Pengaruh Indeks Vegetasi dan Lahan Terbangun Terhadap Suhu Permukaan Kota Makassar Berbasis Regresi Linear Berganda

Izzuddin Muhammad[a,*], **Wafda Nailal Izza**[b]
[a]Transdisciplinary Institute, Jakarta Selatan 12190, Indonesia
[b]Program Studi Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Semarang, Kota Semarang 50229, Indonesia

***** Korespondensi Penulis**:** izzuddinmuhammad53@gmail.com

Dikirim: 3 Juli 2026;
Diterima: 22 Oktober 2026;
Diterbitkan: 23 Oktober 2026.

Abstrak. Perubahan tutupan lahan berupa konversi lahan vegetasi menjadi kawasan terbangun dapat mengurangi kemampuan lingkungan perkotaan dalam mengendalikan suhu sehingga memicu peningkatan suhu permukaan. Secara bersama-sama, lahan terbangun dan lahan vegetasi memberikan kontribusi dalam peningkatan suhu permukaan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh lahan vegetasi dan lahan terbangun terhadap suhu permukaan di Kota Makassar. Penelitian memanfaatkan data penginderaan jauh Landsat 8 TOA tahun 2025 yang diolah melalui Google Earth Engine untuk menghasilkan parameter *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI), dan *Land Surface Temperature* (LST). Hubungan antara variabel-variabel tersebut dianalisis menggunakan regresi linier berganda. Hasil penelitian menghasilkan persamaan regresi Y = 26,95+0,71(NDVI)+6,68(NDBI) dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,62 yang menunjukkan bahwa 62% variasi suhu permukaan dapat dijelaskan oleh NDVI dan NDBI. Hasil uji signifikansi ($p < 0,05$) menunjukkan bahwa model regresi signifikan secara simultan dan hanya variabel NDBI yang berpengaruh signifikan terhadap LST. Sementara, variabel NDVI tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan dalam menurunkan suhu permukaan. Hal ini disebabkan karena minimnya lahan vegetasi di Kota Makassar. Model regresi linear berganda mengindikasikan bahwa NDBI berhubungan positif dengan suhu permukaan, yaitu kenaikan indeks sebesar 0,1 meningkatkan suhu sebesar 0,668 °C. Nilai Multiple R sebesar 0,79 menunjukkan hubungan yang kuat antara NDVI dan NDBI secara bersama-sama terhadap LST.

Kata kunci: LST; NDBI; NDVI; Penginderaan Jauh; Regresi Linear Berganda

---

Abstract. *Land cover changes involving the conversion of vegetated areas into built-up areas can reduce the capacity of urban environments to regulate temperature, thereby contributing to increased land surface temperatures. Vegetated and built-up areas jointly influence land surface temperature. Therefore, this study aims to analyze the effects of vegetation and built-up areas on land surface temperature in Makassar City. Landsat 8 TOA imagery from 2025 was processed using Google Earth Engine to derive the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Built-up Index (NDBI), and Land Surface Temperature (LST). The relationships among these variables were examined using multiple linear regression. The resulting regression equation was Y = 26.95 + 0.71(NDVI) + 6.68(NDBI), with a coefficient of determination (R^2) of 0.62, indicating that NDVI and NDBI explained 62% of the variation in land surface temperature. Significance testing ($p < 0.05$) showed that the regression model was significant overall, while only NDBI had a significant effect on LST (p = 6.72E-22); NDVI showed no significant effect (p = 0.10), i.e. no significant cooling effect. This finding may be attributed to the limited extent of vegetated areas in Makassar City. The multiple linear regression model further indicated a strong joint relationship between NDVI and NDBI and LST (Multiple R = 0.79), with a positive relationship between NDBI and land surface temperature, an increase of 0.1 in NDBI was associated with a 0.668 °C rise in LST.*

Keywords: *LST; Multiple Linear Regression; NDBI; NDVI; Remote Sensing.*

I. PENDAHULUAN

Kota Makassar merupakan ibu kota Provinsi Sulawesi Selatan sekaligus salah satu pusat pertumbuhan ekonomi di Kawasan Timur Indonesia. Letaknya yang strategis pada jalur perdagangan dan jasa menjadikan Kota Makassar mengalami perkembangan ekonomi dan industri yang cukup pesat [1]. Pertumbuhan tersebut diikuti oleh peningkatan jumlah penduduk dan ekspansi kawasan perkotaan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Sulawesi Selatan, laju pertumbuhan penduduk Kota Makassar pada periode 2020–2022 mencapai 0,84% dengan jumlah penduduk sebesar 1.444.880 jiwa pada tahun 2022 dan tingkat kepadatan mencapai 7.195 jiwa/km². Tingginya kepadatan penduduk mendorong meningkatnya kebutuhan lahan untuk permukiman dan berbagai infrastruktur penunjang perkotaan [2].

Peningkatan kebutuhan ruang tersebut memicu terjadinya alih fungsi lahan yakni perubahan lahan vegetasi menjadi kawasan terbangun. Berbagai bentuk ruang terbuka hijau seperti hutan kota, taman, lahan pertanian, dan perkebunan mengalami penyusutan luas akibat konversi lahan untuk pembangunan. Perubahan tutupan lahan tersebut menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan, salah satunya adalah peningkatan suhu permukaan. Berkurangnya vegetasi menyebabkan kemampuan lingkungan dalam mereduksi panas semakin menurun sehingga wilayah perkotaan menjadi lebih rentan terhadap peningkatan suhu [3]. Di sisi lain, permukaan kedap air seperti aspal dan beton pada kawasan terbangun memiliki kapasitas yang tinggi dalam menyerap dan menyimpan radiasi matahari sehingga menghasilkan suhu permukaan yang lebih tinggi [4]. Selain itu, tingginya kerapatan bangunan di wilayah perkotaan menyebabkan panas terakumulasi dan terperangkap di antara bangunan, sehingga memperparah kondisi termal perkotaan [5].

Peningkatan suhu permukaan di wilayah perkotaan memberikan berbagai dampak negatif terhadap kehidupan masyarakat. Suhu yang semakin tinggi dapat menurunkan tingkat kenyamanan lingkungan dan meningkatkan risiko gangguan kesehatan akibat paparan panas yang berlebihan. Kondisi tersebut juga mendorong meningkatnya penggunaan pendingin ruangan seperti *air conditioner* (AC) yang pada akhirnya turut berkontribusi terhadap peningkatan konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca. Dalam jangka panjang, peningkatan emisi tersebut dapat memperburuk permasalahan lingkungan global yakni pemanasan global dan penipisan lapisan ozon [6].

