

**STUDI TENTANG FENOMENA *URBAN HEAT ISLAND* (UHI) PADA
KOTA BANDAR LAMPUNG DAN KABUPATEN KARAWANG**

(Skripsi)

Oleh

**KEVIN GABRIEL BAGINDA PAMUNGKAS SITORUS
2114121055**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

STUDI TENTANG FENOMENA *URBAN HEAT ISLAND* (UHI) PADA KOTA BANDAR LAMPUNG DAN KABUPATEN KARAWANG

Oleh

KEVIN GABRIEL BAGINDA PAMUNGKAS SITORUS

Perubahan tata guna lahan akibat urbanisasi yang pesat memicu peningkatan suhu permukaan dan berkurangnya vegetasi di kawasan perkotaan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi fenomena *Urban Heat Island* (UHI) serta menganalisis hubungan antara suhu permukaan, kerapatan vegetasi (*Normalized Difference Vegetation Index*/NDVI), dan kepadatan bangunan (*Normalized Difference Built-up Index*/NDBI) di Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang. Data yang digunakan meliputi citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS tahun 2014, 2019, dan 2024, serta data suhu harian dari *MarkSim* dan pengukuran lapangan. Analisis dilakukan dengan metode penginderaan jauh menggunakan perangkat lunak *ArcGIS* 10.8 untuk menghasilkan peta UHI, NDVI, dan NDBI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fenomena UHI teridentifikasi jelas di Bandar Lampung dengan pola peningkatan suhu dari wilayah pinggiran menuju pusat kota, sedangkan di Karawang distribusi suhu lebih merata akibat dominasi kawasan industri. Temuan ini mengungkapkan adanya hubungan negatif antara NDVI dan suhu permukaan, serta hubungan positif antara NDBI dan peningkatan suhu. Penambahan ruang terbuka hijau serta pengendalian pembangunan kawasan terbangun menjadi langkah penting untuk mitigasi UHI di wilayah perkotaan.

Kata kunci: Bandar Lampung, Karawang, NDBI, NDVI, penginderaan jauh, UHI

ABSTRACT

STUDY OF THE URBAN HEAT ISLAND (UHI) PHENOMENON IN BANDAR LAMPUNG CITY AND KARAWANG REGENCY

By

KEVIN GABRIEL BAGINDA PAMUNGKAS SITORUS

Land-use change caused by rapid urbanization has led to increasing surface temperatures and reduced vegetation cover in urban areas. This study aims to identify the Urban Heat Island (UHI) phenomenon and analyse the relationship between surface temperature, vegetation density (Normalized Difference Vegetation Index/NDVI), and building density (Normalized Difference Built-up Index/NDBI) in Bandar Lampung City and Karawang Regency. The data used include Landsat 8 OLI/TIRS satellite imagery from 2014, 2019, and 2024, as well as daily temperature data from Maksim and field measurements. The analysis was conducted using remote sensing methods with ArcGIS 10.8 software to generate UHI, NDVI, and NDBI maps. The results show that the UHI phenomenon is clearly identified in Bandar Lampung, characterized by increasing temperatures from suburban to downtown areas, while in Karawang, temperature distribution tends to be more uniform due to the dominance of industrial zones. The findings reveal a negative relationship between NDVI and surface temperature, and a positive relationship between NDBI and temperature increase. Expanding green open spaces and controlling urban development are essential strategies to mitigate the impact of UHI in urban areas.

Keywords: Bandar Lampung, Karawang, NDBI, NDVI, remote sensing, UHI

**STUDI TENTANG FENOMENA *URBAN HEAT ISLAND* (UHI) PADA
KOTA BANDAR LAMPUNG DAN KABUPATEN KARAWANG**

Oleh

KEVIN GABRIEL BAGINDA PAMUNGKAS SITORUS

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**

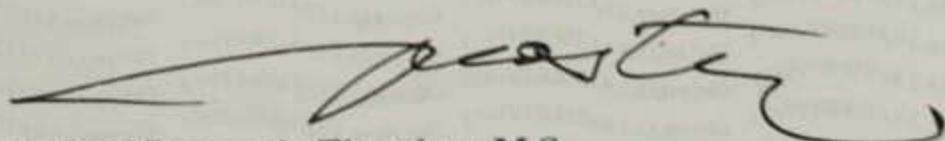


**JURUSAN AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

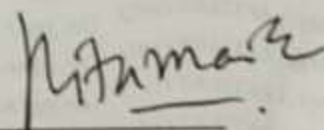
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji:

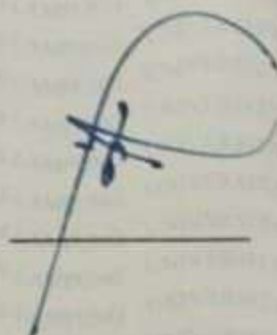
Ketua : Prof. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwiu, M.S.



Sekretaris : Prof. Dr. Ir. Tumiar Katarina B. Manik, M.Sc.



Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Setyo Widagdo, M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian,



Dr. I. Kuswanto Futas Hidayat, M.P.
NIP. 19511181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 23 Desember 2025

Judul Skripsi : **STUDI TENTANG FENOMENA *URBAN HEAT ISLAND* (UHI) PADA KOTA BANDAR LAMPUNG DAN KABUPATEN KARAWANG**

Nama Mahasiswa : **Kevin Gabriel Baginda Pamungks Sitorus**

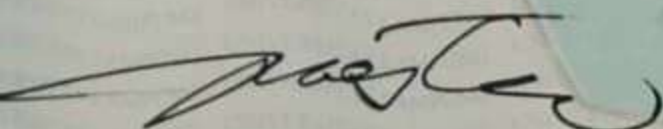
Nomor Pokok Mahasiswa : 2114121055

Jurusan : Agroteknologi

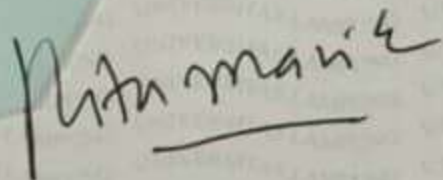
Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI:

1. Komisi Pembimbing,

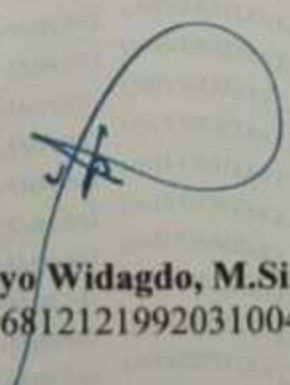


Prof. Dr. Ir. Paul B. Timotiwi, M.S.
NIP 196209281987031001



Prof. Dr. Ir. Tumiar K. Manik, M.Sc.
NIP 196302021987032001

2. Ketua Jurusan Agroteknologi,



Ir. Setyo Widagdo, M.Si.
NIP 196812121992031004

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul **"Studi tentang Fenomena *Urban Heat Island* (UHI) pada Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang"** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hal yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 23 Desember 2025
Penulis,



Kevin Gabriel B. P. Sitorus
NPM 2114121055

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Kevin Gabriel Baginda Pamungkas Sitorus yang dilahirkan di Desa Cikampek Barat, Kecamatan Cikampek, Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat pada 22 Agustus 2002, merupakan anak keempat dari Bapak Alm. Hasurungan Sitorus, S.H. dan Ibu Tiurlan Deborah Tobing, S.Pd. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 3 Cikampek pada tahun 2015, kemudian menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 2 Kota Baru pada tahun 2018. Tahun 2021 penulis menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 2 Cikampek dan melanjutkan pendidikan Strata 1 di Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis telah melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di Kebun Raya ITERA, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung, pada bulan Juli hingga Agustus 2024. Penulis juga telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Ogan Campang, Kecamatan Abung Pekurun, Kabupaten Lampung Utara, Provinsi Lampung pada tahun 2024. Penulis pernah menjadi asisten dosen mata kuliah: Arsitektura Lanskap, Komputasi dan Desain Grafis, dan Perencanaan Agrowisata.

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Tuhan Yesus, dengan segala rasa syukur serta kerendahan hati
kupersembahkan karya ini kepada:

Kedua Orang Tuaku: Alm. Hasurungan Sitorus, S.H., dan Tiurlan Deborah
Tobing S.Pd., yang telah mengantarkanku sampai di titik ini. Terima kasih atas
segala dedikasi dan pengorbanan yang telah diberikan.

Bapatuaku Drs. Robert Pangaribuan, yang selalu
memberikan dukungan, arahan, semangat, moral, doa, serta cinta.

Ketiga Abangku: Samuel Pamungkas Sitorus, SST.Par., Johannes Rongga
Pamungkas Sitorus S.P., dan Sutrisna Sunjaya Stefanus Pamungkas Sitorus S.T.,
yang selalu memberi dorongan, dukungan, serta bantuan yang tiada habisnya.

Semua Dosen yang memberikan tambahan adab dan ilmu, serta semua sahabatku
yang telah memberikan dukungan, doa, dan semangat.

Almamater tercinta, Universitas Lampung.

MOTTO

“Kita memang miskin, tapi jangan juga adab dan ilmu kita miskin”

(Tiurlan Deborah Tobing, S.Pd.)

“Doa dan ketekunan adalah kekuatan dalam keluarga Pamungkas Sitorus”

(Sutrisna Sunjaya Stefanus Pamungkas Sitorus, S.T.)

“Waktu tidak bisa ditunggu dan hanya bisa dipacu”

(Drs. Robert Pangaribuan)

“Aku mencintai kritik dan saran yang selalu diberikan kepadaku, karena itulah yang menjadi pengingat dan pelindung dalam setiap langkahku”

(Kevin Gabriel Baginda Pamungkas Sitorus)

SANWACANA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Studi tentang Fenomena *Urban Heat Island* (UHI) pada Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang”** sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
- (2) Ir. Setyo Widagdo, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung sekaligus Dosen Penguji yang telah memberikan masukan serta saran-saran, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik;
- (3) Prof. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Pembimbing Utama yang senantiasa memberikan arahan, bimbingan, nasihat, dan motivasi kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
- (4) Prof. Dr. Ir. Tumiar Katarina B. Manik, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang senantiasa memberikan arahan, bimbingan, nasihat, dan motivasi kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
- (5) Seluruh Dosen dan Civitas Akademik Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu yang tulus, dedikasi, dan bantuan kepada penulis selama masa perkuliahan;
- (6) Kedua Orang Tuaku: Alm. Hasurungan Sitorus, S.H., dan Tiurlan Deborah Tobing, S.Pd., yang telah memberikan segala dedikasi dan pengorbanan

kepada penulis dari kecil hingga mengantarkan penulis ke bangku perkuliahan sampai sarjana;

- (7) *Bapatuaku* Drs. Robert Pangaribuan, yang telah memberikan dukungan dan doa yang tidak ada batasnya kepada penulis hingga penulis bisa meraih gelar sarjana;
- (8) Ketiga Abangku: Samuel Pamungkas Sitorus, SST.Par., Johannes Rongga Pamungkas Sitorus, S.P., dan Sutrisna Sunjaya Stefanus Pamungkas Sitorus, S.T., yang selalu memberi dorongan, dukungan, serta bantuan yang tiada habisnya;
- (9) Sahabat tongkrongan di Cikampek: Khaidar Nur Alfarizi, Jihan Haqi Andini, Khaerul Ilham Hidayat, Rio Agustawan, Dede Sucipto, dan Dimas Tri Wijaya, yang telah memberikan semangat, penghiburan, dan membantu dalam pengambilan data suhu di Kabupaten Karawang;
- (10) Sahabat penulis AGT 21: William Patrick Pakpahan, Samuel David Ramos Totti Silalahi, Ervina Prasetiani, Maya Pebriantika, dan R. Apriliani Putri Kasmiri yang selalu memberikan semangat dan kritik yang positif;
- (11) Ferguson Randi Putra, rekan seperjuangan dan sahabat penelitian yang selalu memberikan dukungan, arahan, dan motivasi kepada penulis.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang sudah memberikan doa, dukungan, dan saran selama perkuliahan. Semoga Tuhan memberkati semua kebaikan yang sudah diberikan dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis serta para pembaca.

