



Potensi Pengembangan Infrastruktur Hijau Berdasarkan Dinamika Urban Heat Island (UHI) di Kota Bandar Lampung

Muhammad Farrel Syuhada¹, Citra Persada², Fajriyanto³

¹Prodi MPWK Fakultas Pascasarjana, Universitas Lampung, Indonesia, farrelsyuhada88@gmail.com.

²Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Indonesia, citra.persada@eng.unila.ac.id.

³Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Indonesia, fajriyanto@eng.unila.ac.id

Corresponding Author: farrelsyuhada88@gmail.com¹

Abstract: *Rapid urbanization in Bandar Lampung City has triggered massive conversion of green land reaching 2,344.05 ha within the last decade thereby increasing demand for residential space and infrastructure and intensifying the Urban Heat Island phenomenon which affects thermal comfort, public health, and overall urban environmental quality, thus requiring an assessment of the coverage and effectiveness of green infrastructure as the primary mitigation strategy to reduce urban warming while defining the study's objectives to analyze surface temperature dynamics, vegetation, built-up land, correlations among driving factors of UHI, and the modeling of UHI reduction. This study applies spatial analysis based on remote sensing and geographic information systems using time-series UHI data from 1990–2025 identified through the UTFVI index, derived from classified Land Surface Temperature (LST), then projected to 2041 using a Cellular Automata–Markov Chain algorithm, while reduction scenarios are generated by overlaying green infrastructure layers with UHI maps, and multiple linear regression is employed to quantitatively examine relationships among the contributing factors. Trends from 1990–2025 indicate increasing LST, declining NDVI, rising NDBI, and an expansion of UHI-affected areas by 2,676.87 ha. The regression model is very strong with an Adjusted R-Squared of 82.47% influenced by NDVI, NDBI, distance to urban activity centers, distance to roads, slope, and elevation. Total green infrastructure covers 4,560.08 ha, comprising 78% hubs and 22% links, dominated by groundwater recharge zones of 2,847.41 ha. 120 m Park Cooling Distance covers 9,839.629 ha, whereas projected UHI area in 2041 reaches 11,886.332 ha, allowing only reduction of 4,952.135 ha. A revision of the Bandar Lampung spatial plan is necessary to strengthen conservation areas and provide clear guidelines for the implementation and utilization of green buildings.*

Keywords: *Urban Heat Island, CA-Markov, Green Infrastructure, Remote Sensing, Spatial Analysis*

Abstrak: Urbanisasi pesat di Kota Bandar Lampung memicu konversi lahan hijau masif hingga 2.344,05 ha dalam satu dekade terakhir sehingga kebutuhan ruang permukiman dan infrastruktur meningkat serta memperkuat fenomena Urban Heat Island yang berdampak

pada kenyamanan termal, kesehatan masyarakat, dan kualitas lingkungan kota, sehingga diperlukan analisis mengenai jangkauan dan efektivitas infrastruktur hijau sebagai strategi mitigasi utama untuk mereduksi pemanasan wilayah perkotaan serta merumuskan tujuan penelitian yaitu menganalisis dinamika suhu permukaan, vegetasi, lahan terbangun, korelasi faktor pendorong UHI, dan pemodelan reduksi UHI. Penelitian ini menggunakan analisis spasial berbasis penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dengan data *time series* UHI tahun 1990-2025 yang diidentifikasi melalui indeks UTFVI, turunan dari perhitungan *Land Surface Temperature* (LST) yang diklasifikasikan kemudian dilakukan pemodelan tahun 2041 memakai algoritma *Cellular Automata-Markov Chain* sedangkan pemodelan reduksi dilakukan dengan *overlay* data infrastruktur hijau dan peta UHI, serta regresi linier berganda untuk menguji hubungan faktor pendorong secara kuantitatif. Tren tahun 1990-2025 menunjukkan kenaikan LST, penurunan indeks NDVI, peningkatan indeks NDBI, dan perluasan area terdampak UHI seluas 2.676,87 ha. Model regresi sangat kuat dengan *Adjusted R-Squared* 82,47% dipengaruhi NDVI, NDBI, jarak dari Pusat Kegiatan Perkotaan, jarak dari jalan, kelerengan dan elevasi. Infrastruktur hijau total seluas 4.560,08 (78% *hub* dan 22% *link*) yang didominasi kawasan imbuhan air tanah 2.847,41 ha. Efek PCD 120 meter hanya mencakup 9.839,629 ha sedangkan kawasan terdampak UHI 2025 tahun 2041 seluas 11.886,332 ha. Pemodelan potensi reduksi maksimum UHI di tahun 2041 adalah sebesar 4.952,135 ha. Perlu ada revisi rencana tata ruang Kota Bandar Lampung untuk kawasan konservasi dan arahan pemanfaatan bangunan hijau.

Kata Kunci: *Urban Heat Island*, *Cellular Automata-Markov*, Infrastruktur Hijau, Penginderaan Jauh, Analisis Spasial

PENDAHULUAN

Berdasarkan data dan penelitian terbaru, pertumbuhan penduduk di Kota Bandar Lampung akibat urbanisasi telah meningkatkan permintaan akan ruang permukiman, industri, dan infrastruktur secara signifikan. Studi menunjukkan bahwa dalam kurun waktu 10 tahun terakhir (2013-2023), terjadi penurunan luas wilayah bervegetasi tinggi sebesar 2.344,05 ha yang mengindikasikan konversi lahan yang masif (Pratama dkk., 2024). Penelitian di Kecamatan Kemiling menyoroiti bagaimana *urban sprawl* mengubah lahan pertanian dan non-terbangun menjadi kawasan terbangun, didorong oleh tingginya permintaan lahan untuk perumahan dan kegiatan ekonomi (Aprenaldi, 2024). Selain wilayah barat Kota Bandar Lampung, wilayah timur juga mengalami perkembangan fisik yang cukup pesat, terutama pada Kecamatan Tanjung Senang dan Sukarame akibat pertumbuhan kawasan permukiman yang disebabkan karena jangkauan yang lebih dekat kepada beberapa fasilitas vital seperti kampus ITERA dan Gerbang Tol Kota Baru (Hidayat dkk., 2018; Lature, 2019). Hal ini tidak hanya mengubah lanskap kota tetapi juga menciptakan tekanan ekologis yang serius terhadap keseimbangan lingkungan (Lature, 2019).

Perubahan tutupan lahan tersebut telah berdampak pada meningkatnya suhu permukaan di wilayah perkotaan, yang memicu munculnya fenomena *Urban Heat Island* (UHI). Data penelitian menunjukkan bahwa suhu permukaan (LST) di kawasan padat terbangun cenderung lebih tinggi, dengan rata-rata mencapai 32°C dan puncak kenaikan hingga 33°C pada tahun 2019 (Hakim, 2024). Fenomena UHI terjadi ketika suhu permukaan kota lebih tinggi daripada daerah sekitarnya yang diperparah oleh penurunan tutupan vegetasi sebagai penyejuk alami. Kondisi ini menciptakan lingkungan perkotaan yang tidak nyaman, meningkatkan konsumsi energi, dan berpotensi mengancam kesehatan masyarakat. Suhu permukaan yang tinggi dapat menjadi faktor risiko penyakit tuberkulosis dan Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) yang dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan dengan

mengukur suhu dan juga menghitung jumlah kejadian penyakit ISPA tahun 2020 dan penyakit tuberkulosis tahun 2022 dari Puskesmas Kedaton (Febria, 2021; Linda dkk., 2022).

Salah satu solusi untuk menanggulangi fenomena UHI adalah dengan mereduksi suhu permukaan menggunakan infrastruktur hijau. Infrastruktur hijau adalah sebuah sistem jaringan ruang terbuka hijau kota yang saling terhubung dan berguna untuk melindungi nilai serta fungsi ekosistem alami serta dapat memberikan manfaat pada keberlanjutan kehidupan masyarakat perkotaan (Azhari, 2019). Infrastruktur hijau dapat memberikan efek pendinginan suhu atau *Park Cooling Distance* (PCD) sekitar 60-120 meter di luar wilayah infrastruktur hijau tersebut (Mukhtar, 2023). Menurut Peraturan Daerah Kota Bandar Lampung Nomor 4 Tahun 2021 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Tahun 2021-2041, ketentuan untuk ruang terbuka hijau Kota Bandar Lampung ditetapkan seluas \pm 440 hektar ditambah dengan \pm 38 hektar kawasan ekosistem mangrove. Syarat minimum pengembangan Ruang Terbuka Hijau adalah 30% dari luas keseluruhan perkotaan.

