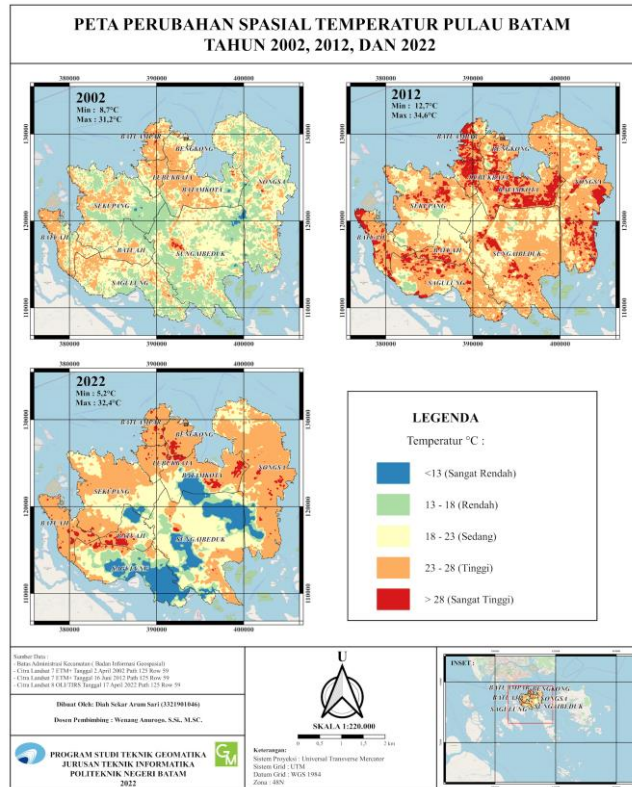
Gambar 4. Peta Perubahan Spasial Penutup Lahan

Dapat dilihat dari peta yang dihasilkan perubahan pola penutup lahan sesuai dengan jenis penutup lahan di Pulau Batam banyak mengalami perubahan setiap 10 tahun terakhir ini. Pada tahun 2012 penutup lahan di dominasi oleh jenis penutup lahan alami begitupun penutup lahan pada tahun 2012, sedangkan pada tahun 2022 penutup lahan didominasi oleh jenis penutup lahan non-alami seperti Bangunan Pemukiman/Non Pemukiman. Jenis penutup penutup lahan non-alami seperti Bangunan Pemukiman/Non Pemukiman memiliki nilai LST yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan jenis penutup lahan lainnya, kecenderungan kawasan bervegetasi biasanya memiliki suhu permukaan yang lebih rendah. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menyatakan jika penutupan lahan mengalami perubahan dari vegetasi menjadi lahan terbangun hal ini dapat berkontribusi dalam peningkatan suhu permukaan lahan [18],[19],[20].



Gambar 5. Diagram Presentase Luas Sebaran Temperatur

Dari hasil data yang telah diolah, temperatur kawasan yang dihasilkan mengalami perubahan setiap 10 tahun terakhir dari tahun 2002,2012 dan 2022. Temperatur maksimum pada tahun 2002 mencapai angka 31,6°C sedangkan pada tahun 2022 temperatur maksimum mencapai angka 32,8°C yang mana mengalami penurunan dari tahun 2012 dengan angka temperatur maksimum adalah 34,6°C dikarenakan pada tahun tersebut puncak musim kemarau terjadi pada bulan Juni, dimana sesuai dengan bulan waktu perekaman citra di ambil.