Upaya mitigasi terhadap peningkatan suhu permukaan memerlukan informasi mengenai distribusi dan faktor-faktor yang memengaruhinya. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah pemanfaatan teknologi penginderaan jauh. Teknologi ini memungkinkan pengumpulan informasi mengenai kondisi permukaan bumi secara efisien tanpa melakukan pengamatan langsung di lapangan. Perkembangan data penginderaan jauh khususnya citra satelit Landsat 8 telah memberikan peluang yang lebih luas dalam pemantauan kondisi termal perkotaan melalui ekstraksi parameter suhu permukaan (*Land Surface Temperature*/LST), indeks vegetasi (*Normalized Difference Vegetation Index*/NDVI), dan indeks lahan terbangun (*Normalized Difference Built-up Index*/NDBI).

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji hubungan antara perubahan tutupan lahan dan peningkatan suhu permukaan di wilayah perkotaan. [7] menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara kerapatan bangunan dan suhu permukaan di Kota Makassar pada periode 1993–2021 di mana peningkatan area terbangun sebesar 1% berpotensi meningkatkan suhu permukaan sebesar 0,039°C. Temuan tersebut sejalan dengan [8] yang menyatakan bahwa variabel kerapatan bangunan memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap peningkatan suhu permukaan dibandingkan variabel vegetasi. Sebaliknya, [9] menemukan bahwa peningkatan tutupan vegetasi cenderung menurunkan suhu permukaan yang ditunjukkan oleh hubungan negatif antara nilai NDVI dan LST.

Hubungan antara lahan vegetasi, lahan terbangun, dan suhu permukaan umumnya dianalisis menggunakan metode korelasi Pearson karena mampu menunjukkan arah dan kekuatan hubungan antarvariabel secara sederhana. Namun, metode tersebut memiliki beberapa keterbatasan yaitu hanya dapat mengukur hubungan linier antar dua variabel, tidak mampu menjelaskan besarnya pengaruh masing-masing variabel terhadap variabel terikat, serta belum dapat digunakan untuk membangun model prediksi yang mengevaluasi hubungan kausal antar variabel [10]. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan analisis yang lebih komprehensif, salah satunya melalui regresi linier berganda. Metode ini memungkinkan pengujian pengaruh lahan vegetasi dan lahan terbangun terhadap suhu permukaan secara simultan serta menghasilkan model matematis yang dapat digunakan untuk menjelaskan hubungan antarvariabel.

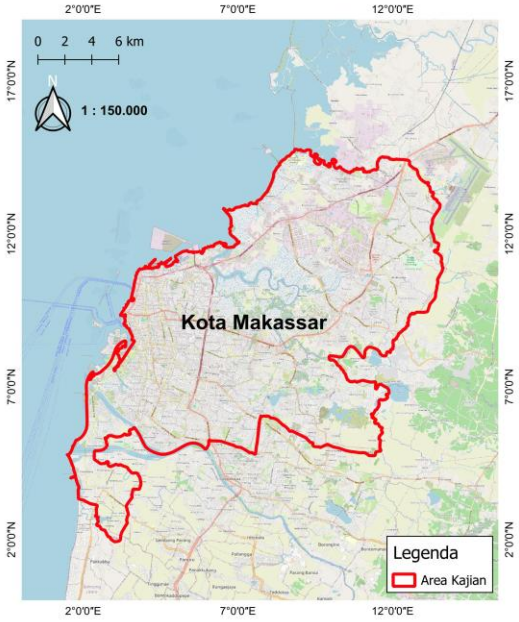
Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh lahan vegetasi dan lahan terbangun terhadap suhu permukaan di Kota Makassar menggunakan data citra satelit Landsat 8 tahun 2025 melalui pendekatan regresi linier berganda. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis sebaran suhu permukaan di Kota Makassar. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai hubungan antara NDVI, NDBI, dan LST serta menjadi dasar dalam perumusan strategi pengelolaan ruang terbuka hijau dan pengendalian peningkatan suhu di wilayah perkotaan.

II. METODOLOGI

2.1 Studi Area

Penelitian ini mengambil daerah Kota Makassar sebagai objek kajiannya. Kota Makassar terletak pada 119°24'17" BT – 119°32'35" BT dan 5°14'0" LS – 4°58'30" LS. Secara

geografis, Kota Makassar berbatasan dengan Selat Makassar di bagian barat, Kabupaten Maros di bagian utara, serta Kabupaten Gowa dan Kabupaten Takalar di bagian timur dan selatan. Kota Makassar memiliki luas wilayah seluas 175,77 km^2 dan terdiri dari 153 kelurahan yang tersebar di 15 kecamatan.



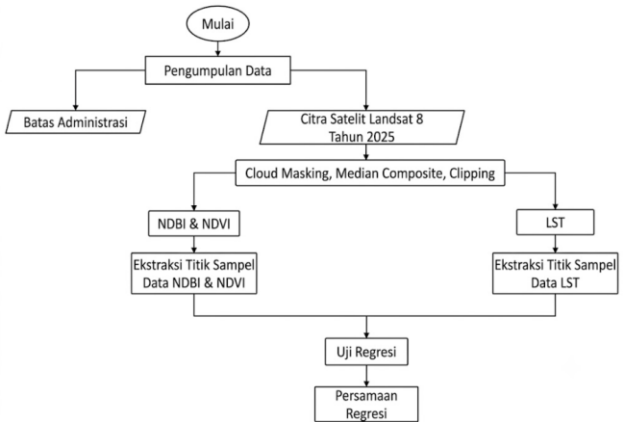
Gambar 1. Daerah Kajian Kota Makassar

2.2 *Alat dan Data*

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Google Earth Engine sebagai platform pengambilan data citra satelit, QGIS 3.44 sebagai perangkat lunak untuk melakukan visualisasi citra, serta Microsoft Excel yang digunakan untuk visualisasi grafik. Sedangkan, data yang digunakan adalah data citra satelit Landsat 8 tahun perekaman 2025 serta shapefile batas administrasi Kota Makassar.