Untuk menghadapi tantangan UHI, perlu diperlukan pemodelan dinamika dan prediksi yang akurat untuk menyusun strategi mitigasi berbasis data, kemudian melihat bagaimana jangkauan infrastruktur hijau Kota Bandar Lampung untuk mereduksi fenomena UHI di Kota Bandar Lampung. Analisis ini memerlukan parameter seperti distribusi spasial UHI yang dapat diidentifikasi analisis spasial penginderaan jauh menggunakan indeks *Urban Thermal Field Variance Index* atau UTFVI (Guha dkk., 2018). Pemodelan prediksi UHI dilakukan dengan menggunakan algoritma *Cellular Automata-Markov Chain* dengan menggunakan beberapa faktor-faktor pendorong yang dianggap memengaruhi distribusi UHI. Tipologi infrastruktur hijau yang diperoleh melalui kombinasi data pola ruang kota dan delineasi dari citra resolusi tinggi (Mukhtar, 2023). Hasil akhir penelitian ini adalah pemodelan distribusi UHI, pemetaan infrastruktur hijau, serta identifikasi potensi pengembangan RTH untuk mitigasi UHI. Data ini akan menjadi dasar penting bagi pengembangan kebijakan terkait infrastruktur hijau di Kota Bandar Lampung, sebagaimana tercantum dalam rencana program Dinas Lingkungan Hidup Kota Bandar Lampung untuk tahun 2025 yang berfokus pada penghijauan dan pengelolaan lingkungan berkelanjutan (Pemerintah Kota Bandar Lampung, 2024). Dengan demikian, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap perencanaan tata ruang yang adaptif terhadap perubahan iklim dan berorientasi pada keberlanjutan lingkungan perkotaan, mendukung terwujudnya kota yang memiliki ketahanan terhadap dampak urbanisasi.

Landasan Teori

Urban Growth dan Urban Metabolism

Kota merupakan suatu wilayah dengan berbagai macam kelengkapan sarana dan prasarana sebagai upaya men aktivitas penduduk kota yang berfungsi sebagai pusat pelayanan pemerintah, pusat pelayanan kegiatan ekonomi dan sosial serta tempat tinggal dan umumnya bersifat non agraris (Mukhtar, 2023). Perkembangan kota bermula dari pembangunan beberapa sektor ekonomi dengan ciri-ciri seperti berkembangnya kegiatan perdagangan dan jasa, serta industri sehingga terlihat bahwa perkembangan kota mampu membangun kehidupan masyarakat menjadi lebih layak. Perkembangan kota ini akan memancing arus urbanisasi masyarakat dari pedesaan yang seterusnya dapat berdampak pada peningkatan alih fungsi lahan akibat meningkatnya kebutuhan lahan (Wibisono dkk., 2023). Salah satu teori pertumbuhan kota adalah *Sub urban Theory* yang menyatakan bahwa perkembangan kota dapat terjadi ke arah pinggiran (*urban sprawl*) akibat pertumbuhan penduduk, peningkatan kendaraan pribadi, dan pergeseran preferensi hunian. Metabolisme perkotaan sebagai analog dengan ekosistem, sebagaimana material dan energi mengalir ke dalam sistem dengan cara yang sama dengan organisme di dalam sebuah ekosistem dalam mengonsumsi sumber daya seperti sinar matahari dan makanan. Maka dari itu, konsekuensi

dari penggunaan sumber daya ini akan menghasilkan limbah yang dihasilkan oleh suatu sistem perkotaan (Mukhtar, 2023).

Urban Heat Island (UHI)

Urban Heat Island (UHI) adalah fenomena naiknya suhu perkotaan dibandingkan dengan daerah di pedesaan sering dikenal dengan anomali panas perkotaan (Aditya dkk., 2021). Fenomena UHI juga merupakan dampak negatif utama dari urbanisasi (Ranagalage dkk., 2017). Fenomena ini pertama kali dijelaskan pada tahun 1818 sebagai fenomena dimana daerah perkotaan memiliki suhu atmosfer dan permukaan yang lebih tinggi daripada daerah pedesaan di sekitarnya (Howard, 1833; Estoque dkk., 2017). UHI menunjukkan suhu permukaan udara dan daratan yang lebih tinggi di daerah perkotaan dibandingkan dengan daerah pedesaan di sekitarnya, yang dihasilkan oleh tingkat emisi energi dekat permukaan yang tinggi, penyerapan radiasi matahari oleh benda di tanah dan tingkat evapotranspirasi yang rendah, seperti pada lahan terbangun (Guha dkk., 2018). Dampak yang ditimbulkan dari UHI ini akan membuat ketidaknyamanan bagi masyarakat dalam beraktivitas, penggunaan energi berlebih, hingga gangguan kesehatan (Ermawati dkk., 2022).

Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*)

Menurut Lillesand dan Kiefer (1994), Penginderaan Jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang obyek, daerah, atau gejala dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap obyek, daerah, atau gejala yang dikaji. Sedangkan menurut Campbell dan Wynne (2011), penginderaan jauh adalah praktik memperoleh informasi tentang daratan dan permukaan air bumi menggunakan gambar yang diperoleh dari perspektif di atas kepala, menggunakan kembali radiasi elektromagnetik di satu wilayah dari spektrum elektromagnetik, yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi.

Land Surface Temperature (LST)

Land Surface Temperature (LST) atau suhu permukaan tanah adalah manifestasi fisik dari energi permukaan dan pertukaran fluks kelembaban antara atmosfer dan biosfer (Mutiibwa dkk., 2015). LST diperoleh atau dihitung dari energi yang dipancarkan oleh suatu permukaan (Andani dan Sasmito, 2018). Sensor yang digunakan untuk mendeteksi pada satelit adalah sensor *Thermal Infrared*. LST diperoleh dari hasil pengolahan kanal termal atau *Thermal Infra Red Sensor* (TIRS) seperti contoh pada seri citra LANDSAT. LST dapat berpengaruh terhadap variasi suhu pada setiap tutupan lahan di suatu daerah, yaitu cenderung turun di permukaan dengan tingkat kelembaban yang tinggi seperti permukaan lahan basah atau badan air yang memiliki konduktivitas termal yang rendah, emisivitas yang tinggi, dan kapasitas panas (Mukhtar, 2023).

Urban Thermal Field Variance Index (UTFVI)

Informasi turunan yang dapat diperoleh dari LST adalah UTFVI. Sedangkan titik-titik yang memiliki suhu permukaan paling tinggi didalam area UHI adalah UHS. Delineasi area UHI dan UHS dapat mengacu pada indeks UTFVI atau *Urban Thermal Field Variance Index*. Dimana area yang memiliki nilai indeks UTFVI paling rendah, maka daerah tersebut memiliki kondisi lingkungan yang buruk dan intensitas UHI yang tinggi (Hadibasyir dkk., 2020).

Infrastruktur Hijau

Infrastruktur hijau adalah sebuah sistem jaringan ruang terbuka hijau kota yang saling terhubung dan berguna untuk melindungi nilai serta fungsi ekosistem alami serta dapat memberikan manfaat pada keberlanjutan kehidupan masyarakat perkotaan (Azhari, 2019).

Infrastruktur hijau menjadi salah satu solusi yang menjanjikan dalam membangun masa depan berkelanjutan dimana pendekatan pengelolaan lingkungan dengan memanfaatkan elemen alamiah seperti vegetasi, tanaman, taman dan sistem aliran untuk menghadapi tantangan perkotaan (Rifa'ih, 2024). Menurut Peraturan Daerah Kota Bandar Lampung Nomor 4 Tahun 2021 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Tahun 2021-2041, ketentuan untuk ruang terbuka hijau Kota Bandar Lampung ditetapkan seluas ± 440 hektar ditambah dengan ± 38 hektar kawasan ekosistem mangrove. Syarat minimum pengembangan Ruang Terbuka Hijau adalah 30% dari luas keseluruhan perkotaan.

Infrastruktur hijau secara luas dianggap sebagai strategi yang paling efektif untuk mendinginkan suhu perkotaan melalui perlindungan dan pendinginan suhu permukaan tanah, tetapi dalam beberapa kasus juga melalui evapotranspirasi (Saroni, 2010). Tipologi infrastruktur hijau terdiri berbagai jenis kenampakan alami maupun buatan manusia mulai dari ruang terbuka hijau, hutan hingga jalur hijau. Dalam penerapannya, infrastruktur hijau terdiri dari jaringan yang saling terhubung secara integral terpadu antara RTH yang berupa area (*hub*) dan RTH yang berbentuk jalur (*link*). sehingga dapat terwujud sistem jaringan ruang terbuka hijau yang terintegrasi pada suatu kota (Azhari, 2019).

