



HUBUNGAN NILAI INDEKS PERMUKAAN TERHADAP TEMPERATUR PERMUKAAN DI KABUPATEN BANTUL

RELATIONSHIP OF SURFACE INDEX VALUE TO SURFACE TEMPERATURE IN BANTUL REGENCY

Dini Rachmadhani^{a,c*}, Putri Zalsabilah^a, Muhammad Kamal^b, Prima Widayani^b

^aProgram Magister Penginderaan Jauh, Universitas Gadjah Mada; Kabupaten Sleman, Indonesia

^bDepartemen Sains Informasi Geografi, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada; Kabupaten Sleman, Indonesia

^cKementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional; Jakarta Selatan, Indonesia

*Korespondensi: dini.rachmadhani@mail.ugm.ac.id

Info Artikel:

- Artikel Masuk: 10 Maret 2025
- Artikel diterima: 31 Desember 2025
- Tersedia Online: 31 Desember 2025

ABSTRAK

Perkembangan kota yang pesat menyebabkan perubahan penggunaan lahan di wilayah sekitarnya, termasuk di Kabupaten Bantul. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan antara Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Built-up Index (NDBI), Bare Soil Index (BSI), terhadap Land Surface Temperature (LST) menggunakan data citra satelit Landsat serta teknik pemodelan spasial selama periode 2014, 2019, dan 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai NDVI, NDBI, dan BSI dan LST mengalami fluktuasi tahunan berdasarkan perekaman tahun 2014, 2019, dan 2024. Hubungan NDVI dan LST menunjukkan korelasi negatif, dengan nilai R^2 tertinggi sebesar 0,5819 pada tahun 2014, yang mengindikasikan semakin tinggi NDVI, maka suhu permukaan tanah cenderung lebih rendah. Sedangkan, NDBI menunjukkan korelasi positif terhadap LST, dengan nilai R^2 tertinggi sebesar 0,5312 pada tahun 2014. Hubungan BSI terhadap LST juga menunjukkan korelasi positif, di mana semakin tinggi nilai BSI, suhu permukaan tanah semakin meningkat, khususnya pada tahun 2014, 2019, dan 2024.

Kata Kunci : NDVI, NDBI, BSI, LST

ABSTRACT

Rapid urban development has caused changes in land use in surrounding areas, including in Bantul Regency. This study aims to analyze the relationship between NDVI, NDBI, and BSI on LST using Landsat satellite imagery data and spatial modeling techniques during the periods of 2014, 2019, and 2024. The results show that the values of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Built-up Index (NDBI), Bare Soil Index (BSI), and Land Surface Temperature (LST) fluctuate annually based on recordings from 2014, 2019, and 2024. The relationship between NDVI and LST shows a negative correlation, with the highest R^2 value of 0.5812 in 2014, indicating that the higher the NDVI, the lower the land surface temperature tends to be. Conversely, NDBI shows a positive correlation with LST, with the highest R^2 value of 0.5312 in 2014. The relationship between BSI and LST also shows a positive correlation, where the higher the BSI value, the higher the ground surface temperature, particularly in 2014, 2019, and 2024.

Keywords: NDVI, NDBI, BSI, LST

1. PENDAHULUAN

Perkembangan kota yang pesat membawa dampak signifikan terhadap dinamika penggunaan lahan, khususnya di wilayah perkotaan dan sekitarnya. Namun, pesatnya perkembangan kota berdampak pada perubahan penggunaan lahan di sekitarnya, termasuk di Kabupaten Bantul. Perubahan penggunaan lahan yang semakin meningkat menyebabkan berkurangnya lahan untuk vegetasi dan bertambahnya lahan terbangun (Arifiana, 2018). Perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Bantul selama 5 (lima) tahun, yaitu terjadi perubahan luas penggunaan lahan sawah yang berkurang dari 19.934 hektar pada tahun 2011 menjadi 14.539 hektar pada tahun 2015, atau turun sebesar 28,35% (Lina & Rumetna, 2018). Kebutuhan akan lahan pemukiman yang luas sering kali menjadi prioritas utama seiring dengan perubahan penggunaan lahan, pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat semakin memperbesar kebutuhan tersebut (Muhammad & Sigit, 2024). Perubahan pada penutup lahan tidak hanya berdampak pada meningkat atau menurunnya suhu, tetapi juga mengurangi ruang terbuka hijau, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap kenaikan suhu.

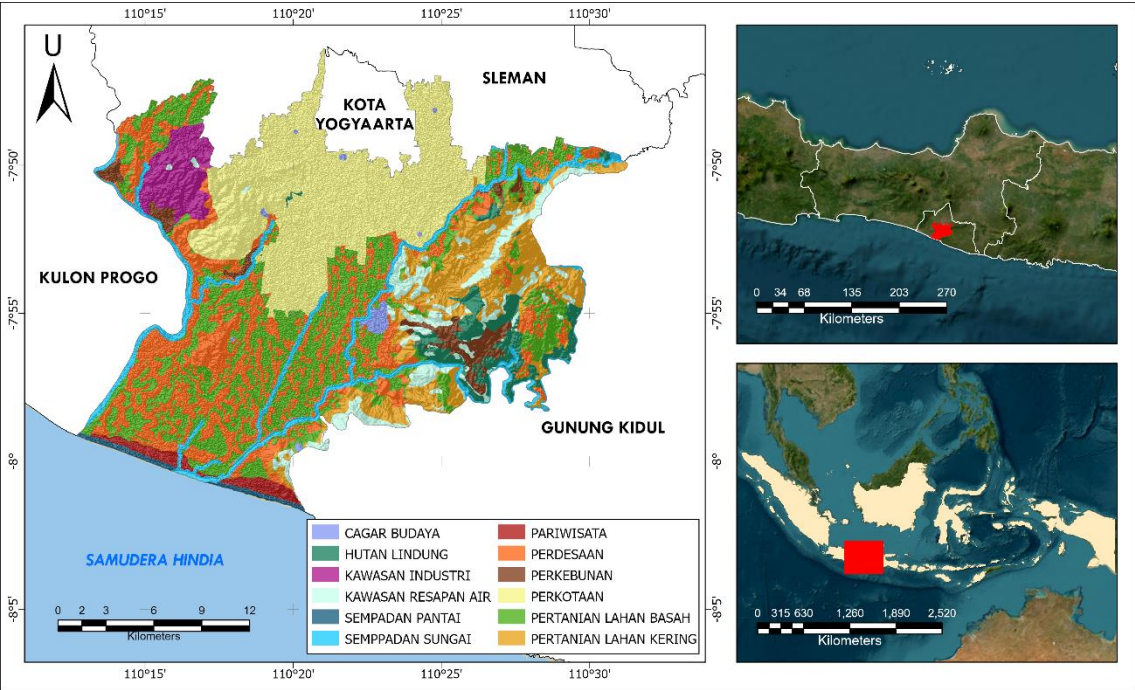
Penelitian terkait hubungan antara transformasi indeks dengan *Land Surface Temperature* (LST)/Suhu Permukaan Tanah penting dilakukan untuk mengetahui pengaruh indeks vegetasi, lahan terbangun dan lahan terbuka terhadap kenaikan suhu permukaan. Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, Feronika et al. (2023) mengkaji pengaruh *urban sprawl* terhadap distribusi suhu permukaan di Kota Semarang melalui transformasi berbagai indeks, seperti *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI), *Enhanced Built-Up and Bareness Index* (EBBI), *Bare Soil Index* (BSI), dan *Urban Index* (UI), menunjukkan hubungan yang signifikan antara kepadatan lahan terbangun dan kenaikan suhu permukaan. Chen et al. (2013) mengungkapkan bahwa wilayah dengan nilai NDBI tinggi, yang menunjukkan kepadatan lahan terbangun, umumnya memiliki suhu permukaan yang lebih tinggi, sebaliknya wilayah dengan nilai NDVI tinggi, yang merepresentasikan tutupan vegetasi, menunjukkan suhu permukaan yang lebih rendah. Dalam penelitian yang telah dilakukan di Kota Surakarta oleh Handayani et al. (2017) menggunakan algoritma *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI) untuk memetakan kawasan terbangun dan algoritma *Mono-window Brightness Temperature* untuk menghitung suhu permukaan, hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan kawasan terbangun secara langsung berkontribusi pada kenaikan suhu permukaan, serta memberikan rekomendasi bagi pemerintah Kota Surakarta untuk memperhatikan pengelolaan ruang terbuka hijau guna mengurangi dampak urbanisasi. Berdasarkan penelitian sebelumnya belum terdapat penelitian mengenai hubungan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI), *Bare Soil Index* (BSI) terhadap *Land Surface Temperature* (LST) secara spasial dan temporal. Penelitian ini dilakukan untuk memahami pengaruh tutupan vegetasi, lahan terbangun dan tanah kosong terhadap nilai suhu permukaan tanah.