2.3 *Metode Penelitian*

Adapun alur tahapan metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar sebagai berikut



Gambar 2. Alur Tahapan Penelitian

a) *Tahapan Pengolahan Data*

Pengolahan data citra satelit dilakukan melalui platform Earth Engine. Earth Engine (GEE) merupakan platform pengolahan data citra satelit penginderaan jauh berbasis *cloud computing* di mana beragam data penginderaan jauh telah tersedia dan pengguna hanya perlu mengimpor dan mengolah data di platform tersebut. Pada platform GEE, data citra satelit yang diolah adalah citra Landsat 8 yang telah terkoreksi secara *Top of Atmosphere* (TOA). Proses pra-pemrosesan data citra satelit Landsat 8 ini diawali dengan *Cloud Masking* untuk menghilangkan piksel awan, Dataset filtering berdasarkan tanggal dan *Cloud Cover* untuk memilih data citra yang berada di rentang tanggal 01 Januari hingga 31 Desember 2025 dan memiliki metadata tutupan awan kurang dari 30 persen, penerapan *reducer* Median untuk memperoleh nilai tengah piksel guna menghilangkan piksel awan, serta proses *clipping* yakni pemotongan data citra berdasarkan daerah kajian yang telah ditentukan. Setelah itu, data citra satelit Landsat 8 dianalisis untuk mendapatkan data indeks vegetasi (NDVI), indeks lahan terbangun (NDBI), dan suhu permukaan (LST).

NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) merupakan indeks spektral yang digunakan untuk mengidentifikasi area lahan terbangun/pemukiman secara otomatis [11]. Nilai NDBI diperoleh dari perbandingan nilai piksel band SWIR dan band Near Infrared (NIR). Adapun formula yang digunakan dalam indeks NDBI sebagai berikut [12]

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

di mana NIR merupakan Band 5 dan SWIR merupakan Band 6 pada Landsat 8. Hasil dari algoritma NDBI menghasilkan nilai piksel dalam rentang -1 hingga +1 di mana semakin positif maka menunjukkan objek bangunan dan semakin negatif maka menandakan objek vegetasi.

NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan indeks spektral yang digunakan untuk mengidentifikasi kondisi vegetasi di suatu daerah. Nilai NDVI diperoleh dari perbandingan nilai piksel band NIR dan band Red. Adapun formula yang digunakan dalam indeks NDBI sebagai berikut [13]

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

di mana NIR merupakan Band 5 dan Red merupakan Band 4 pada Landsat 8. Hasil dari algoritma NDVI menghasilkan nilai piksel dalam rentang -1 hingga +1 di mana semakin positif maka menunjukkan objek vegetasi dan semakin negatif maka menandakan objek non-vegetasi seperti badan air dan lahan terbuka.

LST (*Land Surface Temperature*) merupakan algoritma yang digunakan dalam mengukur suhu permukaan daratan. LST menggunakan band 10 yang merupakan band TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) yang berfungsi memetakan suhu di permukaan. Adapun tahapan untuk memperoleh data LST diawali dengan mencari proporsi vegetasi (proportion of vegetation) dari data NDVI berdasarkan Persamaan (3) berikut [14]

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}\right)^2 \quad (3)$$

di mana NDVI maks dan NDVI min berturut-turut merupakan nilai maksimum dan minimum dari distribusi nilai NDVI [15]. Setelah data proporsi vegetasi telah diketahui, kemudian dilanjutkan tahapan perhitungan emisivitas berdasarkan persamaan berikut [16]

$$E = 0{,}004 * P_v + 0.986 \quad (4)$$

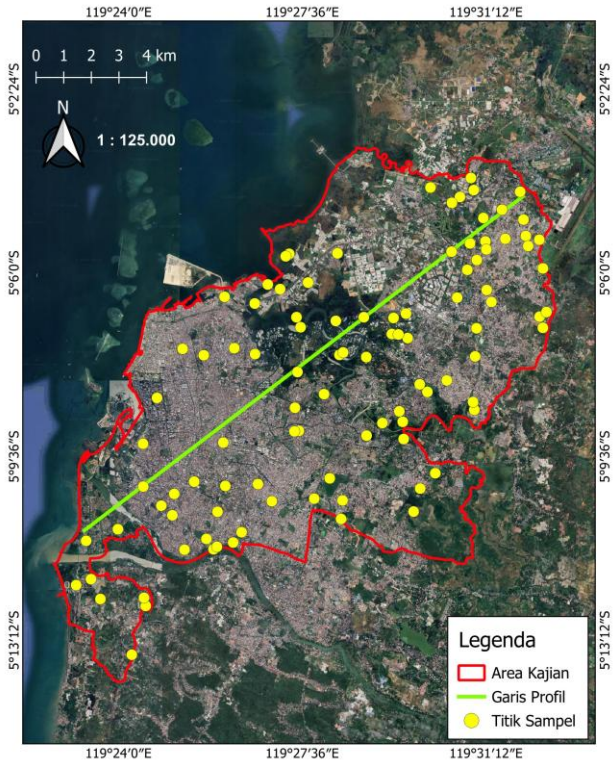
Tahapan terakhir adalah pemrosesan nilai LST berdasarkan koreksi *Brightness Temperature* dan nilai emisivitas menggunakan formula sebagai berikut [17] [18]

$$LST = \frac{BT}{(1 + L* (\frac{BT}{\rho}) * ln(E))} - 273.15 \quad (5)$$

di mana BT adalah suhu kecerahan (brightness temperature) band 10 dalam kelvin, λ adalah panjang gelombang radiasi band 10 (10,9 μm), $\rho = h \cdot c/\sigma = 1{,}438 \times 10^{-2}$ m·K adalah konstanta radiasi, dan ε adalah emisivitas permukaan.

b) Tahapan Pengambilan Sampel

Tahapan pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Random sampling yang berarti bahwa data titik sampel untuk menguji pengaruh indeks NDVI dan NDBI terhadap LST ditempatkan pada lokasi secara acak (random). Adapun jumlah sampel yang digunakan sebanyak 100 titik yang diperoleh melalui menu Random Points in Extent pada perangkat lunak QGIS. Setiap titik sampel diekstraksi nilai NDVI, NDBI, dan LST terkait sehingga diperoleh 100 observasi yang digunakan pada model regresi (Tabel 1). Selain titik sampel, garis profil (*profile line*) juga digunakan untuk memperoleh sebaran nilai suhu permukaan yang divisualisasikan dalam bentuk grafik profil (*profile plot*). Adapun lokasi titik sampel dan garis profil yang telah ditentukan dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 3. Lokasi Titik Sampel dan Garis Profil Kajian

c) Tahapan Analisis Data

Tahapan analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisis regresi linear berganda. Regresi linier berganda merupakan konsep analisis statistik dengan acuan yang mendalam terhadap hubungan antara variabel bebas dalam jumlah dua ataupun lebih dengan satu variabel terikat. Hal tersebut dimaksudkan untuk mengetahui arah serta seberapa besar tingkat keterkaitan dan pengaruh yang ditimbulkan dari hubungan yang sistematis dan fungsional antara satu variabel terikat dengan lebih dari satu variabel bebas. Persamaan regresi linear berganda merupakan suatu model persamaan yang menggambarkan hubungan dua atau lebih variabel bebas/predictor (X1, X2, X3, …, Xn) dengan satu variabel terikat atau response (Y) yang dapat disebut sebagai *Multiple Linear Regression* (MLR). Metode

analisis regresi linear berganda dinilai menjadi metode yang akurat untuk melakukan analisis korelasi guna menunjukkan tingkat perubahan suatu variabel terhadap variabel lainnya sehingga dapat ditentukan hasilnya secara reliabel.