State of The Arts

State of the art (SOTA) adalah langkah awal untuk menunjukkan kebaruan hasil penelitian (*Research Novelty*) karena mendeskripsikan peta terkini atau pencapaian termaju sampai dengan hari ini (Kurniati dan Jailani, 2023). *State of the arts* sangat penting karena dapat menjelaskan posisi penelitian, relevansi, dan kesenjangan dan masalah riset (*research gap and problem*) jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu. Dalam menyusun *state of the arts*, dibutuhkan data terkait penelitian-penelitian terdahulu yang relevan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan pendekatan analisis spasial untuk mengkaji fenomena *Urban Heat Island* (UHI). Penelitian dilaksanakan di Kota Bandar Lampung dengan memanfaatkan data citra satelit dan data pendukung lainnya, sedangkan waktu penelitian menyesuaikan dengan periode pengolahan data citra dan survei lapangan. Populasi penelitian berupa seluruh wilayah Kota Bandar Lampung yang dianalisis menggunakan data spasial, sedangkan sampel penelitian berupa 85 titik sampel lapangan yang ditentukan dengan metode *stratified random sampling*. Instrumen penelitian meliputi perangkat pengolahan citra dan data spasial, citra satelit *Landsat 5, 8, dan 9*, data pola ruang RTRW Kota Bandar Lampung 2021–2041, data batas administrasi, citra resolusi tinggi, serta dokumentasi tutupan lahan hasil survei lapangan. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur, akuisisi data sekunder dari instansi terkait dan *Google Earth Engine*, serta observasi lapangan untuk validasi data. Teknik analisis data dilakukan melalui pengolahan indeks vegetasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), perhitungan suhu permukaan *Land Surface Temperature* (LST), analisis indeks lahan terbangun *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI), analisis *Urban Thermal Field Variance Index* (UTFVI) untuk identifikasi tingkat UHI, uji validasi menggunakan *confusion matrix*, pemodelan spasial menggunakan *Cellular Automata–Markov* (CA–Markov) untuk memprediksi dinamika UHI, analisis regresi linier berganda untuk mengetahui hubungan antara variabel penyebab UHI, serta analisis spasial *buffer* untuk mengidentifikasi efek *Park Cooling Distance* (PCD) dari infrastruktur hijau dalam upaya mitigasi UHI.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dinamika Suhu Permukaan, NDBI, NDVI dan UHI di Kota Bandar Lampung Tahun 1990-2025

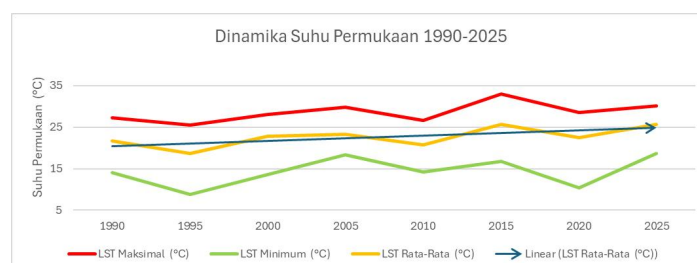
Suhu permukaan, NDBI dan NDVI di Kota Bandar Lampung selalu berubah setiap saat sesuai dengan keadaan iklim dan cuaca, akan tetapi perubahan tersebut dapat membentuk suatu tren umum yang menunjukkan arah perubahan dari dinamika itu sendiri. Data suhu permukaan berdasarkan hasil analisis spasial menunjukkan perbedaan antar data pada tiap tahun, namun kumpulan data tersebut membentuk suatu karakteristik tren perubahan suhu permukaan di Kota Bandar Lampung. Tren perubahan suhu permukaan di Kota Bandar Lampung juga menyebabkan terjadinya dinamika dari distribusi UHI di Kota Bandar Lampung. Berikut merupakan penjelasan dari hasil analisis tersebut.

Tren Suhu Permukaan di Kota Bandar Lampung

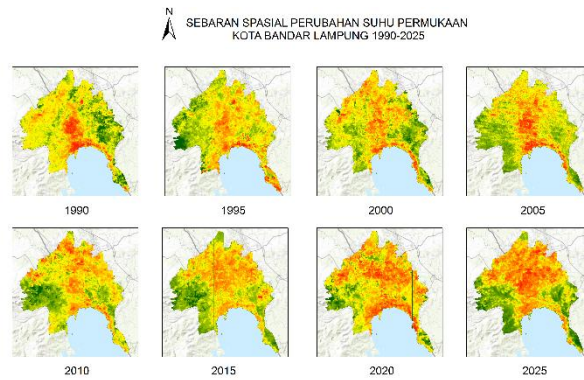
Suhu permukaan di Kota Bandar Lampung cenderung mengalami kenaikan pada tren tahun 1990-2025. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 1. Distribusi spasial dari perubahan suhu permukaan tanah juga dapat dilihat pada gambar 20. Pada terdapat beberapa tahun yang memiliki suhu rata-rata cukup tinggi yaitu tahun 2005, 2015 dan 2025. Pada tahun-tahun tersebut, telah terjadi fenomena *El Niño* yang menyebabkan suhu permukaan lebih panas dibandingkan dengan tahun-tahun lainnya. Secara keseluruhan, suhu rata-rata selama kurun waktu 35 tahun terakhir mengalami peningkatan sekitar 4°C. Suhu tertinggi pernah terjadi di tahun 2015 yaitu sekitar 33°C dan suhu terendah terjadi di tahun 1995 yaitu sekitar 8,75°C. Secara visual, sebaran spasial area suhu yang meningkat juga menjadi lebih luas, di mana gradasi warna merah menunjukkan suhu yang tinggi dan hijau menunjukkan suhu yang rendah.

Tabel 1. Dinamika Suhu Permukaan Tanah Kota Bandar Lampung Tahun 1990-2025
(Sumber : Penelitian)

No	Tahun	LST Maksimal (°C)	LST Minimum (°C)	LST Rata-Rata (°C)
1	1990	27,221	14,037	21,635
2	1995	25,477	08,751	18,592
3	2000	28,091	13,574	22,765
4	2005	29,796	18,362	23,249
5	2010	26,680	14,248	20,731
6	2015	33,000	16,821	25,717
7	2020	28,590	10,470	22,485
8	2025	30,158	18,661	25,639
Rata-rata		28,627	14,366	22,602



Gambar 1. Perubahan suhu permukaan Kota Bandar Lampung Tahun 1990-2025
(Sumber : Penelitian)



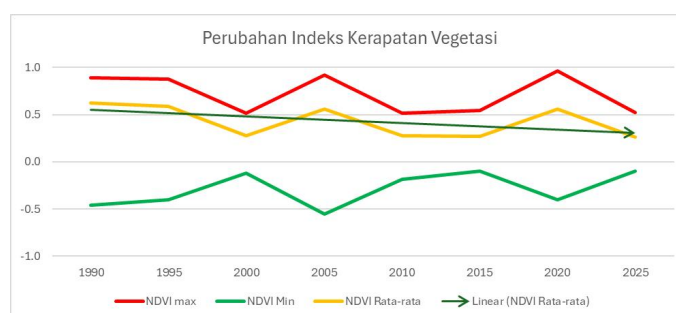
Gambar 2. Sebaran spasial suhu permukaan Kota Bandar Lampung Tahun 1990-2025
(Sumber : Hasil pengolahan data)

Tren Perubahan Indeks NDVI di Kota Bandar Lampung Tahun 1990-2025

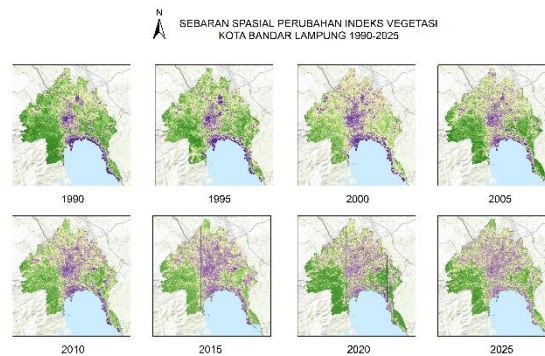
Indeks NDVI menunjukkan tingkat kerapatan vegetasi pada suatu lokasi. Kota Bandar Lampung cenderung mengalami tren penurunan kerapatan vegetasi tahun 1990-2025. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 2. Distribusi spasial dari perubahan suhu permukaan tanah juga dapat dilihat pada gambar 3. Peningkatan alih fungsi lahan hijau menjadi lahan terbangun menjadi penyebab utama terjadinya penurunan nilai kerapatan vegetasi. Secara visual sebaran spasial area non vegetasi yang meningkat juga menjadi lebih luas, dimana gradasi warna merah menunjukkan kerapatan vegetasi rendah dan hijau menunjukkan kerapatan vegetasi tinggi.