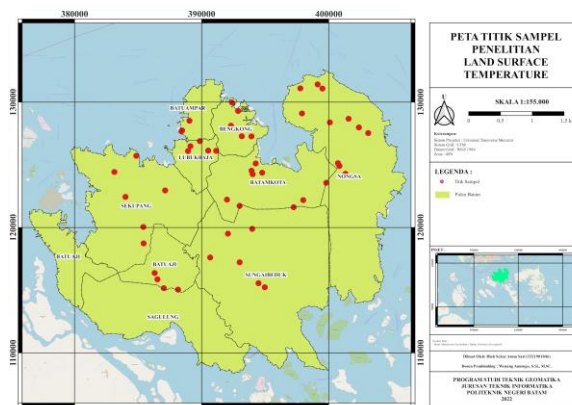


Gambar 6. Peta Perubahan Spasial Temperatur Pulau Batam

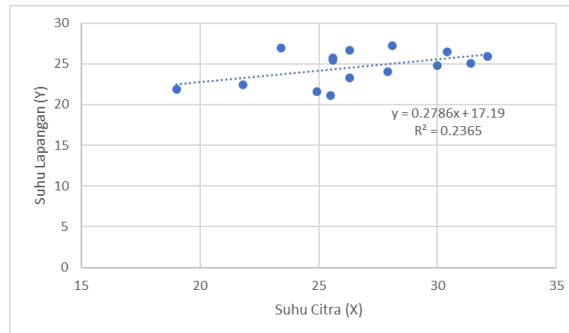
Hasil *Land Surface Temperatur* (LST) yang berbeda antar tahun pengamatan tidak hanya dipengaruhi oleh perubahan penutup lahan, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor iklim secara temporal seperti kondisi atmosfer dan tutupan awan pada saat perekaman citra. Keberagaman suhu permukaan telah ditunjukkan pada beberapa penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa variabilitas musiman dapat memengaruhi fluktuasi LST secara signifikan [11]. Hubungan antara penutup lahan dan suhu permukaan juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan perkotaan beriklim tropis [12],[13], sementara faktor atmosfer berperan penting dalam menentukan nilai LST hasil penginderaan jauh [14].

3.2. LST Eksisting Tahun 2022

Dilakukan uji akurasi untuk mendapat nilai citra eksisting, hubungan, dan RMSE dari nilai LST Citra dan LST lapangan, dengan titik sampel yang digunakan dalam penelitian sebanyak 30 titik sampel. Diambil dengan menggunakan metode Purposive Random Sampling berdasarkan tujuan dari penelitian, yang akan dibagi menjadi 2 data yaitu pemodelan data untuk mendapat nilai LST Eksisting dan pemodelan sampel (RMSE data citra dan lapangan).