Analisis regresi linier berganda dalam penelitian ini digunakan untuk mengkaji pengaruh indeks vegetasi (NDVI) dan indeks lahan terbangun (NDBI) terhadap perubahan suhu permukaan (Land Surface Temperature/LST). Variabel yang dianalisis berupa nilai rata-rata (*average*) NDVI, NDBI, dan LST yang diperoleh dari setiap citra Landsat 8 bebas awan pada tahun 2025. Hasil analisis menghasilkan suatu persamaan regresi yang dapat digunakan untuk memprediksi nilai variabel dependen (LST) berdasarkan perubahan yang terjadi pada variabel independen, yaitu NDVI dan NDBI. Selain itu, model regresi juga dapat menjelaskan arah hubungan antara variabel independen dan variabel dependen yang ditunjukkan oleh nilai koefisien regresi. Koefisien regresi bernilai positif menunjukkan bahwa peningkatan variabel independen diikuti oleh peningkatan nilai LST (hubungan positif), sedangkan koefisien regresi bernilai negatif menunjukkan bahwa peningkatan variabel independen diikuti oleh penurunan nilai LST (hubungan negatif).

Untuk mengevaluasi model regresi, dilakukan interpretasi pada koefisien determinasi atau nilai R^2. Nilai R^2 menjelaskan seberapa besar pengaruh variabel independen dalam menjelaskan variabel dependen. Nilai R^2 berada pada rentang 0 hingga 1, di mana semakin mendekati 1 maka semakin besar pengaruh variabel X terhadap variabel Y. Selain itu, dilakukan juga interpretasi pada nilai Significane F dan p-value untuk mengetahui signifikansi model regresi dan pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen. Nilai Significance F digunakan untuk menguji apakah model regresi secara keseluruhan signifikan atau tidak, sedangkan p-value digunakan untuk menguji signifikansi pengaruh setiap variabel independen secara terpisah. Apabila nilai Sig F dan p-value lebih kecil dari tingkat signifikansi yang ditetapkan ($\alpha = 0{,}05$), maka model regresi maupun variabel independen dinyatakan berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Regresi Linear Berganda

Berdasarkan Tabel 1, Hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan nilai Multiple R sebesar 0,79 mengindikasikan adanya hubungan yang kuat antara variabel independen (NDVI dan NDBI) secara bersama-sama terhadap variabel dependen (LST). Sementara itu, koefisien determinasi (R Square) memperlihatkan nilai 0,62 yang menandakan sumbangan pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen secara simultan adalah 62%, sedangkan nilai Adjusted R Square sebesar 0,61. Dengan demikian, kedua variabel independen, yakni indeks vegetasi dan lahan terbangun, memiliki pengaruh sebanyak 62% terhadap suhu permukaan.

Tabel 1. Hasil Uji Regresi Linear Berganda

Regression Statistics	
Multiple R	0,79
R Square	0,62
Adjusted R Square	0,61
Standard Error	1,05
Observations	100

Tabel 2 menunjukkan hasil uji Anova yang digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh antara lebih dari satu variabel bebas dengan variabel terikat secara bersama-sama melalui dasar penggunaan taraf signifikansi 0,05 atau alpha 5% yang telah ditetapkan. Dalam uji ANOVA ini, model regresi dinyatakan fit apabila nilai signifikansi kurang dari 0,05. Berdasarkan Tabel 2, nilai F hitung bernilai 79,76 dengan taraf signifikansi $3{,}27 \times 10^{-21}$. Hal tersebut menandakan bahwa nilai Sig. F <0,05 sehingga memperlihatkan variabel independen berpengaruh signifikan serta simultan terhadap variabel dependen.

Tabel 2. Hasil Uji ANOVA

ANOVA	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*Sig F*
Regression	2	175,50	87,75	79,76	3,27E-21
Residual	97	106,71	1,10		
Total	99	282,21			

Tabel 3 memperlihatkan hasil Uji T yang digunakan untuk mengetahui penunjuk adanya pengaruh parsial atau individual variabel independen terhadap variabel dependen melalui pembandingan terhadap nilai signifikansinya. Bila nilai signifikansi lebih kecil daripada taraf signifikansi (α) yang ditetapkan, yaitu 0,05, maka variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat. Berlaku pula sebaliknya. Pada uji T, nilai signifikansi variabel X1 atau indeks vegetasi sebesar 0,10 atau > 0,05 sehingga variabel indeks vegetasi tidak berpengaruh signifikan terhadap suhu permukaan. Adapun nilai signifikansi variabel X2 atau indeks lahan terbangun adalah $6{,}72 \times 10^{-22}$, yang berarti variabel indeks lahan terbangun berpengaruh signifikan terhadap suhu permukaan.

