

SKRIPSI

**ARAHAN DAN REKOMENDASI MITIGASI TERHADAP WILAYAH
YANG TERDAMPAK *URBAN HEAT ISLAND* DI KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

ANDI AHMAD DZAKY AKRIM

D101181504



**DEPARTEMEN PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN
(TUGAS AKHIR)**

**ARAHAN DAN REKOMENDASI MITIGASI TERHADAP WILAYAH YANG
TERDAMPAK *URBAN HEAT ISLAND* DI KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

**ANDI AHMAD DZAKY AKRIM
D101 18 1504**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota

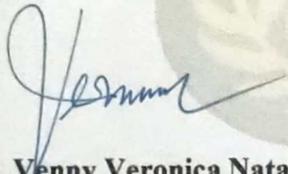
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 5 Oktober 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

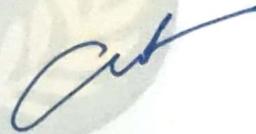
Pembimbing Utama,



Dr. -Ing. Venny Veronica Natalia, ST., MT

NIP. 19831222 201012 2 003

Pembimbing Pendamping,



Laode Muh. Asfan Mujahid, ST., MT

NIP. 19930309 201903 1 014

Ketua Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Abdul Rachman Kasyid, ST., M.Si

NIP. 19741006 200812 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andi Ahmad Dzaky Akrim
NIM : D101181504
Program Studi : Perencanaan Wilayah dan Kota
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

Arahan dan Rekomendasi Mitigasi terhadap Wilayah yang Terdampak *Urban Heat Island* di Kota Makassar

adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar , 5 Oktober 2022

Yang Menyatakan



(Andi Ahmad Dzaky Akrim)

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi *Allah Subhanahu wata'ala* yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat mengajukan tugas akhir ini dan dapat diselesaikan dengan baik. Adapun penyusunan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan Penelitian Tugas Akhir.

Kota Makassar merupakan salah satu kota metropolitan di Indonesia memiliki potensi terjadinya fenomena *urban heat island* sebagai akibat dari tingkat laju pertumbuhan penduduk yang tinggi. Hal ini secara tidak langsung berdampak terhadap penurunan ruang terbuka hijau dan peningkatan penggunaan energi yang berkontribusi terhadap besaran gas emisi yang mempengaruhi suhu permukaan. Peningkatan suhu ini akan memberikan kerugian lingkungan dan penurunan kesehatan dan kenyamanan di Kota Makassar. Hal ini lah yang menjadi latar belakang penelitian. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apa saja aktivitas perkotaan yang berpotensi meningkatkan suhu permukaan di Kota Makassar, memetakan pola sebaran spasial *urban heat island* di Kota Makassar, serta merumuskan rekomendasi mitigasi terhadap wilayah yang terdampak *urban heat island* berdasarkan prinsip pembangunan berkelanjutan.

Skripsi ini membahas mengenai sebaran *urban heat island* di Kota Makassar beserta rekomendasi mitigasinya. Sebaran ini dikaji dengan meninjau aktivitas perkotaan yang dapat meningkatkan suhu permukaan, sehingga dapat dirumuskan rekomendasi mitigasi *urban heat island* terhadap struktur permukaan Kota Makassar.

Adapun hal menarik dalam skripsi ini yaitu hasil yang disajikan menunjukkan sebaran *urban heat island* di Kota Makassar lebih terkonsentrasi di bagian tepi kota (*suburban*) yang umumnya UHI terjadi di pusat kota (*urban*) serta rekomendasi yang berdasarkan pembangunan berkelanjutan yang mengarah pada penggunaan energi dan penghijauan dengan modifikasi bangunan mengingat keterbatasan lahan di Kota Makassar.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kata kesempurnaan. Maka dari itu, peneliti sangat mengharapkan kritikan dan saran dalam meningkatkan kualitas penelitian selanjutnya khususnya mengenai fenomena *urban heat island*. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat. Terima kasih.

Makassar, 5 Oktober 2022



(Andi Ahmad Dzaky Akrim)

Sitasi dan Alamat Kontak:

Harap menuliskan sumber skripsi ini dengan cara penulisan sebagai berikut.

Akrim, A.A.D. 2022. *Arahan dan Rekomendasi Mitigasi terhadap Wilayah yang Terdampak Urban Heat Island di Kota Makassar*. Skripsi Sarjana, Prodi S1 PWK Universitas Hasanuddin. Makassar.

Demi peningkatan kualitas dari skripsi ini, kritik dan saran dapat dikirimkan ke penulis melalui alamat email berikut ini: dzaky.akrim@gmail.com

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala karena atas kehendak dan ridha-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam yang telah menyebarkan kebaikan-kebaikan kepada umat manusia hingga saat ini. Penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta (A. Akrim A.Amir dan Nurjannah Alikadir) yang selama ini telah membantu peneliti dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa yang tidak henti-hentinya mengalir demi kelancaran dan kesuksesan peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. selaku Rektor Universitas Hasanuddin atas kebijakan dan fasilitas kampus yang telah diberikan;
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas kebijakan dan fasilitas kampus yang telah diberikan;
4. Bapak Dr. Eng. Abdul Rachman Rasyid, ST., M.Si selaku Kepala Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin atas segala bimbingan, nasehat, bantuan, dan kebjakannya.
5. Ibu Sri Aliah Ekawati, ST., MT selaku Sekretaris Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin atas segala ilmu yang telah diberikannya.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Yamin Jinca, MS. Tr. selaku Dosen Penasehat Akademik Bapak atas segala ilmu dan bantuannya.
7. Dr-techn. Yashinta K. D. Sutopo, ST., MIP selaku Kepala Studio Akhir atas segala ilmu dan bimbingannya.
8. Dr. Ing. Venny Veronica Natalia. ST., MT selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan waktu, ilmu, dan bimbingannya yang telah diberikan.

9. Laode Muh. Asfan Mujahid, ST., MT selaku Dosen Pendamping yang telah memberikan saran dan bimbingan.
10. Dosen Penguji (Isfa Sastrawati, ST.,MT dan Dr.Eng. Ir. Abdul Rachman Rasyid, ST.M.Si) atas bimbingan, koreksi, arahan, dan waktunya dalam penyempurnaan tugas akhir ini;
11. Seluruh dosen, staf administrasi dan cleaning service di Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan dukungan selama berkuliah di Departemen Perencanaan Wilayah Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
12. Serta seluruh pihak yang ikut membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga Allah Subhanahu wa Ta'ala membalas segala kebaikan dan bantuan yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir pada jenjang strata satu. Aamiin ya Rabbal 'alamin.

Makassar, 5 Oktober 2022



(Andi Ahmad Dzaky Akrim)

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	
LEMBAR. PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR PERSAMAAN.....	xv
ABSTRAK.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Penelitian.....	5
1.5.1 Ruang Lingkup Penelitina.....	5
1.5.2 Ruang Lingkup Substansi.....	5
1.6 <i>Sistematika Pembahasan</i>	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 <i>Urban Heat Island</i>	7
2.1.1 Dampak <i>Urban Heat Island</i>	8
2.1.2 Konsep Dasar <i>Urban Heat Island</i>	9
2.1.3 Karakteristik <i>Urban Heat Island</i>	9
2.1.4 Penyebab <i>Urban Heat Island</i>	10

2.2	Bentuk Kota dan Fungsi Kota.....	12
2.3	Aktivitas Perkotaan.....	13
2.3.1	Hubungan Aktivitas Perkotaan terhadap <i>Urban Heat Island</i>	14
2.3.2	Aktivitas Perkotaan yang Dapat Meningkatkan Suhu.....	14
2.4	Definisi dan Klasifikasi Struktur Ruang Kota.....	15
2.5	<i>Urban Sprawl</i>	16
2.6	Alih Fungsi Lahan.....	17
2.7	Ruang Terbuka Hijau.....	18
2.7.1	Fungsi RTH.....	18
2.7.2	Pengaruh Ruang Terbuka Hijau terhadap <i>Urban Heat Island</i>	20
2.8	Emisi Gas Rumah kaca.....	20
2.9	Penginderaan Jauh.....	21
2.9.1	Konsep Dasar Penginderaan Jauh.....	21
2.9.2	Keuntungan Konsep Penginderaan Jauh.....	22
2.9.3	Indeks Vegetasi.....	22
2.10	Sistem Informasi Geospasial.....	22
2.11	Satelit Landsat.....	23
2.12	Klasifikasi Tutupan Lahan.....	24
2.13	<i>Land Surface Temperature (LST)</i>	27
2.14	Mitigasi.....	28
2.14.1	Konsep Pembangunan Berkelanjutan	29
2.14.2	Upaya Mitigasi <i>Urban Heat Island</i> dalam Konsep Pembangunan Berkelanjutan.....	31
2.15	Penelitian Terdahulu.....	34
2.16	Kerangka Konsep Penelitian.....	36
	BAB III METODE PENELITIAN.....	37
3.1	Jenis Penelitian.....	37
3.2	Lokasi Penelitian.....	37
3.3	Jenis dan Metode Pengumpulan Data.....	39
3.4	Variabel.....	41
3.5	Teknik Analisis Data.....	42

3.5.1	Mengidentifikasi Aktivitas-Aktivitas Perkotaan yang Berpotensi terhadap Peningkatan Suhu.....	42
3.5.2	Identifikasi Pola Sebaran <i>Urban Heat Island</i> di Kota Makassar....	43
3.5.3	Menganalisis Rekomendasi Mitigasi <i>Urban Heat Island</i>	47
3.6	Definisi Operasional.....	48
3.7	Kerangka Alur Pikir Penelitian.....	49
BAB IV GAMBARAN UMUM.....		50
4.1	Gambaran Umum Sulawesi Selatan.....	50
4.1.1	Letak Geografis dan Administrasi.....	50
4.1.2	Demografi Sulawesi Selatan.....	51
4.2	Gambaran Umum Kota Makassar.....	53
4.2.1	Letak Geografis dan Administrasi.....	53
4.2.2	Kependudukan Kota Makassar.....	56
4.2.3	Kondisi Fisik Kota Makassar.....	57
4.2.3.1	Klimatologi.....	57
4.2.3.2	Penggunaan Lahan.....	58
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....		60
5.1	Jenis-Jenis Aktivitas Perkotaan yang Berpotensi Meningkatkan Temperatur Permukaan.....	60
5.2	Identifikasi Pola Sebaran <i>Urban Heat Island</i> terhadap Struktur Ruang Kota Makassar.....	66
5.2.1	Suhu Permukaan Kota Makassar.....	66
5.2.2	Sebaran Suhu <i>Urban Heat Island</i> terhadap Struktur Ruang di Kota Makassar.....	71
5.3	Rekomendasi terhadap Wilayah yang Terdampak <i>Urban Heat Island</i>	84
BAB VI PENUTUP.....		91
6.1	Kesimpulan.....	91
6.2	Saran.....	92

DAFTAR PUSTAKA.....	93
LAMPIRAN.....	xviii
<i>CURRICULUM VITAE</i>.....	xxiv

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema <i>Urban Heat Island</i>	7
Gambar 2.2	Klasifikasi Lapisan Atmosfer Perkotaan.....	8
Gambar 2.3	Efek UHI terhadap Kenyamanan Termal Manusia.....	9
Gambar 2.4	Sketsa <i>Urban Canopy</i> dan <i>Urban Boundary Layer</i>	10
Gambar 2.5	Proses Penyerapan Sinar Matahari dan Karbon Dioksida....	19
Gambar 2.6	Mekanisme Gas Rumah Kaca.....	20
Gambar 2.7	Cara Kerja Penginderaan Jauh	21
Gambar 2.8	Efek Albedo dan Vegetasi terhadap <i>Urban Heat Island</i>	33
Gambar 2.9	Kerangka Pikir Penelitian.....	36
Gambar 3.1	Peta Lokasi Penelitian.....	38
Gambar 3.2	Kerangka Alur Pikir Penelitian.....	49
Gambar 4.1	Peta Orientasi Kota Makassar.....	54
Gambar 4.2	Peta Administrasi Kota Makassar.....	55
Gambar 4.3	Peta Tutupan Lahan Kota Makassar.....	59
Gambar 5.1	Diagram PRISMA <i>Flow</i>	60
Gambar 5.2	Alur Perhitungan <i>Land Surface Temperature</i>	68
Gambar 5.3	Diagram Persebaran Suhu Permukaan Kota Makassar.....	69
Gambar 5.4	Sebaran Suhu Permukaan Kota Makassar.....	70
Gambar 5.5	Diagram Distribusi Suhu Permukaan Kota Makassar.....	73
Gambar 5.6	Peta Sebaran <i>Urban Heat Island</i> di Kota Makassar.....	74
Gambar 5.7	Peta Jenis Tutupan Lahan yang Terdampak UHI.....	77
Gambar 5.8	Peta Sebaran <i>Urban Heat Island</i> terhadap Jenis Tutupan Lahan.....	78
Gambar 5.9	Peta Kondisi Tutupan Lahan Tak Terbangun yang Terdampak UHI.....	80
Gambar 5.10	Peta Pusat Kegiatan terhadap Sebaran Tutupan Lahan yang Terdampak UHI.....	83
Gambar 5.11	Peta Proyeksi dan Rekomendasi <i>Urban Heat Island</i> 20 Tahun ke Depan di Kota Makassar.....	90