Tabel 2. Dinamika Indeks NDVI Kota Bandar Lampung Tahun 1990-2025
(Sumber : Penelitian)

No	Tahun	NDVI max	NDVI Min	NDVI Rata-rata
1	1990	0,892	-0,459	0,626
2	1995	0,877	-0,402	0,585
3	2000	0,518	-0,121	0,279
4	2005	0,919	-0,555	0,559
5	2010	0,515	-0,182	0,275
6	2015	0,541	-0,097	0,269
7	2020	0,964	-0,403	0,560
8	2025	0,524	-0,102	0,265
Rata-rata		0,719	-0,290	0,427



Gambar 3. Perubahan Indeks NDVI Kota Bandar Lampung Tahun 1990-2025
(Sumber : Hasil pengolahan data)



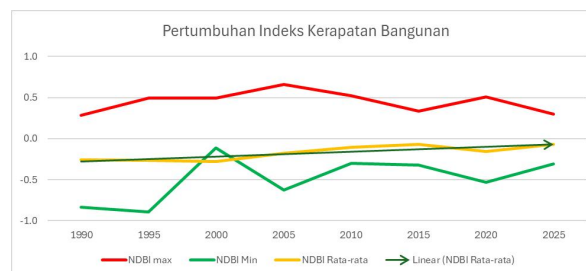
Gambar 4. Sebaran spasial indeks NDVI Kota Bandar Lampung Tahun 1990-2025
(Sumber : Hasil pengolahan data)

Tren Perubahan Indeks NDBI di Kota Bandar Lampung Tahun 1990-2025

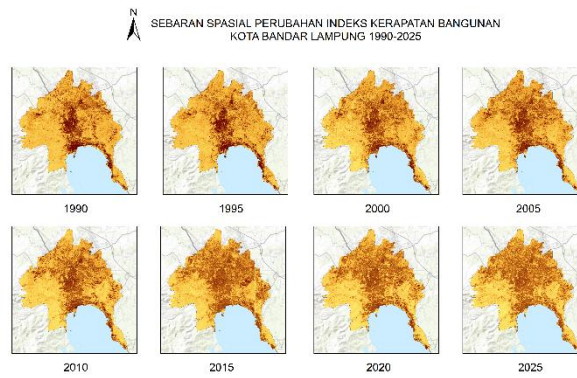
Indeks NDBI menunjukkan tingkat kerapatan bangunan pada suatu lokasi. Kota Bandar Lampung cenderung mengalami tren peningkatan kerapatan bangunan tahun 1990-2025. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 5. Peningkatan tingkat kerapatan lahan terbangun dan konversi lahan hijau menjadi terbangun disebabkan oleh meningkatnya kebutuhan akan lahan karena peningkatan jumlah penduduk. Secara visual sebaran spasial area lahan terbangun yang meningkat juga menjadi lebih luas, dimana gradasi warna kuning menunjukkan kerapatan bangunan rendah dan coklat menunjukkan kerapatan bangunan tinggi (gambar 6).

Tabel 3. Dinamika Indeks NDBI Kota Bandar Lampung Tahun 1990-2025
(Sumber : Penelitian)

No	Tahun	NDBI max	NDBI Min	NDBI Rata-rata
1	1990	0,285	-0,834	-0,259
2	1995	0,491	-0,891	-0,262
3	2000	0,495	-0,113	-0,281
4	2005	0,663	-0,627	-0,178
5	2010	0,524	-0,303	-0,108
6	2015	0,332	-0,323	-0,073
7	2020	0,509	-0,534	-0,155
8	2025	0,299	-0,311	-0,069
Rata-rata		0,450	-0,492	-0,173



Gambar 5. Perubahan Indeks NDBI Kota Bandar Lampung Tahun 1990-2025
(Sumber : Hasil pengolahan data)



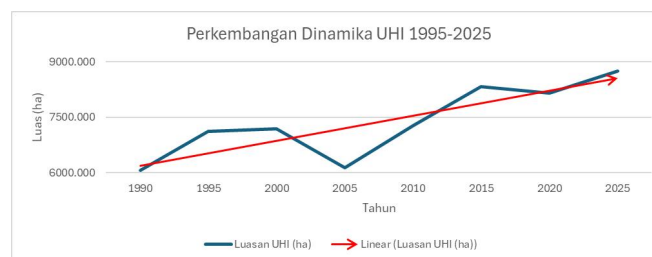
Gambar 6. Sebaran spasial indeks NDBI Kota Bandar Lampung Tahun 1990-2025
(Sumber : Hasil pengolahan data)

Dinamika Sebaran UTFVI di Kota Bandar Lampung Tahun 1990-2025

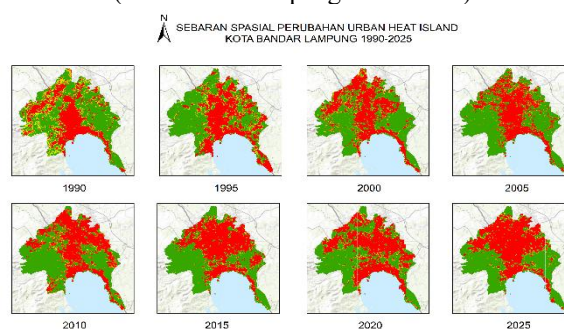
Indikasi fenomena UHI dapat diidentifikasi menggunakan indeks UTFVI. Kawasan yang terdapat fenomena UHI merupakan kawasan dengan nilai indeks UTFVI > 0,005. Luas wilayah terdampak UHI di Kota Bandar Lampung relatif mengalami peningkatan. Hal tersebut disajikan pada grafik gambar 7 dan distribusi spasial seperti pada gambar 8. Dalam rentang waktu tahun 1990-2025, terjadi peningkatan luas wilayah terdampak UHI di Kota Bandar Lampung hingga 2.676,87 hektar seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Perubahan luas kawasan terdampak UHI Kota Bandar Lampung Tahun 1990-2025
(Sumber : Penelitian)

No	Tahun	Luasan UHI (ha)
1	1990	6.068,250
2	1995	7.119,540
3	2000	7.194,060
4	2005	6.144,570
5	2010	7.270,380
6	2015	8.330,400
7	2020	8.152,380
8	2025	8.745,120
Rata-rata		7.378,088



Gambar 7. Grafik dinamika UHI di Kota Bandar Lampung Tahun 1990-2025
(Sumber : Hasil pengolahan data)



Gambar 8. Sebaran spasial perubahan UHI Kota Bandar Lampung tahun 1990-2025
(Sumber : Hasil pengolahan data)

Hasil Uji Validasi Lapangan

Hasil uji validasi lapangan dapat dilihat pada tabel 5 untuk uji validasi lahan terbangun dan tabel 6 untuk lahan vegetasi. Hasil perhitungan matriks kontingensi menunjukkan hasil pengolahan data yang cukup baik. OA menunjukkan hasil pengolahan data NDVI dan NDBI yang berada di atas standar minimum yaitu memiliki akurasi diatas 75%. Artinya hasil pengolahan data dianggap dapat mewakili keadaan yang ada di lapangan berdasarkan sampel-sampel yang ada.

Tabel 5. Matriks Kontingensi Lahan Terbangun
(Sumber : Penelitian)

		Klasifikasi NDBI			UA
		Non Terbangun	Terbangun	Grand Total	
Sampel Lapangan	Non Terbangun	34	9	43	79,07%
	Terbangun	7	35	42	83,33%
	Grand Total	41	44	85	-
PA		82,93%	79,55%	-	
OA				81,18%	

Tabel 6. Matriks Kontingensi Lahan Vegetasi
(Sumber : Penelitian)

		Klasifikasi NDVI			UA
		Non Vegetasi	Vegetasi	Grand Total	
Sampel Lapangan	Non Vegetasi	31	11	42	73,81%
	Vegetasi	3	40	43	93,02%
	Grand Total	34	51	85	-
PA		91,18%	78,4%	-	
OA				83,53%	

Korelasi Antara Faktor- faktor UHI

Korelasi antara perubahan suhu permukaan tanah sebagai variabel terikat dengan indeks NDVI (X1) indeks NDBI (X2), jarak dari pusat perkotaan (X3) , jarak dari jalan (X4), elevasi (X5) dan kelerengan (X6) dilakukan dengan menggunakan analisis regresi linier berganda. Hasil dari proses ini adalah sebuah model persamaan regresi linier berganda yang menggambarkan seberapa besar pengaruh dari variabel-variabel bebas tersebut terhadap fenomena UHI sebagai variabel terikat. Peta pada tiap-tiap parameter dapat dilihat pada lampiran.

Hasil Perhitungan Regresi Linier Berganda

Hasil analisis regresi linier berganda pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 15. X2, X3 dan X4 merupakan variabel bebas dengan probabilitas yang kecil. X1, X5 dan X6 merupakan variabel bebas dengan probabilitas besar. Model regresi linier berganda ini memiliki nilai *Adjusted R-Squared* hingga 0,824791. Artinya, secara bersama-sama variabel bebas dalam model Anda mampu menjelaskan 82,47% variasi dari variabel terikat. Ini termasuk nilai yang sangat kuat. Nilai *Durbin-Watson* yaitu 1,939363 menunjukkan bahwa tidak terdapat masalah autokorelasi antar sampel, yang merupakan syarat penting dalam regresi linier.