Tabel 3. Hasil Uji t

	Coeff.	*Std Error*	*t Stat*	*P-value*

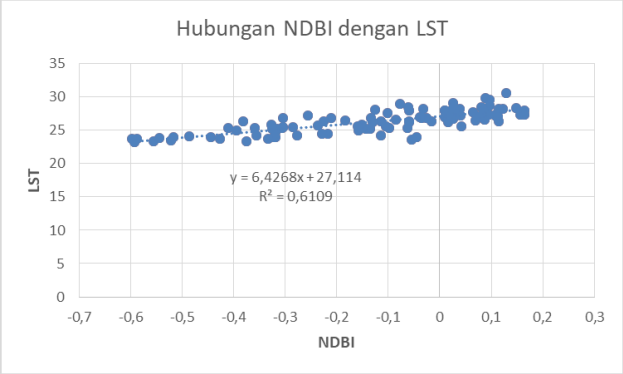
Intercept	26,95	0,16	169,04	1,2E-121
NDVI	0,71	0,42	1,68	0,10
NDBI	6,68	0,54	12,48	6,72E-22

Berdasarkan Tabel 3, Persamaan regresi linear diperoleh Y = 26,95+0,71(NDVI)+6,68(NDBI). Nilai konstanta yang diperoleh sebesar 26,95 maka jika variabel independen bernilai 0 atau konstan maka suhu berada pada temperatur 26,95 °C. Bila diamati, nilai koefisien regresi variabel indeks vegetasi bernilai positif sebesar 0,71 maka dapat diartikan bahwasanya jika indeks vegetasi mengalami peningkatan sebesar 0,1 maka suhu permukaan akan mengalami peningkatan sebesar 0,071 °C. Adapun nilai regresi indeks lahan terbangun juga bernilai positif sebesar 6,68 maka dapat diartikan bahwasanya bila variabel indeks lahan terbangun terjadi peningkatan sebesar 0,1 maka suhu permukaan juga akan meningkat sebesar 0,668 °C.

Berdasarkan persamaan regresi linear berganda yang dihasilkan, secara bersama-sama, variabel NDVI dan NDBI berkontribusi secara positif terhadap peningkatan suhu permukaan. Hal ini terlihat dari nilai koefisien dari variabel NDVI dan NDBI yang menunjukkan angka positif. Idealnya, NDVI dan NDBI secara bersama-sama memberikan kontribusi yang berlawanan arah terhadap suhu permukaan. NDVI memiliki pengaruh negatif karena keberadaan vegetasi mampu menurunkan suhu permukaan di perkotaan [21]. Apabila NDVI memiliki pengaruh positif bersamaan dengan NDBI berarti keberadaan vegetasi tidak berpengaruh dalam menurunkan suhu permukaan. Salah satu faktor yang menyebabkan NDVI memiliki pengaruh positif bersama dengan NDBI dan suhu permukaan adalah adanya alih fungsi lahan vegetasi menjadi lahan terbangun. Lahan terbangun di Kota Makassar sendiri mengalami peningkatan sebanyak 12,37% (297,33 ha) dari tahun 2019 hingga 2024 [22]. Adanya ekspansi dan persentase lahan terbangun yang tinggi di Kota Makassar menyebabkan penyusutan lahan vegetasi sehingga fungsi ekologis vegetasi menjadi tidak signifikan dalam mengimbangi peningkatan suhu permukaan [7]. Hal ini sesuai dengan nilai *p-value* NDVI yang menunjukkan bahwa hubungan NDVI dengan LST tidak memiliki pengaruh yang signifikan secara statistik.

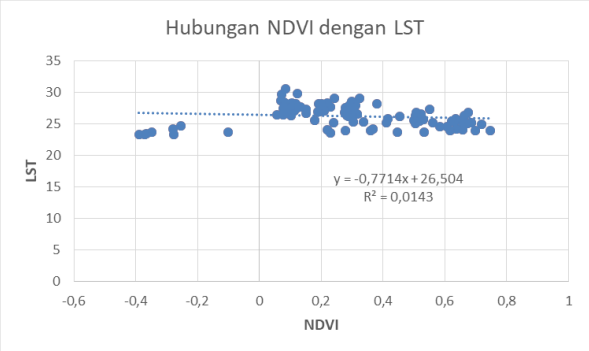
Berbeda dengan hasil analisis regresi linear berganda, hasil analisis regresi pada masing-masing variabel independen memperlihatkan adanya hubungan positif dan negatif antara variabel NDVI dan NDBI dengan LST. Berdasarkan Gambar 4, hubungan variabel NDBI dan LST menunjukkan hubungan positif di mana seiring peningkatan nilai indeks lahan terbangun maka suhu permukaan juga turut meningkat. Hal ini sesuai dengan [23] yang menegaskan adanya korelasi positif antara NDBI terhadap LST. Adapun persamaan regresi linear yang dihasilkan antara NDBI dengan LST menunjukkan Y = 6,43x + 27,11 yang berarti setiap peningkatan indeks lahan terbangun sebesar 0,1 maka suhu akan meningkat sebesar 0,643°C. Sementara itu, nilai R^2 dari persamaan regresi ini adalah 0,61 sehingga koefisien korelasinya r = 0,78 (kategori kuat) antara indeks lahan terbangun dengan suhu permukaan. Di sisi lain, nilai R^2 menunjukkan bahwa kontribusi lahan terbangun (NDBI) terhadap peningkatan suhu permukaan di Kota Makassar sebesar 61,1%, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

Perlu dicatat bahwa nilai koefisien NDVI pada model regresi berganda bernilai positif (+0,71), sedangkan pada regresi tunggal bernilai negatif (−0,77). Perbedaan tanda ini merupakan gejala multikolinearitas, yaitu korelasi yang kuat antara NDVI dan NDBI sebagai variabel bebas. Oleh karena itu, koefisien NDVI pada model berganda tidak dapat ditafsirkan secara langsung sebagai pengaruh vegetasi terhadap LST, dan interpretasi sebaiknya bertumpu pada regresi tunggal masing-masing variabel.



Gambar 4. Grafik Regresi Linear NDBI dengan LST Kota Makassar

Berdasarkan Gambar 5, hubungan variabel NDVI dan LST menunjukkan persamaan regresi Y = -0,77x + 26,504 yang berarti setiap peningkatan indeks lahan vegetasi sebesar 0,1 maka suhu akan menurun sebesar 0,077°C. Bila dilihat dari nilai koefisien, NDVI memiliki pengaruh negatif dengan suhu permukaan. Hal ini sesuai dengan [24] yang menegaskan adanya korelasi negatif antara NDVI terhadap LST. Meski demikian, nilai R^2 sebesar 0,014 menunjukkan adanya pengaruh yang sangat rendah antara indeks vegetasi dengan suhu permukaan (r = 0,12). Nilai R^2 tersebut memperlihatkan bahwa kontribusi lahan vegetasi (NDVI) terhadap peningkatan suhu permukaan di Kota Makassar hanya sebesar 1,4%, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