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi Kanal (Band) yang dimiliki oleh Landsat 8.....	24
Tabel 2.2	Klasifikasi Penutup Lahan.....	25
Tabel 2.3	Penelitian Terdahulu.....	34
Tabel 3.1	Kebutuhan Data.....	40
Tabel 3.2	Variabel dan Sub-Variabel.....	41
Tabel 3.3	Kriteria Inklusi dan Kriteria Eksklusi.....	42
Tabel 3.4	Nilai Radiasi dan Konstanta Termal Band 10 pada Landsat 8.....	45
Tabel 4.1	Luas Provinsi Sulawesi Selatan Menurut Kabupaten dan Kota Tahun 2021.....	51
Tabel 4.2	Jumlah Penduduk Provinsi Sulawesi Selatan Menurut Kabupaten dan Kota Tahun 2021.....	52
Tabel 4.3	Luas Kecamatan di Kota Makassar Tahun 2021.....	53
Tabel 4.4	Jumlah Penduduk dan Kepadatan Penduduk Tahun 2021.....	56
Tabel 4.5	Suhu dan Intensitas Hujan di Kota Makassar Tahun 2021.....	57
Tabel 4.6	Tutupan Guna Lahan Kota Makassar.....	58
Tabel 5.1	Literatur yang Membahas Aktivitas yang Dapat Meningkatkan Suhu di Kota Makassar.....	61
Tabel 5.2	Aktivitas Perkotaan yang Berpotensi Meningkatkan Temperatur Di Kota Makassar.....	65
Tabel 5.3	Spesifikasi Kanal (Band) Pada Perekaman di Wilayah Kajian.....	66
Tabel 5.4	Sebaran UHI Kota Makassar Per-Kecamatan.....	72
Tabel 5.5	Jenis Tutupan Lahan yang Terdampak <i>Urban Heat Island</i>	75
Tabel 5.6	Pusat Kegiatan yang Mempengaruhi <i>Urban Heat Island</i>	81
Tabel 5.7	Rekomendasi Mitigasi <i>Urban Heat Island</i>	84
Tabel 5.8	Arahan dan Rekomendasi UHI di Kota Makassar.....	87

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Peta <i>Top of Atmosphere</i>	xviii
Lampiran 2	Peta <i>Brightness Temperature</i>	xix
Lampiran 3	Peta <i>Normalized Difference Vegetation Index</i>	xx
Lampiran 4	Peta <i>Proportion of Vegetation</i>	xxi
Lampiran 5	Peta Emisivitas.....	xxii

DAFTAR PERSAMAAN

Rumus 1	Koreksi Radiometrik Atmosfer.....	44
Rumus 2	<i>Brightness Temperature</i>	44
Rumus 3	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>	45
Rumus 4	<i>Proportion of Vegetation</i>	46
Rumus 5	Emisivitas.....	46
Rumus 6	<i>Land Surface Temperature</i>	46
Rumus 7	Penentuan Kawasan Tidak Terdampak UHI.....	47
Rumus 8	Penentuan Kawasan Terdampak UHI.....	47
Rumus 9	<i>Urban Heat Island</i>	47

ARAHAN DAN REKOMENDASI MITIGASI TERHADAP WILAYAH YANG TERDAMPAK *URBAN HEAT ISLAND* DI KOTA MAKASSAR

Andi Ahmad Dzaky Akrim¹, Venny Veronica Natalia², Laode Muh. Asfan Mujahid³

¹Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Email: dzaky.akrim@gmail.com

²Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Email: veronicanatalia@unhas.ac.id

³Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Email: [muhammadasfan\[at\]eng\[dot\]unhas.ac.id](mailto:muhammadasfan[at]eng[dot]unhas.ac.id)

ABSTRAK

Kota Makassar sebagai salah satu kota metropolitan dengan tingkat laju pertumbuhan penduduk yang tinggi memiliki potensi terjadinya fenomena *Urban Heat Island* (UHI). Laju pertumbuhan penduduk Kota Makassar yang terus meningkat berdampak pada peningkatan aktivitas perkotaan yang secara tidak langsung akan meningkatkan emisi gas rumah kaca dan eksploitasi ruang terbuka hijau yang mempengaruhi suhu permukaan. Peningkatan suhu ini akan memberikan kerugian lingkungan dan penurunan kesehatan dan kenyamanan. Maka dari itu, perlu dilakukan kajian UHI dan upaya mitigasi yang berkelanjutan dan terencana dalam menurunkan suhu permukaan di Kota Makassar. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui aktivitas perkotaan apa saja yang berpotensi meningkatkan suhu permukaan, memetakan pola sebaran spasial UHI terhadap struktur ruang Kota Makassar, serta merumuskan rekomendasi mitigasi UHI berdasarkan prinsip pembangunan berkelanjutan. Lokasi penelitian berada di Kota Makassar. Data sekunder berupa citra Landsat 8, tutupan lahan eksisting, pedoman mitigasi UHI. Adapun data primer berupa informasi terkait kondisi tutupan lahan di lapangan. Penelitian ini menggunakan metode analisis *systematic literature review*, analisis spasial, dan analisis deskriptif. Hasil dari penelitian menunjukkan terdapat 10 aktivitas perkotaan yang dapat meningkatkan temperatur antara lain operasional kendaraan, eksploitasi ruang terbuka hijau, pembangunan lahan terbangun, serta aktivitas dari sektor industri, permukiman, komersil, pariwisata, perkantoran, pendidikan, dan persampahan. Intensitas UHI Kota Makassar berkisar 0°C hingga 7,25°C dimana pola sebaran UHI dominan menjalar di daerah *suburban*. Mitigasi UHI yang dilakukan berupa upaya penurunan gas emisi dan penghijauan kondisi vegetasi dengan memperhatikan potensi UHI kedepannya.

Kata Kunci : *Urban Heat Island, Ruang Terbuka Hijau, Aktivitas Perkotaan, Emisi Gas Rumah Kaca, Pembangunan Berkelanjutan*

MITIGATION DIRECTIONS AND RECOMMENDATIONS FOR AREAS AFFECTED BY URBAN HEAT ISLAND IN MAKASSAR CITY

Andi Ahmad Dzaky Akrim¹, Venny Veronica Natalia², Laode Muh. Asfan Mujahid³

¹Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Email: dzaky.akrim@gmail.com

²Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Email: veronicanatalia@unhas.ac.id

³Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Email: [muhammadasfan\[at\]eng\[dot\]unhas.ac.id](mailto:muhammadasfan[at]eng[dot]unhas.ac.id)

ABSTRACT

Makassar City as one of the metropolitan cities with a high rate of population growth has the potential for the Urban Heat Island (UHI) phenomenon. The population growth rate of Makassar City which continues to increase has an impact on increasing urban activities which will indirectly increase greenhouse gas emissions and exploitation of greenspaces that affect surface temperature. This increase in temperature will result in environmental losses and a decrease in health and comfort. Therefore, it is necessary to conduct a UHI study and sustainable and planned mitigation efforts in reducing surface temperatures in Makassar City. The purpose of this study was to find out what urban activities have the potential to increase surface temperature, map the spatial distribution pattern of UHI on the spatial structure of Makassar City, and formulate recommendations for UHI mitigation based on the principles of sustainable development. The research location is in Makassar City. Secondary data in the form of Landsat 8 images, existing land cover, UHI mitigation guidelines. The primary data is in the form of information related to the condition of land cover in the field. This study uses a systematic literature review analysis method, spatial analysis, and descriptive analysis. The results of the study show that there are 10 urban activities that can increase temperature, including vehicle operations, exploitation of greenspaces, development of built-up land, as well as activities from the industrial, residential, commercial, tourism, office, education, and solid waste sectors. UHI intensity in Makassar City ranges from 0°C to 7.25°C where the UHI distribution pattern is dominant in suburban areas. UHI mitigation is carried out in the form of efforts to reduce gas emissions and reforestation of vegetation conditions by taking into account the potential of UHI in the future.

Keywords : *Urban Heat Island, Greenspace, Urban Activities, Greenhouse Gas Emissions, Sustainable Development.*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya pertumbuhan penduduk suatu kota mendorong kebutuhan akan tempat tinggal yang berdampak terhadap konversi lahan terutama dari kawasan tidak terbangun menjadi kawasan terbangun (Iyengar, 2003). Ekspansi berlebihan pembangunan sarana dan prasarana yang tidak terkendali berdampak pada penurunan kuantitas vegetasi didaerah khususnya kawasan perkotaan. Hal ini akan secara langsung memantulkan gelombang radiasi matahari ke permukaan bumi sehingga meningkatkan suhu permukaan kota baik pendinginan ataupun pemasan lokal (Handayani, 2007). Perubahan alih fungsi lahan tersebut berpotensi pada perubahan unsur-unsur iklim seperti suhu, radiasi matahari, kecepatan angin, dan awan (SNI, 2010 dalam Nofrizal dan Hanif, 2018).

Suhu permukaan merupakan unsur iklim yang dapat dipengaruhi langsung terhadap alih fungsi tata guna lahan yang berujung pada perubahan suhu udara. Adanya alih fungsi lahan dari kawasan tidak terbangun menjadi kawasan terbangun berpotensi meningkatkan suhu permukaan, hal ini disebabkan meningkatnya perubahan lahan baik di kota ataupun desa secara tidak langsung akan mengambil bagian besar dalam akumulasi penggunaan energi dalam bentuk emisi yang tinggi, selain itu lahan terbangun dapat mengakibatkan tingginya suatu penyerapan kapasitas dan konduktivitas panas (Pradana, dkk., 2020). Perubahan Iklim ini termasuk dalam bagian dari pemanasan global (*global warming*) yang secara langsung atau tidak langsung diakibatkan oleh aktivitas manusia sehingga terjadi perubahan komposisi atmosfer secara global (Noviyanti, dkk., 2016).

Pemanasan global menjadi isu umum lingkungan yang harus diperhatikan oleh masyarakat dunia. Meningkatnya suhu udara yang memberikan kerugian terhadap kualitas dan kenyamanan lingkungan hidup yang berakibat menurunnya kualitas kesehatan masyarakat (Nofrizal dan Hanif, 2018). Suhu udara pada kawasan yang kurang memiliki vegetasi atau padat bangunan seperti perkotaan, perkantoran dan

jalan aspal akan cepat memicu peningkatan suhu yang tinggi, beda halnya dengan kawasan yang bervegetasi yang memiliki suhu permukaan yang lebih rendah. Perbedaan suhu di kawasan perkotaan yang padat dengan kawasan yang didominasi vegetasi sering disebut sebagai fenomena “*Urban Heat island (UHI)*” atau “pulau panas” (Nofrizal dan Hanif, 2018).

Menurut Voogt (2002), fenomena UHI adalah potret dari *Urban Canopy layer (UCL)* yaitu lapisan udara di kanopi perkotaan dibawah ketinggian rata-rata gedung dan pepohonan yang mengalami peningkatan suhu udara dan akan semakin turun suhunya pada wilayah rural atau perdesaan khususnya pada malam hari. Dengan kata lain, UHI adalah daerah-daerah perkotaan yang mengalami suhu lebih tinggi daripada daerah terpencil (EPA, 2016). Fenomena ini bisa terjadi karena berbagai aktivitas perkotaan mulai dari konversi ruang terbuka hijau, peningkatan penduduk yang berakibat peningkatan penggunaan energi listrik (emisi perumahan), kontribusi gas emisi kendaraan (CO₂ dan CO), struktur bangunan, dan lainnya (Giofandi dan sekarjati, 2020). Dalam struktur daerah perkotaan, dimana vegetasi memiliki evapotranspirasi dalam melepaskan radiasi matahari terbatas dan struktur seperti gedung, jalan, dan infrastruktur lainnya menyerap dan memancarkan kembali panas matahari lebih banyak daripada lanskap alam seperti hutan dan badan air sangat tekonsentrasi menyebabkan daerah perkotaan dengan suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah terpencil (EPA, 2016). Jika dilihat dari penelitian Voogt dan Oke (2003) dalam Noviyanti (2016), secara garis besar aktivitas perkotaan di atas dapat dilihat karakteristik bentuk kota atau *city form (landuse, greenspace)* dan fungsi kota atau *city function (energy use, pollution)*.

Menurut *Environmental Protection Agency* (2016), mengemukakan bahwa masalah utama atau kerugian yang didapatkan dari fenomena *urban heat island* adalah peningkatan suhu dan penurunan kenyamanan serta kesehatan manusia dari akibat pemenuhan lahan kebutuhan masyarakat yang tidak terkendali dan secara tidak langsung juga berdampak terhadap peningkatan konsumsi energi listrik masyarakat perkotaan seperti peningkatan penggunaan AC (*air conditioning*)

yang meningkatkan polusi udara dan gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO₂), CO, CFC.

