

Jurnal Arsitektur Lansekap

Beranda: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/lanskap>

eISSN: 2442-5508

Artikel riset

Pemantauan intensitas lahan terbangun dan dampaknya terhadap albedo dan suhu permukaan lahan di Jakarta

Dibyanti Danniswari^{1*}, Rian Adetiya Pratiwi^{2,3}, Olivia Seanders¹

- 1. Program Studi Arsitektur Lanskap, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia
- 2. Program Studi Arsitektur Lanskap, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia
- 3. Program Doktor Arsitektur, Departemen Arsitektur dan Perencanaan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

*E-mail: dibyanti@trisakti.ac.id

Info artikel:	Abstract
Diajukan: 27-08-2025 Diterima: 20-10-2025	<i>Urban expansion significantly alters surface characteristics, leading to changes in albedo and land surface temperature (LST) that contribute to the urban heat island phenomenon. This study aims to monitor the intensity of built-up land in Jakarta using the Modified Built-up Index (MBUI) and to analyze its relationship with surface albedo and LST over a ten-year period (2014–2024). Landsat-8 data were processed in Google Earth Engine to retrieve MBUI, albedo, and LST. The results reveal that MBUI and LST are positively correlated, as expected, while MBUI–albedo and LST–albedo exhibit positive correlations, which contradict many previous studies. These findings suggest that built-up materials in Jakarta generally have higher albedo compared to vegetation and water bodies, a condition that may differ from other urban contexts. This highlights the unique role of material composition and urban morphology in shaping the city’s thermal environment.</i>
Keywords: albedo, land surface temperature, modified built-up index, remote sensing, urban climate	Intisari Ekspansi perkotaan secara signifikan mengubah karakteristik permukaan sehingga menyebabkan terjadinya perubahan albedo dan suhu permukaan lahan (land surface temperature, LST) yang berkontribusi pada meningkatnya fenomena Urban Heat Island (UHI). Penelitian ini bertujuan untuk memantau intensitas lahan terbangun di Jakarta menggunakan Modified Built-up Index (MBUI) serta menganalisis hubungannya dengan albedo permukaan dan LST selama periode sepuluh tahun (2014–2024). Data Landsat-8 diolah menggunakan Google Earth Engine untuk memperoleh MBUI, albedo, dan LST. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MBUI dan LST berkorelasi positif, sesuai dengan studi lainnya, sedangkan korelasi MBUI–albedo dan LST–albedo bersifat positif, bertentangan dengan banyak studi sebelumnya. Temuan ini mengindikasikan bahwa material terbangun di Jakarta umumnya memiliki albedo lebih tinggi dibandingkan vegetasi dan badan air, suatu kondisi yang mungkin berbeda dengan kondisi perkotaan lain. Hal ini menekankan peran komposisi material dan morfologi perkotaan dalam membentuk kondisi termal kota.
Kata kunci: albedo, iklim perkotaan, Modified Built-Up Index, penginderaan jauh, suhu permukaan lahan	

1. Pendahuluan

Perubahan tutupan lahan dari vegetasi dan badan air menjadi lahan terbangun mengganggu keseimbangan energi permukaan karena hilangnya fungsi vegetasi yang sebelumnya berperan dalam proses evapotranspirasi serta kemampuan air dalam menstabilkan suhu (Chen *et al.*, 2022). Selain itu, konversi

menjadi lahan terbangun juga mendorong terjadinya penurunan nilai albedo, yaitu kemampuan permukaan untuk memantulkan radiasi matahari (Xu *et al.*, 2019). Permukaan dengan albedo rendah, seperti aspal, menyerap panas lebih besar dibandingkan permukaan dengan albedo tinggi yang berwarna terang. Akumulasi panas dari permukaan dengan albedo rendah dapat memperparah fenomena Urban Heat Island (UHI), yaitu kondisi ketika suhu di kawasan kota lebih tinggi daripada di daerah sekitarnya (Saher *et al.*, 2021).

Penelitian mengenai UHI biasanya menggunakan peta tutupan lahan untuk menganalisis hubungan antara jenis tutupan/tata guna lahan dengan distribusi suhu. Namun, pendekatan tersebut punya beberapa kendala, yaitu terbatasnya ketersediaan data resmi up-to-date yang mudah diakses, serta proses klasifikasi dan validasi akurasi yang butuh waktu panjang. Mengingat hal tersebut, pemanfaatan indeks spektral penginderaan jauh dapat menjadi alternatif yang lebih praktis. Penggunaan indeks spektral umum dilakukan untuk memantau perubahan tutupan lahan (Ramadhan *et al.*, 2021). Keuntungan menggunakan indeks dibandingkan peta klasifikasi tutupan lahan antara lain adalah akurasi tinggi (Prasomsup *et al.*, 2020), efisiensi dan kecepatan ekstraksi tinggi (Krishnaveni & Anilkumar, 2021), serta adaptabilitas tinggi di tempat dengan tutupan lahan campuran (Shaikh *et al.*, 2023).

Modified Built-Up Index (MBUI) adalah sebuah indeks yang dikembangkan untuk meningkatkan akurasi dalam identifikasi area terbangun di lingkungan perkotaan (Prasomsup *et al.*, 2020). MBUI merupakan modifikasi dari indeks lahan terbangun yang paling banyak digunakan, yaitu NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*), dengan mengintegrasikan indeks vegetasi dan badan air. Penelitian ini menggunakan pendekatan MBUI untuk mengukur intensitas lahan terbangun karena akurasi dan performanya teruji baik di kota besar tropis seperti Bangkok (Prasomsup *et al.*, 2020) dan Surabaya (Ramadhan *et al.*, 2021). MBUI dianggap paling mendekati kondisi aktual dibandingkan indeks lahan terbangun lainnya karena dapat membedakan lahan terbangun dan tanah terbuka lebih akurat (Glogowska, 2025).