Tabel 7. Hasil Analisis Regresi Linier berganda

Variabel Bebas	Koefisien	Standar Error	T-hitung	Probabilitas
C	24,96913	0,309875	80,57812	0
X1	-1,72305	1,183897	-1,45541	0,1496
X2***	6,329682	1,526332	4,146988	0,0001
X3***	-0,10249	0,029788	-3,44055	0,0009
X4	-0,00139	0,000511	-2,72182	0,0080
X5	-0,00708	0,006388	-1,10875	0,2709
X6	-0,00094	0,000782	-1,20154	0,2332

Variabel Bebas	Koefisien	Standar Error	T-hitung	Probabilitas
R-squared	0,837306			
Adjusted R-squared	0,824791			
Durbin-Watson stat	1,939363			

$$LST = (-1,72305 \times NDVI) + (6,329682 \times NDBI) + (-0,10249 \text{ PKP}) + (-0,00139 \times \text{Jalan}) + (-0,00708 \times \text{kelerengan}) + (-0,00094 \times \text{elevasi}) + 24,96913$$

Analisa Korelasi Antar Variabel

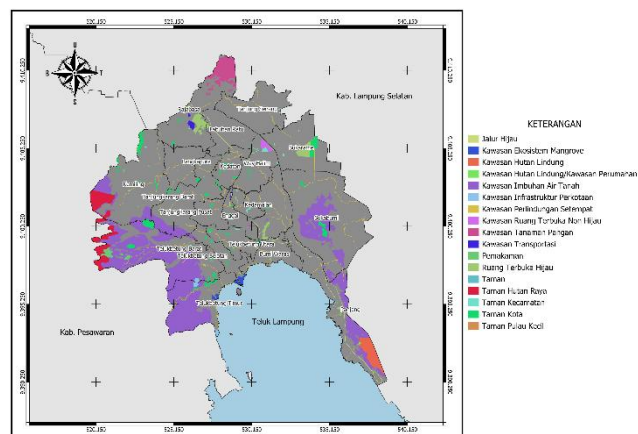
Hubungan antara variabel bebas dan juga terikat dapat dijelaskan secara parsial juga juga secara bersama-sama. Secara statistik, indeks NDVI, NDBI dan faktor-faktor pendorong dapat menjelaskan perubahan LST dengan cukup baik. Jika dijelaskan secara parsial, indeks NDBI, jarak dari pusat kegiatan perkotaan dan jarak dari jalan secara statistik sangat berpengaruh nyata terhadap perubahan suhu permukaan. Meningkatnya nilai indeks NDBI yang menyatakan kenaikan kerapatan bangunan dapat menyebabkan naiknya suhu permukaan dan semakin jauh jarak suatu lokasi dari pusat kegiatan permukiman dan jalan maka akan semakin rendah suhu permukaan di lokasi tersebut. Hubungan antara suhu permukaan dengan NDVI, kelerengan dan elevasi secara teori benar, namun secara statistik tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan suhu permukaan. Kenaikan NDVI atau indeks kerapatan vegetasi, kenaikan persentase kelerengan dan kenaikan elevasi dapat menurunkan suhu permukaan tanah, namun secara parsial tidak menjadi faktor utama dari peningkatan suhu permukaan tanah.

Infrastruktur Hijau Kota Bandar Lampung

Infrastruktur hijau diidentifikasi berdasarkan kombinasi dari ekstraksi data ruang hijau dari pola ruang RTRW Kota Bandar Lampung dan digitasi citra resolusi tinggi. Setelah identifikasi infrastruktur hijau, akan dilakukan analisis *buffer* untuk melihat seberapa luas jangkauan efek PCD pada radius 60 meter dan 120 meter.

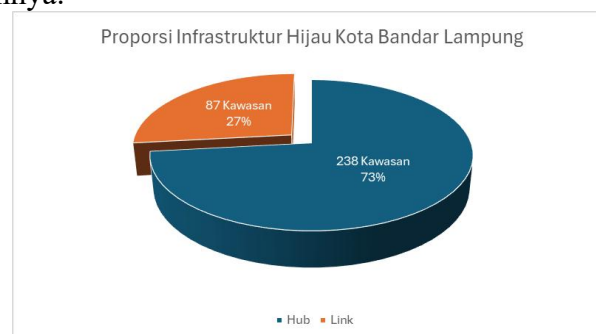
Hasil Identifikasi Infrastruktur Hijau Kota Bandar Lampung

Berdasarkan hasil identifikasi dari pola ruang dan citra resolusi tinggi, diperoleh infrastruktur hijau Kota Bandar Lampung seluas 4.560,08 hektar. Infrastruktur hijau tersebut berupa *hub* yang terdiri dari taman hijau, makam, dan ruang terbuka Hijau dan taman hutan raya. Infrastruktur hijau berupa *link* terdiri dari jalur hijau dan kawasan perlindungan setempat berupa sempadan sungai dan pantai. Secara spasial, sebaran infrastruktur hijau Kota Bandar Lampung dapat dilihat pada gambar 27. Proporsi infrastruktur hijau *hub* lebih dominan dari *link* di Kota Bandar Lampung seperti pada gambar 28. Luasan masing-masing kategori Infrastruktur hijau dapat dilihat pada tabel 10 dengan luas terbesar adalah Kawasan Imbuhan Air Tanah.



Gambar 9. Infrastruktur Hijau Kota Bandar Lampung
(Sumber : Hasil pengolahan data)

Berdasarkan hasil identifikasi spasial yang menggabungkan peta pola ruang dengan deliniasi citra resolusi tinggi, Kota Bandar Lampung memiliki total luasan infrastruktur hijau sebesar 4.560,08 hektar yang terbagi ke dalam berbagai tipologi fungsional. Data kuantitatif pada tabel 16 menunjukkan bahwa komposisi ini didominasi secara signifikan oleh Kawasan Imbuhan Air Tanah yang mencapai luasan 2.847,41 hektar, diikuti oleh Taman Hutan Raya seluas 296,686 hektar dan Taman Kota seluas 295,937 hektar. Struktur jaringan hijau di kota ini memperlihatkan pola konfigurasi ekologis yang unik, dimana proporsi elemen pembentuknya lebih banyak berupa *Hub* dibandingkan *Link*. Gambar 28 menunjukkan proporsi memperlihatkan bahwa 73% dari total kawasan (238 kawasan) berfungsi sebagai *Hub*, sementara elemen *Link* atau koridor penghubung hanya berkontribusi sebesar 27% (87 kawasan). Ketimpangan proporsi antara *Hub* dan *Link* ini mengindikasikan bahwa infrastruktur hijau di Bandar Lampung cenderung berbentuk *patch* atau area yang terpusat, namun belum memiliki konektivitas linier yang optimal untuk menghubungkan satu kawasan hijau dengan kawasan lainnya.



Gambar 10. Proporsi Infrastruktur Hijau Kota Bandar Lampung berdasarkan jumlah
(Sumber : Hasil pengolahan data)

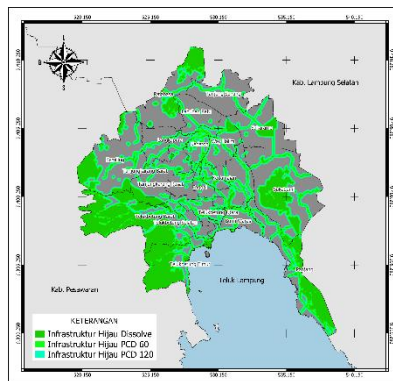
Tabel 8. Luas infrastruktur hijau Kota Bandar Lampung

Infrastruktur Hijau	Luas (ha)
Jalur Hijau	67,783
Kawasan Ekosistem Mangrove	37,696
Kawasan Hutan Lindung	147,342
Kawasan Hutan Lindung/Kawasan Perumahan	2,235
Kawasan Imbuhan Air Tanah	2.847,41
Kawasan Infrastruktur Perkotaan	26,473
Kawasan Perlindungan Setempat	296,086
Kawasan Ruang Terbuka Non Hijau	30,417
Kawasan Tanaman Pangan	221,879
Kawasan Transportasi	23,167
Pemukaman	56,053
Ruang Terbuka Hijau	177,834
Taman	2,441
Taman Hutan Raya	296,686
Taman Kecamatan	29,679
Taman Kota	295,937
Taman Pulau Kecil	0,962
Total	4.560,08

Model *Park Cooling Distance* Infrastruktur Hijau Kota Bandar Lampung

Analisis spasial pada peta memperlihatkan pola distribusi layanan *Park Cooling Distance* (PCD) yang sangat variatif di seluruh wilayah Kota Bandar Lampung, mengikuti sebaran fisik infrastruktur hijau yang ada. Pada gambar 29, visualisasi *buffer* spasial pada peta menegaskan bahwa jangkauan layanan PCD, baik pada radius intensif 60 meter (hijau

muda) maupun jangkauan luas 120 meter, terbentuk secara linier dan kluster mengikuti keberadaan vegetasi. Wilayah pinggiran kota seperti Kecamatan Kemiling, Sukabumi, dan Panjang menunjukkan pola jangkauan PCD yang masif dan saling terhubung (konektivitas tinggi), membentuk zona layanan yang luas dan berkelanjutan. Sebaliknya, pada wilayah pusat kota yang padat bangunan, jangkauan PCD terlihat sangat terfragmentasi dan terputus-putus, menyisakan banyak area kosong (warna abu-abu) yang tidak terjangkau oleh layanan infrastruktur hijau sama sekali. Kondisi spasial ini mengindikasikan bahwa distribusi infrastruktur hijau saat ini belum merata, menyebabkan ketimpangan akses terhadap layanan PCD antarwilayah kecamatan, di mana wilayah pusat kota memiliki keterbatasan jangkauan yang paling kritis.