Salah satu kota yang sedang berkembang adalah Kota Makassar. Kota Makassar merupakan salah satu kota terbesar di Kawasan Indonesia Timur (KTI) yang memiliki proses urbanisasi yang pesat, hal ini secara tidak langsung mendorong potensi terjadinya fenomena *urban heat island*. Kota Makassar sebagai kota metropolitan terbesar di Kawasan Indonesia Timur dengan jumlah penduduk sebesar 1.427.619 jiwa pada tahun 2021 dengan laju pertumbuhan penduduk pertahun sebesar 0,26% dan kepadatan penduduk 8.122 jiwa/km² (BPS Kota Makassar, 2022). Laju pertumbuhan penduduk tersebut dan migrasi penduduk dari luar Kota Makassar yang terus meningkat berdampak pada pemenuhan kebutuhan hidup seperti perumahan, industri, perdagangan, jasa, dan jalan (Sukmawati, dkk., 2019). Pembangunan atas pemenuhan kebutuhan masyarakat yang pesat di Kota Makassar mengakibatkan alih fungsi kawasan tidak terbangun menjadi kawasan terbangun yang juga berdampak terhadap penurunan ruang terbuka hijau (Liong, 2018). Dari tahun 1999 hingga tahun 2019 lahan bervegetasi mengalami penurunan sebesar 8.6%, dan lahan terbangun mengalami peningkatan sebesar 13,1% yang berdampak pada peningkatan rata-rata suhu permukaan sebesar 0.39°C dengan ketersediaan lahan terbuka di Kota Makassar menurun sekitar 5.9%. Berdasarkan RTRW Kota Makassar sebaran ruang terbuka hijau sekitar 12% jauh dari standar yang ditetapkan UU No. 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang yaitu sebesar 30%.

Selain itu, pembangunan sektor atas pemenuhan kebutuhan hidup di Kota Makassar secara tidak langsung juga mengakibatkan peningkatan penggunaan energi dan gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap besaran gas emisi (Co, Co₂ HK, No₂), seperti meningkatnya kebutuhan kendaraan bermotor dan diperkuat dengan kurangnya jalur hijau (*green belt*) mempengaruhi suhu permukaan (Iskandar dan Djuanda, 2018). Pembangunan yang massif akibat dan tidak sejalan dengan kebutuhan ruang terbuka hijau ini merupakan pertanda peningkatan suhu permukaan dan potensi terjadinya fenomena *urban heat island* di Kota Makassar (Liong, 2021).

Berdasarkan Undang-undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang menyatakan bahwa penataan ruang harus memperhatikan keselamatan dan kenyamanan hidup. Maka dari itu, pemerintah bertanggung jawab dalam penanganan keselamatan dan kenyamanan manusia. Dampak aktivitas perkotaan seperti kemacetan, penggunaan pendingin buatan, keterbatasan ruang terbuka hijau, dan lainnya berpotensi menaikkan suhu perkotaan dan mendorong terciptanya fenomena *urban heat island* yang berdampak pada kerugian lingkungan yang akan dirasakan Kota Makassar, maka perlu adanya upaya mitigasi yang terencana dan berkelanjutan dengan memperhatikan aktivitas perkotaan terhadap potensi fenomena *urban heat island* untuk mengantisipasi dan memperbaiki peningkatan suhu udara (Nofrizal dan Hanif, 2018). Oleh sebab itu perlu dilakukan kajian mengenai potensi dan sebaran *urban heat island* yang berdampak pada wilayah Kota Makassar serta rekomendasi mitigasinya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari latar belakang di atas sebagai berikut:

1. Apa saja aktivitas perkotaan yang berpotensi menaikkan temperatur permukaan di Kota Makassar?
2. Bagaimana pola distribusi *urban heat island* terhadap struktur ruang Kota Makassar?
3. Bagaimana rekomendasi mitigasi *urban heat island* di Kota Makassar berdasarkan prinsip pembangunan berkelanjutan?

1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah yang dikemukakan maka tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengidentifikasi aktivitas-aktivitas apa saja yang berpotensi meningkatkan suhu permukaan di Kota Makassar.
2. Menghitung pola sebaran spasial *urban heat island* terhadap struktur ruang di Kota Makassar.
3. Merumuskan rekomendasi mitigasi terhadap wilayah yang terdampak *urban heat island* berdasarkan prinsip pembangunan berkelanjutan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut :

1. Sebagai bahan masukan bagi pemerintah untuk menangani mitigasi fenomena *urban heat island* di wilayah yang terdampak *urban heat island* khususnya di Kota Makassar.
2. Sebagai bahan pertimbangan atau acuan pada penelitian selanjutnya khususnya yang memiliki keterkaitan dengan studi pemetaan sebaran *urban heat island*.

1.5 Batasan Penelitian

Dalam menjaga fokus pembahasan, peneliti membatasi substansi dan ruang lingkup penelitian. Adapun batasan tersebut sebagai berikut:

1.5.1 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan di seluruh kecamatan Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan.

1.5.2 Ruang Lingkup Substansi

1. Penyusunan metodologi fokus terhadap aktivitas-aktivitas perkotaan yang berpotensi menyebabkan *urban heat island* di Kota Makassar dan pola distribusi *urban heat island* terhadap struktur ruang Kota Makassar menggunakan pemetaan spasial Sistem Informasi Geografis (SIG) serta rekomendasi mitigasinya.
2. Pengamatan *urban heat island* dengan citra termal Kota Makassar tahun 2019.
3. Aktivitas-aktivitas perkotaan terhadap potensi peningkatan suhu udara menggunakan analisis *Systematic Literature Review* (SLR) dan sebaran suhu permukaan menggunakan algoritma *Land Surface Temperature* (LST).
4. Rekomendasi mitigasi dibuat berdasarkan prinsip pembangunan berkelanjutan dengan mempertimbangkan aktivitas perkotaan terhadap sebaran suhu *urban heat island* Kota Makassar.

1.6 Sistematika Pembahasan

Penulisan penelitian ini disusun dengan mengurut data atau informasi sesuai dengan tingkat kebutuhan dan kegunaannya, sehingga semua aspek yang dibutuhkan dalam proses selanjutnya terangkum secara sistematis. Adapun sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pertama menjelaskan isu atau pokok masalah penelitian ini secara singkat dan juga membahas rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup pembahasan dan terakhir terakhir adalah sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab kedua menguraikan kajian/telaah teori yang terkait inti pembahasan baik identifikasi masalah hingga kerangka pikir penelitiannya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ketiga berisi pembahasan mengenai jenis penelitian, lokasi penelitian, jenis dan metode pengumpulan data, variabel dan sub-variabel penelitian, metode analisis data untuk menjawab permasalahan yang diteliti, kerangka penelitian dan definisi operasional.

BAB IV GAMBARAN UMUM

Pada bab keempat berisi letak astronomi, kondisi geografis, demografi lokasi studi kasus, dan kondisi fisik.

Bab V PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi hasil pembahasan analisis dan arahan mitigasi yang dilakukan penulis berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan.

Bab VI PENUTUP

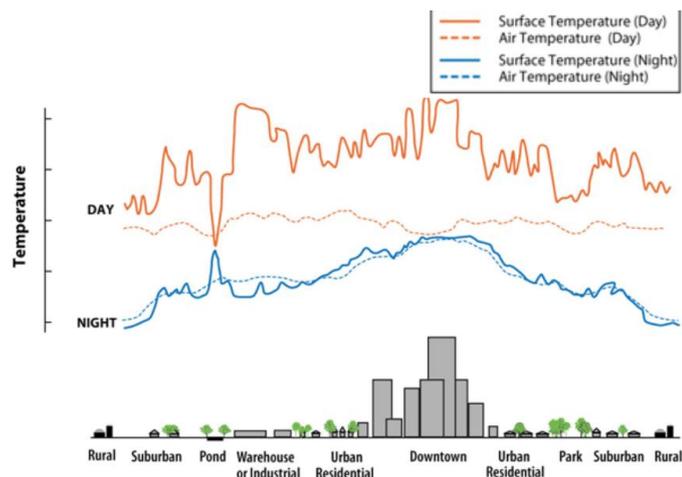
pada bab ini berisi tentang kesimpulan yang diambil berdasarkan hasil pembahasan dan analisis, serta saran yang dapat memberikan acuan kedepannya bagi beberapa pihak dalam mewujudkan tujuan dan manfaat dari penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Urban Heat Island*

Menurut Voogt (2002), fenomena UHI adalah potret dari *Urban Canopy layer* (UCL) yaitu lapisan udara di kanopi perkotaan dibawah ketinggian rata-rata gedung dan pepohonan yang mengalami peningkatan suhu udara dan akan semakin turun suhunya pada wilayah rural atau perdesaan khususnya pada malam hari. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 2.1**, *urban heat island* yang terjadi di permukaan bumi memiliki temperatur yang lebih dinamis dan bervariasi pada siang hari tetapi lebih terasa di malam hari karena pelepasan panas dari permukaan elemen membutuhkan waktu.

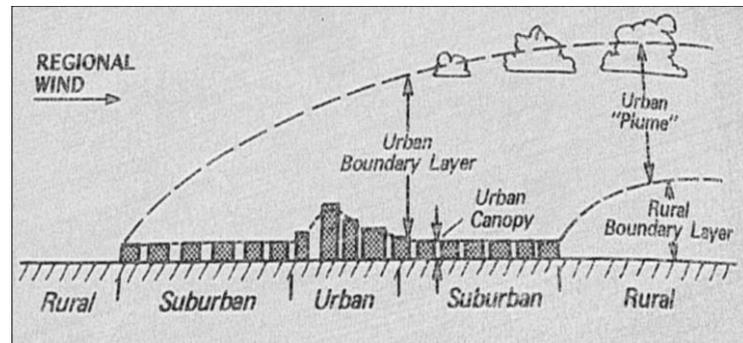


Gambar 2.1 Skema *Urban Heat Island*

Sumber: EPA (2017) dalam Darlina, dkk. (2018)

Urban heat island menggambarkan karakteristik suhu kawasan perkotaan khususnya malam hari yang mengalami peningkatan dibanding lanskap sekitarnya. Peningkatan suhu udara perkotaan berasal dari beberapa aspek alami yang saling terkait serta berbagai aktivitas antropogenik perkotaan (Morris dan Simmond, 2000 dalam Ridha, 2017). Terjadinya urbanisasi mengakibatkan perubahan radikal terhadap karakteristik permukaan bumi dan atmosfer di perkotaan daerah yang selanjutnya juga akan berdampak pada transformasi

radiasi, termal, kelembaban dan aerodinamis karakteristik yang akan memperhalus panas alami dan keseimbangan hidrologi (Ridha, 2017). Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 2.2** sebagai berikut:



Gambar 2.2 Klasifikasi Lapisan Atmosfer Perkotaan

Sumber: Oke, 1976 dalam Ridha, 2017

Pada **Gambar 2.2** menjelaskan bahwa *urban boundary layer* akan lebih hangat dibanding udara disekitarnya karena terpengaruhi langsung dengan atmosfer. Hal ini dapat menyebabkan fenomena *urban heat island* (Ridha, 2017).

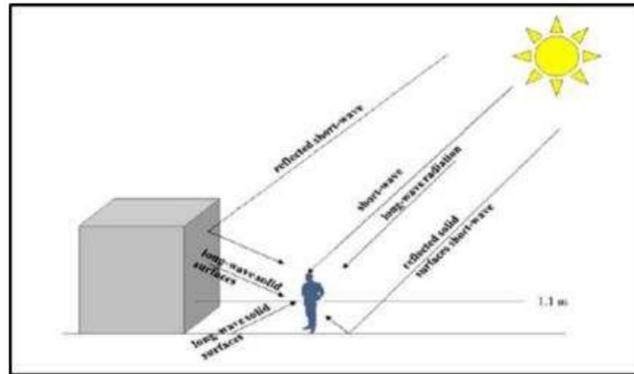
Perpindahan energi dari bumi ke atmosfer dapat terjadi dalam tiga bentuk, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Terkait proses perubahan energi ini, lapisan troposfer merupakan lapisan yang sangat terpengaruh permukaan bumi (Ridha, 2017).

