

**MODEL PENGEMBANGAN RUANG TERBUKA HIJAU  
PERKOTAAN : STUDI KASUS KOTA GORONTALO**

***URBAN GREEN SPACE DEVELOPMENT MODEL: A CASE  
STUDY OF GORONTALO CITY***

**DISERTASI**

**SRI SUTARNI ARIFIN**

**D023172002**



**PROGRAM STUDI ILMU ARSITEKTUR  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**MODEL PENGEMBANGAN RUANG TERBUKA HIJAU PERKOTAAN :  
STUDI KASUS KOTA GORONTALO**

Disertasi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar doktor

Program Studi Ilmu Arsitektur

Disusun dan diajukan oleh

SRI SUTARNI ARIFIN

D023172002

kepada

**PROGRAM STUDI ILMU ARSITEKTUR  
PROGRAM DOKTOR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2022**

## DISERTASI

**MODEL PENGEMBANGAN RUANG TERBUKA HIJAU PERKOTAAN :  
STUDI KASUS KOTA GORONTALO**

Disusun dan diajukan oleh

**SRI SUTARNI ARIFIN**  
Nomor Pokok : D023172002

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Doktor Program Studi Ilmu Arsitektur  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 31 Mei 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Promotor



**Prof. Ir. Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch., Ph.D.**  
Nip. 19690308 199512 1 001

Ko-promotor



**Dr. Eng. Ir. Rosady Mulyadi, ST., MT.**  
Nip. 19700840 199802 1 001

Ko-promotor



**Dr. Eng. Ir. Abdul Rachman Rasvid, ST., M.Si.**  
Nip. 19741006 200812 1 002

Ketua Program Studi,



**Dr. Ir. Nurdj. Jamala Bangsawan, MT.**  
Nip. 19640904 199412 2 001

Dekan Fakultas Teknik,



**Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT.**  
Nip. 19730926 200012 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, disertasi berjudul "Model Pengembangan Ruang Terbuka Hijau Perkotaan : Studi Kasus Kota Gorontalo" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof. Ir. Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch., Ph.D. sebagai Promotor dan Dr. Eng. Ir. Rosady Mulyadi, ST., MT. sebagai co-promotor-1 serta Dr. Eng. Ir. Abdul Rachman Rasyid, ST., M.Si. sebagai co-promotor-2). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka disertasi ini. Sebagian dari isi disertasi ini telah dipublikasikan di Jurnal (Civil Engineering and Architecture, 10, No. 1, Januari-2022, Halaman 395 - 405, dan DOI: 10.13189/cea.2022.100134) sebagai artikel dengan judul "Effects of Vegetation on Urban Heat Island Using Landsat 8 OLI/TIRS Imagery in Tropical Urban Climate".

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa disertasi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 3 Juni 2022



SRI SUTARNI ARIFIN

NIM D023172002

## UCAPAN TERIMA KASIH

Saya bersyukur bahwa disertasi ini akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan sukses dan disertasi ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi dan arahan Prof. Ir. Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch., Ph.D. sebagai promotor, Dr.Eng. Ir. Rosady Mulyadi, ST., MT. sebagai ko-promotor-1, dan Dr.Eng. Ir. Abdul Rachman Rasyid, ST., M.Si. Saya mengucapkan berlimpah terima kasih kepada mereka. Penghargaan yang tinggi juga saya sampaikan kepada Pihak Dinas Lingkungan Hidup Kota Gorontalo dan Bappeda Kota Gorontalo atas bantuan data sekunder pada penelitian ini. Terima kasih juga saya sampaikan kepada Pimpinan Universitas Negeri Gorontalo, Fakultas Teknik dan Jurusan Arsitektur atas dukungannya selama menempuh program pendidikan doktor. Ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada pimpinan Universitas Hasanuddin dan Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya menempuh program doktor serta para dosen dan rekan-rekan dalam tim penelitian. Akhirnya, kepada kedua orang tua tercinta dan mertua saya mengucapkan limpah terima kasih dan sembah sujud atas doa, pengorbanan dan memotivasi mereka selama saya menempuh pendidikan. Penghargaan yang besar juga saya sampaikan kepada suami tercinta, anak-anak dan kedua saudara serta ipar saya atas motivasi dan dukungan yang tak ternilai.

Penulis,

Sri Sutarni Arifin

## ABSTRAK

SRI SUTARNI ARIFIN. Model Pengembangan Ruang Terbuka Hijau Perkotaan: Studi Kasus Kota Gorontalo (dibimbing oleh Baharuddin Hamzah, Rosady Mulyadi, dan Abdul Rachman Rasyid).