Studi mengenai perubahan suhu permukaan tanah akibat vegetasi dan pembangunan sangat penting dalam konteks perubahan iklim dan manajemen yang berkelanjutan. Di Kabupaten Bantul, data spesifik mengenai pengaruh vegetasi, bangunan dan lahan kosong terhadap LST masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak NDVI, NDBI, dan BSI, terhadap LST di Kabupaten Bantul dengan memanfaatkan data citra satelit dan teknik pemodelan spasial. Hal ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna untuk pengelolaan lingkungan dan perencanaan tata ruang yang lebih baik di daerah tersebut.

2. DATA DAN METODE

2.1. Lokasi Penelitian

Kabupaten Bantul terletak di antara 07°44' 04" - 08°00' 27" Lintang Selatan dan 110°12'34" - 110°31'08" Bujur Timur dengan luas wilayah 506,85 Km². Kabupaten Bantul merupakan salah satu kabupaten di Provinsi D. I. Yogyakarta yang terdampak akibat pembangunan Kota Yogyakarta (Sukmawati & Utomo, 2020). Wilayah ini dipilih karena karakteristiknya yang beragam dalam hal tutupan lahan, mulai dari daerah perkotaan hingga pertanian dan hutan. Perubahan yang dinamis pada Kabupaten Bantul menjadi alasan dilakukannya penelitian ini. Lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



Sumber: Kementerian Dalam Negeri, 2022

Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2. Jenis dan Sumber Data

Analisis hubungan antara NDVI, NDBI, dan BSI terhadap LST menggunakan citra satelit Landsat 8 Level 2, pada level 2 citra hasil koreksi atmosfer yang sudah dikonversi ke nilai reflektansi permukaan dan temperatur permukaan tanah. Saluran utama yang digunakan adalah saluran 2, saluran 4, saluran 5, saluran 6, saluran 10 yang diakses dari Earth Explorer, Tabel 1 merupakan spesifikasinya.

Tabel 1. Jenis Data yang Digunakan

Satelit	Sensor	Resolusi Spasial	Tahun (Musim Kemarau)	Sumber Data	Website
Landsat 8	Operational Land Imager and Thermal Infrared Sensor (OLI/TIRS)	30 m	25/08/2014 - 31/08/2014	Earth Explorer	https://earthexplorer.usgs.gov/
Landsat 8	Operational Land Imager and Thermal Infrared Sensor (OLI/TIRS)	30 m	01/07/2019 - 15/07/2019	Earth Explorer	https://earthexplorer.usgs.gov/

Satelit	Sensor	Resolusi Spasial	Tahun (Musim Kemarau)	Sumber Data	Website
Landsat 8	Operational Land Imager and Thermal Infrared Sensor (OLI/TIRS)	30 m	05/06/2024 - 07/06/2024	Earth Explorer	https://earthexplorer.usgs.gov/

2.3. Metode dan Teknik Analisis

2.3.1. *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*

Transformasi indeks vegetasi dilakukan secara matematis dan melibatkan beberapa saluran pada citra multispektral yang melibatkan kerapatan vegetasi atau elemen yang terkait dengan biomassa, konsentrasi klorofil, atau aspek lainnya (Danoedoro, 2012). Saluran inframerah dekat dan merah digunakan, masing-masing memiliki kepekaan yang berbeda terhadap flora. Persamaan transformasi NDVI dinyatakan pada Persamaan 1. Nilai transformasi NDVI berkisar dari -1 hingga +1; semakin tinggi nilai NDVI mendekati +1, semakin rapat vegetasi (Jensen, 2009).

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

NIR merupakan *Near-Infrared* dan RED merupakan *Red*.

2.3.2. *Normalized Difference Built-Up Index (NDBI)*

NDBI adalah transformasi untuk menganalisis daerah perkotaan dengan memanfaatkan saluran citra inframerah gelombang pendek (SWIR) dan inframerah dekat (NIR), dengan asumsi bahwa lahan yang dibangun dan area kosong memantulkan banyak gelombang SWIR, membuat citra tampak cerah. Pada saat yang sama, badan air cenderung menyerap banyak gelombang NIR, membuat citra tampak gelap. NDBI dibuat dengan tujuan untuk memudahkan pemetaan daerah urban melalui citra Landsat TM dan Landsat OLI (Handayani et al., 2017). Oleh karena itu NDBI memanfaatkan saluran inframerah dekat dan inframerah tengah. Persamaan 2 merupakan persamaan NDBI.

$$NDBI = \frac{SWIR1 - NIR}{SWIR1 + NIR} \quad (2)$$

SWIR 1 merupakan *Shortwave Infrared 1* dan NIR merupakan *Near-infrared*.

2.3.3. *Bare Soil Index (BSI)*

Bare Soil Index (BSI) merupakan media analisis yang digunakan dalam pemetaan lahan terbuka dan kawasan terbangun, terutama dalam kondisi di mana indeks vegetasi seperti NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) kurang efektif. Indeks ini didasarkan pada asumsi bahwa NDVI tidak memberikan hasil yang akurat ketika tutupan vegetasi kurang dari 50%, karena pada kondisi tersebut reflektansi dari tanah kosong atau permukaan non-vegetatif menjadi lebih dominan dibandingkan dengan reflektansi dari vegetasi (Feronika et al., 2023). Persamaan BSI ditunjukkan pada Persamaan 3.

$$BSI = \frac{(SWIR + RED) - (NIR + BLUE)}{(SWIR + RED) + (NIR + BLUE)} \quad (3)$$

SWIR merupakan *Shortwave Infrared*, RED merupakan *Red*, NIR merupakan *Near-Infrared*, dan BLUE merupakan *Blue*.

2.3.4. Land Surface Temperature (LST)/Suhu Permukaan Tanah

LST banyak digunakan dalam berbagai bidang termasuk evapotranspirasi, perubahan iklim, siklus hidrologi, pemantauan vegetasi, iklim perkotaan dan studi lingkungan (Kalma et al., 2008). Analisis LST menggunakan citra Landsat 8 OLI tahun 2014, 2019, dan 2024 (Persamaan 4 merupakan rumus konversi untuk Landsat 8 menggunakan saluran 10 untuk memperoleh puncak radiasi spektral atmosfer).

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL - oi \quad (4)$$

$L\lambda$ merupakan *Radiance* pada panjang gelombang tertentu ($W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$); ML merupakan *Multiplicative rescaling factor*, Q_{cal} merupakan *Digital Number (DN)* atau nilai piksel citra, AL merupakan *Additive rescaling factor*, dan oi merupakan Koreksi offset.

Nilai saluran perkalian radiansi dilambangkan dengan ML kemudian dikalikan dengan nilai piksel atau DN dari produk standar yang dikuantisasi dan dikalibrasi. AL adalah faktor penskalaan aditif yang berbeda untuk setiap saluran. Oi adalah nilai koreksi untuk saluran 10 yang sebesar 0,29. Setelah radiansi spektral diubah menjadi refleksi, langkah selanjutnya adalah konversi suhu kecerahan atmosfer (BT) dengan menggunakan Persamaan 5, yang menggunakan konstanta termal yang sama, hanya dengan nilai yang bervariasi karena perbedaan nomor saluran yang digunakan. Nilai konstanta kalibrasi untuk Landsat 8 OLI saluran 10 adalah sebagai berikut: $K1 = 774,89$ mW dan $K2 = 1321,08$ (Guha & Govil, 2022a).

$$BT = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda}\right) + 1} - 273.16 \quad (5)$$

BT merupakan *Brightness Temperature* (suhu kecerahan dalam Kelvin), $K1$ merupakan Konstanta kalibrasi termal 1, $K2$ = Konstanta kalibrasi termal 2, $L\lambda$ merupakan *Radiance* pada panjang gelombang tertentu ($W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$); \ln merupakan Logaritma natural (\ln); dan 273.16 merupakan Konversi dari Kelvin ke Celsius.