2.1.1 Dampak *Urban Heat Island*

Fenomena UHI sering terjadi di kawasan perkotaan karena kondisi suhu permukaan udara perkotaan mengalami peningkatan lebih tinggi dibanding kawasan sekitarnya. Adapun dampak yang ditimbulkan oleh fenomena *urban heat island* yang dikemukakan oleh Environmental Protection Agency (EPA), 2016 antara lain:

1. Meningkatnya penggunaan energi listrik, seperti penggunaan *air conditioning*, lampu, dan peralatan listrik lainnya.
2. Menurunnya mutu kesehatan manusia khususnya terhadap kenyamanan termal manusia.
3. Menimbulkan efek gas rumah kaca (polusi udara, gas emisi dan perubahan iklim)

Dampak yang timbulkan menjadi perhatian bagi seluruh masyarakat skala global. Peningkatan radiasi yang masuk menyebabkan kapasitas penyimpanan panas yang tinggi, hal ini dapat berkontribusi terhadap gangguan kesehatan manusia seperti yang digambarkan pada **Gambar 2.3** di bawah.



Gambar 2.3 Efek UHI terhadap Kenyamanan Termal Manusia

Sumber: Ridha, 2017.

2.1.2 Konsep Dasar *Urban Heat Island*

Konsep dasar UHI merupakan interaksi energi termal yang dihasilkan matahari yang terpapar ke permukaan bumi dan mempengaruhi panas permukaan yang berbeda antara desa dan kota akibat perbedaan konduktivitas termalnya (Oke, 1982 dalam Fawzi, 2017). Material bangunan pada kawasan perkotaan seperti semen, beton, aspal memiliki konduktivitas termal yang lebih tinggi dibandingkan daerah pedesaan atau sekitar kota.

2.1.3 Karakteristik *Urban Heat Island*

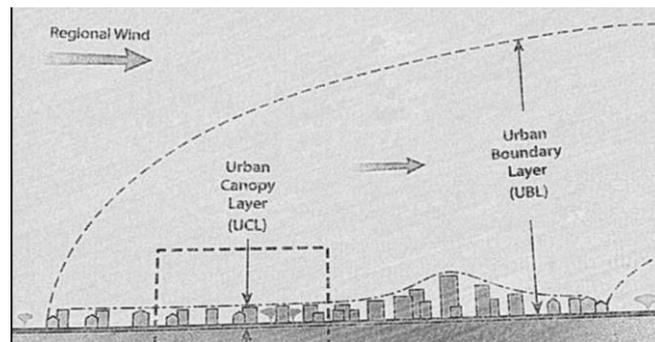
Menurut Gartland (2012) dalam Kurnianti dan Rahmi (2019), terdapat 5 karakteristik yang dapat membentuk *urban heat island* di kota-kota besar, antara lain:

1. Terdapat suhu temporal harian yang berubah-ubah di pusat kota
2. Meningkatnya suhu pada saat matahari terbenam,
3. Peningkatan suhu berasal dari tingginya kerapatan bangunan yang dapat menyerap panas
4. Suhu lebih cenderung lebih pada kawasan dengan kerapatan vegetasi rendah dibandingkan kawasan dengan kerapatan vegetasi tinggi, dan

5. Udara yang dihasilkan oleh fenomena UHI ini akan lebih panas dengan batas mencapai 2000 meter.

2.1.4 Penyebab *Urban Heat Island*

Menurut Oke (1982), suhu perkotaan akan selalu lebih tinggi dari pada daerah sekitarnya, hal ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan sejak tahun 1970-1976 dimana dibuktikan bahwa banyak kota di dunia memiliki suhu lebih tinggi daripada perdesaan disekitarnya. Kota-kota dalam penelitian ini memiliki populasi lebih dari 100.000 jiwa dan diambil pada kondisi yang baik. Pada penelitian ini diambil kesimpulan beberapa aspek yang dapat mempengaruhi *urban heat island* seperti letak geografis, cuaca, iklim dan kepadatan kota. Selain itu, kondisi *urban canopy layer* dan *urban boundary layer* juga mempengaruhi terjadinya *urban heat island*. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 2.4** sebagai berikut:



Gambar 2.4 Sketsa *Urban Canopy Layer* dan *Urban Boundary Layer*
Sumber: Erell, dkk., 2011 dalam Ridha, 2017.

Pada **Gambar 2.4** menjelaskan bahwa *Urban Boundary Layer* (UBL) yang karakteristiknya ditentukan oleh setidaknya sebagian keberadaan permukaan kota di bawahnya. Sehingga jika bangunan tutupan perkotaan atau *Urban Canopy Layer* (UCL) terus bertambah tinggi, hal ini juga akan mempengaruhi karakteristik *Urban Boundary Layer* (UBL).

Dalam penelitian Voogt (2002), juga dijelaskan secara rinci bahwa keberadaan *urban heat island* dipengaruhi oleh kondisi permukaan dan kondisi atmosferik. Ditambah lagi panas antropogenik yang berasal dari aktivitas manusia yang

langsung berdampak pada atmosfer berperan penting dalam pembentukan UHI. Menurut Voogt (2002), penyebab *urban heat island* sebagai berikut:

1. Geometri Permukaan (*Surface Geometry*)

Geometri permukaan adalah bentuk permukaan terdiri atas struktur datar/halus dan struktur kasar. Tutupan lahan pada pusat kota memiliki kepadatan bangunan tinggi yang merupakan struktur geometri permukaan kasar. Geometri permukaan kasar lebih mudah menangkap radiasi matahari akibat pemantulan kembali sehingga terjadi absorpsi sinar matahari yang memicu peningkatan panas permukaan. Kepadatan bangunan yang tinggi juga akan mengurangi *sky view factor* yang memperlambat penurunan panas radiatif, khususnya pada malam hari. Selain itu, kepadatan bangunan yang tinggi akan menimbulkan *sheltering effect* yang memperlambat penurunan panas konvektif dari permukaan dan udara di permukaan.

2. Properti Termal Permukaan

Material bangunan pada kawasan pusat kota dominan berasal dari bahan dengan konduktor panas yang baik. Material ini dapat menyimpan panas lebih besar dan menyerap termal permukaan yang lebih besar.

3. Kondisi Permukaan

Bangunan pada pusat kota yang dapat menampung air seperti aspal dapat memperlambat proses evaporasi, akibatnya energi akan diarahkan pada panas sensibel yang dapat meningkatkan panas udara daripada panas laten (panas untuk proses evaporasi air).

4. Panas Antropogenik

Panas antropogenik dihasilkan dari aktivitas manusia yang berakibat buruk pada lingkungan seperti penggunaan energi listrik, kendaraan, dan lainnya.

5. Efek Rumah Kaca Perkotaan

Pencemaran udara akan berdampak pada gas emisi radiasi termal yang terpusat di permukaan kota. Peningkatan kelembapan kota juga dapat berkontribusi pada efek ini.

6. Kondisi Atmosfer

Urban heat island akan meningkat saat kondisi langit cerah dan angin tenang. Awan dan kelembapan atmosferik memiliki kemampuan mendinginkan panas

radiatif dan memblokir panas radiatif permukaan menuju atmosfer. Kelembapan atmosferik rendah akan mendinginkan radiatif sedangkan kelembapan yang tinggi akan mengurangi intensitas *urban heat island*. Ketika kecepatan angin meningkat, percampuran turbulen juga meningkat sehingga dapat menekan besar UHI. Angin yang disebabkan oleh adveksi skala lokal memindahkan panas secara horizontal juga dapat mempengaruhi UHI. Adveksi panas dapat memacu peningkatan UHI dan adveksi dingin dapat menekan peningkatan UHI.

Penelitian lebih lanjut dalam teori Voogt dan Oke (2003) dalam Noviyanti (2016) menjelaskan bahwa aspek-aspek penyebab adanya *urban heat island* di sebuah perkotaan umumnya dapat diketahui dari bentuk kota atau *city form* dan fungsi kota atau *city function*. Hal ini didukung oleh Environment Protection Agency United State dalam penelitian Mills (2017) yang menyatakan bahwa daerah perkotaan menciptakan ciri khas iklim melalui bentuk dan komposisi fisik yang berpengaruh terhadap interaksi atmosfer dan aktivitas perkotaan yang mengubah alam atmosfer dengan mengeluarkan limbah panas.

2.2 Bentuk Kota dan Fungsi Kota

Salah satu faktor yang mempengaruhi karakteristik kota adalah bentuk dan pola ruang, dimana bentuk dan pola ruang ini dapat memvisualisasikan arah perkembangan aktivitas kota (Yunus, 2000). Kota merupakan suatu elemen yang memiliki bentuk fisik secara nyata maupun tidak nyata yang mengarahkan aktivitas perkotaan. Dilihat dari bentuk fisik nyata seperti tutupan lahan dan prasarana umum, sedangkan bentuk fisik tidak nyata seperti politik, hukum, sosial dan ekonomi (Melville, 1984 dalam Muawanah, 2003). Berdasarkan pertumbuhan karakteristiknya, bentuk kota dipengaruhi oleh akomodasi kegiatan penduduk, sosial dan ekonomi. Karakteristik kota mengacu pada ukuran, bentuk, dan konfigurasi lainnya seperti bahan bangunan (Zivkovic, 2019). Semakin padat bentuk kota dan kurangnya ruang hijau akan meningkatkan waktu tinggal polutan yang didalam kanopi kota sehingga berefek pada perubahan iklim (Mills, 2017). Berdasarkan penelitian Voogt dan Oke (2003) dalam Noviyanti (2016), bentuk

kota dapat terwakili dari kondisi material, geometri, ruang terbuka hijau, tutupan lahan dan lainnya.

Sedangkan fungsi kota dapat dikonseptualisasikan sebagai aktivitas kota dalam kaitannya dengan masyarakat, daerah pedalaman, atau pemukiman lainnya sebagai kegiatan yang berlangsung di dalam kota atau sebagai hubungan antara kebutuhan (sosial) perkotaan dan bentuk (spasial) perkotaan (Zivkovic, 2019). Fungsi kota adalah generator yang membentuk aktivitas perkotaan yang dapat mengubah alam atmosfer, hal ini terkait dengan aktivitas perkotaan yang dapat mengeluarkan limbah panas, penggunaan energi dan konsumsi bahan bakar kendaraan (Mills, 2017). Hal ini akan mengakibatkan peningkatan sumber gas emisi dari penggunaan energi, industri, limbah, kendaraan, dan lainnya (IPCC, 2007). Faktor pengaruh dari fungsi kota dapat dilihat dari penggunaan energi dan polusi (Voogt dan Oke, 2003 dalam Noviyanti, 2016).

Bentuk Kota Makassar didominasi oleh tutupan lahan permukiman sebesar 43,52 %, industri 3,64%, pendidikan 1,07%, dan lainnya (RTRW Kota Makassar 2015-2035). Sedangkan emisi dari aktivitas perkotaan di Kota Makassar berdasarkan data dinas lingkungan hidup Kota Makassar didominasi oleh kegiatan perkantoran dengan rerata pengeluaran emisi sebesar 25,42 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ hingga 27,55 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, kemudian kegiatan industri sebesar 19,27 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ hingga 19,95 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, kegiatan transportasi 17,00 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ hingga 17,07 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, dan lainnya kurang dari $<0,41 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$,

Mempertimbangkan hubungan antara bentuk kota dengan fungsi dan aktivitas kota akan diperlukan dalam pengambilan keputusan perencanaan kota terhadap efek iklim. Hubungan aspek bentuk kota dan fungsi kota akan menciptakan dan mempengaruhi karakteristik iklim, sebagai contoh tutupan lahan seperti industri, perkantoran, dan permukiman yang lebih kecil akan akan mengkonsumsi energi yang lebih sedikit dan menghasilkan limbah yang lebih sedikit sehingga panas yang terkonsentrasi juga sedikit dan begitu juga sebaliknya (Mills, 2017).

2.3 Aktivitas perkotaan

Aktivitas perkotaan adalah segala tindakan atau serangkaian tindakan terkait manusia dan lingkungan di dalam kota dan menyangkut interaksi satu sama lain

atas pemenuhan kebutuhan dasar (Purnama, dkk., 2014). Aktivitas perkotaan sangat beragam tergantung pada kegunaan, tujuan atau kebutuhannya, aktivitas perkotaan dapat berupa kegiatan ekonomi, sosial, industri, dan lainnya (Green, 2017).

2.3.1 Hubungan Aktivitas Perkotaan terhadap *Urban Heat Island*

Aktivitas perkotaan berkontribusi terhadap degradasi lingkungan saat ini seperti polusi, kebisingan hingga degradasi ekosistem baik di dalam maupun di luar batas-batasnya. Dampak lingkungan diakibatkan oleh penggunaan energi dan material di kota, meningkatnya pola konsumsi, serta pengelolaan limbah. Di wilayah tropis, pesatnya pertumbuhan urbanisasi dan aktivitas sosial ekonomi perkotaan telah mengubah iklim perkotaan. Hal ini disebabkan oleh faktor antropogenik yang dihasilkan dari banyak aktivitas perkotaan (Thani, dkk., 2013). Selanjutnya kondisi iklim alami daerah tropis panas-lembab mengalami cuaca panas, tinggi kelembaban dan kecepatan angin yang rendah sering menyebabkan ketidaknyamanan termal di lingkungan luar (Emmanuel and Johanson, 2006, dalam Thani, dkk., 2013).