Gambar 11. Efek Park Cooling Distance Infrastruktur Hijau
(Sumber : Penelitian)

Berdasarkan data kuantitatif pada tabel 9, total luasan infrastruktur hijau dan jangkauan PCD-nya menunjukkan disparitas yang tajam dan indikasi ketidaksesuaian dengan kebutuhan ruang hijau yang ideal di beberapa kecamatan. Kecamatan Sukabumi memiliki luasan infrastruktur hijau terbesar (567,331 ha) dengan jangkauan layanan PCD 120 mencapai 1.178,384 ha, yang mengindikasikan ketersediaan ruang hijau yang sangat memadai. Namun, kondisi kontradiktif terjadi di kecamatan pusat kota seperti Tanjungkarang Pusat (10,529 ha) dan Enggal (16,789 ha), dimana luasan infrastruktur hijaunya sangat minim. Jika mengacu pada ketentuan umum tata ruang yang mensyaratkan proporsi RTH publik minimal RTH 30% dari luas wilayah, angka-angka di kecamatan pusat ini tergolong sangat rendah (kurang), mengingat luas jangkauan PCD 120-nya pun tidak mampu menutupi wilayah yang ada secara signifikan. Ketimpangan angka luasan PCD 120 antar kecamatan mulai dari ratusan hektar di pinggiran hingga hanya belasan hektar di pusat menjadi bukti kuantitatif bahwa penyediaan infrastruktur hijau di pusat kota Bandar Lampung masih jauh di bawah standar yang dibutuhkan untuk menciptakan jangkauan layanan lingkungan yang optimal bagi seluruh kota.

Tabel 9. Jangkauan Park Cooling Distance infrastruktur hijau

Kecamatan	Luas Infrastruktur Hijau (ha)	Luas PCD 60 (ha)	Luas PCD 120 (ha)
Bumi Waras	27,997	125,742	198,471
Enggal	16,789	67,452	124,318
Kedamaian	55,964	254,069	414,324
Kedaton	40,918	174,898	267,762
Kemiling	399,501	633,29	857,607
Labuhan Ratu	17,711	94,624	165,688
Langkapura	18,717	98,883	175,7
Panjang	509,359	808,209	994,955
Rajabasa	334,991	524,189	661,949
Sukabumi	567,331	900,565	1178,384
Sukarame	115,57	229,861	346,708
Tanjung Senang	15,842	104,554	186,082
Tanjungkarang Barat	171,625	332,715	499,244
Tanjungkarang Pusat	10,529	60,305	105,617

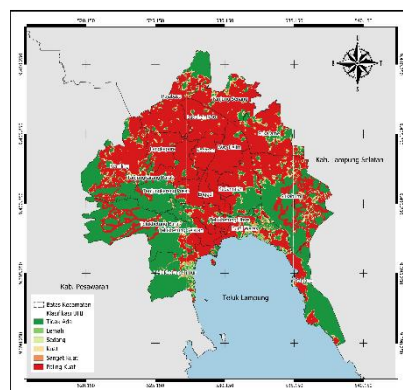
Tanjungkarang Timur	17,986	87,497	140,823
Telukbetung Barat	1358,109	1674,406	1849,139
Telukbetung Selatan	46,776	134,018	207,789
Telukbetung Timur	736,602	859,641	937,895
Telukbetung Utara	28,338	130,439	229,72
Way Halim	69,425	196,658	297,454
Total	4.560,08	7.492,015	9.839,629

Pemodelan Mitigasi UHI di Kota Bandar Lampung

Pemodelan mitigasi UHI dilakukan dengan pemodelan UHI tahun 2041 berdasarkan data UHI tahun 1990 dan 2041, untuk melihat perkembangan fenomena UHI. Kemudian dilakukan identifikasi infrastruktur hijau dan dilakukan analisis *buffer* untuk membuat model PCD untuk melihat jangkauan pendinginan dari infrastruktur hijau. Kedua data ini kemudian dilakukan analisis *overlay* untuk melihat jangkauan reduksi UHI dari efek PCD infrastruktur hijau tersebut untuk selanjutnya dilakukan analisis untuk melihat arahan yang sebaiknya disarankan untuk kebijakan tata ruang dalam rangka perlindungan ekologis kawasan perkotaan.

Pemodelan UHI di Kota Bandar Lampung Tahun 2041

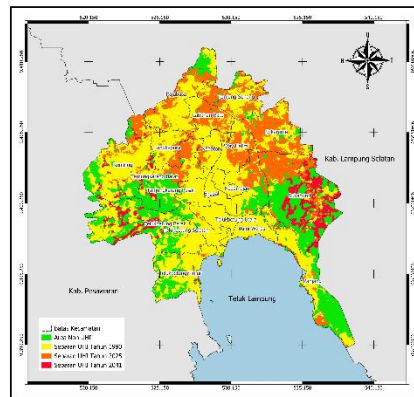
Hasil pemodelan spasial distribusi UHI pada tahun 2041 yang diproyeksikan menggunakan metode *Cellular Automata-Markov Chain* menunjukkan kondisi lingkungan termal yang semakin kritis bagi wilayah kota. Berdasarkan visualisasi peta prediksi, terlihat jelas bahwa wilayah kota didominasi oleh kelas UHI dengan intensitas "Paling Kuat", yang direpresentasikan oleh warna merah pekat yang menyebar luas hampir di seluruh bagian tengah hingga pinggiran kota (gambar 12). Wilayah terdampak UHI di tahun 2041 diprediksi seluas 11.886.332 ha. Dominasi kelas suhu paling tinggi ini mengindikasikan bahwa akan ada perkembangan luas wilayah terdampak UHI yang relatif signifikan dan peningkatan suhu permukaan yang relatif lebih tinggi di masa depan. Pola penyebaran ini tidak lagi terpusat hanya di inti kota, melainkan telah merambah ke area yang sebelumnya merupakan zona penyangga hijau, menyisakan sedikit area dengan klasifikasi "Tidak Ada" atau "Lemah" di bagian pesisir dan perbukitan. Fenomena ini menjadi peringatan bagi perencanaan tata kota karena luasnya cakupan zona panas tersebut berpotensi menurunkan kenyamanan termal penduduk secara signifikan dan merata.



Gambar 12. Model spasial distribusi UHI tahun 2041
(Sumber : Hasil pengolahan data)

Jika disandingkan dengan data historis tahun 1990 dan data terkini yaitu tahun 2025, dinamika sebaran UHI memperlihatkan tren ekspansi spasial yang relatif luas (gambar 13). Peta komparasi menunjukkan pergeseran dari sebaran tahun 1990 yang berwarna kuning dan masih terbatas, menjadi jauh lebih luas dengan intensitas yang meningkat pada tahun 2025 yang ditandai dengan warna oranye. Puncaknya terjadi pada prediksi tahun 2041, dimana area

berwarna merah menyebar ke wilayah-wilayah yang pada tahun 1990 dan 2025 masih tergolong sebagai area Non-UHI atau zona hijau yang aman. Perubahan ini menggambarkan betapa cepatnya laju urbanisasi menggerus ruang terbuka hijau, mengubah lanskap kota menjadi perangkap panas raksasa dalam kurun waktu lima dekade terakhir. Transformasi warna pada peta dari dominasi hijau menjadi dominasi merah dan oranye menjadi bukti visual yang tak terbantahkan mengenai eskalasi dampak pemanasan kota yang terus meluas tanpa kendali yang memadai.