Bandar Lampung, 23 Desember 2025
Penulis,



Kevin Gabriel B. P. Sitous

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Landasan Teori.....	5
1.6 Kerangka Pemikiran.....	6
1.7 Hipotesis	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Perkembangan Struktur Kota	10
2.2 Landsat 8	11
2.3 <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI)	12
2.4 <i>Land Surface Emissivity</i> (LSE).....	13
2.5 <i>Land Surface Temperature</i> (LST).....	15
2.6 <i>Normalized Difference Built-up Index</i> (NDBI).....	17
2.7 Riset - Riset <i>Urban Heat Island</i> (UHI).....	17
III. METODE PENELITIAN	20
3.1 Lokasi Pengambilan Data dan Waktu Penelitian.....	20
3.2 Alat Penelitian.....	20
3.3 Pelaksanaan Penelitian.....	20
3.3.1 Penentuan Lokasi Transek	22
3.3.2 Pengumpulan Data	24
3.3.3 Analisis Data.....	25

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Distribusi Suhu di Atas Permukaan	34
4.2 Hubungan <i>Urban Heat Island</i> (UHI) terhadap <i>Normalized Difference Built-up Index</i> (NDBI) dan <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI)	38
4.2.1 Hubungan UHI dengan NDVI dan NDBI Kota Bandar Lampung Tahun 2014	38
4.2.2 Hubungan UHI dengan NDVI dan NDBI Kota Bandar Lampung Tahun 2019	41
4.2.3 Hubungan UHI dengan NDVI dan NDBI Kota Bandar Lampung Tahun 2024	44
4.2.4 Hubungan UHI dengan NDVI dan NDBI Kabupaten Karawang Tahun 2014	47
4.2.5 Hubungan UHI dengan NDVI dan NDBI Kabupaten Karawang Tahun 2019	50
4.2.6 Hubungan UHI dengan NDVI dan NDBI Kabupaten Karawang Tahun 2024	53
V. SIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Simpulan	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN.....	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Profil fenomena UHI.....	5
2. Kerangka pemikiran.....	9
3. Diagram alir penelitian	21
4. Penentuan lokasi transek Kota Bandar Lampung	23
5. Penentuan lokasi transek Kabupaten Karawang	23
6. Distribusi suhu udara Kota Bandar Lampung pada tutupan lahan yang berbeda	34
7. Distribusi suhu udara Kabupaten Karawang pada tutupan lahan yang berbeda	35
8. Pola grafik UHI data lapangan Kota Bandar Lampung	35
9. Pola grafik UHI data lapangan Kabupaten Karawang	36
10. Peta UHI Kota Bandar Lampung Tahun 2014.....	39
11. Peta NDVI Kota Bandar Lampung Tahun 2014.....	39
12. Peta NDBI Kota Bandar Lampung Tahun 2014	40
13. Peta UHI Kota Bandar Lampung Tahun 2019.....	41
14. Peta NDVI Kota Bandar Lampung Tahun 2019.....	42
15. Peta NDBI Kota Bandar Lampung Tahun 2019	42
16. Peta UHI Kota Bandar Lampung Tahun 2024.....	44
17. Peta NDVI Kota Bandar Lampung Tahun 2024.....	45
18. Peta NDBI Kota Bandar Lampung Tahun 2024.....	45
19. Peta UHI Kabupaten Karawang Tahun 2014.....	47
20. Peta NDVI Kabupaten Karawang Tahun 2014.....	48
21. Peta NDBI Kabupaten Karawang Tahun 2014.....	48
22. Peta UHI Kabupaten Karawang Tahun 2019.....	50
23. Peta NDVI Kabupaten Karawang Tahun 2019.....	51

24.	Peta NDBI Kabupaten Karawang Tahun 2019.....	51
25.	Peta UHI Kabupaten Karawang Tahun 2024.....	53
26.	Peta NDVI Kabupaten Karawang Tahun 2024.....	54
27.	Peta NDBI Kabupaten Karawang Tahun 2024.....	54
28.	Lokasi Pedesan Kota Bandar Lampung: (a) titik pertama, (b) titik kedua, dan (c) titik ketiga	84
29.	Lokasi Pinggir Kota 1 Kota Bandar Lampung: (a) titik pertama, (b) titik kedua, dan (c) titik ketiga	68
30.	Lokasi Pusat Perdagangan Bandar Lampung: (a) titik pertama, (b) titik kedua, dan (c) titik ketiga	68
31.	Lokasi Pusat Kota Bandar Lampung: (a) titik pertama, (b) titik kedua, dan (c) titik ketiga.....	69
32.	Lokasi Permukiman Kota Bandar Lampung: (a) titik pertama, (b) titik kedua, dan (c) titik ketiga	69
33.	Lokasi Taman Kota Bandar Lampung: (a) titik pertama, (b) titik kedua, dan (c) titik ketiga	69
34.	Lokasi Pinggir Kota 2 Kota Bandar Lampung: (a) titik pertama, (b) titik kedua, dan (c) titik ketiga	70
35.	Lokasi Daerah Pertanian Kota Bandar Lampung: (a) titik pertama, (b) titik kedua, dan (c) titik ketiga.....	70
36.	Lokasi Pedesan Kabupaten Karawang: (a) titik pertama, (b) titik kedua, dan (c) titik ketiga	70
37.	Lokasi Pinggir Kota 1 Kabupaten Karawang: (a) titik pertama, (b) titik kedua, dan (c) titik ketiga	71
38.	Lokasi Pusat Perdagangan Kabupaten Karawang: (a) titik pertama, (b) titik kedua, dan (c) titik ketiga.....	71
39.	Lokasi Pusat Kota Kabupaten Karawang: (a) titik pertama, (b) titik kedua, dan (c) titik ketiga	71
40.	Lokasi Permukiman Kota Kabupaten Karawang: (a) titik pertama, (b) titik kedua, dan (c) titik ketiga.....	72
41.	Lokasi Taman Kota Kabupaten Karawang: (a) titik pertama, (b) titik kedua, dan (c) titik ketiga	72
42.	Lokasi Pinggir Kota 2 Kabupaten Karawang: (a) titik pertama, (b) titik kedua, dan (c) titik ketiga	72
43.	Lokasi Daerah Pertanian Kabupaten Karawang: (a) titik pertama, (b) titik kedua, dan (c) titik ketiga.....	73

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan tata guna lahan merupakan akibat dari pertumbuhan penduduk yang membutuhkan ruang permukiman, serta meningkatnya aktivitas ekonomi dan pembangunan. Bertambahnya jumlah penduduk dari waktu ke waktu menyebabkan permintaan terhadap lahan untuk perumahan, infrastruktur, industri, dan fasilitas umum meningkat. Proses inilah yang akan memicu konversi lahan, terutama dari kawasan pertanian dan ruang terbuka hijau. Menurut Fajarini dkk. (2015), kebutuhan lahan sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk, perkembangan struktur masyarakat, dan perekonomian. Sementara itu, luasan lahan tidak pernah bertambah dan cepat atau lambat kondisi tersebut akan menimbulkan konversi lahan. Akibat dari perubahan tersebut, berbagai permasalahan lingkungan dapat muncul, seperti peningkatan suhu permukaan, banjir, dan berkurangnya daya dukung ekologis kawasan.

Perkembangan struktur kota dan kabupaten disebabkan oleh peningkatan penduduk dan urbanisasi yang mendorong pembangunan fisik. Umumnya, kepadatan penduduk di perkotaan lebih tinggi, didominasi oleh sektor industri, perdagangan, dan jasa, serta memiliki infrastruktur yang lebih kompleks. Di sisi lain, kabupaten cenderung memiliki wilayah yang lebih luas dengan karakteristik lahan beragam, termasuk kawasan pertanian maupun perkebunan, serta mempunyai pusat pemerintahan daerah. Perkembangan di kedua wilayah ini tidak lepas dari tantangan perubahan lingkungan, yaitu konversi lahan hijau menjadi area terbangun. Dampak konversi lahan menyebabkan peningkatan suhu dan perubahan keseimbangan ekosistem. Menurut Sahile *et al.* (2023), peningkatan luasan area terbangun dari tahun ke tahun diikuti oleh kenaikan *Land Surface*

Temperature (LST), sehingga perubahan tutupan lahan berimplikasi nyata terhadap kondisi lingkungan.

Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang mengalami perkembangan pesat akibat urbanisasi dan pertambahan penduduk. Bandar Lampung sebagai Ibu Kota Provinsi Lampung tumbuh dengan dominasi sektor pertanian, perdagangan, dan industri pengolahan (Yunan, 2011). Perkembangan ekonomi tersebut memerlukan ruang, sehingga mendorong konversi lahan hijau menjadi permukiman serta infrastruktur. Berdasarkan BPS (2024), tercatat jumlah penduduk Kota Bandar Lampung meningkat 1,02% dari 1.202.070 jiwa pada 2023 menjadi 1.214.330 jiwa pada 2024, dengan kepadatan 6.609 jiwa/km². Sementara itu, Kabupaten Karawang berkembang sebagai pusat manufaktur utama dan bagian dari WPPI Jawa Barat I (Kemenko Perekonomian RI, 2020). WPPI adalah Wilayah Pusat Pertumbuhan Industri yang berfungsi sebagai penopang ekonomi Indonesia. Industrialisasi tersebut mendorong urbanisasi, konversi lahan, serta pertumbuhan permukiman pekerja. Berdasarkan BPS (2024), penduduk Kabupaten Karawang naik 1,12% dari 2.526.002 jiwa pada 2023 menjadi 2.554.384 jiwa pada 2024, dengan kepadatan 1.300 jiwa/km². Konversi lahan di kedua wilayah tersebut akan mengubah tata ruang sekaligus meningkatkan suhu akibat berkurangnya vegetasi.

Perkembangan kawasan urban mengurangi ruang terbuka hijau, sehingga meningkatkan suhu lokal. Hal tersebut menyebabkan suhu di kawasan urban lebih tinggi dibandingkan dengan pedesaan yang memiliki vegetasi relatif luas. Selain itu, urbanisasi akan mengubah penutup lahan alami menjadi material buatan seperti aspal, beton, dan logam. Material-material tersebut akan menyerap dan menyimpan panas pada siang hari, kemudian melepaskannya pada malam hari, sehingga mendukung peningkatan suhu yang signifikan di daerah perkotaan. Sementara itu, konversi lahan mengurangi vegetasi alami, yang berakibat pada menurunnya evapotranspirasi dan hilangnya fungsi pendinginan udara secara alami. Faktor-faktor tersebut menyebabkan kota mengalami fenomena *Urban Heat Island* (UHI), yaitu kondisi suhu di kawasan urban lebih tinggi dibandingkan

dengan wilayah sekitarnya yang masih memiliki tutupan vegetasi alami (Ally dkk., 2024).

Urban Heat Island (UHI) adalah konsep bahwa semakin mendekati pusat kota, suhu udara semakin tinggi (Hermawan, 2015). Kondisi tersebut disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk dan urbanisasi di suatu wilayah, sehingga terjadi konversi lahan. Menurut Oke (1973), besarnya populasi suatu perkotaan berhubungan langsung dengan peningkatan suhu. Di kota-kota Amerika Utara dan Eropa, peningkatan setiap 100.000 penduduk dapat menyebabkan kenaikan suhu sekitar 1 °C. Hal tersebut menunjukkan bahwa konversi lahan dan aktivitas manusia menjadi pemicu UHI. Oleh sebab itu, diperlukan perencanaan tata ruang yang seimbang antara lahan terbangun dan ruang terbuka hijau.

Penelitian tentang *Urban Heat Island (UHI)* pada beberapa kota besar di Indonesia dengan data satelit menunjukkan adanya perubahan suhu udara. Penelitian tersebut merupakan salah satu indikasi adanya perubahan iklim. Di Bandung teramati perluasan UHI daerah dengan suhu tinggi 30-35 °C yang terletak pada kawasan terbangun di pusat kota per tahun 12.606 ha atau 4,47%, di Semarang 12.174 ha atau 8,4%, dan di Surabaya 1.512 ha atau 4,8%. Pertumbuhan kawasan terbangun di Bandung per tahun kurang lebih 1.029 ha (0,36%), Semarang 1.200 ha (0,83%), dan Surabaya 531,28 ha (1,69%) (Tursilowati, 2007). Fenomena UHI tersebut berkaitan erat dengan *Normalized Difference Built-up Index (NDBI)* dan *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*. NDBI adalah indeks yang menunjukkan intensitas kawasan terbangun, sedangkan NDVI adalah indeks yang mengukur kerapatan vegetasi. UHI ditandai oleh meningkatnya NDBI dan menurunnya NDVI karena kawasan terbangun lebih banyak menyerap dan menyimpan panas dibandingkan dengan wilayah yang tertutup vegetasi.

Pentingnya penelitian mengenai *Urban Heat Island (UHI)* karena menjadi indikator kualitas lingkungan dan kesejahteraan masyarakat khususnya di perkotaan. Urbanisasi yang tidak terkendali akan mengakibatkan peningkatan

suhu ekstrem yang menciptakan iklim mikro yang buruk dan peningkatan pemakaian energi untuk pendinginan. Selain itu, konversi lahan yang menggantikan daerah vegetasi alami dengan infrastruktur perkotaan dapat mengurangi proses evapotranspirasi yang berfungsi sebagai pendinginan alami. Dengan memahami pola dan intensitas UHI melalui penelitian ini, pemerintah dapat merancang pengelolaan tata ruang yang berkelanjutan di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (1) Apakah karakteristik *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) memiliki keterkaitan dengan *Urban Heat Island* (UHI) pada masing-masing wilayah;
- (2) Apakah Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang dengan karakteristik lahan (penataan wilayah) yang berbeda memiliki pola *Urban Heat Island* (UHI) yang berbeda.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (1) Menjelaskan keterkaitan antara *Urban Heat Island* (UHI) dengan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) pada masing masing wilayah;
- (2) Membandingkan pola *Urban Heat Island* (UHI) antara Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang dengan karakteristik lahan (penataan wilayah) yang berbeda.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

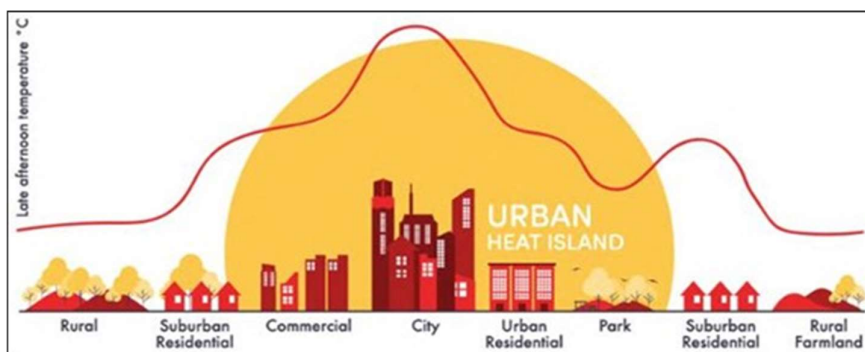
- (1) Memberikan deskripsi tentang sebaran suhu permukaan dan kondisi tutupan lahan Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang;

- (2) Memberikan referensi bagi pemerintah dalam perencanaan pembangunan kota yang ramah lingkungan di masa depan.