Selain itu, beberapa penelitian juga telah menunjukkan korelasi yang tinggi antara perubahan penggunaan lahan dan distribusi suhu di daerah perkotaan (Shaharuddin, dkk., 2010 dan Saaroni, dkk., 2000 dalam Thani, dkk., 2013). Perubahan tersebut erat kaitannya dengan penggunaan lahan beserta aktivitas didalamnya, pola tutupan lahan, faktor fisik dan morfologi dimana mengubah keseimbangan energi bumi permukaan (Gartland, 2008 dan Emmanuel, 2005 dalam Thani, dkk., 2013). Faktor-faktor ini berkontribusi pada peningkatan penyimpanan panas, akumulasi radiasi bersih dari radiasi matahari dan berkurangnya proses evapotranspirasi di perkotaan lingkungan. Hal ini yang berpotensi menyebabkan fenomena *Urban Heat Island* (UHI) (Thani, dkk., 2013).

2.3.2 Aktivitas Perkotaan yang Dapat Meningkatkan Suhu

Menurut Gartland (2008) dalam Thani (2013), salah satu penyebab peningkatan suhu karena adanya aktivitas antropogenik dari kegiatan manusia pada suatu

tutupan lahan di perkotaan yang menghasilkan polusi udara dan penggunaan energi, lebih lanjut dalam kajian Damora (2019) menyatakan aktivitas manusia yang dapat meningkatkan suhu adalah aktivitas yang menghasilkan efek gas rumah kaca seperti CO₂, CH₄, N₂O, CFC. Menurut Damora (2019), adapun aktivitas yang dimaksud, antara lain:

1. Aktivitas yang menghasilkan CO₂, seperti kegiatan penggunaan bahan bakar kayu (biomass), batu bara, minyak bumi, dan gas alam misalnya pada sektor industri, kendaraan bermotor, sektor rumah tangga, sektor komersil, pembakaran hutan, dan lainnya.
2. Kegiatan yang menghasilkan gas CH₄, seperti kegiatan sektor industri yang menghasilkan bahan baku, kegiatan pembakaran biomass yang tidak sempurna, serta kegiatan penguraian oleh bakteri di tempat pembuangan akhir (TPA), ladang padi dan peternakan.
3. Kegiatan yang menghasilkan N₂O, hasil dari pemakaian pupuk nitrogen yang berlebihan di dalam usaha penanaman padi, aktivitas industri dengan menggunakan limbah padat sebagai bahan bakar alternatif dan penggunaan bahan bakar minyak bumi.

2.4 Definisi dan Klasifikasi Struktur Ruang Kota

Menurut Kustiwan (2021) menyatakan bahwa kota (*city*) merupakan tempat di mana konsentrasi penduduk lebih padat dari wilayah sekitarnya karena terjadinya pemusatan kegiatan fungsional yang berkaitan dengan kegiatan atau aktivitas penduduknya. Berdasarkan penelitian Lanta (2012) menggambarkan bahwa Kota Makassar di klasifikasikan menjadi 2 kluster yakni kawasan perkotaan (*urban*) dan pinggir kota (*suburban*),

Urban merupakan kawasan permukiman yang memiliki luas area yang terbatas dan penduduk relatif besar dengan kepadatan bangunan yang tinggi serta bersifat non-agraris (Wirth, 1938). Selain itu, berdasarkan Undang-undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang juga menyatakan bahwa kawasan perkotaan (*urban*) juga merupakan suatu wilayah yang didominasi oleh bentuk pemanfaatan lahan non-agraris.

Suburban merupakan kawasan yang berada ditengah antara kota dan rural yang memiliki kehidupan kompleks dan hibrida antara keduanya (Yunus, 2008). Sedangkan menurut Simon, dkk (2008) dalam Maryonoputri (2010) menyatakan bahwa *suburban* merupakan wilayah di sekitar pusat kota yang terintegrasi dengan pusat kota. Selain itu, menurut Lanta (2012) *suburban* merupakan kecamatan disekitar pusat kota yang berbatasan dengan daerah tetangga.

2.5 Urban Sprawl

Urban sprawl merupakan perambatan struktur ruang kota secara cepat ke arah pinggir kota dan tidak direncanakan akan muncul pada suatu kawasan, biasanya memiliki ciri ditandai dengan pembangunan perumahan dengan kepadatan rendah, zonasi sekali pakai, dan peningkatan penggunaan kendaraan pribadi dalam akses transportasi. *Urban Sprawl* dapat ditinjau dari 8 indikator, yakni kepadatan penduduk, jangkauan jaringan jalan, kepadatan bangunan, pengelompokan bangunan, pemusatan, penggunaan lahan campuran, dan jarak antar urban dan sekitarnya (Hakiki, 2019). *Urban sprawl juga* tidak lepas kaitannya dengan penggunaan energi, polusi, kemacetan dan kultur sosial masyarakat (Rafferty, 2019 dalam Khasanah, 2020).

Urban sprawl muncul disebabkan meningkatnya jumlah penduduk baik dari kelahiran maupun pendatang (urbanisasi) yang sejalan dengan kebutuhan tempat tinggal dengan kualitas baik dan aksesibilitas menuju tempat kerja, hal ini akan secara tidak langsung akan mendorong eksploitasi ruang terbuka hijau dan alih fungsi lahan di suatu kota (Khasanah, 2020). Berkembangnya kebutuhan tempat tinggal berdampak pada berkembangnya kegiatan ekonomi di sekitar daerah tersebut yang berujung pada pembangunan jalan atau perbaikan jalan dalam meningkatkan aksesibilitas tempat tinggal dengan kegiatan baru.

Urban sprawl muncul setelah akhir perang dunia kedua dan mewabah dalam masyarakat Amerika. Kurangnya kemampuan pemerintah dalam mengatasi permasalahan pelayanan kota selama perang dunia kedua seperti kemacetan, polusi, dan kurangnya sistem pembuangan limbah di pusat kota. Hal ini mendorong penduduk untuk tinggal di rumah yang jauh dari pusat kota yang biasa disebut dengan impian penduduk (Wright dalam Mattern (2005). *Urban sprawl*

menjadi faktor menjadi penyebab polusi udara akibat konsentrasi gas emisi dari peningkatan penggunaan energi fosil terhadap kebutuhan masyarakat dalam transportasi pribadi yang telah menjadi gaya hidup seperti mobil/kendaraan bermotor (Stoel, 1999 dalam Wilson, 2002).

2.6 Alih Fungsi Lahan

Menurut Setiawan (2016) dalam Ningsih (2018), menyatakan bahwa alih fungsi merupakan konversi fungsi suatu kawasan lahan dari fungsinya awal (seperti yang direncanakan) menjadi fungsi lain dan dapat berdampak merugikan (masalah) terhadap lingkungan dan potensi lahan itu sendiri. Alih fungsi lahan umumnya disebabkan oleh beberapa faktor yang secara garis besar meliputi keperluan untuk memenuhi kebutuhan penduduk yang makin bertambah jumlahnya (Ningsih, 2018).

Selain itu, berkembangnya struktur suatu kota juga mengakibatkan adanya perubahan alih fungsi lahan. Struktur suatu kota merupakan elemen utama pembentuk suatu kota misalnya kawasan permukiman, kawasan industri, perdagangan, pelayanan umum, pemerintahan, sarana transportasi dan ruang terbuka serta lahan kosong sebagai cadangan. Kota-kota di negara maju maupun berkembang menghasilkan pertumbuhan yang sangat kompleks akibat pengaruh dari pertumbuhan penduduk, kegiatan ekonomi dan sosial (Suwarno, 2001 dalam Ningsih, 2018).

Pertumbuhan penduduk yang tinggi berdampak pada tingginya fenomena konversi fungsi lahan. Salah satu yang terpengaruhi oleh konversi tersebut adalah luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) dimana penambahan lahan yang berperan nyata negatif terhadap perubahan luas RTH (Fiwisya, 2022). Kota Makassar sendiri telah mengalami penurunan luas RTH sebesar 8,6% sejak sepuluh tahun terakhir (Liong, 2021).

Sifat alih fungsi lahan dapat mempengaruhi kondisi struktur perkotaan dalam pembentukan suatu kawasan. Kondisi struktur perkotaan terbentuk karena adanya unsur padat atau unsur fisik kota seperti bangunan dan vegetasi, sedangkan jalan merupakan unsur penghubung atau pendukung (Zahnd, 2006 dalam Ningsih,

2018). Menurut Givoni (1998) dalam Ningsih (2018), kondisi struktur perkotaan meliputi kepadatan area terbangun, rasio ketinggian bangunan, jarak antar bangunan, lebar jalan, dan material bangunan dapat mempengaruhi perbedaan temperatur udara antara kawasan perkotaan dengan sekitarnya. Gedung-gedung tinggi dan tingkat pencemaran udara yang tinggi di kota dapat menyebabkan timbulnya suatu "kubah debu" (*dust dome*) yang menyelimuti kota. Hal ini perbedaan sirkulasi suhu yang tajam antara perkotaan dengan daerah sekitarnya yang berakibat suhu udara perkotaan panas dan udara sekitarnya dingin (Owen, 1975 dalam Ningsih, 2018).

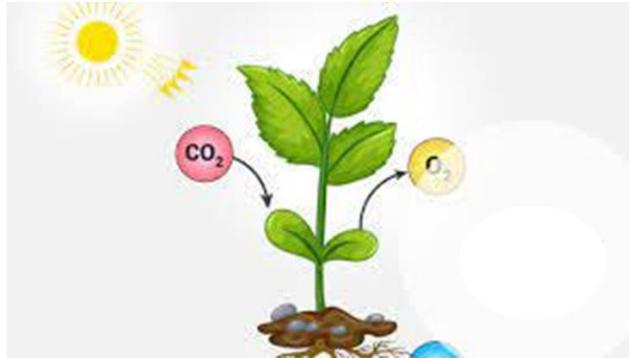
2.7 Ruang Terbuka Hijau

Berdasarkan Undang-undang No.26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, dijelaskan bahwa Ruang Terbuka Hijau (RTH) merupakan area memanjang/jalur dan/atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2007 tentang Penataan RTH Kawasan Perkotaan juga mendefinisikan tentang Ruang Terbuka Hijau (RTH) merupakan bagian dari ruang terbuka suatu kawasan perkotaan yang diisi oleh tumbuhan dan tanaman guna mendukung manfaat ekologi, sosial, budaya, ekonomi dan estetika.

2.7.1 Fungsi Ruang Terbuka Hijau

Ruang Terbuka Hijau (RTH) sebagai fungsi kawasan lindung terdiri atas pertamanan kota, kawasan hijau hutan kota, kawasan hijau rekreasi kota, kawasan hijau kegiatan olahraga, kawasan hijau pekarangan. Ruang terbuka hijau diklasifikasi berdasarkan status kawasan (Fandeli, dkk. (2004)). Ruang terbuka hijau memiliki dampak dalam menciptakan kenyamanan bagi manusia terhadap faktor iklim, yaitu suhu, radiasi matahari, curah hujan dan kelembapan (Liong, 2021). Pada **Gambar 2.6** dapat dilihat bahwa begetasi memiliki beberapa kemampuan dalam menurunkan suhu permukaan seperti menyerap radiasi matahari dan memantulkannya kembali, mengurangi kecepatan angin, dan juga dapat melembutkan suasana keras dan struktur fisik bangunan yang berdampak

pada penurunan tingkat kebisingan, udara panas dan polusi sekitarnya (Carpenter dan Just, 1975). Lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.6** di bawah.



Gambar 2.5 Proses Penyerapan Sinar Matahari dan Karbon Dioksida

Sumber: BAMAI UMA, 2022.

Menurut Simonds (1983), ruang terbuka hijau membentuk karakter kota, memberikan kenyamanan dan menjaga kelangsungan hidupnya. Secara lebih spesifik memiliki fungsi RTH sebagai berikut:

1. Menjaga mutu dan kualitas lingkungan,
2. Sebagai produsen udara untuk bernapas yang segar dan indah,
3. Berperan sebagai paru-paru kota,
4. Sebagai penyangga sumber air tanah,
5. Membendung erosi, serta
6. Di bidang pendidikan, dapat menjadi unsur dan sarana pendidikan.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, selain memberikan memiliki fungsi intrinsik juga memiliki fungsi ekstrinsik seperti:

1. Fungsi sosial dan budaya, sebagai tempat rekreasi, pendidikan, hiburan dan lainnya;
2. Fungsi ekonomi, meningkatkan hasil produk vegetasi seperti sayuran dan lainnya;
3. Fungsi estetika yaitu meningkatkan kenyamanan dan keindahan lingkungan kota.

2.7.2 Pengaruh Ruang Terbuka Hijau terhadap *Urban Heat Island*

Penelitian terkait strategi penurunan suhu berdasarkan ruang terbuka hijau telah dilakukan dengan membandingkan suhu terhadap ruang terbuka hijau dengan area disekitarnya. Studi menunjukkan, semakin luas suatu area hijau pada kawasan perkotaan, dapat menurunkan suhu pada area sekitarnya. Salah satu penelitian yang dilakukan Mulgiati (2010) menunjukkan penurunan suhu 0.47°C terhadap penambahan 1% RTH.