Perkembangan wilayah perkotaan seiring dengan meningkatnya area terbangun dan berkurangnya area untuk peruntukan ruang terbuka hijau. Penurunan jumlah kawasan bervegetasi berdampak pada peningkatan Suhu Permukaan Tanah (LST) yang mendorong terbentuknya pulau panas perkotaan. Banyak literatur yang membahas hubungan antara suhu permukaan tanah dengan vegetasi, namun tidak mempertimbangkan aspek geografi dan kondisi klimatologi daerah tropis yang terletak di ekuator. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tutupan vegetasi dan suhu permukaan pada daerah penelitian yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam merekomendasikan model ruang terbuka hijau di kawasan perkotaan dengan iklim tropis. Pada penelitian ini dilakukan studi kasus di kota Gorontalo dengan menggunakan metode interpretasi citra Landsat 8 OLI/TIRS, algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), algoritma *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI), dan pengukuran suhu permukaan tanah menggunakan pita termal 10 dan 11. Selain itu dilakukan juga pengukuran langsung suhu dan kelembapan pada ruang kota berdasarkan tata guna lahan yang berada pada area pulau panas perkotaan (UHI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah dengan indeks vegetasi tinggi memiliki suhu rendah sedangkan daerah dengan indeks vegetasi rendah memiliki suhu tinggi. Temuan pada penelitian ini juga menunjukkan bahwa ruang terbuka hijau yang terfokus pada satu lokasi tidak memberikan pengaruh dalam penurunan pulau panas perkotaan yang terjadi pada pusat aktivitas perkotaan khususnya pada kawasan permukiman, perdagangan/jasa dan jalan. Meskipun jumlah tutupan vegetasi mencapai 49 persen namun suhu permukaan pada kawasan permukiman, kawasan perdagangan dan jasa, area jalan dan beberapa taman masih tinggi sehingga dibutuhkan penambahan ruang terbuka hijau yang tersebar pada pusat kota meliputi seluruh kawasan berdasarkan penggunaan lahan ruang kota.

Kata kunci: vegetasi, temperatur, perkotaan, ruang terbuka hijau.

## ABSTRACT

SRI SUTARNI ARIFIN. Green Open Space Development Model Urban : A Case Study Of Gorontalo City (supervised by Baharuddin Hamzah, Rosady Mulyadi, and Abdul Rachman Rasyid).

The development of urban areas is concomitant with the increase in the built area and the decrease in the area for the designation of green open space. The decrease in the number of vegetated areas has an impact on increasing Land Surface Temperature (LST) which encourages the formation of Urban Heat Islands (UHI). There is a lot of literature that discusses the relationship between soil surface temperature and vegetation but does not consider the geographical and climatological aspects of the tropics, which are located at the equator. Therefore, this study aims to analyze the effect of vegetation cover and surface temperature on the research area which will later be used as a reference in recommending a model of green open space in urban areas in the tropics. In this research, a case study was conducted in Gorontalo City using the Landsat 8 OLI/TIRS image interpretation method, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) algorithm, the Normalized Difference Built-up Index (NDBI) algorithm, and temperature measurements of soil surface using thermal bands 10 and 11. In addition, direct measurements of temperature and humidity in urban spaces based on land use in urban hot island areas were also carried out. The results showed that areas with a high vegetation index have low temperatures, while areas with a low vegetation index have high temperatures. The findings in this study also show that green open space focused on one location does not affect the decrease in urban heat island that occurs in the center of urban activity, especially in residential areas, trade/services, and roads. Although the total vegetation cover reached 49 percent, the surface temperature in residential areas, trade and service areas, road areas and some parks was still high so that additional green open spaces were needed which spread across the city center covering all areas based on urban land use.

Keywords: vegetation, temperature, urban, green open space.

**DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Tujuan Penelitian .....	6
D. Kegunaan Penelitian.....	7
E. Ruang Lingkup/Batasan Penelitian.....	8
F. Defenisi dan Istilah, Glosarium .....	9
G. Sistematika Penulisan .....	13



<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	<b>15</b>
A. Pulau Panas Perkotaan/ <i>Urban Heat Island</i> (UHI).....	15
B. Manfaat Ruang Terbuka Hijau.....	21
C. Pengaruh Vegetasi terhadap Pulau Panas Perkotaan/ <i>Urban Heat Island</i> (UHI) .....	25
D. Model Ruang Terbuka Hijau Perkotaan.....	32
E. Kerangka Konseptual .....	38
F. Defenisi Operasional .....	39
G. Kebaharuan Penelitian .....	40
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	<b>43</b>
A. Rancangan Penelitian.....	43
B. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	44
C. Gambaran Umum Wilayah Penelitian.....	45
1. <b>Kondisi klimatologi</b> .....	45
2. <b>Kondisi topografi</b> .....	48
3. <b>Kondisi tanah</b> .....	51
4. <b>Ruang Terbuka Hijau</b> .....	52
D. Instrumen Pengumpul Data .....	55
1. <b>Data primer</b> .....	55
2. <b>Data sekunder</b> .....	55