Selanjutnya dilakukan transformasi indeks vegetasi, perhitungan nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) untuk mengetahui ukuran kerapatan vegetasi pada suatu area. Nilai P_v bertujuan untuk mengestimasi besaran fraksi pada suatu area yang tertutup vegetasi. Estimasi nilai P_v didapat dari nilai NDVI yang didapat sebelumnya serta nilai NDVI minimum dan NDVI *maximum*. Nilai P_v dihitung menggunakan Persamaan 6.

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (6)$$

P_v merupakan *Proportion of Vegetation*, NDVI merupakan Nilai NDVI yang sebelumnya diperoleh, $NDVI_{min}$ merupakan Nilai NDVI untuk vegetasi (terendah), dan $NDVI_{max}$ merupakan Nilai NDVI untuk vegetasi (nilai terbesar NDVI).

Emisivitas bertujuan untuk mengukur karakteristik yang melekat pada permukaan bumi dan mengukur kemampuannya untuk mengubah energi termal atau panas menjadi energi radiasi. Perhitungan E menggunakan nilai P_v .

$$\epsilon = 0.0004 * P_v + 0.986 \quad (7)$$

ϵ merupakan emisivitas dan P_v merupakan *Proportion of Vegetation*.

Penentuan LST menggunakan skala dalam *Celcius*, dikonversi secara kondisional dengan menggunakan Persamaan 8. Simbol ρ mewakili panjang gelombang radiasi yang dipancarkan, yang diberi nilai 10,8 untuk saluran 10 di Landsat 8.

$$Ts = \frac{BT}{\left\{1 + \left[\frac{\lambda BT}{\rho}\right] \ln \varepsilon\right\}} \quad (8)$$

T_s merupakan Suhu permukaan tanah (*Land Surface Temperature, LST*) dalam Kelvin, BT merupakan *Brightness Temperature* (suhu kecerahan) dalam Kelvin, λ merupakan Panjang gelombang pusat saluran termal (μm), ε merupakan Emisivitas permukaan, dan \ln merupakan *Logaritma natural* (\ln).

2.4. Analisis Statistik

Dalam penelitian ini, metode *Ordinary Least Squares* (OLS) digunakan untuk menganalisis hubungan antara NDVI, NDBI, dan BSI terhadap LST. Menurut Riyadi & Rahayu (2019), *Ordinary Least Squares* (OLS) merupakan pemodelan regresi berganda untuk menggambarkan hubungan antar variabel. OLS merupakan salah satu metode regresi linier yang paling umum digunakan untuk menentukan hubungan antara variabel independen dan variabel dependen dengan cara meminimalkan jumlah kuadrat dari selisih antara nilai yang diamati dan nilai yang diprediksi oleh model. Metode ini memungkinkan untuk mengidentifikasi pengaruh masing-masing variabel independen terhadap perubahan suhu permukaan tanah (LST) serta mengukur signifikansi hubungan tersebut. Model regresi OLS yang digunakan dalam penelitian ini dirumuskan pada Persamaan 9.

$$LST = \beta_0 + \beta_1 NDVI + \beta_2 NDBI + \beta_3 BSI + \varepsilon \quad (9)$$

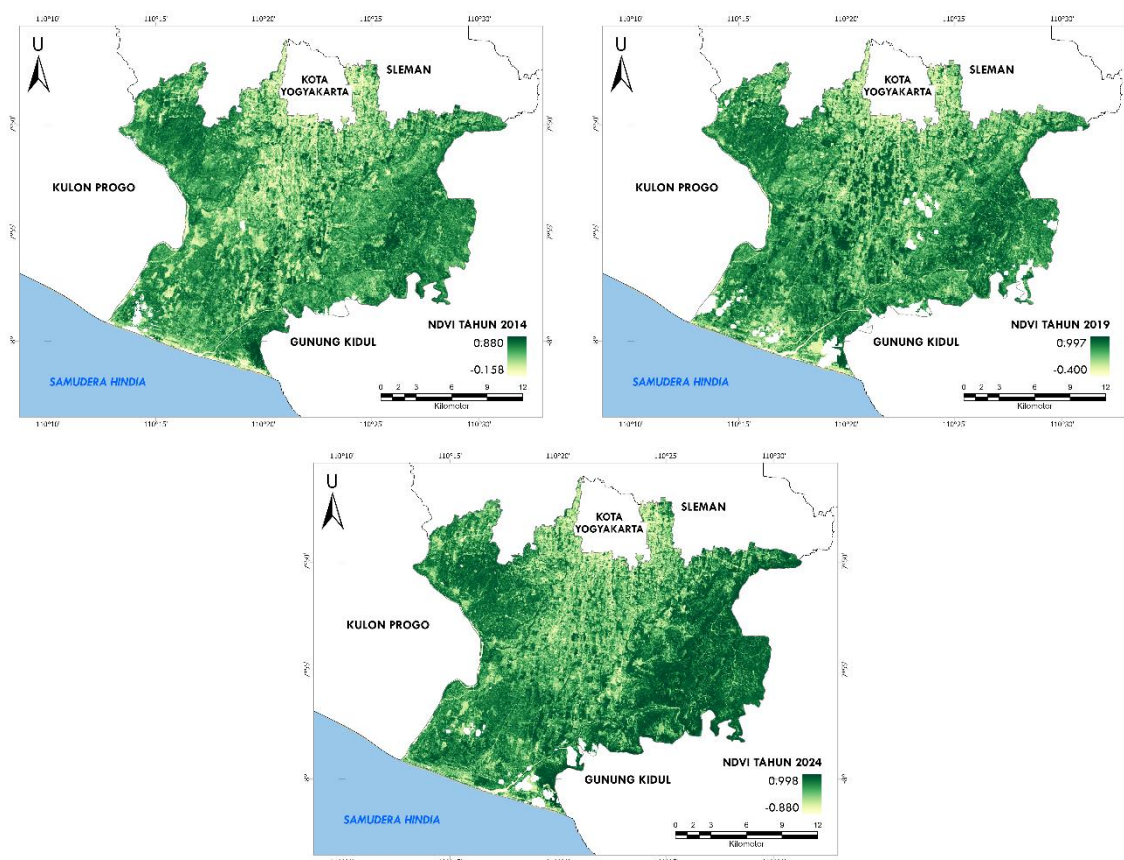
LST merupakan Variabel dependen, NDVI, NDBI, BSI merupakan Variabel independen untuk menganalisis pengaruh terhadap LST, β_0 merupakan *Intercept* atau konstanta model, $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ merupakan Koefisien regresi yang menunjukkan seberapa besar pengaruh masing-masing variabel independen terhadap LST, dan ε merupakan Residual atau *error* dalam model.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Transformasi Indeks