2.8 Emisi Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca adalah gas-gas yang terperangkap dalam atmosfer dan dapat menyerap panas dari pantulan matahari ke bumi sehingga menyebabkan peningkatan *temperature* (Akorode, dkk., 2012 dalam Anggraini, 2012). Hal ini sejalan dengan Giasi (2017) yang mengemukakan bahwa penggunaan energi yang massif akan menimbulkan gas CO_2 yang memicu gas rumah kaca dan secara tidak langsung menimbulkan pemanasan global.

Emisi gas rumah kaca dapat menyimpan panas berasal dari hasil fotosintesis dan juga aktivitas manusia. Pada **Gambar 2.7** dapat dilihat beberapa emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas manusia melalui pembakaran bahan fosil, industri dan lainnya yang mengeluarkan gas CO_2 , metana, dan gas *fluourinated* ke atmosfer Anggraini (2012)). Apabila emisi gas rumah kaca dihasilkan secara berlebihan akan menyebabkan pergeseran keseimbangan yang membuat efek pemanasan global (Akorode, dkk., 2012 dalam Anggraini, 2012), lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.7** di bawah.



Gambar 2.6 Mekanisme Gas Rumah Kaca

Sumber: Putri, 2020.

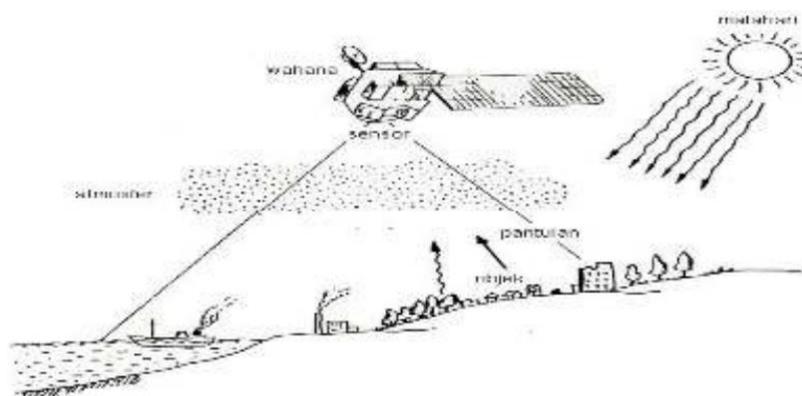
2.9 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh atau *remote sensing* dapat diartikan sebagai teknik untuk mengidentifikasi informasi mengenai suatu obyek permukaan bumi tanpa harus meninjau lapangan secara langsung (Aysa, dkk. 2015). Dengan kata lain penginderaan jauh memberikan informasi obyek, daerah, atau gejala permukaan bumi melalui analisis pemantauan jarak jauh yang diperoleh dengan suatu alat.

2.9.1 Konsep Dasar Penginderaan Jauh

Pada **Gambar 2.7** dapat dilihat konsep dasar penginderaan jauh dimana data penginderaan jauh diperoleh dari rekaman satelit *image* yang kemudian dianalisis menggunakan SIG. Pada dasarnya data dari penginderaan akan diinterpretasikan dan *digeoreferencing* terlebih dahulu sebelum diinput dalam SIG (Farina, 1998).

Hasil dari analisis ini biasanya berupa peta yang berisi informasi sesuai dengan kebutuhan penelitian. Citra digital biasanya direkam dari sistem perekaman oleh satelit, *airborne scanner*, dan juga pesawat ulang alik. Menurut Daneodoro, 2012 dalam Liong, 2021). Sistem satelit sebagai sistem yang paling stabil dalam penginderaan jauh dikelompokkan menjadi 2 jenis, yakni satelit cuaca dan satelit sumberdaya. Adapun satelit sumberdaya adalah satelit sinkron matahari, seperti Landsat, SPOT, ERS, dan JERS (Danoedoro, 2012 dalam Liong, 2021), lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.7** di bawah.



Gambar 2.7 Cara Kerja Penginderaan Jauh

Sumber: Purwanto (2005) dalam Ramadhan (2017)

2.9.2 Keuntungan Konsep Penginderaan Jauh

Sutanto (1986), menjelaskan beberapa keunggulan citra penginderaan jauh, yaitu sebagai berikut:

1. Citra menggambarkan objek, daerah, dan gejala pada wujud dan letak permukaan secara aktual.
2. Citra menggambarkan objek, daerah, dan gejala secara lengkap, meliputi daerah yang luas dan permanen.
3. Beberapa jenis citra dapat ditimbulkan gambaran tiga dimensi apabila pengamatannya dilakukan dengan stereoskop.
4. Citra dapat dibuat secara cepat meskipun untuk daerah yang sulit dijelajahi secara terrestrial.

2.9.3 Indeks Vegetasi

Dalam aplikasi penginderaan jauh, indeks vegetasi dapat diartikan sebagai tingkat kehijauan yang dilihat dari indikator kondisi kekeringan. Indeks vegetasi dapat dilihat dari hasil perekaman sinyal digital data nilai kecerahan (*brightness*) (Idris, 2019). Dalam mengolah nilai vegetasi dilakukan perbandingan tingkat kecerahan kanal cahaya merah (*red*) dan kanal cahaya inframerah dekat (*near infrared*). Klorofil menyerap cahaya merah dan dipantulkan cahaya inframerah dekat akan menghasilkan nilai kecerahan yang diterima sensor satelit.

Salah satu indeks vegetasi penginderaan jauh adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yang merupakan indeks fotosintesis vegetasi. NDVI berisi parameter kehijauan vegetasi seperti biomass dedaunan hijau, daerah dedaunan hijau yang merupakan nilai yang dapat diperkirakan untuk pembagian vegetasi.

2.10 Sistem Informasi Geospasial (SIG)

Penelitian ini menerapkan sistem informasi geospasial dan penginderaan jauh. Sistem informasi geospasial merupakan alat berbasis komputer dan perangkat lunaknya yang dapat menginput, mengelola, memproyeksi, meneliti, dan pemodelan dan memvisualisasi data-data spasial dalam menginterpretasikan atau meramalkan strategi perencanaan yang kompleks (Cowen, 1991 dalam Liong,

2021). SIG memberikan banyak keuntungan atas ketelitian dan kemampuan pengolahan data base yang efektif (Lin, 2000 dalam Liong, 2021). Menurut Foote dan Lynch, 1997 dalam Liong, 2021), ada tiga aspek penting yang ada dalam SIG:

1. SIG terkait beragam jenis aplikasi *database* yang menggunakan *georeference* sebagai dasar utama dalam pemetaan spasial.
2. SIG terintegrasi dengan beragam teknologi geografi seperti karena dapat menyatukan berbagai teknologi geografi seperti *remote sensing*, *Global Positioning System (GPS)*, *Computer Aided Design (CAD)* dan lainnya.
3. SIG dapat berperan dalam proses pengambilan keputusan.

Dalam sistem informasi geospasial, data spasial maupun data atribut dapat diintegrasikan untuk menjawab pertanyaan penataan ruang hingga analisis potensi suatu hal dalam suatu wilayah secara spasial maupun non spasial (Fariz, 2015). Dalam penelitian ini, sistem informasi geospasial digunakan dalam mengekstrasi citra termal atau suhu permukaan.

2.11 Satelit Landsat

Sejak tahun 1972 hingga 2013 satelit Landsat telah diluncurkan sebanyak 8 satelit dari Landsat 1 hingga Landsat 8 dengan catatan temporal terpanjang berbasis ruang angkasa. Landsat 8 sebagai satelit terbaru yang diluncurkan merupakan hasil kerjasama antara *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* dan *Department of the Interior U.S. Geological Survey (USGS)*. Landsat menampilkan informasi spasial dan data tutupan lahan serta perubahannya seiring waktu. Landsat memberikan resolusi spasial yang baik sehingga memungkinkan perekaman antropogenik dan perubahan alam (Williams, dkk., 2006)). Satelit Landsat adalah *platform* satelit yang paling umum digunakan dalam mengumpulkan data *Earth Observation (EO)* yang memberikan banyak keuntungan melalui spektrum-band yang dimilikinya (Williams, dkk., 2006)). *Landsat 8* mengusung *Operational Land Imager (OLI)* dan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* yang dapat memberikan resolusi spasial nominal 30 m yang bisa memetakan wilayah perkotaan dan pinggiran kota yang memiliki kepadatan penduduk yang rapat (Poursanidis, dkk. 2015). Landsat 8 selain memberikan resolusi spasial 30 m (*visible*, *SWIR*, *NIR*) juga memberikan pilihan resolusi 100

m (*thermal*) dan 15 m (pankromatik), resolusi temporal selama 16 hari, dan resolusi spektral 443 nm sampai 2300 nm (Sitanggang, 2010). Adapun spesifikasi band pada *Landsat 8* pada **Tabel 2.1** sebagai berikut:

Tabel 2.1 Spesifikasi Kanal (Band) yang Dimiliki oleh *Landsat 8*

<i>Landsat 8</i>	Band	Panjang Gelombang (micrometer)	Resolusi (meter)
Operational Land Imager (OLI)	Band 1 – <i>Coastal aerosol</i>	0.43-0.45	30
	Band 2 – <i>Blue</i>	0.45-0.51	30
	Band 3 – <i>Green</i>	0.53-0.59	30
	Band 4 – <i>Red</i>	0.64-0.67	30
	Band 5 – <i>New Infrared (NIR)</i>	0.85-0.88	30
	Band 6 – <i>SWIR 1</i>	1.57-1.65	30
	Band 7 – <i>SWIR 2</i>	2.11-2.29	30
	Band 8 – <i>Panchromatic</i>	0.50-0.68	15
	Band 9 – <i>Cirrus</i>	1.36-138	30
Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Band 10 – <i>Thermal Infrared (TIRS) 1</i>	10.60-11.19	100
	Band 11- <i>Thermal Infrared (TIRS) 2</i>	11.50-12.51	100

.Sumber: Parangtritis Geomatie Science Park, 2016

Pada **Tabel 2.1** dapat dilihat bahwa *Landsat 8* memiliki 11 band, 9 band berada pada sensor *Operational Land Imager (OLI)* dan 2 band berada pada *Thermal infrared sensor (TIRS)*. Band pada *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* berfungsi untuk menangkap suhu.

Menurut Cristobal (2018) dalam Pohan (2020), mengemukakan bahwa *Landsat 8* memiliki band *thermal* yang menggunakan suhu udara dekat permukaan dan uap air sebagai informasi masukan. Adanya band *thermal* yang memiliki dua saluran memberikan peningkatan koreksi atmosfer dengan metode *split-window*. Pengaruh cahaya nyasar yang diterima oleh band *thermal* ini memberikan perbedaan pada letak garis lintang.

2.12 Klasifikasi Tutupan Lahan

Tutupan lahan merupakan istilah yang menggambarkan jenis tutupan yang berada disuatu lahan, dengan kata lain tutupan lahan merupakan tutupan biofisik pada

permukaan bumi yang dipengaruhi oleh hasil pengaturan, aktivitas, dan perlakuan manusia (SNI, 2010). Tutupan lahan terkait dengan penggunaan lahan, dimana penggunaan lahan merupakan pengaturan dari suatu jenis tutupan lahan untuk menghasilkan sesuatu.

Sistem klasifikasi penggunaan lahan diatur Badan Standardisasi Nasional Indonesia dalam SNI No. 7645 tahun 2010 tentang Klasifikasi Tutupan Lahan. Standar ini disusun berdasarkan sistem klasifikasi penutup lahan UNFAO dan ISO 19144-1 *geographic information – Classification Systems – Part 1 : Classification Systems Structure*. Penggunaan sistem klasifikasi penutup lahan standar internasional mengatur pemantauan dan pelaporan terhadap perubahan tutupan lahan. Dalam Standar penutup lahan internasional ini, makin detail kelas yang disusun, maka makin banyak kelas yang digunakan (Badan Standardisasi Nasional, 2010).