E. Analisis Data.....	57
1. Analisis Suhu Permukaan .....	57
2. Analisis Vegetasi.....	59
3. Analisis Area Terbangun .....	61
F. Kerangka Alur Penelitian .....	62
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	<b>63</b>
A. Deskripsi Hasil.....	63
1. Analisis suhu permukaan ( <i>Land Surface Temperature</i> ) .....	63
2. Analisis Indeks Vegetasi ( <i>Vegetation Index</i> ) dan Area Terbangun ( <i>Built-up Area Index</i> ).....	65
3. Analisis suhu dan vegetasi berdasarkan penggunaan lahan ruang kota .....	71
4. Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau .....	130
B. Pembahasan .....	132
1. Suhu permukaan dan pulau panas perkotaan ( <i>Urban Heat Island</i> ) <sup>132</sup>	
2. Hubungan vegetasi, area terbangun dan pulau panas perkotaan .....	134
3. Mitigasi UHI pada Pola Ruang Kota.....	138
<b>BAB V PENUTUP</b>	<b>145</b>
A. Kesimpulan.....	145
B. Saran.....	147
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>149</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Kajian pustaka faktor yang berpengaruh terhadap pulau panas perkotaan .....	19
Tabel 2.	Kajian Pengaruh Vegetasi Terhadap Pulau Panas Perkotaan	30
Tabel 3.	Kajian rekomendasi model Ruang Terbuka Hijau Perkotaan ..	37
Tabel 4.	Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Gorontalo Tahun 2017...	53
Tabel 5.	Suhu permukaan di Kota Gorontalo Tahun 2016 dan Tahun 2021 .....	64
Tabel 6.	Indeks tutupan vegetasi berdasarkan hasil analisis NDVI.....	67
Tabel 7.	Indeks Area Terbangun Berdasarkan Hasil Analisis NDBI.....	70
Tabel 8.	Kondisi suhu dan tutupan lahan kawasan.....	72
Tabel 9.	Indeks Vegetasi Berdasarkan penggunaan lahan ruang perkotaan .....	77
Tabel 10.	Tabel kebutuhan Minimum RTH pada kawasan berdasarkan penggunaan lahan ruang perkotaan .....	77
Tabel 11.	Penurunan suhu berdasarkan syarat minimum KDH pada Kawasan perkotaan berdasarkan empat metode.....	79
Tabel 12.	Gambaran Karakteristik Kawasan.....	81
Tabel 13.	Perbandingan Suhu dan Tutupan Vegetasi pada Kawasan Permukiman.....	84
Tabel 14.	Indeks tutupan vegetasi pada kawasan perumahan Aspol .....	87
Tabel 15.	Indeks tutupan vegetasi pada kawasan permukiman Dulomo	89
Tabel 16.	Indeks tutupan vegetasi pada kawasan perumahan griya seban dan sekitarnya.....	91

Tabel 17. Indeks tutupan vegetasi pada kawasan permukiman kampung bugis	93
Tabel 18. Indeks tutupan vegetasi pada kawasan permukiman Leato Selatan	95
Tabel 19. Indeks tutupan vegetasi pada kawasan permukiman Leato Utara	97
Tabel 20. Indeks tutupan vegetasi pada kawasan perumahan Misfalah	99
Tabel 21. Indeks tutupan vegetasi pada kawasan permukiman Ipilo	101
Tabel 22. Indeks tutupan vegetasi pada kawasan perumahan pulubala	103
Tabel 23. Indeks tutupan vegetasi pada kawasan perumahan Surya Graha Permai	105
Tabel 24. Indeks tutupan vegetasi pada kawasan permukiman Kelurahan Pohe	107
Tabel 25. Indeks tutupan vegetasi pada kawasan permukiman Kelurahan Siendeng dan Biawu	109
Tabel 26. Indeks tutupan vegetasi pada kawasan permukiman Kelurahan Tanjung Keramat	111
Tabel 27. Indeks tutupan vegetasi pada kawasan permukiman Kelurahan Tenilo	113
Tabel 28. Indeks tutupan vegetasi pada kawasan permukiman Kelurahan Tomulabutao Selatan	115
Tabel 29. Indeks tutupan vegetasi pada kawasan permukiman Kelurahan Talumolo	117
Tabel 30. Hasil Pengukuran Suhu dan Kelembapan pada Kawasan Perdagangan dan Jasa	119