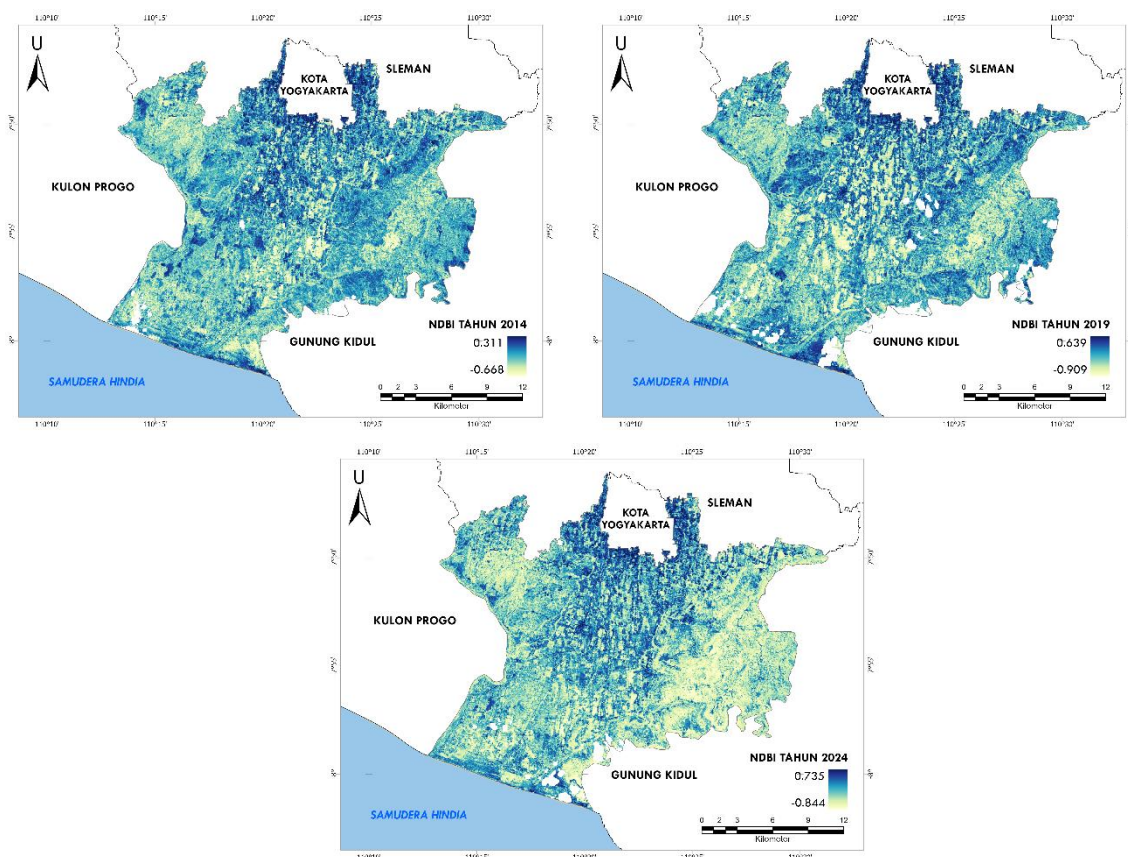
Penggunaan lahan berpengaruh terhadap nilai NDVI, BSI, dan NDBI, di mana NDVI cenderung tinggi pada area dengan vegetasi yang lebat, BSI meningkat di lahan terbuka atau tanah kosong, dan NDBI lebih tinggi pada wilayah terbangun seperti perkotaan. Perubahan penggunaan lahan, seperti urbanisasi atau deforestasi, dapat menyebabkan penurunan NDVI serta peningkatan BSI dan NDBI, mencerminkan pergeseran dominasi vegetasi alami menjadi area terbangun atau tanah kosong. Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan variasi nilai indeks vegetasi berdasarkan 3 kali pengamatan tahun 2014, 2019, dan 2024 pada area pengamatan. Range nilai yang dihasilkan berada diantara -0.88 hingga 0.99. Nilai NDVI sebesar -0.88 menunjukkan area dengan sedikit atau tanpa vegetasi, seperti perairan, tanah kosong, atau lahan berpasir. Nilai negatif ini terjadi karena air dan permukaan tanpa vegetasi memiliki reflektansi cahaya yang hampir sama pada saluran merah dan inframerah dekat (NIR). Sebaliknya, nilai NDVI sebesar 0.99 menandakan keberadaan vegetasi yang cukup sehat dan produktif, seperti padang rumput atau ladang pertanian. Dari tahun ke tahun terjadi penurunan nilai indeks vegetasi terutama di wilayah utara yang dekat dengan Kota Yogyakarta dan selatan yang berdekatan dengan pesisir, sedangkan daerah dengan nilai

indeks vegetasi tinggi berada pada wilayah timur. Perkembangan wilayah pesisir dipengaruhi oleh tekanan aktivitas manusia dan fenomena yang terjadi baik di darat maupun di laut (Pinto, 2015). Selain itu, peningkatan populasi penduduk Kabupaten Bantul dari tahun ke tahun dan pembangunan secara besar-besaran mengakibatkan perubahan pola penggunaan lahan dari lahan non terbangun menjadi lahan terbangun (Utomo & Rokhmah, 2023).



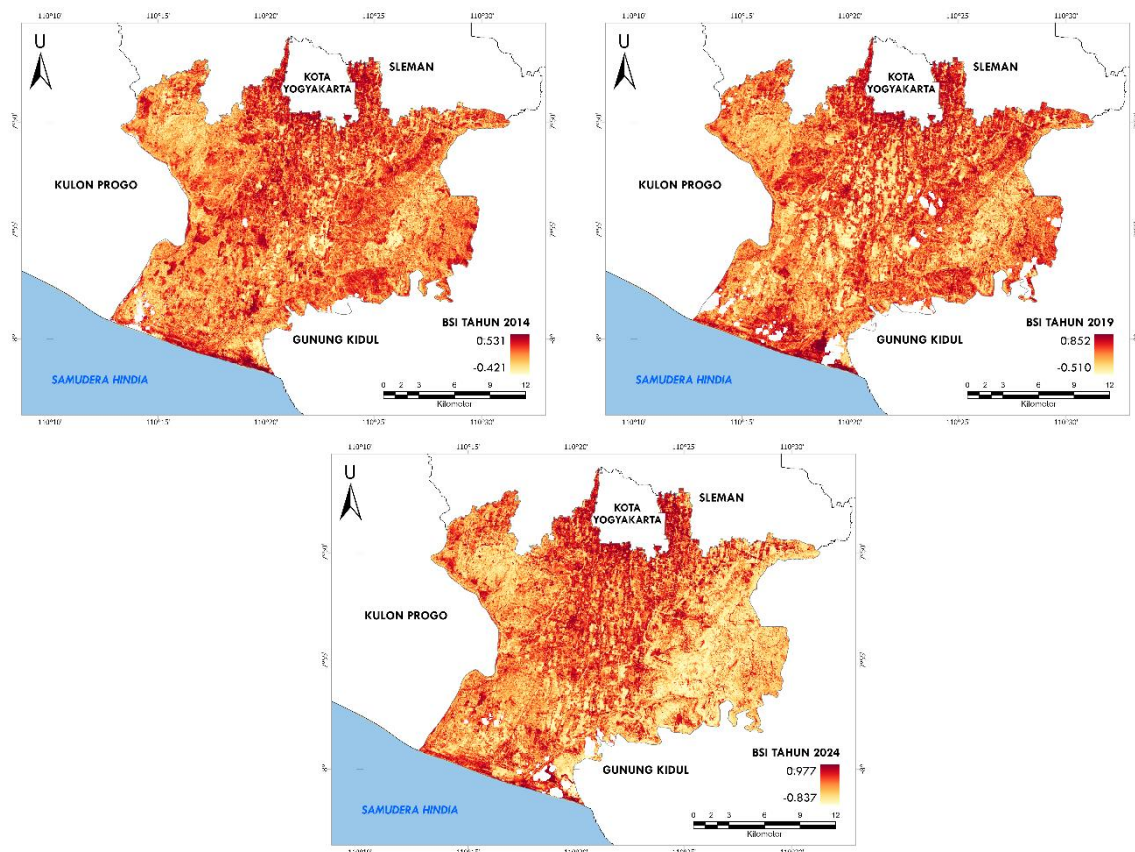
Gambar 2. Peta Hasil Analisis NDVI Tahun 2014, 2019, dan 2024

Gambar 3 menggambarkan distribusi *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) untuk wilayah Kabupaten Bantul pada tahun 2014, 2019, dan 2024 yang menunjukkan dinamika perubahan area terbangun dalam satu dekade terakhir. Dari analisis peta, terlihat bahwa pada tahun 2014, area terbangun masih terkonsentrasi di bagian utara Kabupaten Bantul, sementara sebagian besar wilayah lainnya masih didominasi oleh vegetasi. Seiring waktu, tahun 2019 menunjukkan peningkatan area terbangun di sebagian wilayah timur dan barat yang menandakan urbanisasi dan ekspansi permukiman. Perubahan ini mencerminkan adanya urbanisasi pesat di sekitar Yogyakarta, dengan Kabupaten Bantul. Nilai NDBI negatif -0.90 menunjukkan daerah yang didominasi oleh vegetasi atau perairan. Sementara itu, nilai NDBI 0.73 mengindikasikan area terbangun atau lahan kering, seperti permukiman, jalan, dan infrastruktur. Hasil NDBI sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmanto (2022) dimana terjadi peningkatan lahan terbangun di Kabupaten Bantul dari tahun 2000 hingga 2022 sebesar 19.955 Km² dengan rerata perubahan terbesar 17,59 Km² setiap satu dekade. Oleh karena itu, perencanaan tata ruang yang berkelanjutan menjadi hal penting untuk mengelola pertumbuhan area terbangun agar tetap memperhatikan aspek lingkungan dan keseimbangan.