Pada **Tabel 2.2** dapat dilihat bahwa kelas tutupan lahan terbagi atas daerah bervegetasi dan daerah tak bervegetasi. Daerah bervegetasi disusun berdasarkan pendekatan konseptual struktur fisiognomi terhadap bentuk tumbuhan, bentuk tutupan, tinggi tumbuhan, dan distribusi spasialnya. Sedangkan daerah tak bervegetasi, disusun berdasarkan parameter permukaan tutupan, distribusi atau kepadatan dan ketinggian atau kedalaman objek (Badan Standardisasi Nasional, 2010). Secara detail dapat dilihat pada **Tabel 2.2** sebagai berikut:

Tabel 2.2 Klasifikasi Penutup Lahan

Tingkat I		Tingkat II		Tingkat III		Tingkat IV	
No	Tutupan Lahan	No	Tutupan Lahan	No	Tutupan Lahan	No	Tutupan Lahan
1	Daerah bervegetasi	1.1	Daerah pertanian	1.1.1	Sawah		
				1.1.2	Ladang, tegal, atau huma		
				1.1.3	Perkebunan		
				1.2.1	Hutan lahan kering		
				1.2.2	Hutan lahan basah		

Tingkat I		Tingkat II		Tingkat III		Tingkat IV		
No	Tutupan Lahan	No	Tutupan Lahan	No	Tutupan Lahan	No	Tutupan Lahan	
2	Daerah tidak bervegetasi	1.2	Daerah bukan pertanian	1.2.3	Semak dan belukar			
				1.2.4	Padang rumput, alangalang, dan sabana			
		2.1	Lahan Terbuka	2.2.1		2.2.1.1	Permukiman	
						2.2.1.2	Bangunan Industri	
						2.2.1.3	Jaringan Jalan	
						2.2.1.4	Jaringan Jalan Kereta Api	
		2.2	Permukiman dan lahan bukan pertanian yang berkaitan	Lahan Terbangun	2.2.1.5	Jaringan Listrik Tegangan Tinggi		
					2.2.1.6	Bandar Udara Domestik/Internasional		
					2.2.1.7	Pelabuhan Laut		
		2.3	Permukiman dan lahan bukan pertanian yang berkaitan	2.3.1	Danau atau waduk			
2.3.3	Rawa							
2.3.4	Sungai							
2.3.5	Anjir pelayaran							
2.3.6	Terumbu karang							

Sumber: SNI No. 7645 tahun 2010 tentang Klasifikasi Tutupan Lahan

2.13 *Land Surface Temperature (LST)*

Suhu permukaan merupakan suhu terluar dari suatu benda, pada saat energi radiasi matahari berpindah ke suatu benda akan berdampak peningkatan suhu bagian terluar benda tersebut. Peningkatan suhu permukaan sangat terkait dari jumlah radiasi yang diterima dan juga sifat fisik objek itu sendiri. Objek yang memiliki kapasitas panas rendah dan konduktivitas termalnya tinggi akan sangat berpengaruh terhadap peningkatan suhu permukaan, ditambah lagi sifat emisivitas yang dimiliki suatu objek akan mempermudah peningkatan suhu permukaan (Wiweka, 2014).

Sebaran suhu permukaan dapat ditinjau dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh yaitu menggunakan citra satelit dengan kemampuan sensor termal, seperti Landsat 5 dan Landsat 8. Radiasi gelombang pendek dan albedo diamati berdasarkan nilai *spectral radiance* dari nilai *digital number*. Albedo diartikan sebagai komparasi tingkat sinar matahari yang masuk ke permukaan dengan yang dipantulkan kembali ke atmosfer (Wicahyani, dkk., (2013)) Radiasi dan albedo mempengaruhi rona suhu yang terekam oleh satelit sensor termal (*brightness temperature*) hingga menghasilkan kenampakan suhu.

Nilai suhu permukaan yang sebenarnya didapatkan melalui pengolahan digital number dari data citra satelit dengan beberapa tahapan konversi terlebih dahulu. Tahapan konversi secara umum sebagai berikut (Sobirin & Fatimah, 2015):

1. Konversi *digital number* ke radian spektral

Nilai piksel yang ada pada citra dikonversi menjadi nilai *spectral radiance*. Konversi tersebut merupakan proses koreksi radiometrik yang bertujuan untuk menghilangkan gangguan pada atmosfer sehingga mendapatkan nilai suhu absolut atau suhu permukaan sebenarnya, karena data objek yang direkam terhalang atau harus menembus atmosfer sebelum sampai ke sensor satelit. Sensor memiliki kemampuan bit-koding yang mampu merekam nilai piksel dalam mengkonversi nilai spektral objek. Pancaran spektral objek merupakan fungsi dari temperatur radiannya.

2. Konversi radian spektral ke *brightness temperature*

Suhu kecerahan/*brightness temperature* merupakan pengukuran nilai radiansi gelombang mikro dari puncak atmosfer yang memancar ke atas dan terekam oleh sensor satelit, yang diimplementasikan dengan satuan suhu citra hitam yang setara (Remote Sensing System, 2022). Suhu kecerahan merupakan parameter mendasar dalam mengekstraksi *land surface temperature*. Pengukuran radiometer gelombang mikro pasif digunakan untuk mengekstrak nilai suhu angin, uap, awan, hujan, dan lainnya. Nilai suhu kecerahan ini didapatkan dengan mengekstrak nilai radiansi yang telah terkoreksi radiometrik menjadi nilai suhu kecerahan.

3. Konversi suhu permukaan dari satuan kelvin ke celcius

Temperatur dalam satuan derajat kelvin ini kemudian diubah ke dalam satuan derajat celcius:

$$TCelcius = TKelvin - 273,15$$

2.14 Mitigasi

Mitigasi bencana adalah serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (pasal 1 ayat 6 Peraturan Pemerintah No. 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana).

Mitigasi dapat dilakukan secara struktural dan non struktural. Secara struktural yaitu pembangunan infrastruktur sabo, tanggul, alat pendeteksi atau peringatan dini, sedangkan secara non struktural seperti pelatihan dan peningkatan kapasitas di masyarakat (ISDR, 2004).

Mitigasi melalui pembangunan fisik diatur dalam Undang-undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang pada pasal 3 menyatakan penyelenggaraan penataan ruang bertujuan untuk mewujudkan ruang wilayah nasional yang aman, nyaman, produktif dan berkelanjutan berlandaskan wawasan nusantara dan ketahanan dengan:

- 1) Terwujudnya keharmonisan antara lingkungan alam dan lingkungan buatan

- 2) Terwujudnya keterpaduan dalam penggunaan sumber daya alam dan sumber daya buatan dengan memperhatikan sumber daya manusia.
- 3) Terwujudnya perlindungan fungsi ruang dan pencegahan dampak negatif terhadap lingkungan akibat pemanfaatan ruang.

Upaya mitigasi di Indonesia khususnya mitigasi perubahan iklim (suhu dan cuaca) tidak dapat lepas dari prinsip pembangunan berkelanjutan yang dijadikan sebagai salah satu fokus isu tujuan pembangunan berkelanjutan di Indonesia (TPB/SDG's), dengan adanya fokus ini diharapkan dapat meminimalisir setiap resiko bencana kedepannya (Fauzy, dkk., 2019).

2.14.1 Konsep Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan berkelanjutan merupakan proses pembangunan baik lahan, kota, bisnis, masyarakat yang menekankan asas pemenuhan kebutuhan saat ini tanpa memberatkan pemenuhan kebutuhan generasi kedepannya (Brundtland Report, 1987 dalam Runa, 2012). Dengan kata lain, Pembangunan berkelanjutan merupakan upaya pemanfaatan ekosistem yang telah ada tanpa merusak kapasitas fungsionalnya yang bertujuan memberikan keuntungan bagi kehidupan masyarakat secara keseluruhan baik saat ini maupun generasi mendatang (Fitriani, 2019).

Menurut Salim (1980) dalam Runa (2012), mengartikan konsep pembangunan berkelanjutan sebagai arah pembangunan yang mempertimbangkan aspek lingkungan dalam waktu jangka panjang untuk meningkatkan kesejahteraan dari satu generasi ke generasi dalam kurun waktu yang tidak terbatas.

Menurut Hermawan (2016) dalam Fitriani (2019), pembangunan berkelanjutan memiliki beberapa fungsi yaitu:

- 1) Melestarikan fungsi dan kemampuan ekosistem
Menjaga dan merawat kemampuan ekosistem sebagai fungsi sumber alam bagi kehidupan berkelanjutan
- 2) Melindungi serta mendukung sumber daya
Memanfaatkan sumber daya alam tanpa merugikan dan merusak lingkungan sekitarnya.

Prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan memiliki peran penting dalam menciptakan kota yang berkelanjutan. Menurut UNCED (1992) dalam Fitriani (2019), prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan antara lain:

- 1) Hak pembangunan harus memenuhi kebutuhan pembangunan dan lingkungan di masa sekarang dan yang akan datang.
- 2) Dalam tujuan pembangunan berkelanjutan, perlindungan lingkungan menjadi paut dari proses pembangunan yang tidak dapat dipisahkan dari proses pembangunan berkelanjutan.
- 3) Partisipasi seluruh masyarakat dari beragam golongan dalam menanggulangi isu lingkungan.
- 4) Antisipasi dan pencegahan diri wajib dilakukan secara global oleh negara sesuai dengan kemampuannya dalam upaya melestarikan ekosistem lingkungan.
- 5) Mempunyai dampak langsung terhadap lingkungan yang memerlukan keputusan di tingkat nasional maka penilaian dampak lingkungan sebagai instrument nasional harus dilakukan untuk kegiatan-kegiatan yang diusulkan.
- 6) Wanita mempunyai peran penting dalam pembangunan dan pengelolaan lingkungan. Partisipasi penuh mereka perlu mencapai pembangunan berlanjut.
- 7) Pemahaman dan pengetahuan lokal penduduk asli dan setempat mempunyai peran penting dalam pengelolaan dan pembangunan lingkungan.

Pembangunan berkelanjutan tidak hanya memperhatikan aspek lingkungan tetapi mengacu pada tiga pilar utama. Menurut (Sugandi, dkk., 2017 dalam Zaini dan Darmawanto, 2015), tiga pilar utama itu antara lain:

- 1) *Society*, berkaitan dengan masyarakat, responsibility (tanggung jawab), interaksi sosial, keperilakuan masyarakat dan kondisi sosial masyarakat yang ada di suatu wilayah.
- 2) *Environment*, yaitu berkaitan dengan lingkungan alam, termasuk lingkungan fisik serta adanya seperangkat kelembagaan sebagai hasil buatan manusia dalam rangka pemanfaatannya.

3) *economy*, yaitu kesejahteraan ekonomi masyarakat dan pemanfaatan lingkungan alam untuk memenuhi kebutuhan masyarakat termasuk dalam rangka memperoleh keuntungan.

Ketiga pilar tersebut saling terkait, apabila ketiganya dalam generasi sekarang saling terkait dan saling mendukung, maka dari hasil generasi sekarang akan dapat dinikmati generasi selanjutnya.

2.14.2 Upaya Mitigasi *Urban Heat Island* Dalam Konsep Pembangunan Berkelanjutan

Berdasarkan Undang-undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang menyatakan bahwa penataan ruang harus memperhatikan keamanan dan kenyamanan masyarakat, adanya mitigasi terhadap fenomena *urban heat island* akan meminimalisir kerugian yang disebabkan.

Sebagai negara kepulauan yang rentan terhadap perubahan iklim (suhu dan cuaca), ancaman penurunan kualitas kesehatan terus terjadi di Indonesia. Maka dari itu, mitigasi perubahan iklim perlu dilakukan dalam rangka menjaga keberlanjutan kehidupan manusia dan juga secara tidak langsung menjaga ketahanan ekonomi dalam jangka menengah hingga panjang (Kemenku, 2021). Indonesia dan beberapa negara di dunia telah berkomitmen atas perubahan iklim ini melalui *Nationally Determined Contributions* (NDC) yang didalamnya memuat *Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050* (LTS-LCCR) dengan pencapaian *Net Zero Emission* (NZE) yang bertujuan untuk mencegah peningkatan suhu, skenario *Net Zero Emission* (NZE) dianggap dapat meningkatkan pendapatan per kapita dan dipandang sebagai upaya mitigasi perubahan iklim yang berkomitmen pada pembangunan berkelanjutan (Kemenku, 2021).

Upaya yang diterapkan Indonesia LTS-LCCR 2050 (2021) dalam mendukung tercapainya skenario *Net Zero Emission* antara lain menignkatakan pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT), pengurangan energi fosil, penggunaan kendaraan listrik di sektor transportasi, meningkatkan pemanfaatan listrik pada rumah tangga dan industri dan pemanfaatan *Carbon Capture and Storage* (CCS). Selain itu,

upaya lain yang diterapkan Indonesia adalah penyerapan karbon dari penghijauan seperti meningkatkan produktivitas tanaman optimalisasi penggunaan lahan yang tidak produktif (lahan kosong), melestarikan dan memulihkan keanekaragaman hayati (KLHK, 2021). Hal ini sejalan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan Indonesia yang tertera pada pedoman rencana aksi nasional-tujuan pembangunan berkelanjutan pasal 13 yakni pengelolaan sumber daya alam hayati dan penggunaan lahan berkelanjutan (Bappenas, 2020).