1.5 Landasan Teori

Urban Heat Island (UHI) merupakan fenomena berupa suhu udara permukaan wilayah perkotaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah pedesaan di sekitarnya. Fenomena tersebut pertama kali dijelaskan secara ilmiah oleh Luke Howard pada awal abad ke-19. Perbedaan suhu pada fenomena UHI cenderung lebih besar pada malam hari dibandingkan siang hari, terutama ketika kondisi atmosfer tenang. UHI dapat terjadi pada musim dingin, meskipun juga tampak pada musim panas (Mills, 2008). Fenomena UHI akan menciptakan lingkungan yang tidak nyaman bagi masyarakat, khususnya di wilayah perkotaan.

Urban Heat Island (UHI) merupakan fenomena peningkatan suhu udara di wilayah perkotaan dibandingkan dengan wilayah pedesaan di sekitarnya yang memiliki vegetasi lebih luas. Perbedaan suhu tersebut dapat mencapai 5-15 °C (Oke, 1982). Fenomena UHI terjadi karena konversi lahan vegetasi menjadi area terbangun, seperti jalan beraspal, beton, dan lahan terbuka non-vegetasi, yang umumnya disebabkan oleh urbanisasi dan peningkatan jumlah penduduk. Dengan kata lain, suhu di bagian pusat kota lebih tinggi daripada di kawasan pedesaan sekitarnya, fenomena inilah yang dikenal sebagai efek UHI (Yamamoto, 2006). Profil fenomena UHI disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Profil fenomena UHI (Sumber: Shirvano, 2022).

Urban Heat Island (UHI) berkembang apabila tutupan vegetasi berkurang dan permukaan padat bertambah, seperti aspal, beton, dan bangunan yang menggantikan lahan hijau. Permukaan padat tersebut akan menyerap dan menyimpan panas matahari secara lebih kuat serta melepaskannya secara perlahan, sehingga suhu di area perkotaan meningkat (Morini *et al.*, 2016). Besaran dan skala spasial UHI meningkat di kota-kota dunia dan berdampak pada penyebaran polusi udara, pembentukan kondisi bioklimat, serta perbedaan panas antarwilayah yang disebabkan oleh perbedaan albedo di wilayah tersebut (Tursilowati dkk., 2012).

Faktor fisik penyebab *Urban Heat Island (UHI)* terjadi karena permukaan perkotaan menyimpan lebih banyak energi matahari dibandingkan permukaan alami, sesuai konsep *surface energy balance*. Struktur bangunan tinggi dan rapat membentuk *urban canyon* yang menghambat aliran angin dan memerangkap radiasi panas, sehingga meningkatkan suhu terutama pada malam hari (Oke, 1988). Perubahan penggunaan lahan juga memperkuat UHI karena alih fungsi vegetasi menjadi permukaan kedap air yang meningkatkan penyerapan radiasi dan kapasitas panas permukaan (Weng, 2001). Selain itu, aktivitas manusia seperti transportasi, industri, pengelolaan sampah, dan konsumsi energi domestik menghasilkan panas antropogenik yang tinggi pada kawasan padat aktivitas (Lamarino *et al.*, 2011). Akumulasi panas tersebut membuat wilayah urban cenderung lebih panas daripada daerah perdesaan (Zhao *et al.*, 2014), terlebih dengan meningkatnya kebutuhan lahan untuk infrastruktur seperti yang terjadi di Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang.

1.6 Kerangka Pemikiran

Struktur kota dan kabupaten berkembang seiring dengan peningkatan penduduk dan urbanisasi, sehingga mendorong konversi lahan. Konversi lahan pada kawasan urban akan menggantikan vegetasi dan badan air yang berfungsi sebagai pendingin alami dengan material buatan, seperti beton dan aspal. Material-material tersebut akan menyerap panas pada siang hari dan melepaskannya secara

perlahan pada malam hari, sehingga menyebabkan peningkatan suhu lingkungan. Selain faktor fisik, aktivitas masyarakat, seperti transportasi, industri, pengelolaan sampah, dan konsumsi energi domestik juga berperan dalam peningkatan *Urban Heat Island* (UHI). Kegiatan tersebut umumnya berasal dari sektor rumah tangga, lalu lintas, dan industri. Aktivitas-aktivitas tersebut menghasilkan panas antropogenik, yaitu panas dari kegiatan manusia yang dapat meningkatkan suhu.

Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang memiliki karakteristik dan perkembangan wilayah yang berbeda. Sebagai Ibu Kota Provinsi, Bandar Lampung mengalami urbanisasi cepat dengan dominasi sektor industri olahan, jasa, dan komersial. Sementara itu, Kabupaten Karawang merupakan bagian dari Wilayah Pusat Pertumbuhan Industri (WPPI) Jawa Barat, yang berperan strategis sebagai penggerak ekonomi dan kawasan prioritas pengembangan industri. Kedua wilayah tersebut juga mengalami peningkatan jumlah penduduk setiap tahun, sehingga aktivitas manusia dan konversi lahan terus meningkat. Perkembangan tersebut tidak hanya berdampak pada aspek sosial-ekonomi, tetapi juga memengaruhi kondisi lingkungan, terutama melalui perubahan tutupan lahan yang berkontribusi terhadap perubahan suhu permukaan.

Perbedaan suhu antara daerah urban yang lebih panas dibandingkan dengan daerah rural merupakan dampak dari perkembangan kota. Salah satu penyebab daerah urban lebih panas adalah penggunaan material bangunan yang menyerap panas, aktivitas industri, kepadatan bangunan, dan tingginya aktivitas manusia. Faktor lain adalah berkurangnya area vegetasi yang mengurangi proses evapotranspirasi, sedangkan proses tersebut berperan dalam mendinginkan udara. Perbedaan suhu antar lahan juga dipengaruhi oleh albedo, yaitu kemampuan permukaan dalam memantulkan panas matahari. Sebaliknya, daerah rural memiliki suhu yang lebih rendah karena memiliki area vegetasi yang luas, kepadatan penduduk yang rendah, dan tingkat pembangunan yang tidak terlalu padat. Faktor-faktor tersebut membentuk fenomena *Urban Heat Island* (UHI), yaitu fenomena suhu di perkotaan lebih tinggi dibandingkan daerah pedesaan.

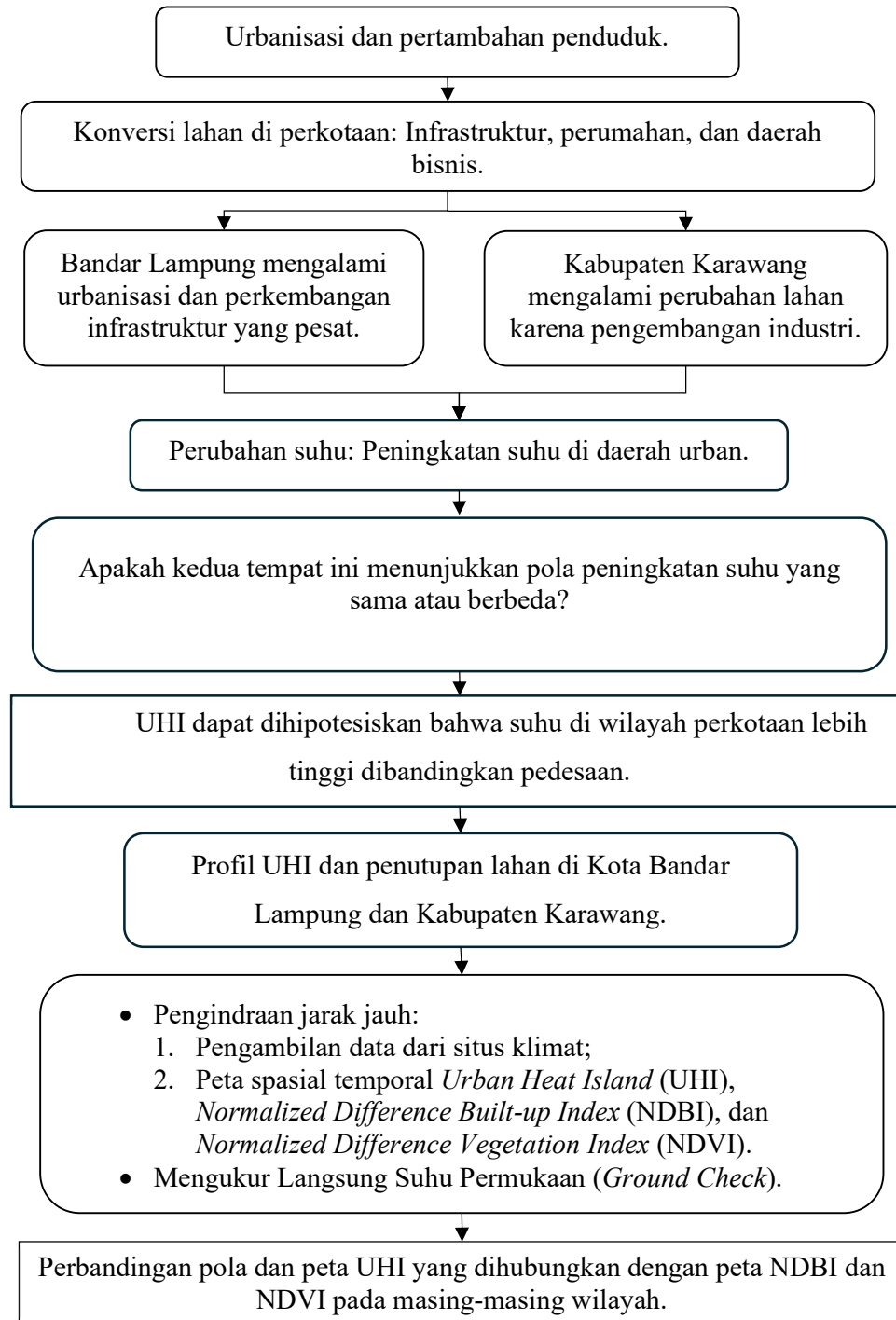
Pola *Urban Heat Island* (UHI) di Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang dipengaruhi oleh perkembangan wilayahnya. Di Bandar Lampung, peningkatan infrastruktur dan urbanisasi memicu kenaikan suhu, sedangkan di Karawang dominasi kawasan industri menyebabkan akumulasi panas yang lebih intens. Dalam memahami fenomena UHI, diperlukan analisis berbasis penginderaan jarak jauh. Penginderaan jarak jauh menjadi metode yang efektif dalam melihat fenomena UHI dan memetakan distribusi suhu permukaan. Dari metode tersebut, dapat dibuat peta kerapatan bangunan berdasarkan *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) dan peta kerapatan vegetasi berdasarkan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk mengetahui pola hubungan spasial antara UHI dengan tutupan vegetasi dan pembangunan.

Penelitian ini tidak hanya menganalisis perubahan *Urban Heat Island* (UHI), tetapi juga mengkaji keterkaitannya dengan *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) sebagai indikator kepadatan bangunan dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) sebagai indikator kerapatan vegetasi. Kombinasi ketiga parameter tersebut digunakan untuk melihat dinamika lingkungan perkotaan dalam beberapa tahun terakhir dan membandingkannya antara Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang. Pendekatan tersebut memberikan pemahaman lebih tentang perkembangan kota, penurunan vegetasi, dan peningkatan lahan terbangun yang berperan dalam pembentukan UHI. Kerangka pemikiran penelitian disajikan pada Gambar 2.

1.7 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (1) Pola *Urban Heat Island* (UHI) memiliki hubungan dengan *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) pada kedua wilayah;
- (2) Pola *Urban Heat Island* (UHI) terlihat pada Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang.



Gambar 2. Kerangka pemikiran.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkembangan Struktur Kota

Kota Bandar Lampung mengalami perkembangan akibat pertumbuhan penduduk, perubahan sosial-ekonomi, perkembangan teknologi, dan interaksi dengan kota-kota lain di sekitarnya. Pada periode 1982-2000 perkembangan lahan terbangun di Kota Bandar Lampung mengarah ke Utara, Barat Laut, dan Tenggara. Kemudian, pada periode 2005-2019 perkembangan lahan terbangun di Kota Bandar Lampung bergeser ke arah Timur dan Timur Laut. Perubahan tersebut ditandai dengan perubahan bentuk kota dari model memanjang (*Ribbon Shaped City*) menjadi model menggurita (*Octopus Shaped City*) yang terlihat pada Bagian Wilayah Kota (BWK) C, yang terdiri atas Kecamatan Sukarame, Tanjung Senang, dan Way Halim. Selain itu, pengembangan pusat menunjukkan pola pusat majemuk (*multiple nuclei*). Faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan lahan terbangun di Kota Bandar Lampung meliputi peningkatan kelas jalan, aktivitas pelabuhan, perkembangan pendidikan tinggi, serta aktivitas perdagangan dan jasa (Sari, 2017).