Gambar 3. Peta Hasil Analisis NDBI Tahun 2014, 2019, dan 2024

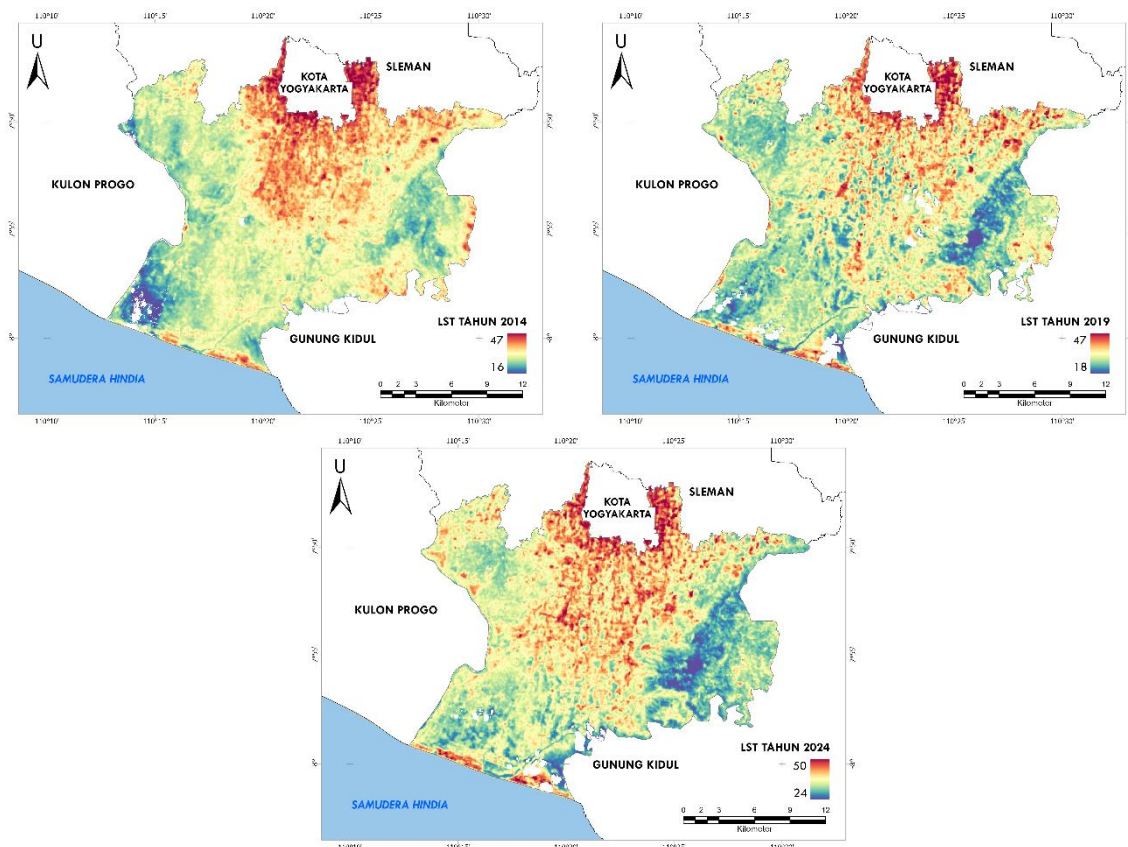
Gambar 4 menunjukkan distribusi lahan terbuka menggunakan *Bare Soil Index* (BSI) di Kabupaten Bantul dalam tiga periode waktu, dimana warna biru menandakan nilai BSI positif 0.00 hingga 0.97 yang mengindikasikan tanah kosong atau lahan terbuka, sementara warna coklat menunjukkan nilai BSI rendah ditunjukkan dengan nilai BSI negatif hingga mendekati nol yang berkaitan dengan vegetasi atau air. Pada tahun 2014, area dengan nilai BSI tinggi masih tersebar di wilayah yang sedang berkembang, sementara tutupan vegetasi masih mendominasi dan sedangkan tahun 2019 lahan terbuka semakin meluas. Tren ini berlanjut hingga tahun 2024, di mana area tanah terbuka semakin meluas, terutama di sekitar pusat perkotaan dan jalur utama. Secara keseluruhan, peta ini menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam area tanah terbuka selama periode 2014–2024, yang menandakan pesatnya urbanisasi dan pengurangan lahan hijau. Namun terkadang dihasilkan klasifikasi yang kurang sesuai dengan kondisi lapangan, hal ini karena terjadi tumpang tindih spektral antara tanah terbuka dengan penutup lahan lain yang memiliki respons reflektansi serupa, seperti residu tanaman, vegetasi kering atau jarang, area terbangun, serta pasir dan permukaan cerah lainnya sehingga dapat meningkatkan potensi kesalahan klasifikasi (Delaney & Tansey, 2025).



Gambar 4. Peta Hasil Analisis BSI Tahun 2014, 2019, dan 2024

3.2. Land Surface Temperature (LST)/ Suhu Permukaan Tanah

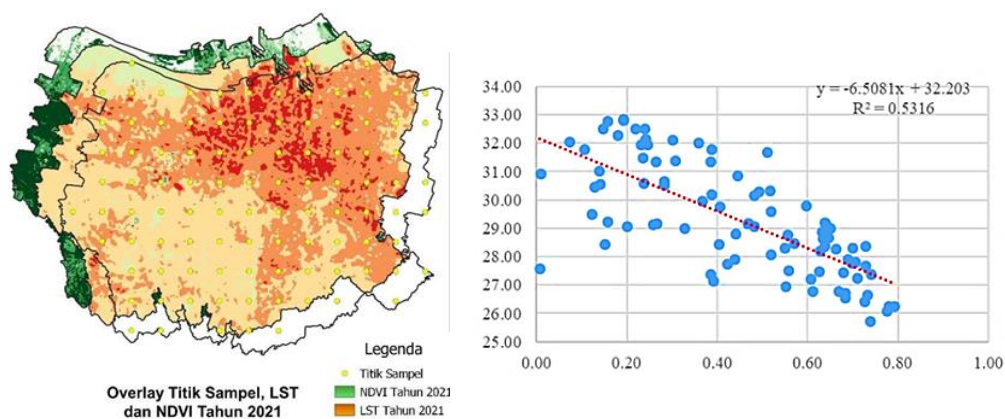
Analisis suhu permukaan tanah di Kabupaten Bantul dilakukan secara multitemporal, yang mencakup tiga periode waktu dari tahun 2014, 2019, dan 2024. Berdasarkan Gambar 5, tren perubahan suhu menunjukkan kecenderungan peningkatan dari waktu ke waktu. Pada tahun 2014 dan 2019, suhu tertinggi tercatat sebesar 47 °C, sedangkan pada tahun 2024 meningkat menjadi 50 °C. Berdasarkan peta yang dihasilkan suhu tertinggi terletak di bagian utara Kabupaten Bantul, dan seiring berjalannya waktu, daerah dengan suhu tinggi ini semakin meluas ke arah selatan. Di sisi lain, suhu terendah tercatat di bagian timur Kabupaten Bantul. Menurut Guntara *et al.*, (2025), hasil estimasi LST pada rentang waktu yang berbeda menunjukkan persebaran suhu yang detail, variatif, dan dinamis, dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kondisi alam, iklim, cuaca, elevasi, tutupan vegetasi, penutup lahan, serta tutupan awan. Selain itu, ketersediaan dan kualitas citra satelit berperan penting dalam akurasi estimasi suhu permukaan tanah. Sementara itu, menurut Utomo & Rokhmana (2023), kepadatan vegetasi dan lahan terbangun juga berpengaruh terhadap suhu permukaan tanah di Kabupaten Bantul.



Gambar 5. Peta Hasil Analisis LST Tahun 2014, 2019, dan 2024

3.3. Hubungan NDVI, NDBI, dan BSI terhadap Suhu Permukaan Tanah

OLS digunakan untuk menentukan seberapa besar masing-masing indeks mempengaruhi LST. Hasil analisis biasanya menunjukkan bahwa peningkatan NDVI berkorelasi negatif dengan LST, salah satunya adalah dalam penelitian yang dilakukan oleh Wachid & Tyas (2022), yang menganalisis Korelasi NDVI Terhadap LST Kota Semarang Tahun 2021, hasilnya menunjukkan terdapat korelasi negatif antara indeks vegetasi dengan suhu permukaan seperti pada Gambar 6.