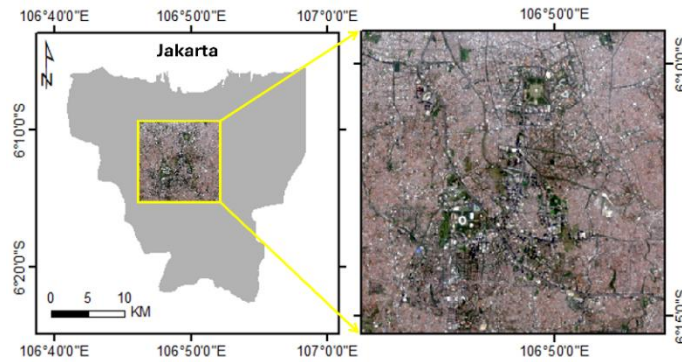
Jakarta adalah pusat bisnis Indonesia yang mengalami urbanisasi pesat sejak beberapa dekade lalu dan bahkan mendorong terjadinya urbanisasi di kota-kota sekitarnya (Fauzi *et al.*, 2025). Lebih dari 80% area kota Jakarta merupakan lahan terbangun di tahun 2015 (Danniswari *et al.*, 2020), sehingga saat ini ekspansi lahan terbangun di Jakarta sudah melambat. Meski demikian, konversi tutupan lahan yang sudah terjadi berpengaruh pada albedo dan suhu permukaan lahan. Namun, penelitian yang mengkaji secara simultan terkait intensitas lahan terbangun, albedo, dan suhu permukaan di Jakarta masih sangat terbatas. Terdapat penelitian yang mengkaji kaitan tutupan lahan dengan albedo dan suhu permukaan di Jakarta dan sekitarnya (Fauzi *et al.*, 2025), tetapi belum ada penelitian yang mengkaji hubungan antara albedo dan suhu permukaan dengan intensitas lahan terbangun.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memantau intensitas lahan terbangun di Jakarta dengan menggunakan Modified Built-Up Index (MBUI) serta menganalisis dampaknya terhadap albedo dan suhu permukaan pada periode 2014 hingga 2024. Penelitian ini diharapkan dapat memperdalam pemahaman mengenai dinamika lahan terbangun dan kaitannya dengan albedo dan suhu permukaan. Hasil penelitian dapat menjadi dasar dalam upaya mitigasi panas perkotaan melalui pengelolaan albedo, pemilihan material, serta penataan elemen perkotaan.

2. Metode

2.1 Lokasi, Waktu dan Data Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada kawasan pusat Kota Jakarta yang mencakup pusat kegiatan bisnis dan komersial (Gambar 1). Kawasan ini dijadikan fokus utama karena memiliki kepadatan bangunan tinggi dengan karakteristik morfologi yang bervariasi, mulai dari permukiman padat bertingkat rendah, bangunan rendah disertai vegetasi, hingga kluster bangunan tinggi. Secara koordinat, lokasi penelitian berpusat pada titik 106,819°BT, -6,205°LS dan mencakup luasan sebesar 0,1 × 0,1 derajat atau sebesar 125,21 km².



Gambar 1. Lokasi penelitian

Rentang waktu yang teliti adalah 10 tahun, yaitu dari tahun 2014 hingga 2024. Dalam rentang waktu tersebut, dipilih data satelit Landsat-8 dengan resolusi spasial 30×30 m yang bebas dari tutupan awan sehingga dapat digunakan sebagai data penelitian. Pada daerah tropis, awan sering kali menjadi hambatan dalam memperoleh data penginderaan jauh (*remote sensing*) yang jelas. Memilih citra satelit yang bebas dari tutupan awan merupakan hal krusial dalam penelitian berbasis penginderaan jauh karena awan dapat menyebabkan terbentuknya bias pada data yang diperoleh (Gawlikowski *et al.*, 2022).

Dalam penelitian ini, penggunaan citra bebas awan dinilai lebih andal dibandingkan dengan citra dengan awan yang telah di-masking karena proses masking tidak hanya menghilangkan data tutupan awan, tetapi juga cenderung menghilangkan tutupan lahan dengan albedo tinggi, seperti atap berwarna cerah. Berdasarkan filter citra bebas awan, diperoleh lima citra dari 2014 hingga 2024 yang dapat digunakan dalam penelitian ini, yaitu 13 September 2014, 6 Juli 2018, 25 Juli 2019, 20 Juli 2023, dan 22 Juli 2024. Semua tanggal citra yang digunakan termasuk ke dalam musim kering. Proses pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan *Google Earth Engine*, sebuah platform berbasis cloud untuk analisis geospasial (Gorelick *et al.*, 2017). Proses analisis data dilakukan menggunakan R, yaitu lingkungan perangkat lunak bebas (*free software environment*) untuk komputasi statistika dan grafik (R Core Team, 2020), dan ArcGIS.

2.2 Pengumpulan Data

2.2.1 Indeks Lahan Terbangun (*Modified Built-Up Index, MBUI*)

Intensitas lahan terbangun dalam penelitian ini dihitung melalui pendekatan indeks lahan terbangun *Modified Built-Up Index (MBUI)* (Prasomsup *et al.*, 2020). Indeks ini melibatkan tiga indeks spektral, yaitu *Normalized Difference Built-up Index (NDBI)* sebagai indeks tutupan lahan terbangun, *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* sebagai indeks tutupan vegetasi, dan *Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI)* sebagai indeks tutupan air. Indeks spektral dihitung menggunakan produk Landsat-8 Level 2. Perhitungan indeks spektral (NDBI, NDVI, MNDWI) dan MBUI dalam penelitian ini mengacu pada penelitian terdahulu (Ramadhan *et al.*, 2021), dengan modifikasi pada perhitungan MBUI, yaitu mengikuti formula berikut.

$$\text{NDBI} = (\text{SWIR} - \text{NIR}) / (\text{SWIR} + \text{NIR}) \quad (1)$$