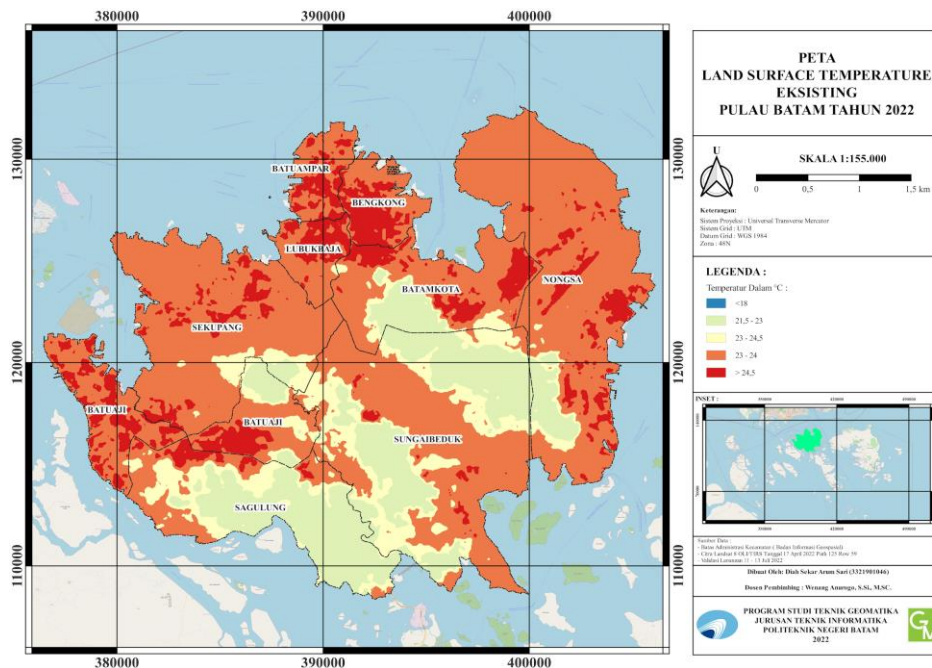


Gambar 7. Sebaran Titik Sampel Penelitian



Gambar 8. Matriks 2 Dimensi Regresi Citra dan Lapangan

Pemodelan data akan di tampilkan dalam grafik linear dengan Microsoft Excel. Adapun data yang digunakan yaitu data citra landsat 8 LST tahun 2022 sebagai variabel x dan data LST dari hasil survei lapangan sebagai variabel y. Pemodelan sampel, data diolah menggunakan grafik *scatter linear* di excel lalu memunculkan nilai uji LST. Dari hasil pemodelan diatas, dapat dilihat bahwa nilai koefisien korelasi (R) pada penelitian ini sebesar 0,4 yang menunjukkan hubungan antara kedua variabel adalah “Cukup Kuat”. Selanjutnya, persamaan $y = 0,2786x + 17,19$. Selanjutnya, hasil dari pemodelan data akan diolah di ENVI dengan band math untuk mendapatkan citra hasil LST sebenarnya. Hasil yang didapat ialah temperatur tertinggi ialah 25,57°C dan terendah ialah 18,74°C.



Gambar 8. Distribusi Aktual Suhu Permukaan Lahan

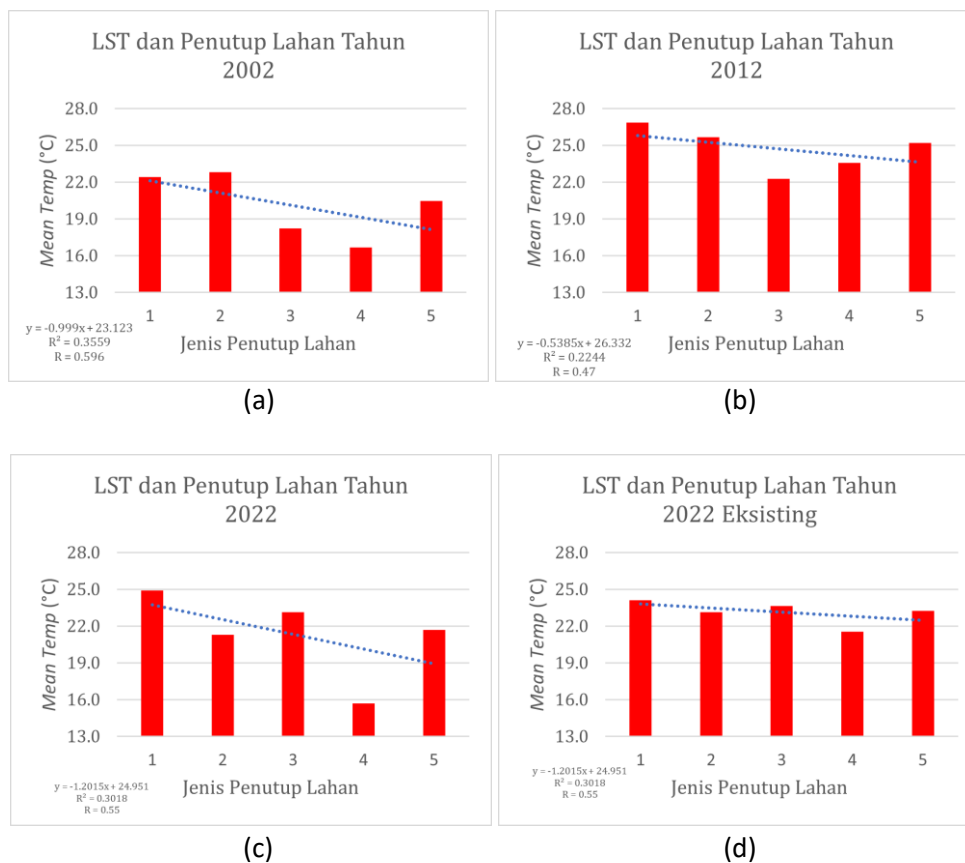
Data $y = 0,2786x + 17,19$ hasil regresi kemudian diterapkan ke 15 sampel yang lain untuk dilakukan perhitungan korelasi dan RMSE. Nilai RMSE yang diperoleh data uji akurasi dari LST tahun 2022 yaitu sebesar 0.41°C, hal ini menunjukkan bahwa perbedaan hasil citra dan temperatur eksisting lapangan relatif kecil.