Kabupaten Karawang berada di Provinsi Jawa Barat. Wilayah tersebut mengalami perubahan struktur akibat perkembangan industri dan urbanisasi. Kabupaten Karawang terdiri dari 30 kecamatan dan 309 desa atau kelurahan (RPKD Kab. Karawang, 2024). Salah satu perubahan yang signifikan terjadi di Kecamatan Telukjambe Timur. Lahan pertanian di Kecamatan Telukjambe Timur beralih fungsi perlahan menjadi kawasan industri, perdagangan, dan jasa. Perubahan fungsi lahan tersebut menyebabkan kecamatan ini berganti menjadi daerah industri menggantikan lahan pertanian pada periode 2013-2018. Selain itu, di sepanjang koridor Jalan Tol Cikampek, terdapat lahan terbangun yang meningkat

dari 1,51 km² menjadi 48,18 km² (Moecthar dan Warlina, 2022). Beberapa kecamatan lain di Kabupaten Karawang, seperti Banyusari, Pakisjaya, Batujaya, dan Tempuran, mempunyai sebaran hierarki II terbanyak. Hal tersebut menunjukkan bahwa desa-desa di wilayah tersebut mempunyai landasan ekonomi dan aksesibilitas yang memadai, sehingga dapat menjadi pusat pelayanan baru (Lathifa dkk., 2023). Oleh sebab itu, diperlukan perencanaan kota yang berkelanjutan.

2.2 Landsat 8

Landsat 8 yang diluncurkan pada Februari 2013 merupakan generasi terbaru dari misi Landsat dan dilengkapi dua instrumen utama, yaitu *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) (Roy *et al.*, 2014). OLI berfungsi untuk merekam data permukaan bumi melalui sembilan saluran spektral. Sementara itu, TIRS menyediakan dua saluran inframerah termal dengan rentang 10,60-11,19 μm dan 11,50-12,51 μm . Kombinasi kedua instrumen tersebut memungkinkan estimasi suhu dan permukaan lahan secara lebih akurat.

Operational Land Imager (OLI) pada Landsat 8 merekam data permukaan bumi dalam spektrum tampak hingga inframerah dekat dengan resolusi spasial 30 m, termasuk kanal pankromatik 15 m (Roy *et al.*, 2014). Sensor OLI mendukung pemetaan tutupan lahan, vegetasi, dan penilaian kualitas lingkungan. Sementara itu, *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) yang menangkap radiasi inframerah termal pada band 10 dan 11 memungkinkan estimasi suhu permukaan bumi secara spasial dengan resolusi 100 meter (Barsi *et al.*, 2014). Instrumen tersebut sangat penting dalam analisis *Urban Heat Island* (UHI), kelembapan tanah, serta siklus energi di permukaan.

Estimasi suhu permukaan dilakukan melalui pengukuran lapangan pada titik-titik tertentu sebelum adanya sensor termal satelit. Data dari titik-titik tersebut kemudian diinterpolasi untuk memperkirakan suhu di area yang tidak terukur. Metode tersebut membatasi cakupan spasial pengamatan. Instrumen TIRS pada

Landsat 8 menyediakan dua band termal yang memungkinkan estimasi suhu permukaan secara lebih akurat dan mendukung analisis seperti *Urban Heat Island* (UHI) (Yu *et al.*, 2014).

2.3 *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan indeks yang banyak dimanfaatkan untuk menggambarkan kondisi vegetasi karena nilai yang tinggi menunjukkan aktivitas fotosintesis dan tingkat kehijauan yang lebih besar (Peters *et al.*, 2002). NDVI juga digunakan dalam analisis kekeringan melalui keterkaitannya dengan perubahan suhu permukaan, sehingga dapat menunjukkan tingkat stres vegetasi akibat kekurangan air (Almouctar *et al.*, 2024). Indeks tersebut membantu memetakan variasi kesehatan tanaman dan mendeteksi degradasi vegetasi.

Perhitungan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) didasarkan pada prinsip bahwa tumbuhan hijau mampu tumbuh dengan baik karena menyerap radiasi cahaya tampak (*Photosynthetically Active Radiation* atau PAR), sementara pada saat yang sama justru memantulkan radiasi pada spektrum inframerah dekat. Tingkat kerapatan vegetasi di suatu wilayah akan memengaruhi suhu permukaan. Vegetasi yang rapat memberikan kesejukan serta kenyamanan lingkungan. Kondisi suatu kawasan vegetasi dapat dianalisis melalui metode NDVI, yang merupakan bentuk transformasi citra spektral untuk membantu mengidentifikasi permasalahan terkait vegetasi (Putra, 2011). Perhitungan NDVI dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan :

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = Nilai pantulan dari pita inframerah dekat (Band 5 pada Landsat 8)

RED = Nilai pantulan dari pita merah (Band 4 pada Landsat 8)

2.4 Land Surface Emissivity (LSE)

Land Surface Emissivity (LSE) adalah kemampuan suatu objek untuk memancarkan kembali energi panas yang diserap, berdasarkan prinsip bahwa setiap benda yang memiliki suhu di atas nol mutlak akan memancarkan radiasi dalam pita inframerah. Nilai LSE berkisar antara 0 hingga 1 dan dipengaruhi oleh karakteristik permukaan seperti jenis tutupan tanah, kelembapan, komposisi permukaan, vegetasi, dan kekasaran struktur permukaan. Hal tersebut menyebabkan nilai LSE di area vegetasi lebat cenderung lebih tinggi dibanding area kering atau kota dengan tutupan vegetasi sedikit (Barben *et al.*, 2024). Perhitungan LSE dilakukan untuk mengurangi kesalahan dalam estimasi suhu permukaan dari citra satelit (Sobrino *et al.*, 2004). Estimasi nilai LSE menggunakan algoritma NDVI dibedakan ke dalam tiga kondisi sebagai berikut:

- (1) $NDVI < 0,2$ ($NDVI_S$) dianggap sebagai tanah kosong, sehingga nilai emisivitasnya diasumsikan 0,97;
- (2) $NDVI > 0,5$ ($NDVI_V$) dianggap sebagai wilayah dengan vegetasi rapat, sehingga nilai emisivitasnya diasumsikan 0,99;
- (3) $0,2 \leq NDVI \leq 0,5$ dianggap sebagai campuran tanah kosong dan vegetasi.

Perhitungan LSE pada kondisi ini dihitung menggunakan persamaan *proportion of vegetation* (PV), dengan rumus sebagai berikut:

$$PV = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} + NDVI_{min}} \right)^2$$

Keterangan :

PV = *Proportion of Vegetation*

NDVI_{max} = Nilai NDVI terendah di area studi

NDVI_{min} = Nilai NDVI tertinggi di area studi

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) digunakan untuk menggambarkan kondisi tutupan vegetasi suatu wilayah. Nilai *Proportion of Vegetation* (PV) diperoleh dari NDVI dan berada pada rentang 0 hingga 1. Nilai

PV tersebut selanjutnya dimanfaatkan dalam penentuan *Land Surface Emissivity* (LSE) menggunakan metode ambang NDVI (Rajeshwari dan Mani, 2014). Perhitungan LSE dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LSE = m * PV + n$$

Dengan:

$$m = \varepsilon V - \varepsilon S - (1 - \varepsilon S)F\varepsilon V$$

$$n = \varepsilon S + (1 - \varepsilon S)F\varepsilon V$$

Keterangan :

LSE = *Land Surface Emissivity*;

m = Konstanta standar deviasi emisivitas permukaan (0,004);

PV = *Proportion of Vegetation*;

n = Nilai emisivitas vegetasi dikurangi m (0,986);

εV = Emisivitas vegetasi (0,99);

εS = Emisivitas tanah (0,97);

F = Faktor bentuk distribusi geometri yang berbeda (0,55).

Kesalahan dalam penentuan *Land Surface Emissivity* (LSE) dapat berdampak signifikan pada estimasi *Land Surface Temperature* (LST). Vidal (1991) menunjukkan bahwa kesalahan LSE sebesar 0,01 dapat menghasilkan perbedaan suhu sekitar 0,5-1 K. Fawzi (2014) juga melaporkan bahwa kesalahan LSE sebesar 0,01 dapat menyebabkan kesalahan suhu hingga 2,4 °C, tergantung pada karakteristik permukaan dan metode yang digunakan. Selain itu, Brunsell dan Gillies (2002) menyatakan bahwa perbaikan nilai LSE berbasis citra dapat menghasilkan perbedaan suhu permukaan antara 0,5 hingga 7,5 °C. Hal tersebut menunjukkan bahwa estimasi LST sangat sensitif terhadap nilai LSE, sehingga akurasi penentuan LSE menjadi faktor penting dalam analisis suhu permukaan.

2.5 Land Surface Temperature (LST)

Land Surface Temperature (LST) merupakan variabel penting dalam sistem iklim bumi yang berperan dalam kajian interaksi antara permukaan bumi dan atmosfer serta merepresentasikan kondisi termal permukaan (Li *et al.*, 2023). Parameter tersebut banyak dimanfaatkan dalam berbagai disiplin ilmu, seperti klimatologi, ekologi, dan hidrologi, karena berkaitan erat dengan pertukaran energi dan dinamika lingkungan permukaan. LST juga didefinisikan sebagai suhu kulit permukaan bumi yang diperoleh dari data penginderaan jauh dan direpresentasikan pada setiap piksel citra. Dengan demikian, LST mampu menggambarkan variasi karakteristik termal berbagai jenis tutupan lahan, seperti vegetasi, tanah terbuka, dan area non-vegetasi (Ahmed *et al.*, 2024).

Pemanasan global berdampak pada peningkatan suhu permukaan bumi, terutama di wilayah beriklim monsun dengan pola curah hujan yang tidak menentu. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan banjir serta kenaikan muka air laut akibat mencairnya gletser dan lapisan es (Rajeshwari dan Mani, 2014). Untuk memantau perubahan suhu permukaan tersebut, penginderaan jauh menjadi metode yang efektif melalui estimasi *Land Surface Temperature (LST)*. Dalam pengolahan data penginderaan jauh, estimasi LST dilakukan melalui beberapa tahapan perhitungan, yang diawali dengan penentuan nilai *Top of Atmosphere (ToA) Radiance* dan *Brightness Temperature (TB)*. *ToA Radiance* merupakan radiasi spektral pada batas atas atmosfer yang direkam oleh sensor satelit sebelum dilakukan koreksi atmosfer. Perhitungan *ToA Radiance* dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$L\lambda = ML \times Q_{cal} + AL$$

Keterangan :

$L\lambda$ = *Spectral radiance* ($W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$)

ML = *Radiance multiplicative scaling factor*

Q_{cal} = Level-1 nilai piksel dalam *Digital Number (DN)*

AL = *Radiance additive scaling factor*

Brightness Temperature (TB) merupakan suhu kecerahan yang dihitung dari radiasi termal yang terdeteksi oleh sensor satelit, kemudian dikonversi ke dalam bentuk suhu, dan dinyatakan dalam satuan Kelvin (K). Nilai TB menggambarkan temperatur semu dari permukaan bumi yang terukur oleh sensor, sebelum dilakukan koreksi emisivitas. Perhitungan TB dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$TB = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)}$$

Keterangan :

TB = *Brightness temperature* (K)

$L\lambda$ = *Spectral radiance* (W/(m² * sr * μm))

K1 = Konstanta konversi termal 1 (774.8853)

K2 = Konstanta konversi termal 2 (1321.0789)

Hasil perhitungan dari *Brightness Temperature* (TB), *ToA Radiance*, dan *Land Surface Emissivity* (LSE) digunakan untuk menghitung *Land Surface Temperature* (LST). Nilai-nilai tersebut kemudian digabungkan dalam persamaan LST untuk menghasilkan suhu permukaan yang lebih akurat berdasarkan area representatif. Tahapan tersebut memastikan setiap komponen input memiliki peran yang jelas dalam pembentukan nilai suhu akhir. Perhitungan LST dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LST = \frac{T}{1 + \left(W * \frac{T}{P}\right) \ln(\epsilon)} - 273.15$$

Keterangan :

LST = *Land Surface Temperature*

T = *Brightness Temperature* (Kelvin);

W = wavelength of emitted radiance (11.5 μm);

P = $1.438 \times 10^{-2} \text{ mK}$ (konstanta radiasi Planck);

ε = *Emissivity* (LSE).