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}) \quad (2)$$

$$\text{MNDWI} = (\text{GREEN} - \text{SWIR}) / (\text{GREEN} + \text{SWIR}) \quad (3)$$

$$\text{MBUI} = \text{NDBI} - \text{NDVI} - \text{MNDWI} \quad (4)$$

di mana SWIR : Shortwave Infrared (Band 6)

NIR : Near Infrared (Band 5)

RED : Merah (Band 4)

GREEN : Hijau (Band 3)

Pada penelitian terdahulu, ketiga indeks spektral NDBI, NDVI, dan MNDWI dikonversi di awal menjadi biner dengan nilai 1 dan 0 kemudian dilakukan perhitungan MBUI. Konversi biner dilakukan dengan menggunakan Otsu threshold yang tersedia pada binary thresholding function dalam ArcGIS (Otsu, 1979). Pada penelitian ini, MBUI dihitung mengikuti Persamaan 4, kemudian dikonversi menjadi biner di akhir sehingga dihasilkan informasi lahan terbangun (1) dan non lahan terbangun (0). Modifikasi ini dilakukan

karena pada kasus lokasi penelitian ini, metode konversi biner di awal cenderung menghasilkan estimasi tutupan lahan terbangun yang lebih rendah (*underestimation*).

2.2.2 Albedo Permukaan

Nilai albedo (α) diestimasi dari reflektansi *Top-of-Atmosphere* (TOA) Landsat-8 menggunakan formulasi *narrow-to-broadband* (da Silva *et al.*, 2016). Metode tersebut dinilai sesuai untuk penelitian ini karena dikembangkan untuk estimasi albedo dengan Landsat-8 dan algoritmanya dapat diimplementasikan pada *Google Earth Engine* menggunakan nilai pada metadata citra satelit (Barletta *et al.*, 2023). Formula albedo permukaan mengikuti Persamaan 5 dan transmisi atmosfer mengikuti Persamaan 6.

$$\alpha = (\alpha_{\text{TOA}} - \alpha_{\text{ATM}}) / \tau^2 \quad (5)$$

di mana α : Albedo permukaan α_{ATM} : Reflektansi atmosfer $\approx 0,03$
 α_{TOA} : Albedo TOA τ : Transmisi atmosferis

$$\tau = 0.35 + 0.627 \exp \left[\frac{-(0.00146 P_0)}{(K_t \cos Z) - 0.075 (W / \cos Z)^{0.4}} \right] \quad (6)$$

di mana P_0 : Tekanan permukaan Z : Sudut zenit matahari
 W : Kandungan uap air presipitabel K_t : Koefisien kekeruhan atmosfer $\approx 1,0$

2.2.3 Suhu Permukaan Lahan (Land Surface Temperature, LST)

LST diperoleh dari citra Landsat-8 Level 2 Band 10. Produk Level 2 Landsat-8 sudah menyediakan band suhu permukaan ST_B10 yang telah melalui koreksi atmosfer dan koreksi emisivitas berdasarkan algoritma resmi yang dikembangkan oleh U.S. Geological Survey (Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, 2020). Menurut dokumen teknis Landsat-8 Level 2, konversi menuju suhu permukaan dalam Kelvin dilakukan dengan mengalikan scaling factor, kemudian dikonversi ke Celcius.

$$LST = \left[\left(\frac{DN_{\text{ST_B10}}}{255} \right) \times 0,00341802 + 149,0 \right] - 273,15 \quad (7)$$

di mana: LST : Suhu permukaan (oC)
 $DN_{\text{ST_B10}}$: nilai digital pada band ST_B10

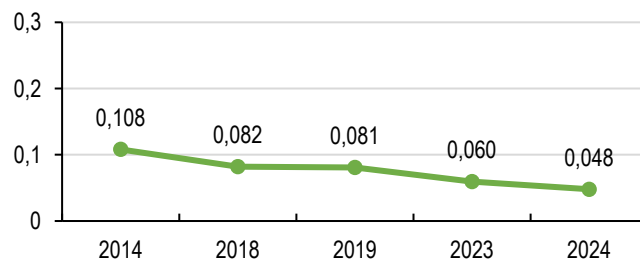
2.3 Analisis Data

Setelah diperoleh nilai MBUI, albedo, dan LST dari hasil pengolahan citra, dilakukan analisis hubungan antar variabel menggunakan korelasi Pearson. Analisis korelasi dilakukan untuk tiga pasangan variabel, yaitu (1) albedo dengan MBUI, (2) LST dengan MBUI, dan (3) LST dengan albedo.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Variasi MBUI dan Luas Lahan Terbangun

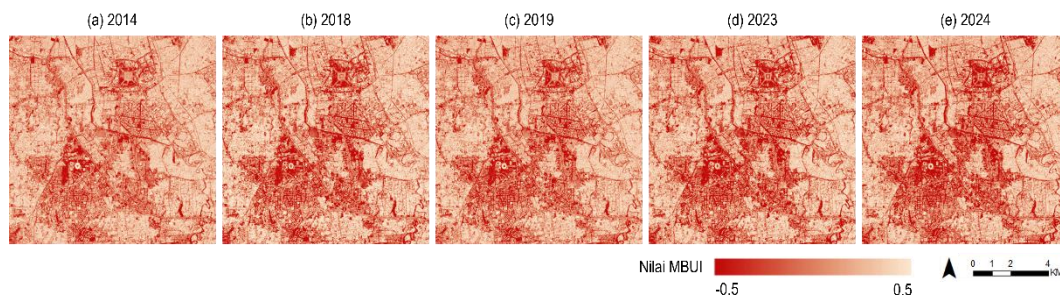
Indeks MBUI merupakan indikator keberadaan lahan terbangun di lokasi penelitian. Secara praktis, nilai indeks MBUI berkisar dari -2 sampai 1. Semakin tinggi nilai artinya intensitas lahan terbangun semakin kuat. Nilai MBUI yang mendekati 0, baik positif maupun negatif, cenderung menggambarkan tutupan lahan campuran seperti lahan terbangun dengan vegetasi, lahan terbangun dengan tanah terbuka, atau tanah terbuka dengan vegetasi. Hasil nilai rata-rata MBUI pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik rata-rata nilai MBUI