Gambar 13. Model spasial perkembangan distribusi UHI 1990-2041
(Sumber : Hasil pengolahan data)

Analisis kuantitatif lebih lanjut berdasarkan grafik perkembangan distribusi UHI antara tahun 2025 hingga 2041 mengungkapkan disparitas dampak yang signifikan antar kecamatan. Kecamatan Sukabumi tercatat mengalami lonjakan luas area terdampak paling ekstrem, mencapai angka di atas 700 hektar, menjadikannya wilayah dengan kerentanan tertinggi terhadap peningkatan suhu permukaan. Selain itu, Kecamatan Telukbetung Barat dan Kemiling juga menunjukkan kenaikan yang sangat mencolok, masing-masing berada di kisaran 400 hektar dan 300 hektar, yang mengindikasikan adanya pergeseran pembangunan masif ke arah wilayah-wilayah tersebut. Sebaliknya, kecamatan yang berada di pusat kota lama seperti Enggal dan Tanjungkarang Pusat memperlihatkan penambahan luas UHI yang relatif kecil, kemungkinan karena wilayah tersebut sudah mengalami saturasi lahan terbangun sejak periode sebelumnya. Data ini menegaskan bahwa pemodelan fenomena UHI di tahun 2041 justru akan terjadi secara masif di wilayah penyangga atau pinggiran kota yang saat ini mungkin masih memiliki tutupan lahan vegetasi.

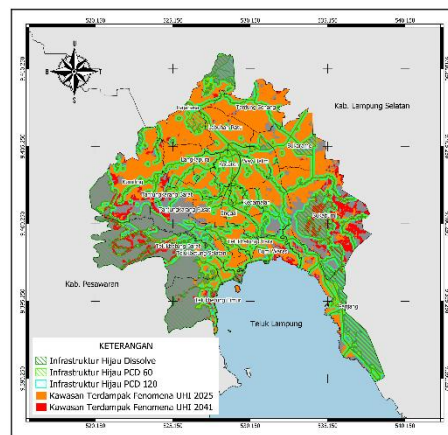


Gambar 14. Grafik perkembangan distribusi UHI 1990-2041 per kecamatan
(Sumber : Hasil pengolahan data)

Pemodelan Potensi Mitigasi UHI di Kota Bandar Lampung Tahun 2025 dan tahun 2041

Analisis *overlay* antara peta sebaran Urban Heat Island (UHI) dan jangkauan *Park Cooling Distance* (PCD) menunjukkan adanya kesenjangan ekologis yang signifikan, dimana infrastruktur hijau yang ada belum mampu mereduksi fenomena panas perkotaan secara

optimal. Visualisasi spasial memperlihatkan bahwa area terdampak UHI, yang ditandai dengan zonasi warna oranye (tahun 2025) dan merah (tahun 2041), justru meluas di area atau kawasan terbangun yang tidak terjangkau oleh efek PCD dari infrastruktur hijau sama sekali. Pola jangkauan PCD, baik pada radius 60 meter maupun 120 meter, terlihat sangat terfragmentasi dan terputus-putus (*discontinuous*), terutama di kawasan pusat kegiatan perkotaan yang padat, sehingga belum mampu membentuk sabuk pendingin yang efektif untuk menetralkan suhu panas. Ketidampampuan infrastruktur hijau dalam mereduksi UHI ini dikonfirmasi oleh minimnya irisan antara area hijau dengan *hotspot* UHI, yang mengindikasikan bahwa lokasi infrastruktur hijau eksisting tidak berada pada posisi strategis untuk memitigasi kenaikan suhu. Akibatnya, layanan ekosistem pendinginan menjadi tidak merata, membiarkan pusat-pusat aktivitas ekonomi dan permukiman padat terpapar tekanan panas yang ekstrem tanpa *buffer* mikroklimat yang memadai.



Gambar 15. Pemodelan Reduksi UHI 2025 dan 2041 dengan infrastruktur hijau
(Sumber : Hasil pengolahan data)

Tabel 10. Luasan reduksi UHI oleh infrastruktur hijau per kecamatan dalam hektar

Kecamatan	Infrastruktur Hijau		PCD 60		PCD 120	
	2025	2041	2025	2041	2025	2041
Panjang	25,459	36,107	163,424	189,446	285,414	318,162
Sukabumi	23,638	186,33	119,638	391,125	213,091	571,727
Bumi Waras	13,672	15,215	78,210	87,001	134,559	147,873
Rajabasa	109,995	115,478	245,727	261,645	371,397	394,008
Kemiling	30,362	55,742	142,025	224,944	264,623	402,106
Sukarame	63,490	67,828	166,317	170,715	272,997	277,481
Telukbetung Selatan	8,164	13,043	49,316	56,5	89,675	96,858
Tanjungkarang Pusat	10,530	10,53	60,305	60,305	105,617	105,617
Labuhan Ratu	17,511	17,511	93,903	93,903	164,835	164,835
Kedamaian	19,226	19,226	130,588	130,808	236,603	236,823
Tanjung Senang	12,450	12,616	86,276	86,865	157,613	158,229
Telukbetung Timur	22,085	52,214	76,257	133,294	122,58	198,841
Telukbetung Utara	14,786	14,804	96,352	96,554	185,65	186,101
Tanjungkarang Barat	23,126	23,267	120,908	122,667	227,738	233,154
Telukbetung Barat	17,114	240,877	78,348	418,653	126,071	509,611
Tanjungkarang Timur	15,955	15,955	82,797	82,797	134,625	134,625
Kedaton	35,476	35,476	169,238	169,238	261,397	261,397
Enggal	15,646	15,646	63,093	63,152	117,821	117,911
Way Halim	53,521	53,521	180,012	180,012	280,576	280,576
Langkapura	11,022	11,89	79,836	84,869	149,717	156,2
Total	543,228	1.013,276	2.282,570	3.104,493	3.902,599	4.952,135

Ditinjau dari aspek kuantitatif dan kebijakan tata ruang seperti pada tabel 10, data luasan menunjukkan stagnasi pertumbuhan infrastruktur hijau di pusat kota seperti Tanjungkarang Pusat yang tetap di angka 10,53 hektar dari tahun 2025 hingga 2041 yang mencerminkan lemahnya proteksi ruang hijau dalam struktur tata ruang kota. Masalah mendasar yang teridentifikasi adalah bahwa status lahan dari banyak tutupan vegetasi aktual ternyata tidak dikategorikan sebagai Ruang Terbuka Hijau (RTH) lindung dalam peta pola ruang, melainkan masuk ke dalam kategori kawasan budidaya seperti perumahan, perdagangan, dan industri. Ketidaksesuaian kategori ini mengakibatkan infrastruktur hijau tersebut memiliki kerentanan yang sangat tinggi terhadap alih fungsi lahan (*land conversion*), karena secara legalitas lahan tersebut sah untuk dibangun menjadi area kedap air (*impervious surface*). Kondisi ini menjelaskan mengapa luasan infrastruktur hijau murni sangat minim dan sulit bertambah, karena "aset hijau" yang ada saat ini justru dipandang sebagai cadangan lahan untuk pembangunan fisik daripada sebagai infrastruktur ekologis.

Arahan Rencana Tata Ruang untuk Mitigasi UHI

Revisi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Bandar Lampung Tahun 2021-2041 perlu dilakukan untuk mendukung lingkungan perkotaan yang tangguh dan juga tahan dari dampak degradasi ekologis. Revisi kebijakan yang mengunci status lahan hijau privat menjadi kawasan lindung atau insentif hijau seperti di Kecamatan Kemiling, Teluk Betung Barat, Teluk Betung Timur dan Tanjung Karang Barat serta Panjang. Peluang untuk memperluas jangkauan PCD guna mereduksi UHI akan semakin tertutup oleh laju pembangunan properti. Namun revisi tata ruang hanya dapat dilakukan pada kawasan yang masih memiliki potensi pengembangan.

Untuk kawasan yang telah terkunci menjadi kawasan perkotaan seperti tanjung karang timur, tanjung karang pusat, Teluk Betung Utara, Teluk Betung Selatan, Bumi Waras, lalu kawasan permukiman seperti Way Halim, Kedaton, Sukarame, Kedamaian, Rajabasa dan Sukabumi dapat dilakukan solusi lain seperti mulai dilakukannya peralihan dari bangunan biasa menjadi bangunan hijau (*green building*) untuk meningkatkan albedo dan menurunkan suhu permukaan dan mereduksi fenomena UHI (Sari, 2022). Implementasi bangunan hijau di Kota Bandar Lampung sendiri belum terlalu masif dan masih cukup berpotensi untuk dapat dilakukan sebagai langkah mitigasi UHI di Kota Bandar Lampung untuk kawasan-kawasan yang relatif sulit dilakukan konversi menjadi lahan hijau. Berikut merupakan hasil dari beberapa penelitian terkait manfaat dari implementasi infrastruktur hijau untuk menurunkan suhu permukaan dan mereduksi fenomena UHI di beberapa lokasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis, didapatkan beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini. Adapun kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian ini adalah seperti berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis tren tahun 1990-2025 dalam interval 5 tahun, dinamika dan tren perubahan dari suhu permukaan tanah mengalami peningkatan sebesar 3,73 °C, indeks vegetasi mengalami penurunan sebesar 0,361 dan indeks lahan terbangun mengalami kenaikan sebesar 0,19. dinamika Luas kawasan terdampak UHI meningkat hingga 2.676,87 hektar. Seiring dengan peningkatan kawasan terdampak UHI, terjadi kenaikan suhu permukaan dan juga kerapatan lahan terbangun, serta menurunnya kerapatan vegetasi pada Kota Bandar Lampung.
2. Model regresi ini tergolong sangat kuat (*Adjusted R-Squared* 82,47%) dan bebas autokorelasi. Secara statistik, indeks kerapatan bangunan serta jarak ke pusat kegiatan perkotaan dan jalan berpengaruh nyata. Peningkatan kerapatan bangunan signifikan menaikkan suhu, sedangkan lokasi yang menjauhi pusat kegiatan perkotaan menurun suhu. Sebaliknya, indeks kerapatan vegetasi, kelerengan, dan elevasi tidak