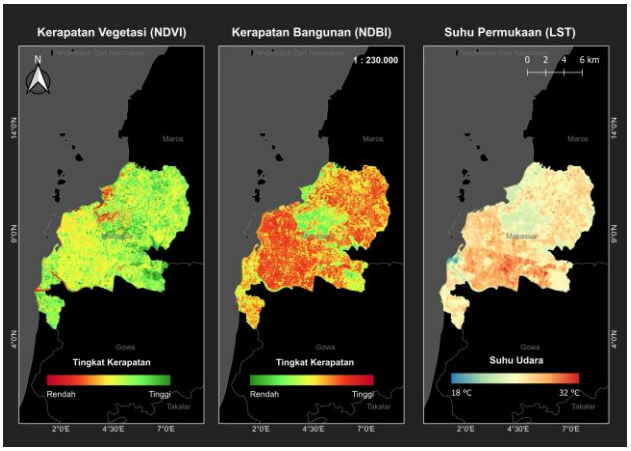


Gambar 5. Grafik Regresi Linear NDVI dengan LST Kota Makassar

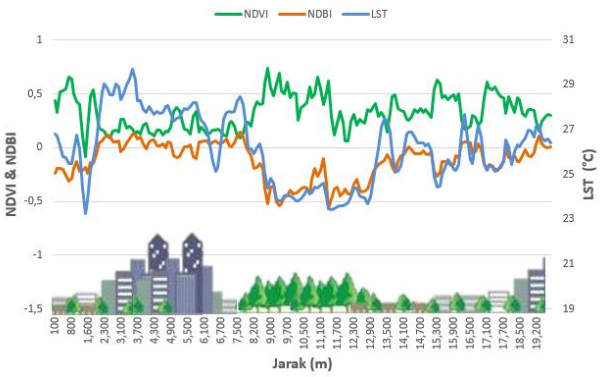
Berdasarkan hasil model regresi linear berganda antara variabel NDVI dan NDBI terhadap LST serta model regresi linear pada masing-masing variabel terhadap LST menjelaskan terkait kontribusi dan prediksi antara lahan vegetasi dan lahan terbangun dalam meningkatkan suhu permukaan. Hasil dari regresi linear ini tentunya dapat dijadikan sebagai petunjuk bagi pemerintah atau pemangku kepentingan setempat untuk memperketat adanya alih fungsi lahan. Hasil regresi NDBI yang merepresentasikan kerapatan bangunan terhadap suhu permukaan menunjukkan bahwa peningkatan nilai piksel NDBI sebesar 0,1, yang mengindikasikan peningkatan kerapatan bangunan ataupun alih fungsi lahan menjadi lahan terbangun, berkonsekuensi meningkatkan suhu permukaan sebesar 0,643 °C hingga 0,668 °C. Hal ini tentunya akan membuat Kota Makassar menjadi semakin panas sehingga dapat berdampak buruk bagi kenyamanan dan kesehatan masyarakat bahkan memperburuk keberlangsungan lingkungan hidup di Kota Makassar. Untuk mengatasi adanya permasalahan peningkatan suhu permukaan, Pemerintah daerah ataupun pemangku kepentingan setempat dapat membangun ruang terbuka hijau. Ruang terbuka hijau termasuk ke dalam lahan vegetasi sehingga mampu menurunkan suhu permukaan. Penurunan suhu permukaan ini tentunya berdampak positif bagi Kota Makassar di mana kenyamanan hidup dan kesehatan masyarakat menjadi meningkat serta menjamin keberlangsungan pelestarian lingkungan hidup perkotaan. Akan tetapi, berdasarkan model regresi, kontribusi vegetasi di Kota Makassar dalam menurunkan suhu permukaan sangat rendah dan tidak signifikan secara statistik. Hal ini disebabkan oleh keberadaan lahan vegetasi yang minim di Kota Makassar akibat alih fungsi lahan menjadi lahan terbangun. Oleh karena itu, perlu dilakukan langkah yang tepat bagi pemerintah daerah untuk memperluas lahan vegetasi (Ruang Terbuka Hijau) agar fungsi ekologis vegetasi dalam menurunkan suhu permukaan menjadi optimal.

3.2 Sebaran Suhu Permukaan Kota Makassar Tahun 2025

Sebaran suhu permukaan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan bangunan dapat dilihat melalui Gambar 6 di bawah ini. Dapat dilihat, suhu permukaan yang tinggi di Kota Makassar mengelompok pada daerah dengan kepadatan bangunan yang tinggi yang terletak di bagian barat, selatan, serta utara Kota Makassar. Sedangkan, suhu permukaan yang rendah cenderung mengelompok di daerah dengan kerapatan vegetasi yang tinggi tepatnya di bagian tengah dan timur Kota Makassar. Apabila diambil profil penampang suhu dari arah barat ke timur, maka kenampakan sebaran suhu permukaan dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini.



Gambar 6. Visualisasi NDBI, NDVI, dan LST Kota Makassar



Gambar 7. Grafik Profil Sebaran Suhu Permukaan Kota Makassar

Gambar 7 memperlihatkan sebaran suhu semakin meningkat apabila mendekati pusat kota. Sedangkan, suhu permukaan mengalami penurunan seiring menjauh dari pusat kota. Pada bagian selatan, rata-rata suhu berada di atas 27°C menandakan daerah tersebut memiliki suhu yang panas. Sementara itu, indeks NDVI terlihat mengalami peningkatan di bagian tengah Kota Makassar yang

menandakan bahwa terdapat kerapatan vegetasi yang tinggi di area tersebut. Meski demikian, nilai indeks NDBI serta suhu permukaan terlihat mengalami kenaikan apabila semakin mendekati bagian utara Kota Makassar.

Berdasarkan Gambar 7, terlihat adanya perbedaan suhu antara pusat kota dan pinggiran kota dengan selisih kurang lebih 1–2 °C. Hal ini disebabkan pusat perkotaan cenderung memiliki kerapatan bangunan yang padat serta lahan vegetasi yang lebih sedikit dibandingkan daerah pinggiran kota. Bila dilihat pada data NDVI, kerapatan vegetasi lebat berada pada bagian tengah Kota Makassar.