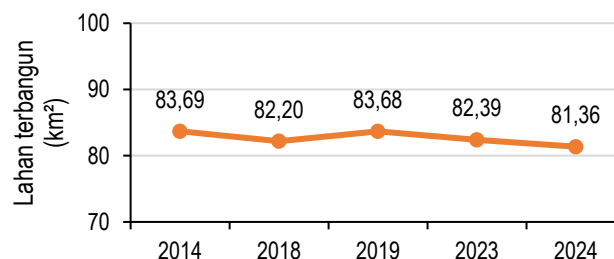
Selama periode yang diamati, rata-rata MBUI memperlihatkan adanya penurunan, meskipun tidak signifikan. Penurunan rata-rata nilai MBUI tidak selalu menunjukkan berkurangnya luas lahan terbangun secara aktual. Penurunan nilai indeks lahan terbangun juga terjadi pada studi-studi terdahulu di Sleman, Yogyakarta (Arif & Toersilawati, 2024), Malang, Jawa Timur (Puspita *et al.*, 2024), dan Sukabumi, Jawa Barat (Deffry & Mataburu, 2024), meskipun tidak terdeteksi adanya konversi dari lahan terbangun menjadi non terbangun. Hal ini dapat disebabkan oleh keterbatasan indeks yang digunakan dalam mendeteksi lahan terbangun, terutama di wilayah perkotaan yang telah mendekati tingkat kejenuhan pembangunan (Wang *et al.*, 2024), seperti Jakarta. Pembangunan di pusat Kota Jakarta sudah hampir jenuh bahkan sejak sebelum tahun 1990 (Danniswari *et al.*, 2020). Pada kondisi tersebut, tutupan vegetasi dan lahan terbangun di tengah area perkotaan cenderung stabil. Penggunaan indeks lain atau data tambahan, seperti Band TIR (As-syakur *et al.*, 2012), perlu dipertimbangkan pada penelitian berikutnya agar dapat memberikan informasi yang lebih representatif mengenai karakteristik lahan terbangun dalam area perkotaan.

Peta variasi MBUI pada lokasi penelitian dari tahun 2014 hingga 2024 dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan hasil penelitian, nilai MBUI rendah ditemukan pada lokasi badan air dan vegetasi. Nilai MBUI pada badan air lebih rendah dibandingkan pada vegetasi. Sedangkan nilai MBUI yang tinggi ditemukan pada bangunan luas dengan atap berwarna cenderung gelap.



Gambar 3. Peta indeks lahan terbangun (MBUI)

Untuk mengidentifikasi luas lahan terbangun di lokasi penelitian, metode Otsu *threshold* diaplikasikan pada peta indeks MBUI (Gambar 4). Luas lahan terbangun relatif stabil pada rentang 81,36 – 83,69 km² dari tahun 2014 hingga 2023. Fluktuasi ini merupakan fenomena serupa dengan fluktuasi pada nilai MBUI. Secara keseluruhan, hasil menunjukkan bahwa luas lahan terbangun di area penelitian tidak mengalami perubahan signifikan dari tahun 2014 hingga 2024. Ada beberapa kemungkinan yang dapat menjelaskan variasi luasan lahan terbangun ini, yaitu area penelitian sudah padat sejak lama (sebelum periode pengamatan) sehingga perubahan luas relatif kecil, adanya fluktuasi kondisi atmosfer pada citra satelit. Kondisi atmosfer senantiasa berubah sepanjang waktu, pengamatan pada satu tanggal mungkin tidak cukup untuk mewakili data satu tahun meskipun data yang digunakan sudah dikoreksi atmosferik secara resmi oleh USGS.

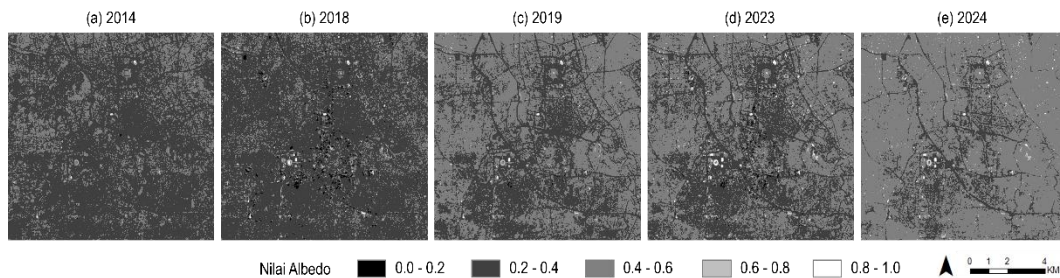


Gambar 4. Grafik luas lahan terbangun berdasarkan MBUI biner dengan metode Otsu *Threshold*

3.2 Variasi albedo permukaan

Peta variasi albedo permukaan lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 5. Nilai albedo terendah berada pada area bayangan gedung Menara Imperium, Setiabudi. Jika diperiksa pada data tahun-tahun lainnya, kelas albedo terendah (<0,2) cenderung terdeteksi pada area bayangan gedung-gedung tinggi. Hal ini sejalan dengan temuan pada studi sebelumnya yang menyatakan bahwa area yang terkena bayangan

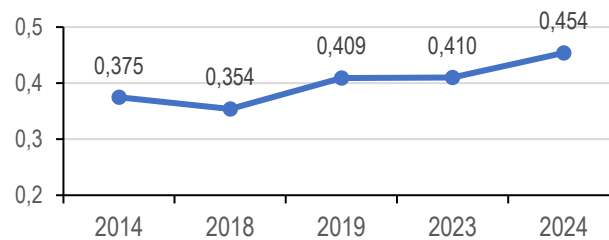
memiliki albedo yang sangat rendah (Wu *et al.*, 2022). Area bayangan gedung-gedung tinggi menghasilkan nilai albedo yang rendah bukan karena material permukaan yang gelap, tetapi karena keterbatasan radiasi matahari yang dipantulkan kembali ke sensor satelit.