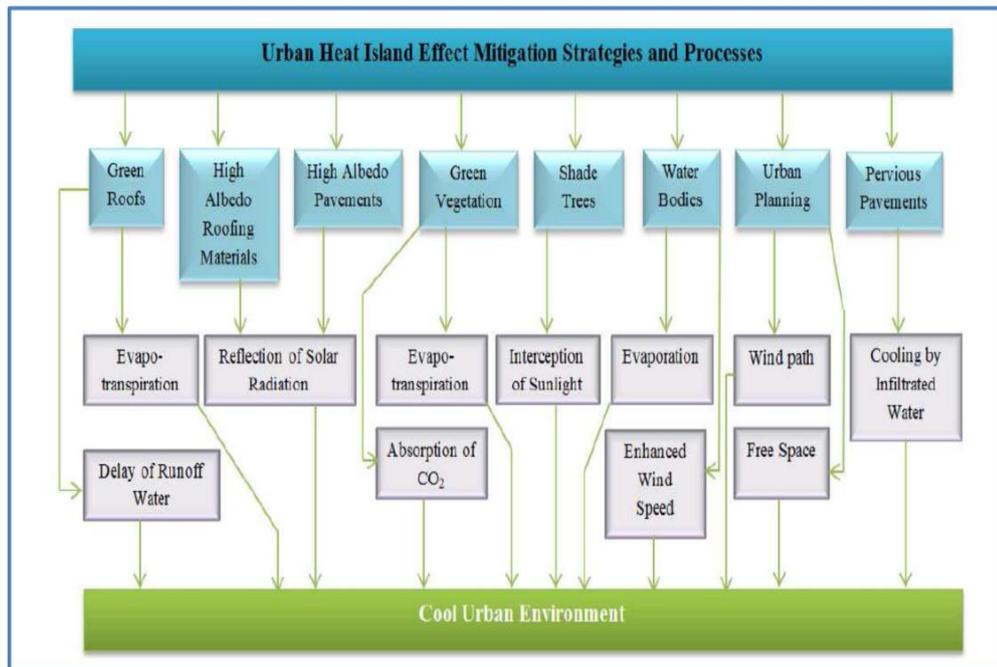
Alam menopang kemakmuran dan kesejahteraan, dengan adanya penghijauan, dapat menunjukkan nilai ekonomi dan keamanan yang lebih baik, pembangunan dan kesetaraan manusia, dan peningkatan keanekaragaman hayati dan regulasi iklim (Theobald, 2022). Sebagaimana yang yang dijelaskan dalam pedoman pengadaan dan penyediaan ruang terbuka hijau yang menyatakan bahwa ruang terbuka hijau memiliki fungsi sosial, lingkungan dan ekonomis (PUPR, 2008). Maka dari itu, penyediaan ruang terbuka hijau harus sesuai dengan prinsip pilar utama pembangunan berkelanjutan.

Tantangan Kota Makassar dalam penghijauan atau penyediaan ruang terbuka hijau adalah keterbatas lahan (Liong, 2021). Maka dari itu, perlu kerjasama alam dengan laju urbanisasi untuk mengadaptasi lingkungan buatan (Theobald, 2022). Salah satu model penyediaan ruang terbuka hijau pada lahan terbatas untuk rekomendasi mitigasi UHI dapat dilihat pada penelitian Giguierre M. (2012) sebagai berikut:

1. *Green wall*, adanya penambahan vegetasi pada dinding bangunan.
2. *Green roofs*, adanya penambahan vegetasi pada atap bangunan.
3. *Greening parking lots*, adanya penanaman vegetasi disekitar area tempat parkir atau pembuatan area parkir dengan tutupan vegetasi bukan aspal.
4. *Vegetation around building*, adanya pembangunan taman kecil atau penanaman vegetasi disekitar bangunan.
5. *Reflective roofs dan reflective wall*, adanya modifikasi pada material atap atau dinding untuk meningkatkan albedo.
6. *High-albedo pavement*, adanya peningkatan albedo pada trotoar atau jalan seperti memberikan pigmen yang reflektif pada aspal dan beton.

Penyediaan ruang terbuka hijau dianggap sebagai hal yang paling baik untuk menekan suhu, ruang terbuka hijau mengambil peran penting dalam mendukung tercapainya nol emisi gas rumah kaca (Theobald, 2022). Keberadaan vegetasi mampu mengurangi suhu udara rata-rata 2°C (Susca, dkk., 2011 dalam Fawzi N.I., 2017) hingga 4°C (Wang dan Akbari, 2016 dalam Fawzi N.I., 2017). Selain itu penggunaan material dengan albedo tinggi pada bangunan atau jalan juga dapat menurunkan suhu karena sedikit menyerap panas.

Menurut Sailor (2006) dalam Nuruzzaman (2015), juga mengemukakan bahwa penurunan efek *urban heat island* di perkotaan dapat dilakukan dengan dua cara. Cara pertama dengan meningkatkan albedo permukaan perkotaan dan yang lainnya adalah dengan penghijauan. Dapat dilihat pada **Gambar 2.9**, kemampuan peningkatan albedo tinggi dan evapotranspirasi tumbuhan dapat memberikan efek *cool urban environment*. Lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.9** di bawah.



Gambar 2.8 Efek Albedo dan Vegetasi terhadap *Urban Heat Island*

Sumber: Nuruzzaman, 2015.

2.15 Penelitian Terdahulu

Peneliti terhadulu dimaksudnya agar dapat membedakan penelitian yang dilakukan dengan penelitian yang telah ada. Adapun penelitian yang terkait sebagai berikut:

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

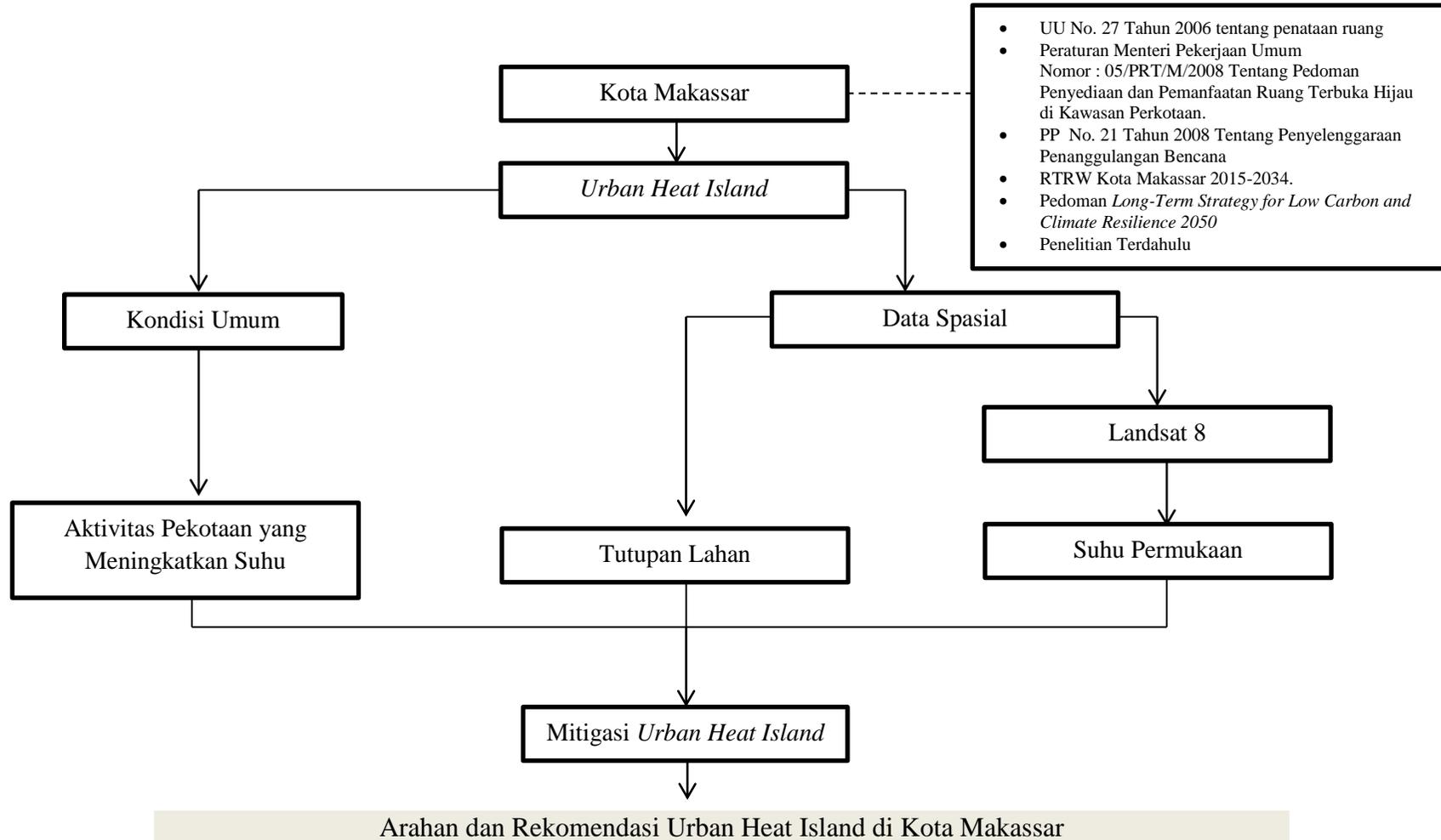
Judul	Peneliti	Lokasi Penelitian	Metode Penelitian	Variabel/Parameter Penelitian	Output
Analisis Fenomena <i>Urban Heat Island</i> Serta Mitigasinya (2018)	Seprila Putri Darlina, dkk.	Kota Semarang	Metode klasifikasi terbimbing, metode <i>maximum likelihood</i> , dan metode spasial <i>Land Surface Temperature</i> .	<i>Land surface temperature</i> dan Rekomendasi mitigasi	Peta tutupan lahan, peta suhu permukaan, peta sebaran daerah terdampak UHI.
Perencanaan Ruang Terbuka Hijau untuk Mengurangi Fenomena <i>Urban Heat Island</i> di Kota Makassar (2021)	Ardy Sugianto Liong	Kota Makassar	Metode perencanaan Simonds (1983) yang terdiri dari tahap persiapan, research/pengumpulan data, analisis, sintesis, dan perencanaan	Distribusi dan Prioritas ruang terbuka hijau/ tutupan lahan, kepadatan penduduk, <i>land surface temperature</i> .	Peta sebaran suhu permukaan tahun 1999; tahun 2009; tahun 2019, Peta prioritas ruang terbuka hijau, arahan konsep perencanaan ruang terbuka hijau kota.
Mengukur <i>Urban Heat Island</i> Menggunakan Penginderaan Jauh, Kasus di Kota Yogyakarta (2017)	Nurul Ihsan Fawzi	Kota Yogyakarta	Metode ekstraksi suhu permukaan menggunakan inversi persamaan <i>Planck</i> dengan koreksi emisivitas dan atmosfer menggunakan radiative transfer equation	<i>Suhu Permukaan / radian spectral, emissivitas, Top of Atmosphere,</i>	Peta Distribusi UHI di Kota Yogyakarta, dan Peta Distribusi UHI di Kota Yogyakarta dan Diperluas dengan Bufer 1 km

Judul	Peneliti	Lokasi Penelitian	Metode Penelitian	Variabel/Parameter Penelitian	Output
Konsep Mitigasi <i>Urban Heat Island</i> di CBD Kota Surabaya (UP. Tunjungan) (2016)	Elvina Noviyanti	Kota Surabaya	Metode analisa data deskriptif kualitatif.		<i>Critical review</i> dan arahan penerapan konsep LCMT sebagai upaya mitigasi UHI.
Fungsi Taman Kota untuk Mitigasi Dampak <i>Urban Heat Island</i> di Kota Bandung (2020)	Dian Rosleine dan Arka Irfani	Kota Bandung	Metode spasial dan metode observasi	Peran Taman Kota (Taman Tagalega, Taman Ganesha, Taman Maluku) / <i>urban heat island, Normalized Difference Vegetation Index</i> , tutupan kanopi taman, dan jumlah pohon taman.	Peta <i>urban heat island</i> Kota bandung dan kajian hubungan taman dengan <i>urban heat island</i>
Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Fenomena <i>Urban Heat Island</i> di Kecamatan Cikarang Utara, Kabupaten Bekasi Tahun 2007 – 2018 Menggunakan Citra <i>Landsat 5</i> dan 8 (2019)	Cecil Nadira, dkk.	Kecamatan Cikarang Utara, Kabupaten Bekasi	Metode yang digunakan sebagai berikut ekstraksi nilai Spasial (LST, NDVI, NDBI, supervised classification), metode random sampling, dan metode Khat Kappa.	Land surface temperature, <i>Normalized Difference Vegetation Index, Normalized Difference Building Index, supervised classification</i>	Peta UHI dan kajian tentang pengaruh tutupan lahan terhadap UHI.

Sumber: Darlina, dkk., (2018), Liong (2021), Fawzi (2017), Noviyanti (2016), Rosleine (2020), dan Nadira, dkk., (2019)

2.16 Kerangka Konsep Penelitian

Adapun kerangka pikir dalam penelitian ini disajikan pada **Gambar 2.9** sebagai berikut:



Gambar 2.9 Kerangka Konsep Penelitian