- berpengaruh nyata meski arah hubungannya sesuai teori vegetasi yang semakin rapat, keterlerangan yang makin curam dan elevasi yang makin tinggi menurunkan suhu permukaan. Temuan ini menegaskan bahwa kerapatan bangunan dan aktivitas perkotaan adalah faktor utama perubahan suhu permukaan di Kota Bandar Lampung.
3. Berdasarkan hasil identifikasi dari pola ruang dan citra resolusi tinggi, diperoleh infrastruktur hijau Kota Bandar Lampung seluas 4.560,08 hektar. Infrastrukturhijau didominasi secara signifikan oleh Kawasan Imbuhan Air Tanah yang mencapai luasan 2.847,41 hektar, diikuti oleh Taman Hutan Raya seluas 296,686 hektar dan Taman Kota seluas 295,937 hektar. Komposisi infrastruktur Kota Bandar Lampung terdiri dari 78% *hub* dan 22% *link*. Hasil *buffer* efek PCD 60 meter, inrastruktur hijau memiliki jangkauan hingga seluas 7.492,015 hektar dan PCD 120 meter seluas 9.839,629 hektar. Jika mengacu pada ketentuan umum tata ruang yang mensyaratkan proporsi ruang hijau publik minimal 30% dari luas wilayah, luasan ini tergolong sangat rendah.
 4. Analisis spasial menunjukkan kesenjangan ekologis yang signifikan di mana perluasan UHI terjadi pada kawasan yang tidak terjangkau efek *Park Cooling Distance* (PCD) akibat fragmentasi infrastruktur hijau yang ada. Kegagalan mitigasi ini terkonfirmasi secara kuantitatif melalui hasil perhitungan luasan infrastruktur hijau di pusat kota, seperti Tanjungkarang Pusat, yang tetap bertahan pada angka 10,53 hektar sepanjang periode 2025 hingga 2041. Terdapat celah pada zonasi pola ruang, di mana banyak vegetasi aktual justru berada di zona budidaya sehingga sangat rentan mengalami alih fungsi lahan menjadi area terbangun dan kedap air. Untuk mengatasi hal ini, revisi RTRW Kota Bandar Lampung diperlukan untuk mengunci status kawasan lindung di wilayah potensial seperti Kemiling dan Teluk Betung agar terhindar dari degradasi ekologis. Adapun bagi kawasan yang telah jenuh bangunan seperti Tanjung Karang Timur dan Way Halim, strategi mitigasi harus dialihkan pada penerapan bangunan hijau untuk menurunkan suhu permukaan secara efektif.

REFERENSI

- Aprenaldi, M. A. (2024). *Pengaruh kependudukan dan harga lahan terhadap perubahan tutupan lahan di wilayah peri-urban Kecamatan Kemiling Kota Bandar Lampung tahun 2013 & 2023*. Institut Teknologi Sumatera.
- Aditya, Y., Septiarani, B., & Pradana, B. (2021). Pemanfaatan citra satelit Landsat multitemporal untuk analisis persebaran urban heat island (UHI): Studi kasus Kota Tegal. *Seminar Nasional Geomatika 2021*, 711–720.
- Andani, N. D., & Sasmito, B. (2018). Kenyamanan termal (Temperature Humidity Index) di Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(3).
- Aprenaldi, M. A. (2024). *Pengaruh kependudukan dan harga lahan terhadap perubahan tutupan lahan di wilayah peri-urban Kecamatan Kemiling Kota Bandar Lampung tahun 2013 & 2023*. Institut Teknologi Sumatera.
- Azhari, D. (2019). *Kajian pengembangan infrastruktur hijau dengan metode sistem dinamik untuk Kota Bandar Lampung yang berkelanjutan*. Institut Teknologi Sumatera.
- Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011). *Introduction to remote sensing* (5th ed.). The Guilford Press.
- Ermawati, M., Syahputra, A., & Mutmainah, T. (2022). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi urban heat island di Kota Bandar Lampung. *Reka Ulang*, 5(1), 54–66.
- Estoque, R. C., Murayama, Y., & Myint, S. W. (2017). Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia. *Science of the Total Environment*, 577, 349–359.

- Febria, C. (2021). *Faktor-faktor lingkungan fisik rumah yang berhubungan dengan kejadian ISPA pada balita di wilayah kerja Puskesmas Rawat Inap Kedaton Kota Bandar Lampung tahun 2020*. Politeknik Kesehatan Tanjung Karang.
- Guha, S., Govil, H., Dey, A., & Gill, N. (2018). Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples City, Italy. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 667–678.
- Hadibasyir, H. Z., Fikriyah, V. N., & Taufiqurrahman, M. I. (2020). Microscale urban ecological condition mapping using Landsat 8 imagery in Semarang City. *La Geografia*, 18(3), 209–220.
- Hakim, L. N. (2024). *Analisis fenomena urban heat island (UHI) di Kota Bandar Lampung periode 2017–2022 dengan menggunakan Google Earth Engine*. Institut Teknologi Sumatera.
- Hidayat, O., Pontoh, N. K., & Prasetya, D. B. (2018). *Perkembangan urban sprawl ditinjau dari aspek fisik pada wilayah peri urban Kota Bandar Lampung (Studi kasus: Kecamatan Tanjung Senang, Kota Bandar Lampung dan Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan)*. Institut Teknologi Sumatera.
- Howard, L. (1833). *The climate of London*. W. Phillips.
- Kurniati, D., & Jailani, M. S. (2023). Kajian literatur: Referensi kunci, state of art, keterbaruan penelitian (novelty). *Jurnal QOSIM Jurnal Pendidikan Sosial & Humaniora*, 1(1), 1–6.
- Lature, A. K. N. (2019). *Identifikasi pola spasial perkembangan fisik melalui pertumbuhan kawasan perumahan di Kecamatan Sukarame Kota Bandar Lampung*. Institut Teknologi Sumatera.
- Lillesand, T. M., & Kiefer, W. R. (1994). *Remote sensing and image interpretation* (3rd ed.). Wiley.
- Linda, M., Sari, N., Fikri, A., Murwanto, B., & Yushananta, P. (2022). Analisis faktor lingkungan fisik dan kejadian tuberkulosis di wilayah kerja Puskesmas Kedaton Kota Bandar Lampung. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Ruwa Jurai*, 16(3), 152–158.
- Mukhtar, D. S. (2023). *Potensi pengembangan infrastruktur hijau sebagai upaya mitigasi fenomena surface urban heat island di Kota Cilegon*. Institut Teknologi Bandung.
- Mutiibwa, D., Strachan, S., & Albright, T. (2015). Land surface temperature and surface air temperature in complex terrain. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 8(10), 4762–4774.
- Pemerintah Kota Bandar Lampung. (2024). *Kajian lingkungan hidup strategis (KLHS) RPJPD Kota Bandar Lampung 2025–2045*.
- Pratama, H. F., Aprillia, T., Febrian, Y., & Rafi, A. (2024). Analisis spasio-temporal pengaruh pertumbuhan penduduk terhadap luas area vegetasi dan area terbangun pada tahun 2013 dan 2023 (Studi kasus: Kota Bandarlampung). *Nusantara Journal of Multidisciplinary Science*, 1(10), 736–742.
- Ranagalage, M., Estoque, R. C., & Murayama, Y. (2017). An urban heat island study of the Colombo metropolitan area, Sri Lanka, based on Landsat data (1997–2017). *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(7).
- Rifa'ih. (2024). Green infrastructure dan green economy membangun masa depan berkelanjutan di Indonesia. [https://www.setneg.go.id/baca/index/green infrastructure dan green economy me mbangun masa depan berkelanjutan di indonesia](https://www.setneg.go.id/baca/index/green%20infrastructure%20dan%20green%20economy%20me%20mbangun%20masa%20depan%20berkelanjutan%20di%20indonesia)
- Saroni. (2010). Isolating the urban heat island contribution in a complex terrain and its application for an arid city. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49, 2159–2166.

- 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*, 5(1), 148.
- Sari, F. E. K. (2022). *Redesain "Teras Malioboro 2" dengan pendekatan green building untuk mengurangi fenomena urban heat island di Malioboro Yogyakarta.*