2.6 *Normalized Difference Built-up Index (NDBI)*

Normalized Difference Built-up Index (NDBI) merupakan indeks spektral yang digunakan untuk pemetaan kawasan terbangun di wilayah perkotaan. Indeks NDBI diperkenalkan oleh Zha *et al.* (2003) sebagai metode yang sederhana dan efektif untuk memetakan area urban berdasarkan perbedaan respon spektral antara pita *Near Infrared* (NIR) dan *Shortwave Infrared* (SWIR) pada citra Landsat. Dalam kajian penginderaan jauh perkotaan, NDBI banyak dimanfaatkan karena kemampuannya menonjolkan area terbangun dibandingkan dengan vegetasi dan badan air. As-syakur *et al.* (2012) menyatakan bahwa NDBI telah digunakan secara luas dalam berbagai penelitian untuk pemetaan lahan terbangun dan lahan terbuka di kawasan urban, meskipun indeks ini memiliki keterbatasan dalam membedakan area terbangun dan lahan terbuka pada wilayah dengan karakteristik spektral yang serupa, sehingga interpretasi NDBI tetap perlu dibandingkan dengan peta lain karena indeks ini belum mampu membedakan lahan kosong. Oksinia dan Nugraini (2025) menyatakan bahwa verifikasi dengan klasifikasi terawasi diperlukan untuk meningkatkan akurasi spasial pada NDBI. Perhitungan NDBI dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

NDBI = *Normalized Difference Built-up Index*

SWIR1 = Band inframerah tengah

NIR = Band inframerah dekat

2.7 *Riset - Riset Urban Heat Island (UHI)*

Penelitian mengenai *Urban Heat Island (UHI)* telah banyak dilakukan peneliti di seluruh dunia, termasuk di beberapa kota besar di Indonesia. Salah satu kajian adalah tentang model sebaran spasial dan temporal fenomena UHI di Kabupaten

Bogor (Novianto, 2013). Hasil penelitian tersebut menunjukkan ada perbedaan pola UHI pada siang dan malam hari. Pada siang hari, suhu permukaan membentuk pola UHI yang memusat di Kota Bogor, sedangkan pada malam hari cenderung membentuk gradien suhu permukaan yang meningkat menuju Kota Depok hingga Jakarta. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan berperan signifikan dalam memperkuat intensitas UHI.

Kajian mengenai hubungan antara *Urban Heat Island* (UHI) dengan indeks vegetasi yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) telah dilakukan di New Delhi dan Mumbai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah dengan nilai NDVI tinggi dan dekat dengan sungai memiliki suhu permukaan lebih rendah. Sebaliknya, daerah yang dekat dengan laut dan memiliki nilai NDVI rendah cenderung memiliki suhu permukaan lebih tinggi. Temuan tersebut menegaskan adanya keterkaitan signifikan antara nilai NDVI dengan fenomena UHI (Grover dan Singh, 2015).

Fenomena *Urban Heat Island* (UHI) juga telah dikaji di Kota Surabaya, Makassar, dan Jakarta. Peningkatan UHI di Kota Surabaya berbanding lurus dengan kepadatan bangunan dan berbanding terbalik dengan kepadatan vegetasi (Sobirin dan Fatimah, 2015). Di Kota Makassar distribusi suhu permukaan tinggi terjadi pada area permukiman, pusat perbelanjaan, dan bangunan perkantoran, sedangkan suhu lebih rendah terdapat pada daerah hijau dan area yang tidak terbangun (Maru *et al.*, 2015). Hasil kajian di Kota Jakarta menunjukkan bahwa peningkatan jumlah penduduk, aktivitas manusia, kendaraan, dan fasilitas publik pada periode 1980 hingga 2000 berbanding lurus dengan peningkatan fenomena UHI (Maru dan Ahmad, 2015).

Penelitian tentang model indeks kekritisian lingkungan (*Environmental Criticality Index* atau ECI) dengan menggunakan algoritma *Urban Heat Island* (UHI) juga dilakukan di Kota Semarang. Nilai ECI diperoleh dengan menggunakan data *Land Surface Temperature* (LST) yang dibagi dengan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yang direntangkan histogram spektralnya menjadi 8 bit.

Hasil dari penelitian tersebut mendeteksi bahwa kekritisian lingkungan akibat UHI terdapat di pusat kota, yaitu pada wilayah utara Kota Semarang (Sasmito dan Suprayogi, 2017). Pada tahun 2017 Handayani dkk. (2017) melanjutkan penelitian serupa dengan menganalisis keterkaitan antara perubahan suhu dengan indeks kawasan terbangun di Kota Surakarta. Persamaan regresi linear sederhana yang digunakan dalam analisis data menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara nilai *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) dan LST setiap rentang tahun dengan koefisien lebih dari 50%.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Pengambilan Data dan Waktu Penelitian

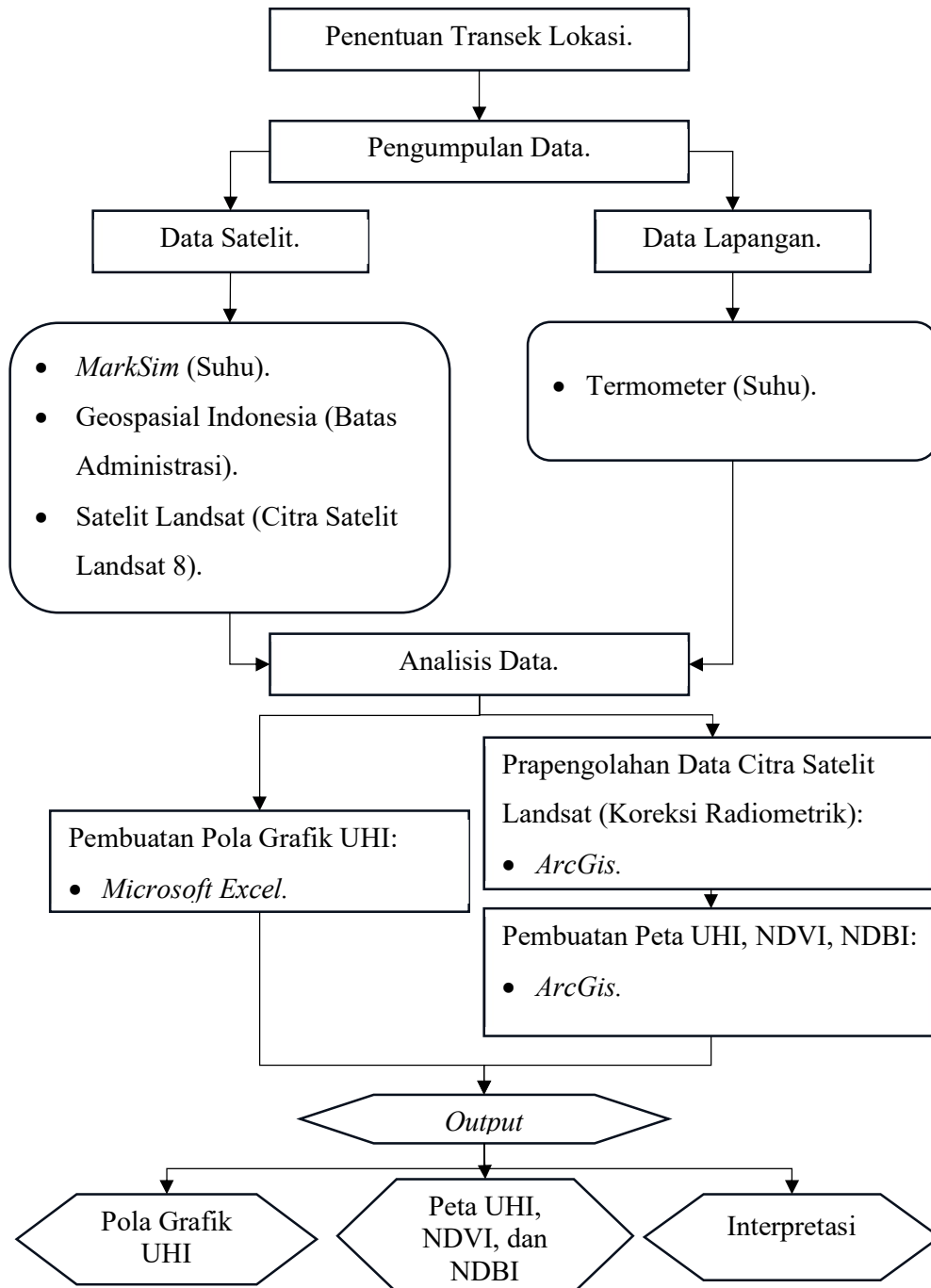
Penelitian ini dilaksanakan di Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang, mencakup berbagai jenis wilayah, yaitu daerah pedesaan, pemukiman pinggir kota 1, pusat perdagangan, pusat kota, pemukiman perkotaan, taman, pemukiman pinggir kota 2, dan daerah pertanian, pada bulan April 2024.

3.2 Alat Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa alat, yaitu termometer, perlengkapan alat tulis, dan laptop. Selain itu, menggunakan perangkat lunak, seperti *Microsoft Excel*, *Google Earth*, *USGS*, Geospasial Indonesia, *ArcGIS*, dan *MarkSim*.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini mencakup beberapa tahapan. Tahap pertama adalah penentuan lokasi transek berdasarkan karakteristik wilayah penelitian, dilanjutkan dengan pengumpulan data berupa citra satelit dan data lapangan untuk memperoleh informasi yang akurat mengenai kondisi di lapangan. Selanjutnya, dilakukan analisis data dengan memanfaatkan metode penginderaan jauh dan analisis spasial. Dari rangkaian tahapan tersebut, diperoleh keluaran penelitian berupa pola grafik dan peta *Urban Heat Island* (UHI), peta *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), serta peta *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) dengan interpretasi secara menyeluruh. Seluruh tahapan penelitian disajikan dalam diagram alir pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian.

Keterangan:



: Proses;



: Data;



: Hasil.

3.3.1 Penentuan Lokasi Transek

Penentuan lokasi penelitian ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Google Earth*. Aplikasi tersebut digunakan untuk mengamati tutupan lahan secara visual dengan memasukkan wilayah penelitian dan mengaktifkan lapisan citra resolusi tinggi. Dengan fitur *Historical Imagery* yang dapat melihat perubahan tutupan lahan dari tahun ke tahun untuk memilih area representatif. Area representatif mencakup wilayah pedesaan, permukiman pinggir kota, pusat perdagangan, pusat kota, permukiman perkotaan, taman, hingga daerah pertanian.

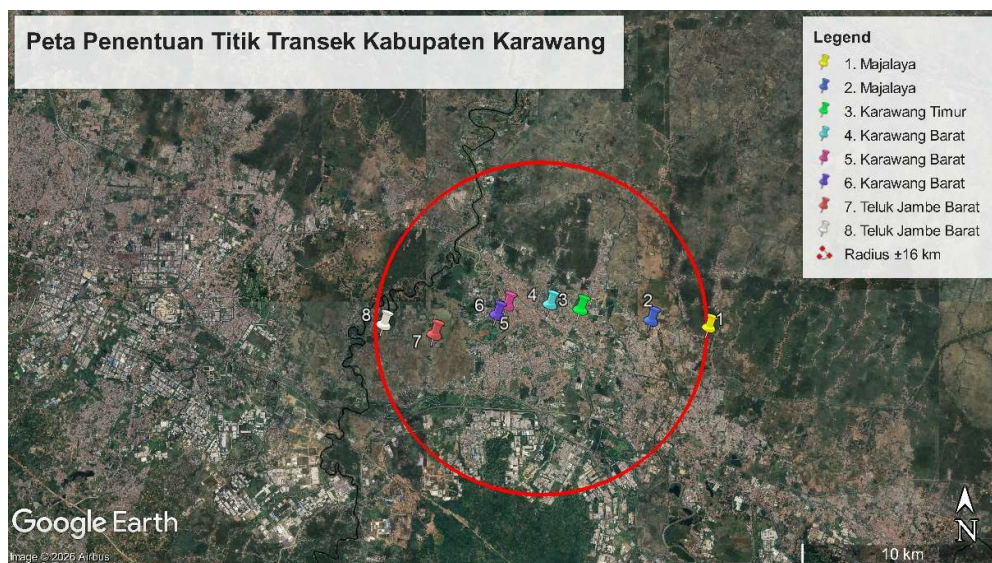
Penentuan lokasi dan pengambilan data suhu dilakukan menggunakan metode transek. Transek adalah jalur sempit melintang pada lahan yang akan dipelajari (Sari dkk., 2019). Metode transek bertujuan untuk mengetahui perubahan suhu di setiap lokasi, mewakili setiap lokasi, dan menghemat waktu dalam pengambilan data. Secara astronomis Kota Bandar Lampung terletak pada $5^{\circ}20' - 5^{\circ}30'$ LS dan $105^{\circ}28' - 105^{\circ}37'$ BT dengan luas wilayah $192,96 \text{ km}^2$, sedangkan Kabupaten Karawang berada di $107^{\circ}02' - 107^{\circ}40'$ BT dan $5^{\circ}56' - 6^{\circ}34'$ LS dengan luas $1.911,00 \text{ km}^2$. Karena luas Kabupaten Karawang sekitar sepuluh kali lebih besar dibandingkan Kota Bandar Lampung, radius transek yang digunakan harus disesuaikan agar perbandingan fenomena *Urban Heat Island* (UHI) lebih akurat.