Sumber: Wachid & Tyas 2022

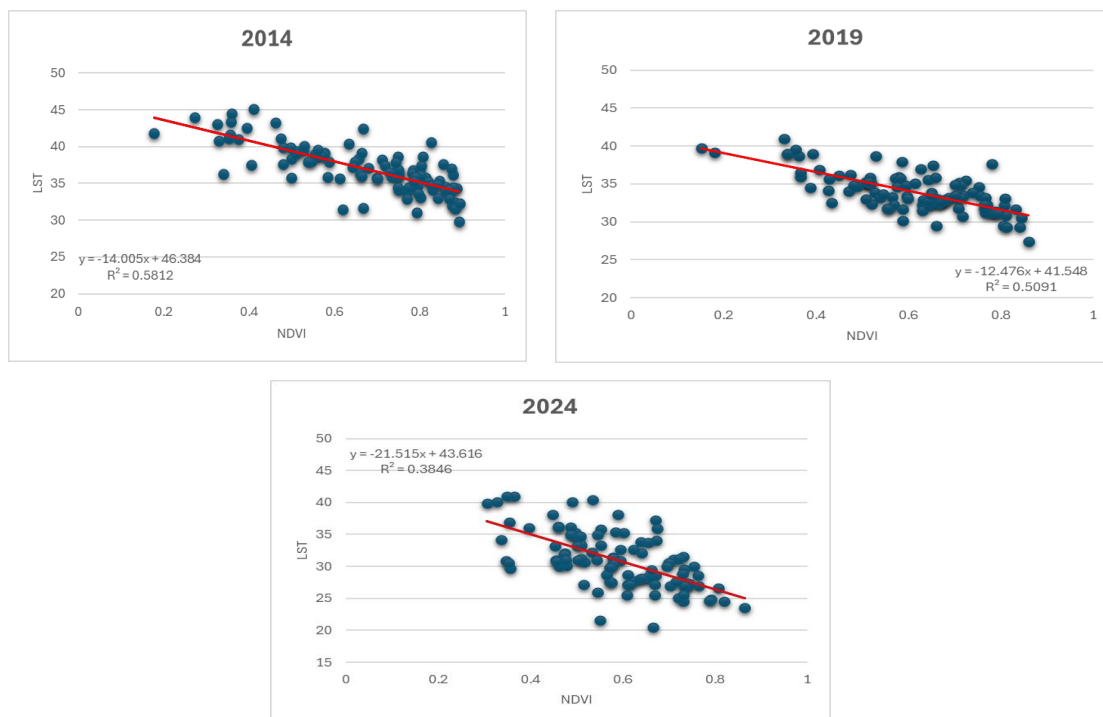
Gambar 6. Hasil Analisis Korelasi NDVI Terhadap LST Kota Semarang Tahun 2021

Hal ini berarti wilayah dengan vegetasi lebat cenderung memiliki suhu permukaan yang lebih rendah. Sebaliknya, peningkatan NDBI sering berkorelasi positif dengan LST, menunjukkan bahwa area terbangun cenderung memiliki suhu permukaan yang lebih tinggi. Hubungan antara BSI dan LST dapat bervariasi tergantung pada karakteristik wilayah penelitian, faktor-faktor seperti jenis tanah, kelembapan tanah, keberadaan residu tanaman, komposisi tutupan lahan di sekitarnya, kondisi musim, serta zona iklim akan mempengaruhi nilai yang dihasilkan (Delaney & Tansey, 2025). Penelitian mengenai hubungan antara NDVI, NDBI, dan BSI terhadap suhu permukaan tanah menegaskan pentingnya peningkatan ruang hijau serta penggunaan material bangunan yang ramah lingkungan (Zulkarnain, 2016). Selain itu, penelitian ini juga menyoroti perlunya strategi mitigasi *Urban Heat Island (UHI)* guna mengurangi dampak negatif pemanasan pada wilayah perkotaan (Fauzia, 2019). Lebih lanjut, hasil penelitian ini dapat membantu pemerintah daerah dalam menetapkan kawasan konservasi dan mengendalikan ekspansi lahan terbangun, mengingat suhu permukaan yang tinggi berpotensi menurunkan kualitas kesehatan, menyebabkan degradasi kualitas udara dan lingkungan, mempercepat pemanasan global, meningkatkan polusi, serta memicu dinamika iklim yang dapat memengaruhi aktivitas di wilayah perkotaan (Dewi et al., 2023).

3.3.1. Hubungan NDVI terhadap Suhu Permukaan Tanah

Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 7 menunjukkan adanya hubungan negatif antara NDVI dan LST yang mengindikasikan bahwa semakin tinggi nilai NDVI maka suhu permukaan tanah (LST) cenderung lebih rendah. Pada tahun 2014, hubungan antara NDVI dan LST menunjukkan korelasi yang kuat dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.5812 dan persamaan regresi $y = -14,005x + 46,384$. Hal ini menunjukkan bahwa variasi NDVI mampu menjelaskan sekitar 58.12% variasi LST, yang menandakan bahwa pada tahun tersebut, vegetasi memiliki pengaruh signifikan terhadap suhu permukaan tanah. Namun, pada tahun 2019, hubungan antara NDVI dan LST mengalami pelemahan yang cukup drastis dengan nilai R^2 sebesar 0.5091 dan persamaan regresi $y = -12,476x + 41,548$. Pada tahun 2024, hubungan antara NDVI dan LST semakin menurun dengan nilai R^2 sebesar 0.3846 dan persamaan regresi $y = -21,515x + 43,616$. Korelasi NDVI dan LST sangat dipengaruhi oleh perbedaan musim, fase fenologi vegetasi, dan waktu akuisisi citra Landsat, sehingga dihasilkan penurunan nilai R^2 dari tahun 2014 hingga 2024 (Guha & Govil, 2022b).

Pola hubungan negatif antara NDVI dan LST menunjukkan bahwa semakin tingginya tingkat kerapatan vegetasi maka terjadi penurunan suhu permukaan (Wibisono et al., 2023). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Sukristiyanti & Marganingrum (2009) juga mengungkapkan bahwa kerapatan vegetasi berbanding terbalik dengan suhu permukaan. Adanya variasi nilai R^2 dari tahun ke tahun pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa pengaruh vegetasi terhadap suhu permukaan tanah tidak konstan, melainkan dipengaruhi oleh faktor lain seperti perubahan penggunaan lahan, degradasi lahan, serta dampak perubahan iklim yang mungkin terjadi dalam periode tersebut.