Sebaran suhu permukaan memperlihatkan adanya aglomerasi perkotaan di pusat kota dan di kawasan pesisir. Aglomerasi perkotaan merupakan fenomena pemusatan kawasan terbangun pada lokasi tertentu. Aglomerasi perkotaan mengakibatkan terbentuknya pemukiman padat atau bangunan rapat sehingga meningkatkan suhu permukaan daratan [25]. Kawasan padat pemukiman dan padat bangunan turut andil dalam meningkatkan suhu permukaan daratan. Objek bangunan yang dibangun dari material besi dan beton lebih banyak menyerap dan memantulkan sinar matahari [4]. Akan tetapi, pantulan tersebut terhalangi oleh kerapatan bangunan yang tinggi sehingga terjebak dan menimbulkan kondisi panas di sekitar lingkungan tersebut [26]. Penggunaan lahan juga andil dalam meningkatkan suhu permukaan daratan. Perluasan kota seringkali menimbulkan pembangunan lahan baru yang berasal dari ruang terbuka hijau. Alih fungsi lahan ini menyebabkan penyusutan luas ruang terbuka hijau di perkotaan. Peran ruang terbuka hijau dalam tata ruang kota sangat penting. Di samping sebagai fungsi estetika, ruang terbuka hijau juga memiliki fungsi ekologis yang membuat suhu udara di perkotaan menjadi sejuk. Bertambahnya luas lahan terbangun dan berkurangnya luas lahan hijau menyebabkan kota kehilangan fungsi ekologisnya sehingga membuat suhu di perkotaan semakin panas [27]. Selain itu, peningkatan suhu perkotaan tidak hanya dipengaruhi oleh alih fungsi lahan tetapi juga dapat dipengaruhi oleh fenomena perubahan iklim seperti pemanasan global dan anomali cuaca.

IV. KESIMPULAN

Peningkatan suhu permukaan di suatu daerah dapat disebabkan oleh faktor alih fungsi lahan vegetasi menjadi lahan terbangun. Proses konversi lahan ini memberikan konsekuensi dan dampak signifikan terhadap kondisi iklim mikro perkotaan. Melalui pendekatan regresi linear berganda, terlihat adanya pengaruh dan hubungan antara lahan vegetasi (NDVI) dan lahan terbangun (NDBI) terhadap peningkatan suhu permukaan. Hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan nilai Multiple R sebesar 0,79 sehingga tergolong kategori kuat serta nilai R^2 sebesar 0,62. Hal ini dapat disimpulkan bahwa NDVI dan NDBI bersama-sama memiliki kontribusi sebesar 62% terhadap suhu permukaan (LST) di Kota Makassar. Hasil Uji F menunjukkan bahwa model regresi signifikan secara simultan, sedangkan Uji t menunjukkan hanya variabel NDBI yang berpengaruh secara signifikan terhadap suhu permukaan. Sedangkan, variabel NDVI tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap suhu permukaan. Hal ini disebabkan minimnya luasan lahan vegetasi sehingga peran ekologis vegetasi tidak mampu menurunkan suhu permukaan di Kota Makassar.

Secara keseluruhan, persamaan regresi linear berganda antara NDVI dan NDBI terhadap LST dinotasikan dengan Y = 26,95+0,71(NDVI)+6,68(NDBI). Persamaan tersebut menunjukkan adanya hubungan positif antara lahan vegetasi dan lahan terbangun terhadap suhu permukaan. Dengan demikian, dapat disimpulkan apabila alih fungsi lahan dari lahan vegetasi ke lahan terbangun masih terjadi secara masif dan tidak terkontrol maka berpotensi suhu permukaan akan mengalami peningkatan. Pendekatan regresi linier berganda sangat membantu pemerintah, pemangku kebijakan, serta masyarakat dalam memahami fenomena suhu panas di Kota Makassar. Dalam hal ini, upaya yang dapat dilakukan adalah melestarikan dan merawat lahan vegetasi di perkotaan seperti taman, ruang terbuka hijau, kebun, dan lainnya. Sebab, lahan vegetasi ini memiliki manfaat dalam mengurangi suhu panas di perkotaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen dan kolega di Program Studi Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Semarang, atas saran dan masukan konstruktif dalam penyusunan artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] N. Pratiwi, K. D. A. S, and S. I. Nikensari, "Analisis Potensi Sektor Ekonomi Unggulan Kota Makassar Sebagai Kota Metropolitan Baru di Kawasan Timur Indonesia," *eCo-Fin*, vol. 6, no. 2, pp. 313–321, Jun. 2024, doi: 10.32877/ef.v6i2.1405.

[2] A. Akhirul, Y. Witra, I. Umar, and E. Erianjoni, "DAMPAK NEGATIF PERTUMBUHAN PENDUDUK TERHADAP LINGKUNGAN DAN UPAYA MENGATASINYA," *J. Kependud. dan Pembang. Lingkung.*, vol. 1, no. 3, pp. 76–84, 2020, Accessed: Jul. 02, 2026. [Online]. Available: http://jkpl.ppj.unp.ac.id/index.php/JKPL/article/view/82

[3] M. Chairuman, A. Wihadanto, and E. Rusdiyanto, "Perubahan penggunaan lahan Perkotaan dan fenomena urban heat island di Kota Tangerang Selatan," *ULIN J. Hutan Trop.*, vol. 7, no. 2, p. 142, Sep. 2023, doi: 10.32522/ujht.v7i2.10375.

[4] Muhamad Helmi Ilham and Verry Damayanti,

"Identifikasi Suhu Panas Permukaan Pada Bagian Wilayah Kota 1 Semarang," *Bandung Conf. Ser. Urban Reg. Plan.*, vol. 5, no. 2, Aug. 2025, doi: 10.29313/bcsurp.v5i2.21287.

[5] A. P. Larasati *et al.*, "PENGARUH PERKEMBANGAN PERKOTAAN TERHADAP FENOMENA PULAU PANAS (URBAN HEAT ISLAND)," *J. Kaji. Ruang, vol. 2, no. 1, 2022, doi: 10.30659/jkr.v2i1.20469.*

[6] S. Siburian, *Pencemaran Udara dan Emisi Gas Rumah Kaca*. 2020. Accessed: Jun. 21, 2026. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=FRsMEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Pencemaran+Udara+dan+Emisi+Gas+Rumah+Kaca&ots=ZVR1ydDU1T&sig=VlinZMmWMTvQL0gBpEo5CVIVMb4&redir_esc=y#v=onepage&q=Pencemaran Udara dan Emisi Gas Rumah Kaca&f=false

[7] S. Aldiansyah and F. Wardani, "Analisis Spasio-Temporal Fenomena Urban Heat Island dan Hubungannya Terhadap Aspek Fisik di Kota Makassar (1993-2021)," *J. Sains Teknol. Modif. Cuaca*, vol. 24, no. 1, pp. 1–11, Dec. 2023, Accessed: Jun. 21, 2026. [Online]. Available: https://ejournal.brin.go.id/JSTMC/article/view/907

[8] A. R. Dewi, D. Taryana, and I. S. Astuti, "Pengaruh perubahan kerapatan bangunan dan vegetasi terhadap Urban Heat Island di Kota Bekasi menggunakan citra penginderaan jauh multitemporal," *J. Integr. dan Harmon. Inov. Ilmu-Ilmu Sos.*, vol. 3, no. 6, pp. 604–625, Jun. 2023, doi: 10.17977/um063v3i6p604-625.