Transek ditarik secara simetris dari titik pusat kota sebagai poros tengah ke dua arah yang berlawanan dengan panjang total $\pm 16 \text{ km}$, yang masing-masing mencakup jarak sejauh $\pm 8 \text{ km}$ ke arah Timur dan Barat pada Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang. Pendekatan tersebut bertujuan menjaga keseragaman struktur spasial sehingga memungkinkan perbandingan antarwilayah studi dilakukan secara konsisten. Penentuan panjang transek didasarkan pada jarak maksimum dari pusat kota hingga mencapai area pertanian di wilayah pinggiran, dengan radius analisis $\pm 8 \text{ km}$ yang diasumsikan sebagai batas pengaruh termal pusat kota. Strategi ini sejalan dengan pendekatan Aldiansyah dan Wardani (2023), yang menyatakan bahwa analisis gradasi spasial dari pusat kota ke wilayah pinggiran penting dalam kajian fenomena *Urban Heat Island* (UHI) dan

intensitas pembangunan. Meskipun terdapat perbedaan luas wilayah antara Kabupaten Karawang dan Kota Bandar Lampung, pendekatan transek ini dinilai adil secara spasial dan efektif secara metodologis. Peta jalur transek yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Penentuan lokasi transek Kota Bandar Lampung.



Gambar 5. Penentuan lokasi transek Kabupaten Karawang.

Garis transek dalam penelitian ini melewati beberapa kecamatan di dua wilayah, yaitu Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang. Di Bandar Lampung, garis transek melintasi lima kecamatan, yaitu Sukabumi, Tanjung Karang Timur, Tanjung Karang Pusat, Tanjung Karang Barat, dan Kemiling. Sementara itu, di Kabupaten Karawang, garis transek melewati empat kecamatan, yaitu Majalaya, Karawang Timur, Karawang Barat, dan Telukjambe Barat. Setiap kecamatan mewakili wilayah dengan karakteristik yang beragam, seperti pedesaan, permukiman, pusat perdagangan, taman kota, hingga daerah pertanian.

3.3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui penginderaan jarak jauh dan langsung, sehingga penelitian ini menggunakan dua jenis data. Data yang pertama berupa data satelit dan data yang kedua yaitu data lapangan.

3.3.2.1 Pengumpulan data satelit

Data satelit penginderaan jauh merupakan salah satu data untuk memperoleh informasi fenomena alam di permukaan bumi. Data ini diperoleh melalui suatu alat sensor yang dipasang pada sebuah pesawat atau satelit (Suwargana, 2013). Data satelit yang digunakan adalah data suhu dari situs *MarkSim*, data batas administrasi kota dari situs Geospasial Indonesia, dan data citra Satelit Landsat dari situs *USGS*. Data-data tersebut nantinya yang akan melihat pola *Urban Heat Island* (UHI) pada setiap wilayah kota maupun kabupaten dan melihat fenomena UHI dari tahun ke tahun.

Data suhu permukaan harian untuk Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang diperoleh dari situs *MarkSim* pada periode 2014, 2019, dan 2024 dalam format *Excel*. Data tersebut diambil sesuai titik koordinat dan lokasi yang sudah ditentukan. Perlu diperhatikan pengambilan data harus sudah mewakili daerah pedesaan, permukiman pinggir kota, pusat perdagangan, pusat kota, permukiman perkotaan, taman, hingga daerah pertanian pada wilayah penelitian.

Data batas administrasi wilayah penelitian mencakup batas kota dan kecamatan. Data tersebut diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dalam format *shapefile* (.shp). Selanjutnya, data batas administrasi digunakan sebagai dasar pemetaan wilayah penelitian. Data ini kemudian diintegrasikan dengan citra satelit menggunakan perangkat lunak *ArcGIS*.

Data satelit terakhir adalah data citra satelit Landsat. Peta citra Landsat diperoleh melalui situs *USGS*. Selanjutnya, sensor Landsat 8 *OLI/TIRS Collection 2 Level-1* dipilih dan wilayah penelitian ditentukan berdasarkan koordinat dan *Path/Row* citra yang sesuai dengan periode penelitian tahun 2014, 2019, dan 2024. Peta citra tersebut kemudian diunduh dan diolah menggunakan perangkat lunak *ArcGIS*. Proses pengolahan mencakup koreksi radiometrik, pemotongan wilayah (*clipping*), serta analisis suhu permukaan berbasis *band termal* dan *band reflectance*.

3.3.2.2 Pengumpulan data lapangan

Pengambilan data lapangan untuk menguji akurasi data suhu yang didapat dari satelit terhadap fenomena *Urban Heat Island* (UHI) secara aktual. Pengambilan data lapang dilakukan pada bulan April 2025 selama tiga hari dengan satu lokasi untuk tiga titik pengambilan suhu, tujuannya supaya data suhu yang diperoleh tidak bias. Alat yang digunakan pada pengambilan data ini yaitu menggunakan termometer. Pada pengambilan data tersebut harus sesuai secara transek dengan titik koordinat yang sudah ditentukan.

3.3.3 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu membuat pola grafik *Urban Heat Island* (UHI), prapengolahan data citra satelit, pembuatan peta *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), pembuatan peta distribusi UHI, dan pembuatan peta *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI). Hasil analisis

tersebut kemudian akan dibandingkan untuk melihat keterkaitan antara suhu permukaan, vegetasi, dan tingkat pembangunan wilayah.

3.3.3.1 Pembuatan pola grafik *Urban Heat Island* (UHI)

Pola *Urban Heat Island* (UHI) adalah pola sebaran suhu yang menunjukkan bahwa wilayah perkotaan memiliki suhu lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah desa di sekitarnya. Pola tersebut membentuk kurva dengan suhu tertinggi terletak di pusat kota, sementara suhu di sekitarnya cenderung lebih rendah. Pengambilan data suhu diambil pada lokasi dan titik koordinat yang sudah ditentukan berbentuk garis transek melintang (dari arah timur ke barat) yang mewakili wilayah pedesaan, pemukiman pinggir kota 1, pusat perdagangan, pusat kota, pemukiman perkotaan, pemukiman pinggir kota 2, dan daerah pertanian. Terdapat dua pengolahan pembuatan pola grafi UHI yaitu pengolahan pola grafik UHI pararel (*Marksim*) dan pola grafik UHI lapangan yang masing-masing diolah menggunakan *Microsoft Excel*.

Pola grafik *Urban Heat Island* (UHI) yang pertama dianalisis melalui pendekatan berbasis data suhu harian dari situs *Marksim* selama 365 hari pada tahun 2014, 2019, dan 2024 di masing-masing wilayah. Tujuannya untuk mengidentifikasi perubahan pola UHI secara temporal sekaligus merepresentasikan dinamika urbanisasi jangka panjang. Analisis dilakukan dengan mengambil nilai rata-rata suhu harian pada delapan lokasi yang telah ditentukan, kemudian menghitung rata-rata suhu tiap lokasi untuk setiap tahun pengamatan. Selanjutnya, nilai tersebut disusun dalam bentuk grafik linier berdasarkan urutan lokasi dari wilayah pinggiran menuju pusat kota, dan seluruh grafik dari tahun 2014, 2019, serta 2024 digabungkan untuk menggambarkan perbandingan pola UHI pada masing-masing wilayah.

Pola grafik *Urban Heat Island* (UHI) kedua disusun menggunakan data lapangan yang dikumpulkan satu kali sehari selama tiga hari berturut-turut, dengan tiga titik pengukuran pada setiap lokasi untuk meminimalkan bias data suhu. Pendekatan

tersebut bertujuan menangkap kondisi suhu aktual di lapangan, memvalidasi pola UHI yang diperoleh dari data satelit, serta memberikan gambaran rinci mengenai variasi suhu harian di area penelitian. Proses analisis dilakukan dengan mencatat suhu pada setiap titik lokasi pada waktu yang sama setiap hari, menghitung nilai suhu rata-rata dari tiga hari pengamatan untuk masing-masing titik, kemudian menyusun grafik linier berdasarkan urutan lokasi dari pinggiran kota hingga pusat kota pada masing-masing wilayah.

3.3.3.2 Prapengolahan data citra satelit

Pembuatan peta *Urban Heat Island* (UHI), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), dan *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) dilakukan dengan memanfaatkan citra satelit Landsat untuk wilayah Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang pada tahun 2014, 2019, dan 2024. Selain itu, digunakan pula peta administrasi sebagai dasar pemotongan wilayah. Peta administrasi dan peta citra satelit dimasukkan ke dalam perangkat lunak *ArcGIS* untuk diolah secara spasial. Kedua jenis data tersebut kemudian dipotong (*clipping*) mengikuti pola batas administrasi Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang agar analisis terfokus hanya pada area penelitian. Hal tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh hasil ekstraksi parameter spasial mencerminkan kondisi masing-masing wilayah secara akurat dan konsisten..

Data citra satelit yang telah dipotong belum dapat langsung diolah karena masih mengandung *noise*, hal ini diakibatkan perbedaan posisi matahari saat akuisisi data. Untuk menghilangkan *noise* tersebut digunakan koreksi radiometrik *Top of Atmosphere* (ToA), melalui nilai *Digital Number* (DN) yang dikonversi menjadi *ToA Reflectance* untuk pengolahan indeks vegetasi dan kerapatan bangunan, sedangkan *ToA Radiance* untuk pengolahan suhu permukaan. Data citra Landsat 8 dalam penelitian ini harus dikoreksi secara radiometrik menggunakan metode ToA yang mencakup konversi DN ke nilai reflektansi serta koreksi matahari. Tahap koreksi tersebut dilakukan untuk memastikan nilai reflektansi yang lebih

akurat. Persamaan yang digunakan mengacu pada USGS (2019), pada perhitungan *ToA Reflectance* dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\rho\lambda' = M_p * Q_{cal} + A_p$$

Keterangan:

$\rho\lambda'$ = *ToA Reflectance* (tanpa koreksi sudut matahari)
 M_p = *Reflectance_Mult_Band_x* (nilai dari metadata)
 A_p = *Reflectance_Add_Band_x* (nilai dari metadata)
 Q_{cal} = Nilai *Digital Number* (DN)

Tahap selanjutnya adalah koreksi sudut matahari pada citra untuk mengurangi perbedaan nilai *Digital Number* (DN) yang disebabkan oleh variasi posisi matahari. Langkah tersebut membantu menyamakan kondisi pencahayaan, sehingga setiap piksel merepresentasikan nilai yang lebih konsisten. Perhitungan koreksi dengan sudut matahari dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{(\cos(\theta_{SZ}))} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{SE}))}$$

Keterangan:

$\rho\lambda$ = *ToA Reflectance* (dengan koreksi matahari)
 θ_{SE} = *Sun Elevation*
 θ_{SZ} = Sudut zenith matahari, $\theta_{SZ} = 90^\circ - \theta_{SE}$

Pengubahan *Digital Number* (DN) menjadi *Top of Atmosphere* (ToA) *Radiance* menggunakan TIRS dengan kanal 10 dan 11. Namun pada penelitian ini hanya menggunakan kanal 10 karena kanal 11 memiliki ketidakpastian kalibrasi sensor sejak 29 Maret 2019 (Fawzi dan Iswari, 2019). Nilai LSE tersebut penting dalam meningkatkan akurasi estimasi suhu permukaan dari data penginderaan jauh. Perhitungan *ToA Radiance* dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L\lambda = ML \times Q_{cal} + AL$$

Keterangan :

$L\lambda$ = *Spectral radiance* ($W/(m^2 * sr * \mu m)$)

ML = *Radiance multiplicative scaling factor*

Q_{cal} = Level-1 nilai piksel dalam *Digital Number* (DN)

AL = *Radiance additive scaling factor*

3.3.3.3 Pembuatan peta *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)

Koreksi radiometrik yang telah dilakukan memungkinkan citra satelit diolah lebih lanjut untuk menghasilkan peta indeks vegetasi dengan memanfaatkan algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Perhitungan NDVI digunakan untuk menghitung *Proportion of Vegetation* (PV). Proporsi vegetasi yang dihitung dari NDVI untuk mengetahui seberapa besar cakupan vegetasi di suatu area. Nilai NDVI menggambarkan kondisi vegetasi suatu wilayah. NDVI menjadi indikator yang sangat penting dalam analisis tutupan lahan. Indeks NDVI juga membantu membedakan area vegetatif dan non-vegetatif secara lebih akurat. Perhitungan NDVI dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan :

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = Nilai pantulan dari pita inframerah dekat (Band 5 pada Landsat 8)

RED = Nilai pantulan dari pita merah (Band 4 pada Landsat 8)

Hasil *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) kemudian diklasifikasi menjadi kelas-kelas. Kelas itu adalah awan dan air, sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi. Pembagian klasifikasi tersebut menggunakan metode *Natural Jenks Breaks* yang bertujuan untuk menghindari pembacaan eror spasial yang menggambarkan variasi kondisi penutupan lahan secara lebih akurat.