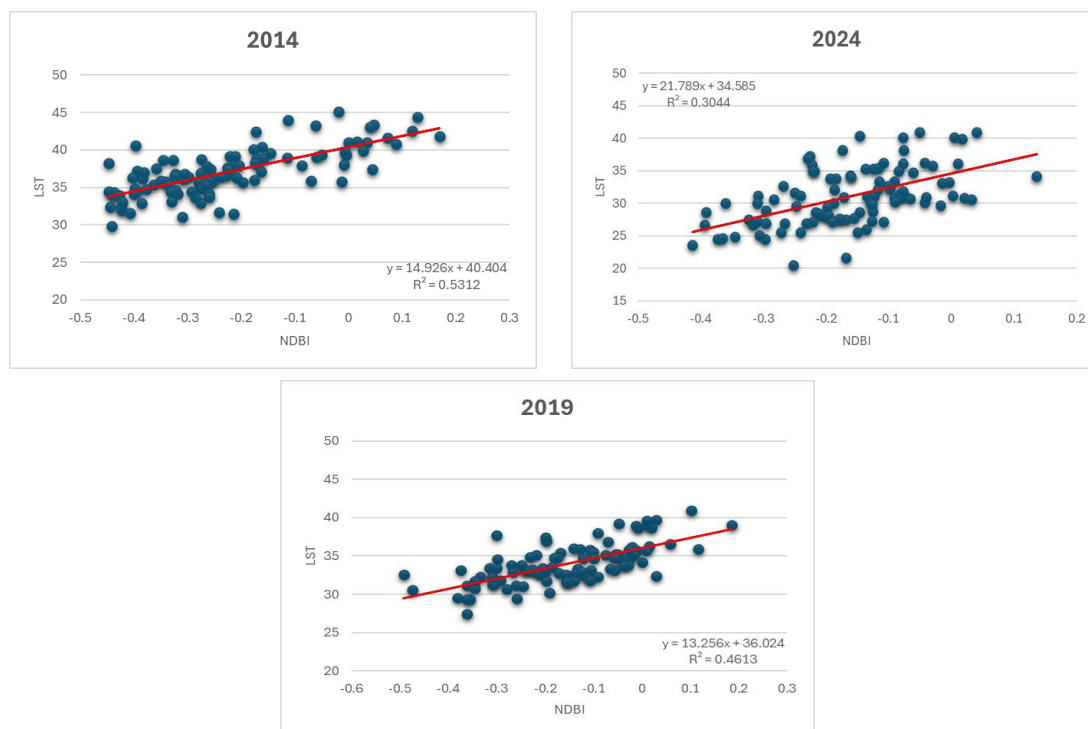


Gambar 7. Hasil Analisis Hubungan NDVI terhadap LST Tahun 2014, 2019, dan 2024

3.3.2. Hubungan NDBI terhadap Suhu Permukaan Tanah (LST)

Pada Gambar 8 menunjukkan hubungan NDBI terhadap Suhu Permukaan Tanah (LST). Persamaan regresi dan nilai R^2 mengindikasikan seberapa kuat hubungan antara kedua variabel tersebut. Pada tahun 2014, hasil analisis menunjukkan bahwa NDBI memiliki pengaruh yang kuat terhadap LST dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,5312, yang mengindikasikan bahwa sekitar 53,12% variasi suhu permukaan tanah dapat dijelaskan oleh perubahan nilai NDBI. Namun, pada tahun 2019 terjadi penurunan kekuatan hubungan tersebut dengan nilai R^2 sebesar 0,4613, yang menunjukkan bahwa pengaruh NDBI terhadap LST masih tergolong kuat tetapi lebih lemah dibandingkan tahun 2014. Selanjutnya, pada tahun 2024 hubungan antara NDBI dan LST kembali mengalami penurunan yang signifikan dengan nilai R^2 sebesar 0,3044, atau sekitar 30,44%, yang menunjukkan hubungan paling lemah selama periode pengamatan.

Penurunan nilai R^2 hubungan NDBI dan LST dari tahun 2014 hingga 2024 menunjukkan bahwa peran area terbangun sebagai pengendali utama suhu permukaan tanah semakin berkurang secara relatif, seiring dengan meningkatnya kompleksitas faktor-faktor lain yang memengaruhi LST. Kondisi ini dapat dipengaruhi oleh meningkatnya heterogenitas tutupan lahan dan keberadaan ruang terbuka hijau di kawasan terbangun yang berperan dalam menurunkan suhu permukaan melalui proses evapotranspirasi (Estoque & Murayama, 2013; Peng et al., 2012), serta variasi material bangunan yang memiliki karakteristik termal berbeda-beda dan pengaruh kondisi meteorologis serta musim yang turut memodulasi dinamika suhu permukaan (Li et al., 2017; Zha et al., 2010).

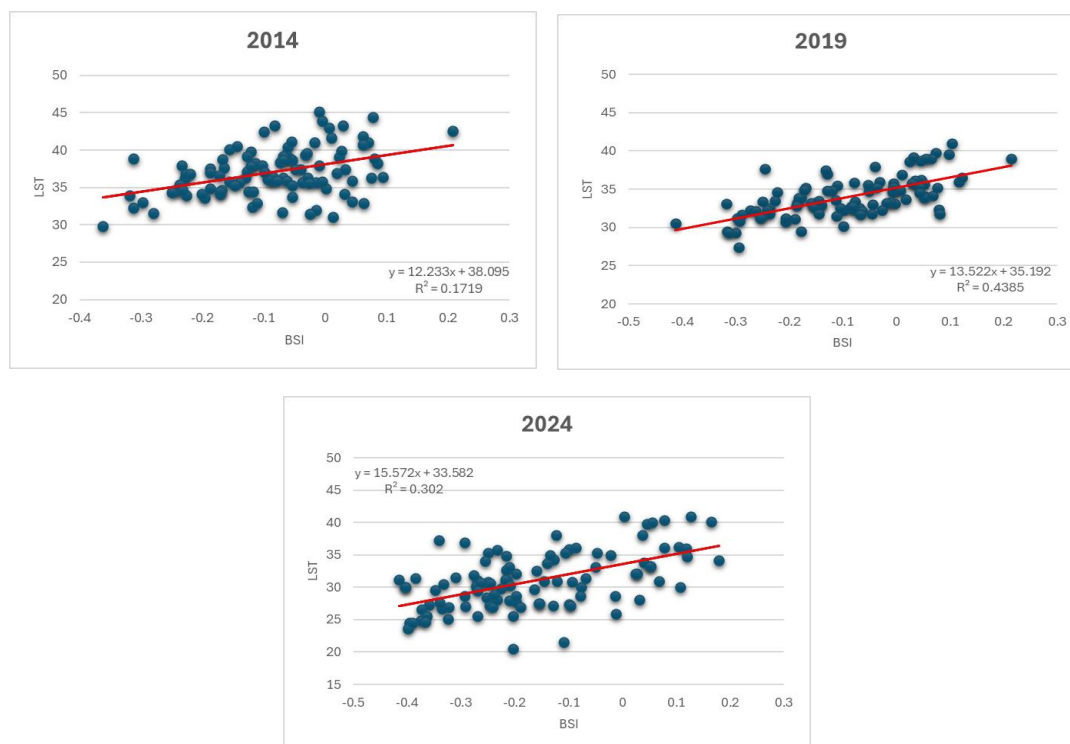


Gambar 8. Hasil Analisis Hubungan NDBI terhadap LST Tahun 2014, 2019, dan 2024

3.3.3. Hubungan BSI terhadap Suhu Permukaan Tanah

Berdasarkan hasil analisis, hubungan antara *Bare Soil Index* (BSI) terhadap Suhu Permukaan Tanah (LST) menunjukkan korelasi positif dalam rentang tahun 2014, 2019, dan 2024 seperti pada Gambar 9. Pada tahun 2014, hubungan antara BSI dan LST memiliki koefisien regresi (R^2) sebesar 0.1719, yang menunjukkan korelasi yang rendah. Namun, pada tahun 2019, koefisien regresi mengalami peningkatan menjadi $R^2=0.4385$ yang menunjukkan hubungan lebih kuat dibandingkan tahun 2014. Kemudian, pada tahun 2024, hubungan ini kembali turun dengan nilai $R^2=0.302$. Nilai R^2 yang rendah pada tahun 2014 mengindikasikan bahwa pada periode tersebut, BSI belum menjadi faktor dominan dalam mengontrol variasi suhu permukaan, kemungkinan karena masih adanya pengaruh signifikan dari vegetasi atau tutupan lahan lain. Peningkatan hubungan pada tahun 2019 menunjukkan bahwa peran tanah terbuka terhadap peningkatan LST menjadi lebih kuat, yang dapat dikaitkan dengan bertambahnya area lahan terbuka atau degradasi vegetasi. Namun, penurunan kembali nilai R^2 pada tahun 2024 mengindikasikan bahwa pengaruh BSI terhadap LST menjadi relatif berkurang, seiring dengan meningkatnya heterogenitas tutupan lahan, perubahan kelembapan tanah, serta pengaruh faktor meteorologis dan musiman yang turut memodulasi suhu permukaan.

Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa hubungan antara indeks tanah terbuka dan LST bersifat dinamis secara temporal, serta sangat dipengaruhi oleh kondisi biofisik dan lingkungan setempat, sehingga tidak selalu menunjukkan pola peningkatan yang konsisten antar tahun pengamatan (Estoque & Murayama, 2013; Zha et al., 2010).



Gambar 9. Hasil Analisis Hubungan BSI terhadap LST Tahun 2014, 2019, dan 2024

Dalam kajian penginderaan jauh, transformasi indeks seperti NDVI, NDBI, dan BSI sering digunakan untuk merepresentasikan karakteristik tutupan lahan yang berpengaruh terhadap variasi LST. Salah satu upaya efektif untuk menurunkan suhu permukaan tanah adalah peningkatan dan perlindungan tutupan vegetasi, seperti ruang terbuka hijau, hutan kota, jalur hijau, dan vegetasi pertanian (Peng et al., 2012). Selain itu, penggunaan material ramah termal, seperti *cool roof*, *cool pavement*, dan material beralbedo tinggi, dapat mengurangi penyerapan panas pada bangunan dan infrastruktur (Li et al., 2017). Pengelolaan lahan terbuka dan pertanian secara berkelanjutan, termasuk penggunaan tanaman penutup tanah, pengelolaan residu tanaman, dan irigasi yang efisien, juga berperan dalam menjaga kelembapan tanah dan menekan peningkatan suhu pada area non-terbangun (Delaney & Tansey, 2025).