Gambar 5. Peta albedo permukaan

Sementara itu, nilai tertinggi albedo terekam pada bangunan dengan atap cerah. Atap dengan lapisan reflektif akan memiliki albedo tinggi dan dapat mengurangi konsumsi energi untuk kebutuhan pendinginan pada gedung (Baniassadi *et al.*, 2018). Bangunan dengan atap terang atau reflektif konsisten menunjukkan nilai albedo tinggi sehingga terlihat kontras pada peta. Atap reflektif ini juga cenderung memiliki nilai LST rendah sehingga dapat dijadikan strategi untuk mitigasi UHI (Andrés-Anaya *et al.*, 2021).

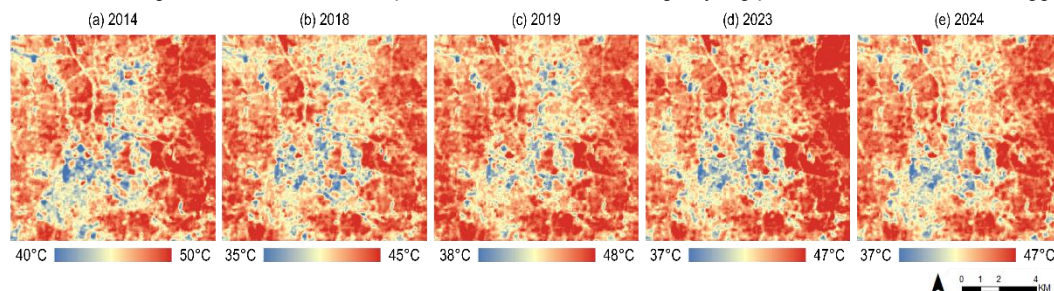
Gambar 6 menunjukkan variasi rata-rata albedo permukaan di pusat Kota Jakarta pada periode 2014–2024. Tren albedo dalam periode pengamatan menunjukkan fluktuasi ringan. Perbedaan rata-rata tiap tahun mungkin terjadi karena adanya perubahan material permukaan, variasi tutupan non bangunan seperti jalan, vegetasi, dan tanah terbuka, serta pengaruh kondisi atmosfer yang menentukan kualitas citra satelit.



Gambar 6. Grafik rata-rata albedo permukaan

3.3 Variasi suhu permukaan (LST)

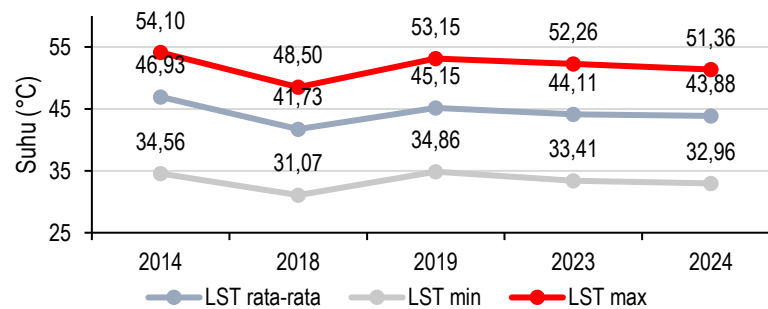
Rentang nilai LST pada tahun yang diamati cukup bervariasi (Gambar 7). Jika visualisasi LST dibandingkan dengan citra *true color* dari lokasi penelitian pada Gambar 1, terlihat bahwa area dengan LST tinggi cenderung berada pada kawasan permukiman padat, sedangkan LST rendah cenderung berada pada kawasan bervegetasi. Hal ini sesuai ekspektasi bahwa lahan terbangun yang padat akan memiliki LST tinggi.



Gambar 7. Peta suhu permukaan lahan (LST)

Kawasan permukiman yang bervegetasi seperti di Kebayoran Baru memiliki LST yang lebih rendah. LST rendah juga terdeteksi pada kawasan yang terdiri atas kluster bangunan tinggi yang berada di SCBD. Kluster bangunan tinggi dapat memiliki suhu rendah karena bayangan gedung, penyimpanan panas rendah, dan aliran angin di *urban canyon* (Danniswari *et al.*, 2021; Zheng *et al.*, 2019). Gambar 8 menunjukkan variasi

LST di lokasi penelitian. Secara umum, pola menunjukkan adanya fluktuasi antar tahun yang diamati. Fluktuasi nilai LST memiliki pola serupa dengan fluktuasi MBUI, tetapi agak berbeda dengan pola fluktuasi albedo.



Gambar 8. Grafik rata-rata, nilai terendah (min), dan nilai tertinggi (max) suhu permukaan lahan (LST)

3.4 Hubungan antara MBUI, albedo, dan LST di seluruh area penelitian

Nilai korelasi Pearson antara MBUI, albedo, dan LST di seluruh area penelitian dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa albedo dan MBUI memiliki korelasi positif sedang. Kemudian, LST dan MBUI menunjukkan adanya korelasi yang relatif lebih kuat dibandingkan dengan variabel lainnya, sedangkan LST dan albedo menunjukkan korelasi yang lebih lemah.

Tabel 1. Korelasi (r) antara MBUI, albedo, dan LST di seluruh area penelitian

Tahun	MBUI–Albedo	MBUI–LST	LST–Albedo
2014	0.585	0.654	0.311
2018	0.485	0.600	0.256
2019	0.581	0.627	0.319
2023	0.514	0.631	0.315
2024	0.570	0.676	0.355

Hasil analisis korelasi dari ketiga variabel yang diujikan bernilai positif. Korelasi paling tinggi terlihat pada pasangan MBUI–LST yang konsisten memiliki nilai $>0,600$. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas lahan terbangun memiliki pengaruh yang kuat terhadap peningkatan suhu permukaan lahan. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menjelaskan bahwa peningkatan tutupan lahan terbangun atau perkerasan merupakan faktor utama terjadinya peningkatan suhu (Nurwanda & Honjo, 2018). Selain itu, nilai MBUI yang rendah cenderung menandakan bahwa area tersebut bukan lahan terbangun dan merupakan vegetasi atau air sehingga memiliki LST yang rendah pula jika dibandingkan dengan lahan terbangun (M. Imran *et al.*, 2021).