3.3.3.4 Pembuatan peta *Urban Heat Island* (UHI)

Pembuatan peta *Urban Heat Island* (UHI) dilakukan melalui beberapa tahapan berurutan. Tahap pertama citra termal diubah menjadi *Top of Atmosphere* (ToA) *Radiance* yang dilakukan saat pra pengolahan data, kemudian dihitung *Brightness Temperature* (TB). Setelah itu, dihitung *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk mengetahui kerapatan vegetasi yang dilakukan pada saat pembuatan peta NDVI. Hasil NDVI akan digunakan untuk memperoleh *Proportion of Vegetation* (PV). Hasil PV digunakan untuk menghitung *Land Surface Emissivity* (LSE), karena beberapa tahap sudah dilewati maka bisa langsung ke tahap perhitungan PV. Tahap-tahap tersebut harus berurutan untuk mendapatkan nilai *Land Surface Temperature* (LST) yang berakurasi tinggi untuk menggambarkan variasi suhu permukaan secara spasial. Nilai PV yang dihasilkan dari proses pengolahan NDVI menjadi komponen penting dalam menentukan emisivitas permukaan, sehingga tahapan berikutnya dapat menghasilkan nilai LST yang lebih akurat dan merepresentasikan kondisi termal wilayah secara spasial. Perhitungan PV dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$PV = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} + NDVI_{min}} \right)^2$$

Keterangan :

PV = *Proportion of Vegetation*

NDVI_{max} = Nilai NDVI terendah di area studi

NDVI_{min} = Nilai NDVI tertinggi di area studi

Hasil perhitungan *Proportion of Vegetation* (PV) digunakan untuk menentukan *Land Surface Emissivity* (LSE), yaitu kemampuan permukaan untuk memancarkan energi radiasi inframerah yang bergantung pada jenis material permukaan. Nilai LSE tersebut penting dalam meningkatkan akurasi estimasi suhu permukaan dari data penginderaan jauh. Perhitungan LSE dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LSE = m * PV + n$$

Dengan:

$$m = \varepsilon V - \varepsilon S - (1 - \varepsilon S)F\varepsilon V$$

$$n = \varepsilon S + (1 - \varepsilon S)F\varepsilon V$$

Keterangan :

LSE = *Land Surface Emissivity*

m = Konstanta standar deviasi emisivitas permukaan (0,004)

PV = *Proportion of Vegetation*

n = Nilai emisivitas vegetasi dikurangi m (0,986)

εV = Emisivitas vegetasi (0,99)

εS = Emisivitas tanah (0,97)

F = Faktor bentuk distribusi geometri yang berbeda (0,55)

Nilai *Land Surface Emissivity* (LSE) dan *Top of Atmosphere* (ToA) *Radiance* telah diperoleh dari tahap prapengolahan. Selanjutnya, dilakukan perhitungan *Brightness Temperature* (TB), yaitu suhu kecerahan berdasarkan radiasi termal yang terdeteksi satelit dalam satuan Kelvin. Tahap tersebut bertujuan untuk mengonversi nilai radiasi spektral menjadi informasi suhu yang merepresentasikan kondisi termal permukaan bumi. Perhitungan TB dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$TB = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)}$$

Keterangan :

TB = *Brightness temperature* (K)

$L\lambda$ = *Spectral radiance* (W/(m² * sr * μ m))

K1 = Konstanta konversi termal 1 (774.8853)

K2 = Konstanta konversi termal 2 (1321.0789)

Tahap terakhir dalam perhitungan *Urban Heat Island* (UHI) adalah memperoleh nilai *Land Surface Temperature* (LST) untuk menggambarkan suhu permukaan yang diperoleh setelah dilakukan koreksi atmosfer dan *Land Surface Emissivity* (LSE) terhadap *Brightness Temperature* (TB) citra satelit. Perhitungan LST dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$LST = \frac{TB}{1 + \left(W * \frac{T}{P} \right) \ln(\epsilon)} - 273.15$$

Keterangan :

LST = *Land Surface Temperature*

TB = *Brightness Temperature* (Kelvin)

W = *wavelength of emitted radiance* (11.5 μm)

P = $1.438 \times 10^{-2} \text{mK}$ (konstanta radiasi Planck)

ϵ = *Emissivity* (LSE)

Hasil *Land Surface Temperature* (LST) kemudian diubah menjadi suhu *Celcius* dan diklasifikasi menggunakan metode manual. Pengolahan data tersebut untuk mengetahui pola *Urban Heat Island* (UHI) di Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Karawang dalam bentuk peta UHI yang menunjukkan variasi suhu permukaan dan merefleksikan pengaruh tingkat urbanisasi pada masing-masing wilayah.

3.3.3.5 Pembuatan peta *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI)

Nilai kerapatan bangunan diperoleh melalui algoritma *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) yang menghasilkan pemetaan area lahan terbangun dan lahan terbuka. Tujuannya untuk menunjukkan penampakan lahan terbangun dibandingkan area lainnya. Pengolahan NDBI memanfaatkan band inframerah dekat (NIR) dan band inframerah tengah (SWIR). Indeks tersebut digunakan untuk membedakan area terbangun dari area lainnya berdasarkan perbedaan pantulan spektralnya. Perhitungan NDBI dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan :

NDBI = *Normalized Difference Built-up Index*

SWIR1 = Band inframerah tengah

NIR = Band inframerah dekat

Nilai *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) kemudian dibagi menjadi 4 klasifikasi, yaitu permukiman sangat rendah, rendah, sedang, hingga tinggi.

Pembagian ini menggunakan metode *Natural Jenks Breaks* supaya menghindari pembacaan eror spasial.

Metode *Natural Breaks Jenks* adalah teknik klasifikasi statistik yang digunakan untuk membagi data lanjutan menjadi beberapa kelas berdasarkan distribusi alami data tersebut. Metode tersebut bertujuan untuk meminimalkan variasi dalam setiap kelas (*within-class variance*) dan memaksimalkan variasi antar kelas (*between-class variance*), sehingga menghasilkan pembagian yang paling representatif dari pola data yang ada. Dalam konteks analisis fenomena *Urban Heat Island* (UHI), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), dan *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI), penerapan metode *Natural Breaks Jenks* memungkinkan identifikasi zona dengan karakteristik suhu, vegetasi, dan kepadatan bangunan yang berbeda secara signifikan. Menurut Garzón *et al.* (2021), metode *Natural Breaks Jenks* untuk mengklasifikasikan suhu *Land Surface Temperature* (LST) dan menemukan konsentrasi suhu maksimum di area dengan kepadatan penduduk tinggi, yang sejalan dengan hasil dari NDBI dan NDVI. Keunggulan utama metode ini adalah kemampuannya untuk menyesuaikan batas kelas dengan distribusi data yang sesungguhnya, sehingga menghasilkan peta klasifikasi yang lebih akurat dan mudah dipahami.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (1) NDVI berhubungan negatif dengan suhu permukaan (vegetasi menurunkan suhu), sedangkan NDBI berhubungan positif (bangunan meningkatkan suhu). Pola ini konsisten pada tahun 2014, 2019, dan 2024. Pembangunan di Kota Bandar Lampung yang terpusat di tengah kota menyebabkan suhu tertinggi berada di pusat kota. Sebaliknya, pembangunan di Kabupaten Karawang yang menyebar, khususnya kawasan industri yang bercampur dengan permukiman, menyebabkan suhu tinggi menyebar merata di berbagai wilayah;
- (2) Pola *Urban Heat Island* (UHI) teridentifikasi di Kota Bandar Lampung dan di Kabupaten Karawang. Meskipun suhu rata-rata Kabupaten Karawang lebih tinggi, pola spasial dan grafik UHInya berbeda. Kota Bandar Lampung menunjukkan pola gradasi suhu yang jelas dari pinggiran kota menuju pusat kota, sedangkan di Kabupaten Karawang penyebaran suhu cenderung merata dan tidak terpusat.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah penambahan ruang terbuka hijau (RTH) di Kabupaten Karawang, khususnya pada kawasan industri yang tersebar, serta penataan zonasi permukiman agar menjauh dari area industri guna mengurangi akumulasi panas. Untuk Kota Bandar Lampung, tata guna lahan yang ada sebaiknya dipertahankan, dengan pusat perdagangan dan bisnis tetap berada di

tengah kota, sehingga panas tidak meluas ke wilayah pinggiran kota yang memiliki tutupan vegetasi dan fungsi ekologis penting.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M., Alosan, M. A., Mohammed, W., Mesbah, E., Alsaleh, N. A., dan Elghonaimy, I. 2024. Characterizing land surface temperature (LST) through remote sensing data for small-scale urban development projects in the Gulf cooperation council (GCC). *Sustainability*. 16(9): 3873.
- Aldiansyah, S dan Wardani, F. 2023. Analisis spasio-temporal fenomena Urban Heat Island dan hubungannya terhadap aspek fisik di Kota Makassar (1993-2021). *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*. 24(1): 1-11.
- Ally, H., Wahyuningtyas, J., dan Rahmadana, M. I. 2021. Analisis spatio temporal pengaruh aktivitas industri terhadap fenomena uhi dan ILST di kota jakarta timur. *ENVIRO: Journal of Tropical Environmental Research*. 26(1): 26-37.
- Almouctar, M. A. S., Wu, Y., Zhao, F., dan Qin, C. 2024. Drought analysis using normalized difference vegetation index and land surfacetemperature over Niamey region, the southwestern of the Niger between 2013 and 2019. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 52: 101689.
- Andari, M. T., Pravitasari, A. E., dan Anwar, S. 2022. Analisis urban sprawl sebagai rekomendasi pengendalian pemanfaatan ruang untuk pengembangan lahan pertanian di Kabupaten Karawang. *Journal of Regional and Rural Development Planning (Jurnal Perencanaan Pembangunan Wilayah dan Perdesaan)*. 6(1): 74-88.
- Ansar, Z. dan De Vries, W. T. 2024. Urban Sprawl Symptoms in Bandar Lampung Suburban Area, Indonesia. *Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning*. 11(2): 205-222.
- Arifin, S. S., Hamzah, B., Mulyadi, R., dan Rasyid, A. R. 2022. Effects of vegetation on urban heat island using Landsat 8 OLI/TIRS imagery in tropical urban climate. *Civil Eng. Architect*. 10(1): 395-405.
- As-syakur RA, Adnyana I WS, Arthana W, dan Nuarsa IW. 2012. Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) for mapping built-up and bare land in an urban area. *Remote Sens*. (4): 2957-2970

- Badan Pusat Statistik Bandar Lampung. 2024: [Jumlah Penduduk Berdasarkan Jenis Kelamin dan Kecamatan - Tabel Statistik - Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung](#) (Diakses pada tanggal 15 Maret 2025).
- Badan Pusat Statistik Karawang. 2024: <https://karawangkab.bps.go.id/id/statistics-table/2/MzUjMg==/jumlah-penduduk-menurut-kecamatan-dan-jeniskelamin.html> (Diakses pada tanggal 15 Maret 2025),
- Barsi, J. A., Schott, J. R., Hook, S. J., Raqueno, N. G., Markham, B. L., dan Radocinski, R. G. 2014. Landsat-8 thermal infrared sensor (TIRS) vicarious radiometric calibration. *Remote Sensing*. 6(11): 11607-11626.
- Barben, M., Wunderle, S., dan Dupuis, S. 2024. A 40-Year Time Series of Land Surface Emissivity Derived from AVHRR Sensors: A Fennoscandian Perspective. *Remote Sensing*. 16(19): 1-18.
- Brunsell, N. A. dan Gillies, R. R. 2002. Incorporating surface emissivity into a thermal atmospheric correction. *Photogrammetric engineering and remote Sensing*. 68(12): 1263-1269.
- Carlson, T. N. dan Ripley, D. A. 1997. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 62(3): 241-252.
- Cetin, M., Ozenen Kavlak, M., Senyel Kurkcuoglu, M. A., Bilge Ozturk, G., Cabuk, S. N., dan Cabuk, A. 2024. Determination of land surface temperature and urban heat island effects with remote sensing capabilities: the case of Kayseri, Türkiye. *Natural Hazards*. 120(6): 5509-5536.
- Dinas Kehutanan Provinsi Lampung. (2024, Januari). *Penanaman pohon serentak di wilayah Kodam II/Sriwijaya*. Dishut Lampung. [Penanaman Pohon Serentak di Wilayah Kodam II/Sriwijaya - Dinas Kehutanan Provinsi Lampung](#) (Diakses pada tanggal 15 Maret 2025).
- Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Lampung. (2024, Juli). *Kegiatan aksi nyata pelestarian lingkungan melalui Program Penanaman Sejuta Pohon REI*. DLH Lampung. [Kegiatan aksi nyata pelestarian lingkungan melalui Program Penanaman Sejuta Pohon REI - DINAS LINGKUNGAN HIDUP PROVINSI LAMPUNG](#) (Diakses pada tanggal 15 Maret 2025).
- Ermawati, M., Syahputra, A., dan Mutmainah, T. 2022. Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi Urban Heat Island di Kota Bandarlampung. *Reka Ruang*. 5(1): 54-66.
- Fardani, I. dan Putri, M. 2024. Spatio-temporal analysis between landcover change and urban heat island. *International Journal of Sustainable Development and Planning*. 19(11): 4159-4166.