3.2. Pengaruh Perubahan Penutup Lahan Terhadap Temperatur Kawasan

Setelah melakukan tahapan pengolahan klasifikasi terbimbing dan LST (Land Surface Temperatur) setiap 10 tahun sekali, pengaruh antara penutup lahan dan LST dapat di lihat dengan bantuan Tools Zonal Statistic untuk mendapatkan nilai rata-rata dari sebaran temperatur berdasarkan jenis kawasan penutup lahan. Metode ini digunakan untuk mengekstraksi nilai statistik suhu permukaan pada setiap zona kelas penutup lahan, sehingga memungkinkan mendapatkan informasi perbandingan nilai rata-rata, maksimum, dan minimum suhu permukaan pada masing-masing kategori penggunaan lahan [15]. Pendekatan dengan tools ini

telah banyak digunakan dalam penelitian-penelitian sebelumnya untuk menganalisis pengaruh penutup lahan terhadap distribusi suhu secara spasial [16].

Proses analisis dilakukan dengan melakukan Overlay peta LST dan peta penutup lahan hasil klasifikasi citra Landsat, dan kemudian dihitung nilai statistik suhu permukaan pada tiap kelas penutup lahan untuk setiap tahun pengamatan [11],[17].



Gambar 9. Gambar diagram pengaruh tutupan lahan terhadap LST, (a) Tahun 2002, (b) Tahun 2012, (c) Tahun 2022, (d) Aktual Suhu Permukaan. Dengan keterangan penutup lahan: Lahan terbuka diusahakan dan permukaan diperkeras (1), Bangunan Pemukiman/ Non Pemukiman (2), Bervegetasi Budidaya Menetap (3), Hutan dan vegetasi alami-semi alami (4), Tubuh Air (5)

Hasil R Square menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan dari persamaan regresi untuk mengetahui pengaruh variabel X (Perubahan Penutup Lahan) terhadap variabel Y (Perubahan Temperatur Kawasan). Dari hasil yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pengaruh persentase perubahan penutup lahan terhadap temperatur kawasan yaitu mencapai angka 36% di tahun 2002, 22% di tahun 2012, dan 30% di tahun 2022. Sedangkan 64%, 78%, 70% merupakan sisa nilai dari variabel terkait yang tidak digunakan pada penelitian ini untuk menghitung pengaruh perubahan temperatur kawasan.

4. PENUTUP

Pertumbuhan penduduk di Pulau Batam menyebabkan banyaknya kebutuhan lahan untuk membangun infrastruktur demi menunjang kebutuhan dan aktivitas penduduk setempat, yang mana dapat dilihat dari perubahan secara temporal pada penutup lahan yang sebelumnya merupakan penutup lahan dengan lingkungan alami yang berangsur-angsur beralih fungsi menjadi Penutup Lahan dengan lingkungan buatan seperti kawasan Bangunan Pemukiman / Non Pemukiman (Industri). Hasil pengolahan uji akurasi data LST Tahun 2022 dengan perolehan nilai sebesar 0.4 menunjukkan bahwa temperatur lapangan dan citra tahun 2022 memiliki hubungan cukup kuat, dengan RMSE perbedaan antara suhu citra dan lapangan sebesar 0.41°C. Hasil akhir pengolahan data, didapat bahwa perubahan temperatur permukaan kawasan tidak hanya berpengaruh pada perubahan spasio penutup lahan saja, dikarenakan angka koefisien determinasi (R^2) perubahan penutup lahan dan Land Surface Temperature (LST) menunjukkan angka sebesar 0,22 pada tahun 2002 dan 0,36 pada tahun 2012. Oleh sebab itu perubahan temperatur Kawasan juga dapat dipengaruhi oleh indikator-indikator lainnya seperti