Pada hubungan antara MBUI dan albedo, korelasi positif sedang menunjukkan bahwa peningkatan intensitas lahan terbangun berkaitan dengan peningkatan albedo. Temuan ini menambah bahan diskusi ke literatur yang ada karena terdapat kontradiksi mengenai hasil penelitian terkait hubungan indeks lahan terbangun dan albedo. Urbanisasi atau peningkatan lahan terbangun biasanya cenderung menurunkan albedo permukaan karena adanya pergantian material permukaan dari lanskap alami menjadi material perkerasan seperti beton dan aspal (Xu *et al.*, 2019). Korelasi negatif juga ditemukan oleh penelitian lain yang dilakukan di Boston (Trlica *et al.*, 2017) dan di Beijing (Liu & Wang, 2007). Namun, penelitian lain di Jabodetabek menunjukkan hal serupa dengan yang ditemukan oleh penelitian ini, yaitu lahan terbangun cenderung memiliki albedo yang lebih tinggi daripada vegetasi dan badan air (Fauzi *et al.*, 2025). Hal ini mungkin berkaitan dengan morfologi perkotaan di lokasi penelitian yang berbeda. Material lahan terbangun di Boston dan Beijing mungkin memiliki albedo lebih rendah dibandingkan dengan material lahan terbangun di Jakarta. Perlu kajian lebih lanjut terkait material bangunan dan morfologi perkotaan di Jakarta dan dibandingkan dengan kota lainnya.

Hubungan paling lemah terlihat antara LST dan albedo. Nilai positif menunjukkan adanya kecenderungan bahwa albedo tinggi akan memiliki LST yang tinggi pula. Hasil ini menunjukkan kontradiksi dengan kebanyakan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa albedo dan LST memiliki hubungan

terbalik (Andrés-Anaya *et al.*, 2021). Tetapi, melihat dari hubungan antara MBUI dan albedo di lokasi penelitian yang menggambarkan bahwa lahan terbangun cenderung memiliki albedo tinggi, hubungan positif LST dan albedo menjadi sesuai ekspektasi karena artinya lahan terbangun memiliki LST yang tinggi. Nilai korelasinya yang relatif lemah menunjukkan bahwa albedo hanya salah satu dari banyak faktor lain yang dapat memengaruhi LST, seperti vegetasi dan morfologi perkotaan (Yin *et al.*, 2022).

3.5 Albedo, material permukaan, dan implikasinya terhadap suhu perkotaan

Berdasarkan hasil penelitian, terlihat adanya temuan yang kontradiktif dengan studi-studi lainnya, yaitu korelasi positif antara MBUI dan albedo dan korelasi positif antara LST dan albedo. Hal ini diduga terjadi karena profil albedo Kota Jakarta yang berbeda dengan studi terdahulu (Liu & Wang, 2007; Trlica *et al.*, 2017). Kondisi khas di kawasan permukiman Jakarta adalah dominasi penggunaan genteng berwarna oranye kemerahan. Warna ini, meskipun tampak tidak terlalu terang secara visual, memiliki sifat reflektif yang relatif lebih tinggi dibandingkan material atap modern berwarna abu-abu atau hitam. Genteng tanah liat yang dibakar (*clay tile*) seperti di Jakarta memiliki albedo yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan material atap lain yang berwarna lebih gelap, misalnya sirap aspal (*asphalt shingles*), atap beton, atap bitumen, dan atap hitam (Sharma *et al.*, 2024; Wolfe & Goossen, 2015). Dengan demikian, permukiman yang banyak menggunakan genteng oranye berkontribusi pada nilai albedo permukaan yang relatif lebih tinggi dibandingkan kawasan dengan dominasi atap logam gelap dan aspal.

Selain atap permukiman yang berwarna cukup terang, bangunan lainnya di lokasi penelitian juga diduga menggunakan material dengan reflektansi tinggi, seperti beton terang, atap logam berwarna terang, serta kaca pada gedung bertingkat. Selain warna dan komposisi material, faktor lain seperti tekstur dan tingkat abrasi permukaan atap juga dapat memengaruhi albedo permukaan (Sharma *et al.*, 2024). Oleh karena itu, tingginya MBUI justru dapat meningkatkan albedo pada konteks perkotaan tertentu.

Area bayangan gedung-gedung tinggi di lokasi penelitian memiliki albedo paling rendah, bahkan lebih rendah dibandingkan albedo badan air. Ketiga jenis tutupan lahan ini cenderung memiliki albedo lebih rendah daripada albedo lahan terbangun di lokasi penelitian. Ketiga jenis tutupan tersebut juga memiliki suhu permukaan (LST) lebih rendah daripada lahan terbangun di lokasi penelitian. Variasi hubungan intensitas lahan terbangun, albedo, dan suhu permukaan menunjukkan bahwa analisis albedo tidak dapat dipisahkan dari konteks material, vegetasi, dan morfologi kota secara keseluruhan.

Sebagai upaya menghadapi efek pemanasan di perkotaan, penggunaan material atap dengan albedo tinggi dapat memberikan kontribusi positif (Baniassadi *et al.*, 2018), tetapi dampaknya akan lebih optimal bila dikombinasikan dengan penataan ruang hijau (Widyanti *et al.*, 2025) dan penataan morfologi perkotaan (Huang & Wang, 2019). Pengintegrasian aspek karakteristik material, tutupan vegetasi, dan morfologi perkotaan harus dijadikan pertimbangan dalam merumuskan strategi mitigasi UHI yang efektif di Jakarta maupun kota-kota lain dengan kondisi serupa.