- Fajarini, R., Barus, B., dan Panuju, D. R. 2015. Dinamika perubahan penggunaan lahan dan prediksinya untuk tahun 2025 serta keterkaitannya dengan perencanaan tata ruang 2005-2025 di Kabupaten Bogor. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 17(1): 8-15.
- Fawzi, N. I. 2014. Pemetaan Emisivitas Menggunakan Indeks Vegetasi (Surface Emissivity Mapping Using Vegetation Indices). *Majalah Ilmiah Globè*. 16(2): 133-140.
- Fawzi, N. I., dan Iswari, M.Y. 2019. Hubungan kategori tutupan lahan dan suhu permukaan menggunakan Landsat 8. *Jurnal Spasial*. 6(1): 27-35.
- Garzón, J., Molina, I., Velasco, J., dan Calabia, A. 2021. A remote sensing approach for surface urban heat island modeling in a tropical colombian city using regression analysis and machine learning algorithms. *Remote Sensing*. 13(21):4256.
- Giorgio, G. A., Ragosta, M., dan Telesca, V. 2017. Climate variability and industrial-suburban heat environment in a Mediterranean area. *Sustainability*. 9(5): 775.
- Handayani, M. N., Sasmito, B., dan Putra, A. 2017. Analisis hubungan antara perubahan suhu dengan indeks kawasan terbangun menggunakan citra landsat (Studi Kasus: Kota Surakarta). *Jurnal Geodusi Undip*. 6(4): 208-218.
- Hidayat, O., Pontoh, N. K., dan 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. Lampung Selatan. 9 hlm.
- Hermawan, E. 2015. Fenomena Urban Heat Island (UHI) pada beberapa kota besar di Indonesia sebagai salah satu dampak perubahan lingkungan global. *Jurnal Citra Widya Edukasi*. 7(1): 33-45.
- Irene, P. L. 2015. *Farmland conversion in Karawang, Indonesia: discourse analysis*. Faculty of Bioscience Engineering, Universiteit Gent. Belgium. 72 hlm.
- Jones, P. G. dan Thornton, P. K. 2000. MarkSim: Software to generate daily weather data for Latin America and Africa. *Agron. J.* 92(3): 445-453.
- Karawangnews.com. 2023. *PT Pupuk Kujang bersama DLHK Karawang tanam ribuan pohon melalui program Sakasapo*. Karawangnews. [KarawangNews.com - Pelopor media online Karawang](https://www.karawangnews.com). (Diakses pada tanggal 15 Maret 2025).

- Kliengchuay, W., Phonphan, W., Niampradit, S., Kiangkoo, N., Srimanus, W., Niemmanee, T., dan Tantrakarnapa, K. 2024. Variation of vegetation cover and the relationship with land surface temperature across Thailand (2007 to 2022). *Scientific Reports*. 15(1): 27823
- Lathifah, A., Rustiadi, E., dan Agusta, H. 2024. Analisis status perkembangan desa di Kabupaten Karawang. *TATALOKA*. 26(3): 401-41
- Li, J., Song, C., Cao, L., Zhu, F., Meng, X., dan Wu, J. 2011. Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China. *Remote sensing of environment*. 115(12): 3249-3263.
- Li, Z. L., Wu, H., Duan, S. B., Zhao, W., Ren, H., Liu, X., dan Zhou, C. 2023. Satellite remote sensing of global land surface temperature: Definition, methods, products, and applications. *Reviews of Geophysics*. 61(1):1-77.
- Maru, R. dan Ahmad Sharudin, S. 2015. The relationship between land use changes and the urban heat island phenomenon in Jakarta, Indonesia. *Advanced Science Letters*. 21(2): 150-152
- Maru, R., Baharuddin, I. I., Zhiddiq, S., Arfan, A., dan Bayudin. 2015. Trend Analysis of Urban Heat Island Phenomenon in the City of Makassar, South Sulawesi, Indonesia using Landsat. *Asian Journal of Applied Sciences*. 03(5): 477-484.
- Martin, M. A., Ghent, D., Pires, A. C., Göttsche, F. M., Cermak, J., dan san Remedios, J. J. 2019. Comprehensive in situ validation of five satellite land surface temperature data sets over multiple stations and years. *Remote Sensing*. 11(5): 479.
- Mills, G. 2008. Luke Howard and the climate of London. *Royal Meteorological Society*. 63(6): 153-157.
- Morini, E., Touchaei, A. G., Castellani, B., Rossi, F., dan Cotana, F. 2016. The impact of albedo increase to mitigate the urban heat island in Terni (Italy) using the WRF model. *Sustainability*. 8(10): 999.
- Novianto, A. 2013. *Distribusi spasial dan temporal Urban Heat Island wilayah Bogor*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 20 hlm.
- Oke, T. R. 1973. City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* 1967. 7(8): 769-779.
- Oke, T. R. 1982. The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 108(455): 1-24.
- Oke, T. R. 1988. *Boundary layer climates* (2nd ed.). Routledge. London. 406 hlm.

- Oknisia, E. dan Nugraini, L. D. A. 2025. Effectiveness of Normalized Difference Built-Up Index in Mapping Built-Up Features across Arid Rural Regions. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*. 19(1): 1-8.
- Pemerintah Kota Bandar Lampung. 2023. *Peraturan Daerah Kota Bandar Lampung Nomor 14 Tahun 2023 tentang penyediaan dan pengelolaan ruang terbuka hijau*. Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia. 25 hlm.
- Pemerintah Kabupaten Karawang. 2013. *Peraturan Daerah Kabupaten Karawang Nomor 2 Tahun 2013 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Karawang Tahun 2011-2031*. Pemerintah Kabupaten Karawang. 287 hlm.
- Pemerintah Kota Bandar Lampung. 2021. *Peraturan Daerah Kota Bandar Lampung Nomor 4 Tahun 2021 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bandar Lampung Tahun 2021-2041*. Pemerintah Kota Bandar Lampung. 112 hlm.
- Pemerintah Kabupaten Karawang. 2021. *Rencana Strategis Kabupaten Karawang Tahun 2021-2026*. Karawang: Pemerintah Kabupaten Karawang. 83 hlm.
- Pratiwi, A. Y., dan Jaelani, L. M. 2021. Analisis Perubahan Distribusi Urban Heat Island (UHI) di Kota Surabaya Menggunakan Citra Satelit Landsat Multitemporal. *Jurnal Teknik ITS*. 9(2), C48-C55.
- Priyadarsini, R., Hien, W. N., dan David, C. K. W. 2008. Microclimatic modeling of the urban thermal environment of Singapore to mitigate urban heat island. *Solar energy*. 82(8): 727-745.
- Putra, E.H. 2011. *Penginderaan Jauh dengan ER Mapper*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 294 hlm.
- Peters, A. J., Walter-Shea, E. A., Ji, L., Vina, A., Hayes, M., dan Svoboda, M. D. 2002. Drought monitoring with NDVI-based standardized vegetation index. *Photogrammetric engineering and remote sensing*. 68(1): 71-75.
- Rahmat, A., Ramadhan, A. N., Ramadhani, W. S., Listiana, I., Yanfika, H., Widyastuti, R. A. D., dan Mutolib, A. 2022. Changes in Land cover using the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) Method in Kedamaian Subdistrict, Bandar Lampung City as Urban City. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* . 1027(1): 012032.
- Rajeshwari, A. dan Mani, N. D. 2014. Estimation of Land Surface Temperature of Dindigul District Using Landsat 8 Data. *India : IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*. 3(5): 122-126.

- Republika Online. 2023. *Peruri tanam 300 pohon di Desa Cemarajaya sebagai upaya reklamasi pasca-abrasi*. Republika. <https://republika.co.id>. (Diakses pada tanggal 15 Maret 2025).
- Roy, D. P., Wulder, M. A., Loveland, T. R., Ce, W., Allen, R. G., Anderson, M. C., dan Zhu, Z. 2014. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote sensing of Environment*. 145: 154-172.
- Sari, A. R. 2017. Kajian perkembangan lahan terbangun Kota Bandar Lampung. *Journal of Planning and Policy Development*. 104-120.
- Sari, D. N., Wijaya, F., Mardana, M. A., dan Hidayat, M. .2019. Analisis vegetasi tumbuhan dengan metode transek (line transect) dikawasan Hutan Deudap Pulo Aceh Kabupaten Aceh Besar. *In Prosiding Seminar Nasional Biologi, Teknologi dan Kependidikan*. 6(1).
- Sasmito, B dan Suprayogi, B. 2017. Model kekritisian indeks lingkungan dengan algoritma urban heat island di Kota Semarang (*Model of Environmental Criticality Index with Urban Heat Island Algoritm in Semarang City*). *Majalah Ilmiah GLOBE*. 19(1): 45-52.
- Sahile T.W., Goshem K. G., Shifaw A. S. dan Abidin R. S., 2023. Analysis of land surface temperature distribution in response to land use land cover change in agroforestry dominated area, gedee zone, Southern Ethiopia. *Int. J. Environ. Eng. Educ*. 5(1): 19-23.
- Sugandi, M., Febry, A., Fitdhea, A., dan Firman, M. 2019. Analisis multitemporal pengaruh perubahan kawasan terbangun terhadap perubahan suhu permukaan di Kota Bandar Lampung. *FIT ISI 2019 dan ASEANFLAG 72nd COUNCIL MEETING*. 2009-2013.
- Sobrino, J. A., Jimenez-Munoz, J.C. dan Paolini, L. 2004. Land Surface Temperature Retrieval from Landsat TM 5. *Remote Sensing of Environment*. 90: 434-440
- Suwargana, N. 2013. Resolusi spasial, temporal dan spektral pada citra satelit Landsat, SPOT dan IKONOS. *Jurnal Ilmiah Widya*. 1(2): 167-174.
- Sunaryo, D. K. dan Iqmi, M. Z. 2015. Pemanfaatan citra landsat 8 untuk pendeteksian dan mengetahui hubungan kerapatan vegetasi terhadap suhu permukaan. *Spectra*. 13(25): 55-72.
- Tursilowati, L., Sumantyo, J.T.S., Kuze, H., Adiningsih, E.S., 2012. Relationship between Urban Heat Island Phenomenon and Land Use/Land Cover Changes in Jakarta - Indonesia. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS)*. 3(4): 645-653.

- Tursilowati L. 2007. Urban Heat Island dan Kontribusinya pada Perubahan Iklim dan Hubungannya dengan Perubahan Lahan. *Prosiding Seminar Nasional Pemanasan Global dan Perubahan Global - Fakta, Mitigasi, dan Adaptasi*. Bandung: Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim LAPAN. 89-96.
- TvBerita. 2024. *RTH KeHati produksi lebih dari 5.000 bibit tanaman untuk masyarakat*. TvBerita. <https://tvberita.com>. (Diakses pada tanggal 15 Maret 2025).
- U.S. Geological Survey. 2019. *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook*. Sioux Falls, SD: U.S. Geological Survey. 114 hlm.
- Vidal, A. 1991. Atmospheric and emissivity correction of land surface emperature measured from satellite using ground measurements or satellite data. *International Journal of Remote Sensing*. 12(12): 244-246.
- Weng, Q. 2001. A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. *International Journal of Remote Sensing*. 22(10): 1999-2014.
- Weng, Q. 2001. Modeling urban growth effects on surface runoff with the integration of remote sensing and GIS. *Environmental management*. 28(6): 737-748.
- Weng, Q., Lu, D., dan Schubring, J. 2004. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote sensing of Environment*. 89(4): 467-483.
- Yafi, M. A., dan Rondhi, M. 2024. Urbanisation, Paddy Field Conversion and Its Impact on Rice Production in Indonesia: A Synthesis of Panel Data 2015-2019. In *2nd International Conference on Neural Networks and Machine Learning 2023 (ICNNML 2023)* . 249-262.
- Yamamoto, Y. 2006. Measures to mitigate urban heat islands. *Science and Technology Trends Quarterly Review*. 18(1): 65 83.
- Yan, J., Yin, C., An, Z., Mu, B., Wen, Q., Li, Y., dan Song, Y. 2023. The influence of urban form on land surface temperature: A comprehensive investigation from 2D urban land use and 3D buildings. *Land*. 12(9): 1-18.
- Yang, Q., Huang, X., dan Li, J. 2017. Assessing the relationship between surface urban heat islands and landscape patterns across climatic zones in China. *Scientific reports*. 7(1): 9337.
- Yang, H., Wu, Z., Dawson, R. J., Barr, S., Ford, A., dan Li, Y. 2024. Quantifying surface urban heat island variations and patterns: Comparison of two cities in three-stage dynamic rural-urban transition. *Sustainable Cities and Society*. 109:105538

- Yu, X., Guo, X., dan Wu, Z. 2014. Land surface temperature retrieval from Landsat 8 TIRS-Comparison between radiative transfer equation-based method, split window algorithm and single channel method. *Remote sensing*. 6(10): 9829-9852.
- Yue, W., Xu, J., Tan, W., dan Xu, L. 2007. The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat 7 ETM+ data. *International journal of remote sensing*. 28(15): 3205-3226.
- Yunan, Z. Y. 2011. Analisis sektor unggulan Kota Bandar Lampung (Sebuah pendekatan sektor pembentuk PDRB). *Prosiding Seminas Competitive Advantage*. 1(1): 1-6.
- Zha, Y., Gao, J., dan Ni, S. 2003. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International journal of remote sensing*. 24(3): 583-594.
- Zhao, L., Lee, X., Smith, R. B., dan Oleson, K. 2014. Strong contributions of local background climate to urban heat islands. *Nature*. 511(7508): 216-219.