cuaca, kelembaban, pertumbuhan penduduk, dan indikator lainnya yang tidak digunakan dalam penelitian ini. Dari hasil penelitian, disarankan agar penelitian selanjutnya menggunakan data citra penginderaan jauh resolusi spasial yang lebih tinggi, agar didapatkan informasi perubahan penutup lahan dan variasi Land Surface Temperatur (LST) dengan ketelitian yang tinggi. Selain itu dengan penambahan variabel iklim lainnya seperti curah hujan, kelembaban udara, ataupun data kerapatan kawasan bangunan yang mana harapannya mampu memberikan informasi yang lebih menyeluruh terhadap faktor apa saja yang mempengaruhi perubahan temperatur kawasan. Dengan penggunaan analisis multitemporal dengan interval waktu yang lebih rapat disarankan untuk menangkap keberagaman perubahan suhu permukaan secara lebih detail, terutama pada kawasan perkotaan yang berkembang pesat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. I. Nashiruddin, S. Winalisa, and M. A. Nugraha, "Random Phase Multiple Access Network for Public Internet of Things in Batam Island," in *International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021, pp. 311–316. doi: 10.23919/EECSI53397.2021.9624276.
- [2] P. Pengembangan, K. Ekonomi, K. Batam, C. Watt, M. Simatupang, and T. Dompok, "DIALEKTIKA PUBLIK", [Online]. Available: <http://ejournal.upBatam.ac.id/index.php/dialektikapublik>
- [3] Nathasia Angelina Saragi, Omi Omi, and Mellyana Candra, "Upaya BP Batam Dalam Mengembangkan Pembangunan Di Kota Batam," *Eksekusi: Jurnal Ilmu Hukum dan Administrasi Negara*, vol. 2, no. 1, pp. 272–278, Dec. 2023, doi: 10.55606/eksekusi.v2i1.880.
- [4] W. Anurogo *et al.*, "ESTIMATION OF LAND SURFACE TEMPERATUR-ASSESSMENT WITH REMOTE SENSING DATA FOR URBAN HEAT ISLAND IN BATAM MUNICIPALITY," vol. 9, no. 1, pp. 1–11, 2023.
- [5] C. Sitasi: Abidin, M. R. Umar, R. Nur, R. A. Atjo, A. A. Yanti, and J. M. Liani, "Identifikasi perubahan kawasan terbangun perkotaan menggunakan citra Landsat series," *Teknosains: Media Informasi dan Teknologi*, vol. 17, no. 3, 2023, doi: 10.24252/teknosains.v17i3.40819.
- [6] H. Rakuasa and S. Pertuack, "Pola Perubahan Suhu Permukaan Daratan di Kecamatan Ternate Tengah, Kota Ternate Tahun 2013 dan 2023 Menggunakan Google Earth Engine," *sudo Jurnal Teknik Informatika*, vol. 2, no. 2, pp. 78–85, Jun. 2023, doi: 10.56211/sudo.v2i2.271.
- [7] J. Maulana and F. Bioresita, "Monitoring of Land Surface Temperatur in Surabaya, Indonesia from 2013-2021 Using Landsat-8 Imagery and Google Earth Engine," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics, 2023. doi: 10.1088/1755-1315/1127/1/012027.
- [8] A. Rohman Zaky, M. Ayub Arwin, P. Jababeka Infrastruktur, and P. Korespondensi, "DETEKSI LAND SURFACE TEMPERATUR MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT: STUDI KASUS KOTA JABABEKA DAN SEKITARNYA," vol. 11, no. 5, pp. 1085–1096, 2024, doi: 10.25126/jtiik2024118013.
- [9] W. Anurogo, D. L. Pakpahan, M. K. Mufida, M. Santiputri, and D. S. Pamungkas, "Image Processing In Remote Sensing Data For Inventory-Based Estimation Of Forest Primary Production; An Assessment Support For Region Forest Inventories," in *2024 8th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering, ICITISEE 2024*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2024, pp. 304–309. doi: 10.1109/ICITISEE63424.2024.10730335.
- [10] T. P. Daru, R. Yusuf, and J. Juraemi, "Potensi Tumbuhan di Lahan Reklamasi Pasca Tambang Batubara Sebagai Pakan Ternak," *Jurnal Pertanian Terpadu*, vol. 8, no. 2, pp. 164–174, Dec. 2020, doi: 10.36084/jpt.v8i2.273.
- [11] H. F. Assidiq and A. A. Sigit, *Analisis Dinamika Suhu Permukaan Berbasis Spasio Temporal Kabupaten Klaten, Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia, 2018.*
- [12] I. G. A. A. R. Asmiwyati, A. A. G. Sugianthara, and I. N. Wardi, "Identifikasi Suhu Permukaan terhadap Penutup Lahan dari Landsat 8: Studi Kasus Kota Denpasar," *Jurnal Arsitektur Lansekap*, vol. 6, no. 2, pp. 240–247, 2020, doi: 10.24843/jal.2020.v06.i02.p11.
- [13] M. Duka, F. Lihawa, and S. Rahim, "Perubahan tutupan lahan dan pengaruhnya terhadap pola persebaran terhadap suhu di Kota Gorontalo," *Jambura Geoscience Review*, vol. 2, no. 1, pp. 16–29, 2020, doi: 10.34312/jgeosrev.v2i1.2682.
- [14] Z.-L. Li and S.-B. Duan, "Land surface temperatur," in *Comprehensive Remote Sensing*, vol. 1, Oxford, UK: Elsevier, 2018, pp. 264–283, doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.10375-6.
- [15] A. W. Utomo, A. Suprayogi, and B. Sasmito, "Analisis Hubungan Variasi Land Surface Temperatur dengan Kelas Tutupan Lahan Menggunakan Data Citra Satelit Landsat (Studi Kasus: Kabupaten Pati)," *Jurnal Geodesi UNDIP*, vol. 6, no. 2, pp. 71–74, 2017.