4. Simpulan

Penelitian ini memantau variasi intensitas lahan terbangun di pusat Kota Jakarta dari tahun 2014 hingga 2024 menggunakan indeks MBUI serta menganalisis kaitannya dengan albedo dan suhu permukaan (LST). Hasil menunjukkan bahwa rata-rata nilai MBUI mengalami penurunan meskipun tidak signifikan. Analisis korelasi menunjukkan bahwa MBUI memiliki hubungan kuat dengan LST. Hal ini menegaskan bahwa intensitas lahan terbangun merupakan faktor utama peningkatan suhu permukaan di pusat kota Jakarta. Namun, hasil penelitian ini memperlihatkan temuan yang berbeda dari studi-studi sebelumnya, yaitu korelasi MBUI–albedo dan korelasi LST–albedo yang positif, padahal umumnya kedua hubungan tersebut negatif.

Berdasarkan hasil penelitian, MBUI dapat digunakan untuk memantau intensitas lahan terbangun, tetapi untuk menghindari bias, direkomendasikan untuk menggunakan citra satelit komposit (lebih dari satu) untuk mewakili data satu tahun. Penggunaan MBUI relatif terbatas dalam melihat pengaruhnya terhadap albedo. Oleh karena itu, diperlukan integrasi dengan variabel lain seperti morfologi kota dan karakteristik material permukaan untuk memahami fenomena ini secara lebih komprehensif.

5. Daftar Pustaka

- Andrés-Anaya, P., Sánchez-Aparicio, M., del Pozo, S., & Lagüela, S. (2021). Correlation of Land Surface Temperature with IR Albedo for the Analysis of Urban Heat Island. The 16th International Workshop on Advanced Infrared Technology & Applications, 9. <https://doi.org/10.3390/engproc2021008009>
- Arif, N., & Toersilawati, L. (2024). Monitoring and predicting development of built-up area in sub-urban areas: A case study of Sleman, Yogyakarta, Indonesia. *Heliyon*, 10(14). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34466>
- As-syakur, Abd. R., Adnyana, I. W. S., Arthana, I. W., & Nuarsa, I. W. (2012). Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) for Mapping Built-Up and Bare Land in an Urban Area. *Remote Sensing*, 4(10), 2957–2970. <https://doi.org/10.3390/rs4102957>
- Baniassadi, A., Sailor, D. J., Crank, P. J., & Ban-Weiss, G. A. (2018). Direct and indirect effects of high-albedo roofs on energy consumption and thermal comfort of residential buildings. *Energy and Buildings*, 178, 71–83. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.08.048>
- Barletta, C., Capolupo, A., & Tarantino, E. (2023). Extracting Land Surface Albedo from Landsat 9 Data in GEE Platform to Support Climate Change Analysis. *Geomatics and Environmental Engineering*, 17(6), 35–75. <https://doi.org/10.7494/geom.2023.17.6.35>
- BPS. (2024). Provinsi DKI Jakarta dalam Angka (DKI Jakarta Province in Figures). In BPS Provinsi DKI Jakarta (Ed.), BPS Provinsi DKI Jakarta (Vol. 54). BPS Provinsi DKI Jakarta.
- Chen, H., Huang, J. J., Dash, S. S., McBean, E., Wei, Y., & Li, H. (2022). Assessing the impact of urbanization on urban evapotranspiration and its components using a novel four-source energy balance model. *Agricultural and Forest Meteorology*, 316, 108853. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.108853>
- da Silva, B. B., Braga, A. C., Braga, C. C., Oliveira, L. M. M. de, Montenegro, S. M. G. L., & Barbosa Junior, B. (2016). Procedures for calculation of the albedo with OLI-Landsat 8 images: Application to the Brazilian semi-arid. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(1), 3–8. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n1p3-8>
- Danniswari, D., Honjo, T., & Furuya, K. (2020). Land Cover Change Impacts on Land Surface Temperature in Jakarta and Its Satellite Cities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 501(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/501/1/012031>
- Danniswari, D., Honjo, T., Kato, A., & Furuya, K. (2021). Utilizing Open-Source Satellite Data for the Relationship between Building Height and Land Surface Temperature. *Journal of Environmental Information Science*, 2021, 1–10. https://doi.org/10.11492/ceispapersen.2021.2_1
- Deffry, M., & Mataburu, I. B. (2024). Pemetaan kepadatan bangunan pada tahun 2018 dan 2023 menggunakan Normalized Difference Built-Up Index (NDBI) di Kota Sukabumi. *Jurnal Sains Geografi*, 2(1), 31–0. <https://doi.org/10.2210/jsg.vx1ix.xxx>
- Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. (2020). Landsat 8-9 Operational Land Imager / Thermal Infrared Sensor Level-2, Collection 2 [dataset]. <https://doi.org/10.5066/P9OGBGM6>
- Fauzi, R., Arifin, H. S., & Perdinan. (2025). Study of Urban Temperature Profiles on Various Land Covers in The Greater Jakarta Region, Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 15(2), 243–254. <https://doi.org/10.29244/jpsl.15.2.243>
- Gawlikowski, J., Ebel, P., Schmitt, M., & Zhu, X. X. (2022). Explaining the Effects of Clouds on Remote Sensing Scene Classification. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 15, 9976–9986. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2022.3221788>
- Glogowska, M. (2025). Comparison of indexes for automatic mapping of built-up areas – a case study of Gliwice. *Mining Machine*, 43, 31–43. <https://doi.org/10.32056/KOMAG2025.4>
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Huang, X., & Wang, Y. (2019). Investigating the effects of 3D urban morphology on the surface urban heat island effect in urban functional zones by using high-resolution remote sensing data: A case study of Wuhan, Central China. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 152, 119–131. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.04.010>