4. KESIMPULAN

Konservasi lahan dapat dianalisis dengan menggunakan transformasi indeks, dalam penelitian ini transformasi yang digunakan adalah indeks vegetasi, indeks bangunan dan indeks tanah terbuka. Berdasarkan hasil analisis hubungan NDVI, NDBI, dan BSI, terhadap Suhu Permukaan Tanah (LST) di Kabupaten Bantul dari tahun 2014 hingga 2024 dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor tersebut memiliki pengaruh yang bervariasi terhadap perubahan suhu permukaan tanah seiring dengan waktu. Terdapat hubungan negatif antara NDVI dan LST yang menunjukkan bahwa semakin tinggi kerapatan vegetasi maka suhu permukaan tanah cenderung lebih rendah. Adanya variasi nilai R^2 dari tahun ke tahun pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa pengaruh vegetasi terhadap suhu permukaan tanah tidak konstan. Di sisi lain, NDBI dan LST memiliki hubungan positif terhadap LST. Pada NDBI menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kerapatan bangunan maka suhu permukaan cenderung lebih meningkat. Sedangkan dalam BSI, mengindikasikan bahwa tanah terbuka

tidak hanya dipengaruhi satu faktor tetapi dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti perubahan kelembapan tanah, faktor meteorologis dan musim yang turut memodulasi peningkatan suhu permukaan tanah dalam jangka waktu tertentu. Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa pengaruh suhu permukaan tanah tidak konstan, melainkan dipengaruhi oleh perubahan penggunaan lahan, urbanisasi dan kondisi lingkungan lainnya.

5. REFERENSI

- Arifiana, I. (2018). Perbandingan transformasi citra NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), RVI (Ratio Vegetation Index), dan DVI (Difference Vegetation Index) untuk kerapatan vegetasi Kabupaten Bantul. *Tugas Akhir, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada*.
- Chen, L., Li, M., Huang, F., & Xu, S. (2013). Relationships of LST to NDBI and NDVI in Wuhan City based on Landsat ETM+ image. *6th international congress on image and signal processing (CISP)*, 2, 840-845.
- Danoedoro, P. (2012). *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: Andi.
- Delaney, B., & Tansey, K. (2025). Satellite Remote Sensing Techniques and Limitations for Identifying Bare Soil. *Remote Sensing*, 17, 630.
- 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 (JIHI3S)*, 3(6), 604-625. DOI: <https://doi.org/10.17977/umo63v3i62023p604-625>.
- Estoque, R. C., & Murayama, Y. (2013). Landscape and Urban Planning Landscape pattern and ecosystem service value changes : Implications for environmental sustainability planning for the rapidly urbanizing summer capital of the Philippines. *Landscape and Urban Planning*, 116, 60-72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.04.008>.
- Fauzia, S. (2019). Analisis Urban Heat Island (Pulau Bahang Perkotaan) di Kota Bekasi. *Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta*. E-prints UMS. Retrieve from <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/72040>.
- Feronika, I., Hadibayir, H. Z., & Anna, A. N. (2023). Effect of Urban Sprawl on Temperature Distribution in Semarang. *Proceedings of the International Conference of Geography and Disaster Management (ICGDM 2022)*. DOI: 10.2991/978-2-38476-066-4_17.
- Guha, S., & Govil, H. (2022a). Seasonal impact on the relationship between land surface temperature and normalized difference vegetation index in an urban landscape. *Geocarto International*, 37(8), 2252-2272. DOI: <https://doi.org/10.1080/10106049.2020.1815867>.
- Guha, S., & Govil, H. (2022b). Seasonal variability of LST-NDVI correlation on different land use/land cover using Landsat satellite sensor: a case study. *Environment, Development and Sustainability*, 24(6), 8823-8839. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01811-4>.
- Guntara, I., Jatmiko, R. H., & Nurjani, E. (2015). Pemanfaatan citra Landsat 8 untuk mengestimasi suhu permukaan lahan (Land Surface Temperature) di Kabupaten Bantul menggunakan Split Window Algorithm. *Skripsi, Universitas Gadjah Mada*. UGM Repository. Retrieve from <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/82876>.
- Handayani, M. N., Sasmito, B., & Wijaya, A. P. (2017). Analisis hubungan antara perubahan suhu dengan indeks kawasan terbangun menggunakan citra Landsat (studi kasus: Kota Surakarta). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4), 208-2018.
- Jensen, J. R. (2009). *Remote sensing of the environment: An earth resource perspective* (2nd ed.). Pearson Education.
- Kalma, J. D., McVicar, T. R., & McCabe, M. F. (2008). Estimating Land Surface Evaporation : A Review of Methods Using Remotely Sensed Surface Temperature Data. *Surveys in Geophysics*, 421-469. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10712-008-9037-z>.
- Kementerian Dalam Negeri Republik Indonesia. (2022). *Data batas administrasi wilayah Indonesia*. Direktorat Jenderal Bina Administrasi Kewilayahan.
- Li, X., Zhou, Y., Asrar, G. R., Imhoff, M., & Li, X. (2017). Science of the Total Environment The surface urban heat island response to urban expansion : A panel analysis for the conterminous United

- States. *Science of the Total Environment*, 605–606, 426–435. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.229>.
- Lina, T. N., & Rumetna, M. S. (2018). Analysis of Land Use Change in Bantul Regency Using Geoprocessing Technique. *International Conference of Computer Science and Engineering Technology (ICCSET)*, 506-512.
- Muhammad, M., & Sigit, A. A. (2024). Analisis pengaruh perubahan penutup lahan terhadap distribusi suhu permukaan lahan di sebagian wilayah Kabupaten Bantul tahun 2013 dan 2023. *Disertasi*, Fakultas Geografi. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Peng, S., Piao, S., Ciais, P., Friedlingstein, P., Ottle, C., Bréon, F. M., ... & Myneni, R. B. (2012). Surface urban heat island across 419 global big cities. *Environmental science & technology*, 46(2), 696-703.
- Pinto, Z. (2015). Kajian Perilaku Masyarakat Pesisir yang Mengakibatkan Kerusakan Lingkungan (Studi Kasus di Pantai Kuwaru, Desa Poncosari, Kecamatan Srandakan, Kabupaten Bantul, Provinsi DIY). *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 3(3), 163–174. DOI: <https://doi.org/10.14710/jwl.3.3.163-174>.
- Rahmanto, I. D. (2022). Prediksi spasial perkembangan lahan terbangun di kawasan perkotaan Kabupaten Bantul tahun 2030 menggunakan MOLUSCE. *Skripsi*, Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Riyadi, F., & Rahayu, S. (2019). Hubungan Kerapatan Vegetasi dan Bangunan terhadap UHI (Urban Heat Island) di Kota Magelang. *Jurnal Ruang*, 5(2), 83–93.
- Sukmawati, A. M., & Utomo, P. (2020). Dinamika spasial perkembangan kawasan perkotaan di Kabupaten Bantul, Provinsi D. I. Yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional Kahuripan (SNapan)*, 202.
- Sukristiyanti, & Marganingrum, D. (2009). Pendeteksian Kerapatan Vegetasi dan Suhu Permukaan Menggunakan Citra Landsat Studi Kasus: Jawa Barat Bagian Selatan dan Sekitarnya Pendahuluan Daerah Penelitian. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 1(1), 15–24.
- Utomo, P. B., & Rokhmana, C. A. (2023). Analisis hubungan perubahan tutupan lahan terhadap suhu permukaan lahan menggunakan citra Landsat 8 saluran OLI dan TIRS Kabupaten Bantul. *Skripsi*, Universitas Gadjah Mada.
- U.S. Geological Survey. (n.d.). *EarthExplorer*. Retrieve 14 Desember 2025, from <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
- Wachid, N., & Tyas, W. P. (2022). Analisis Transformasi NDVI dan kaitannya dengan LST Menggunakan Platform Berbasis Cloud : Google Earth Engine. *Jurnal Planologi*, 19(1), 60–74.
- Wibisono, P., Miladan, N., & Utomo, R. P. (2023). Hubungan Perubahan Kerapatan Vegetasi dan Bangunan terhadap Suhu Permukaan Lahan: Studi Kasus di Aglomerasi Perkotaan Surakarta. *Desa-Kota: Jurnal Perencanaan Wilayah, Kota, dan Permukiman*, 5(1), 148-162.
- Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2010). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 1161. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160304987>.
- Zulkarnain, R. C. (2016). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Perubahan Suhu Permukaan di Kota Surabaya. *Tugas Akhir*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.