[9] M. A. Mahardianti, S. E. Prabawa, and A. F. Effendi, "Studi Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi terhadap Suhu Permukaan Tanah dan Indeks Kualitas Udara dengan Pemanfaatan Citra Satelit Landsat 8 di Kabupaten Gresik," *GEOID*, vol. 19, no. 3, pp. 386–404, Oct. 2024, doi: 10.12962/geoid.v19i3.2251.

[10] P. Gede Subhaktiyasa *et al.*, "Uji Korelasi dalam Penelitian Kuantitatif: Kajian Konseptual, Asumsi Statistik dan Implikasi Paraktis," *J. Ilm. Profesi Pendidik.*, vol. 10, no. 4, pp. 3297–3308, Oct. 2025, doi: 10.29303/JIPP.V10I4.3952.

[11] M. Y. Yasin, J. Abdullah, N. M. Noor, M. M. Yusoff, and N. M. Noor, "Landsat observation of urban growth and land use change using NDVI and NDBI analysis," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1067, no. 1, p. 012037, Oct. 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1067/1/012037.

[12] Y. Zha, J. Gao, and S. Ni, "Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery," *Int. J. Remote Sens.*, vol. 24, no. 3, pp. 583–594, Feb. 2003, doi: 10.1080/01431160304987.

[13] J. W. . J. Rouse, R. H. Haas, J. A. Schell, and D. W. Deering, "Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS," *NASA. Goddard Sp. Flight Cent. 3d ERTS-1 Symp., Vol. 1, Sect. A*, 1974.

[14] T. N. Carlson and D. A. Ripley, "On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index," *Remote Sens. Environ.*, vol. 62, no. 3, pp. 241–252, Dec. 1997, doi: 10.1016/S0034-4257(97)00104-1.

[15] S. Sultana and A. N. V. Satyanarayana, "Urban heat island intensity during winter over metropolitan cities of India using remote-sensing techniques: impact of urbanization," *Int. J. Remote Sens.*, vol. 39, no. 20, pp. 6692–6730, Oct. 2018, doi: 10.1080/01431161.2018.1466072.

[16] J. A. Sobrino, J. C. Jiménez-Muñoz, and L. Paolini, "Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5," *Remote Sens. Environ.*, vol. 90, no. 4, pp. 434–440, Apr. 2004, doi: 10.1016/j.rse.2004.02.003.

[17] L. O. A. Nusriah, S. Al Syarqiyah, and G. H. J. Mbatu, "Dinamika Spasio-Temporal NDVI, NDWI, NDBI, dan Land Surface Temperature dalam Kaitannya dengan Intensitas Urban Heat Island di Wilayah Barat Kabupaten Maros Periode 2017–2025," *J. Penginderaan Jauh Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 52–67, Jul. 2026, doi: 10.12962/jpji.v5i2.10412.

[18] Q. Weng, D. Lu, and J. Schubring, "Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies," *Remote Sens. Environ.*, vol. 89, no. 4, pp. 467–483, Feb. 2004, doi: 10.1016/J.RSE.2003.11.005.

[19] Rifkhan, *Pedoman Metodologi Penelitian Data Panel dan Kuesioner*. Indramayu: CV. Adanu Abimata, 2023.

[20] K. Sandi, R. Habibi, and M. N. Fauzan, Tutorial PHP machine learning menggunakan regresi linear berganda pada aplikasi bank sampah istimewa versi 2.0 berbasis web. Bandung: Kreatif Industri Nusantara, 2020.

[21] M. H. Yaasin, M. R. Devrian, and R. A. Muttaqin, "Analisis Spasial Perubahan Tutupan Vegetasi dan Suhu Permukaan di Kota Cirebon Menggunakan Data Penginderaan Jauh," *J. Sains Geogr.*, vol. 3, no. 2, pp. 111–118, Nov. 2025, doi: 10.21009/JSG.v3i2.03.

[22] F. M. Mangundap, C. Gumilang, and R. Hidayat, "Spatiotemporal Analysis of The Urban Heat Island Phenomenon in Built-Up Areas of

Makassar City Using Google Earth Engine (2019–2024)," *Georhexis J. Environ. Disaster Geospatial Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–23, 2026.

[23] S. Guha and H. Govil, "Annual assessment on the relationship between land surface temperature and six remote sensing indices using landsat data from 1988 to 2019," *Geocarto Int.*, vol. 37, no. 15, pp. 4292–4311, Aug. 2022, doi: 10.1080/10106049.2021.1886339.

[24] A. S. Alademomi *et al.*, "The interrelationship between LST, NDVI, NDBI, and land cover change in a section of Lagos metropolis, Nigeria," *Appl. Geomatics*, vol. 14, no. 2, pp. 299–314, Jun. 2022, doi: 10.1007/s12518-022-00434-2.

[25] P. Wibisono, N. Miladan, and R. P. Utomo, "Hubungan Perubahan Kerapatan Vegetasi dan Bangunan terhadap Suhu Permukaan Lahan: Studi Kasus di Aglomerasi Perkotaan Surakarta," *Desa-Kota*, vol. 5, no. 1, p. 148, Apr. 2023, doi: 10.20961/desa-kota.v5i1.63639.148-162.

[26] K. Nurlita Dewi, D. Oktaviany, Z. Azmiy, and Z. P. Hanifah, "DAMPAK KEPADATAN HUNIAN TERHADAP KETERBATASAN RUANG TERBUKA HIJAU DI LIO CIPAMOKOLAN KOTA BANDUNG," *KREASI*, vol. 11, no. 2, pp. 253–266, Apr. 2026, doi: 10.37715/kreasi.v11i2.6446.

[27] M. N. Handayani, B. Sasmito, and A. P. Wijaya, "ANALISIS HUBUNGAN ANTARA PERUBAHAN SUHU DENGAN INDEKS KAWASAN TERBANGUN MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT (STUDI KASUS : KOTA SURAKARTA)," *J. Geod. Undip*, vol. 6, no. 4, pp. 208–2018, Nov. 2017, doi: 10.14710/jgundip.2017.18145.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)