- Krishnaveni, K. S., & Anilkumar, P. P. (2021). A Fully Automated Approach to Extract Landcover Features from Landsat Imageries. 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS, 6669–6672. <https://doi.org/10.1109/IGARSS47720.2021.9554848>
- Liu, W., & Wang, Y. (2007). Temporal comparison of land surface albedo for three different landuse cover types in the Beijing area (W. Gao & S. L. Ustin, Eds.; p. 66790H). <https://doi.org/10.1117/12.731303>
- M. Imran, H., Issa Shammass, M., Rahman, A., J. Jacobs, S., W. M. Ng, A., & Muthukumaran, S. (2021). Causes, Modeling and Mitigation of Urban Heat Island: A Review. *Earth Sciences*, 10(6), 244. <https://doi.org/10.11648/j.earth.20211006.11>
- Nurwanda, A., & Honjo, T. (2018). City expansion and urban heat island in Bogor. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 179(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/179/1/012007>
- Otsu, N. (1979). A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9(1), 62–66. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1979.4310076>
- Prasomsup, W., Piyatadsananon, P., Aunphoklang, W., & Boonrang, A. (2020). Extraction technic for built-up area classification in Landsat 8 imagery. *International Journal of Environmental Science and Development*, 11(1), 15–20. <https://doi.org/10.18178/ijesd.2020.11.1.1219>
- Puspita, R. T., Ifan Deffinika, Purwanto, & Ike Sari Astuti. (2024). Spatiotemporal on Built-Up Area and Population towards Urban Sprawl in Malang City using Google Earth Engine. *Jurnal Spatial Wahana Komunikasi Dan Informasi Geografi*, 24(2), 140–153. <https://doi.org/10.21009/spatial.242.005>
- R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. <https://www.r-project.org/>
- Ramadhan, F. D., Hariyanto, T., & Hapsari Handayani, H. (2021). Analysis of Urban Built-up Expansion Based on Combination of Spectral Indices in Surabaya City. *Geoid*, 17(1), 21–37.
- Saher, R., Stephen, H., & Ahmad, S. (2021). Effect of land use change on summertime surface temperature, albedo, and evapotranspiration in Las Vegas Valley. *Urban Climate*, 39, 100966. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100966>
- Salim, M. Z., Rahman, M. H., Kafy, A. Al, Altuwaijri, H. A., Fattah, M. A., & Choudhari, N. (2025). Automated geospatial workflow for spatiotemporal assessment of urban expansion influence on deforestation in Northeast Florida. *Kuwait Journal of Science*, 52(4), 100453. <https://doi.org/10.1016/j.kjs.2025.100453>
- Shaikh, S., Paliwal, R., Patil, A., Panhalkar, S., & Palanisamy, M. (2023). Modification of New Built-Up Index to Precisely Extract and Identify Changes in the Built-Up Area: A Case Study of Punjab State of India. *Geodesy and Cartography*, 49(1), 19–24. <https://doi.org/10.3846/gac.2023.13523>
- Sharma, A., Phelan, P., Neithalath, N., Chopra, D., & Zhu, Z. (2024). Assessing Energy Savings: A Comparative Study of Reflective Roof Coatings in Four US Climate Zones. *ASME Journal of Engineering for Sustainable Buildings and Cities*, 5(4). <https://doi.org/10.1115/1.4066069>
- Trlica, A., Hutyra, L. R., Schaaf, C. L., Erb, A., & Wang, J. A. (2017). Albedo, Land Cover, and Daytime Surface Temperature Variation Across an Urbanized Landscape. *Earth's Future*, 5(11), 1084–1101. <https://doi.org/10.1002/2017EF000569>
- Wang, L., Chen, S., Chen, L., Wang, Z., Liu, B., & Xu, Y. (2024). A New Urban Built-Up Index and Its Application in National Central Cities of China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(1), 21. <https://doi.org/10.3390/ijgi13010021>
- Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, 89(4), 467–483. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.11.005>
- Widyanti, R., Nasrullah, N., & Sulistyantara, B. (2025). Analisis Pengembangan Ruang Terbuka Hijau dengan Prioritas Tertinggi untuk Mencegah Urban Heat Island pada Lanskap Kota Depok, Jawa Barat. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 17(1), 43–49. <https://doi.org/10.29244/jli.v17i1.55897>
- Wolfe, D. M., & Goossen, K. W. (2015). Initial Study on Controllable Roofing System to Tailor Building Solar Loads for Increased HVAC Efficiency. *Journal of Solar Energy Engineering*, 137(4). <https://doi.org/10.1115/1.4030402>
- Wu, H., Huang, B., Zheng, Z., Ma, Z., & Zeng, Y. (2022). Spatial Heterogeneity and Temporal Variation in Urban Surface Albedo Detected by High-Resolution Satellite Data. *Remote Sensing*, 14(23), 6166. <https://doi.org/10.3390/rs14236166>

- Xu, K., Long, E., Li, J., & Xu, L. (2019). Field measurement and influence mechanism analysis of the albedo for a typical urban concrete surface. *Indoor and Built Environment*, 28(6), 837–847. <https://doi.org/10.1177/1420326X18799398>
- Yin, S., Liu, J., & Han, Z. (2022). Relationship between urban morphology and land surface temperature—A case study of Nanjing City. *PLoS ONE*, 17(2 February), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260205>
- Zhang, Z., He, G., Wang, M., Long, T., Wang, G., & Zhang, X. (2016). Validation of the generalized single-channel algorithm using Landsat 8 imagery and SURFRAD ground measurements. *Remote Sensing Letters*, 7(8), 810–816. <https://doi.org/10.1080/2150704X.2016.1190475>
- Zheng, Z., Zhou, W., Yan, J., Qian, Y., Wang, J., & Li, W. (2019). The higher, the cooler? Effects of building height on land surface temperatures in residential areas of Beijing. *Physics and Chemistry of the Earth*, 110(November 2018), 149–156. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2019.01.008>