- [16] M. A. Aldzahabi, F. H. Abrari, and A. F. Wibowo, "Identifikasi Pengaruh Vegetasi dan Kepadatan Bangunan Kabupaten Klaten terhadap Perubahan Suhu melalui Citra Landsat-8 LST, NDVI, dan NDBI," *INNOVATIVE: Journal of Social Science Research*, vol. 4, no. 1, pp. 5710–5725, 2024.
- [17] A. K. Putra, A. Sukmono, and B. Sasmito, "ANALISIS HUBUNGAN PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP SUHU PERMUKAAN TERKAIT FENOMENA URBAN HEAT ISLAND MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT (STUDI KASUS: KOTA SURAKARTA)," *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 7, no. 3, pp. 22-31, Aug. 2018. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2018.21212>
- [18] B. Ilmi, E. A. Ayuningtyas, and G. A. Bisa, "Analisis hubungan NDVI dan *Land Surface Temperatur* berdasarkan citra Landsat multitemporal di Kecamatan Lokpaikat," *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, vol. 16, no. 2, pp. 31–44, 2025.
- [19] H. Rakuasa and S. Pertuack, "Pola perubahan suhu permukaan daratan di Kecamatan Ternate Tengah, Kota Ternate tahun 2013 dan 2023 menggunakan Google Earth Engine," *Sudo Jurnal Teknik Informatika*, vol. 2, no. 2, pp. 78–85, 2023.
- [20] R. Ridha, N. U. Vipriyanti, and F. Susanti, "Kajian pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap temperatur suhu permukaan Kota Mataram," *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi*, vol. 9, no. 1, pp. 21–31, 2025.