Tabel 31. Indeks tutupan vegetasi dan area terbangun pada kawasan perdagangan dan Jasa .....	120
Tabel 32. Indeks vegetasi dan suhu pada ruas jalan lokasi penelitian..	124
Tabel 33. Jumlah sebaran vegetasi pada ruas jalan.....	125
Tabel 34. Luas tutupan vegetasi pada area taman .....	129
Tabel 35. Analisis kebutuhan kuang kerbuka hijau kawasan dan model yang direkomendasikan .....	131

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Peta Lokasi Penelitian .....	45
Gambar 2.	Grafik Rata-rata Temperatur Udara di Kota Gorontalo .....	46
Gambar 3.	Rata-rata kecepatan angin per jam di Kota Gorontalo .....	47
Gambar 4.	Rata-rata kecepatan angin per jam berdasarkan arah mata angin di Kota Gorontalo .....	48
Gambar 5.	Peta Topografi Kota Gorontalo .....	50
Gambar 6.	Peta Jenis Tanah Kota Gorontalo .....	51
Gambar 7.	Peta Ruang Terbuka Hijau Kota Gorontalo .....	54
Gambar 8.	Peta Pulau Panas Perkotaan (Urban Heat Island) di Kota Gorontalo .....	63
Gambar 9.	Peta Tutupan Vegetasi Berdasarkan Hasil Analisis Menggunakan Algoritma NDVI .....	66
Gambar 10.	Peta Tutupan Vegetasi Berdasarkan Hasil Analisis Menggunakan Algoritma NDLI .....	67
Gambar 11.	Peta Area Terbangun Tahun 2016 dan Tahun 2021 di Kota .....	70
Gambar 12.	Grafik Perbandingan Suhu Berdasarkan Penggunaan Lahan Kawasan Perkotaan .....	73
Gambar 13.	Grafik Perbandingan Suhu Dan Kelembapan Berdasarkan Penggunaan Lahan Kawasan Perkotaan .....	74
Gambar 14.	Peta sebaran titik ukur kawasan .....	75
Gambar 15.	Grafik suhu dan kelembapan pada kawasan permukiman .....	82

Gambar 16. Grafik perbandingan area terbangun dan suhu pada kawasan permukiman .....	83
Gambar 17. Kawasan Perumahan Asrama Polisi Kota Gorontalo.....	86
Gambar 18. Kawasan Perumahan Dulomo .....	88
Gambar 19. Kawasan Perumahan Griya Seban dan area Jalan Jakarta .....	90
Gambar 20. Kawasan Permukiman area Kampung Bugis.....	92
Gambar 21. Kawasan permukiman wilayah Kelurahan Leato Selatan ...	94
Gambar 22. Kawasan permukiman wilayah Kelurahan Leato Utara.....	96
Gambar 23. Kawasan Perumahan Misfalah .....	98
Gambar 24. Kawasan Permukiman wilayah Kelurahan Ipilo .....	100
Gambar 25. Kondisi Perumahan Pulubala.....	102
Gambar 26. Kawasan Perumahan Surya Graha Permai dan Jalan Pangeran Hidayat I .....	104
Gambar 27. Kawasan Permukiman wilayah Kelurahan Pohe .....	106
Gambar 28. Kawasan permukiman wilayah Kelurahan Siendeng dan Biawu .....	108
Gambar 29. Kawasan permukiman wilayah Kelurahan Tanjung Keramat .....	110
Gambar 30. Kawasan permukiman wilayah Kelurahan Tenilo.....	112
Gambar 31. Kawasan Perumahan Tomulabutao Selatan.....	114
Gambar 32. Kawasan permukiman wilayah Kelurahan Talumolo.....	116
Gambar 33. Grafik perbandingan suhu dan kelembapan lokasi pada kawasan perdagangan dan jasa .....	119

Gambar 34. Peta situasi kawasan perdagangan dan jasa.....	121
Gambar 35. Grafik perbandingan suhu dan kelembapan pada area jalan .....	122
Gambar 36. Gambaran sebaran suhu dan kondisi jalan.....	123
Gambar 37. Peta sebaran lokasi taman .....	126
Gambar 38. Foto kondisi taman di Kota Gorontalo.....	127
Gambar 39. Grafik perbandingan suhu dan kelembapan udara pada area taman.....	128
Gambar 40. Grafik perbandingan suhu dan tutupan vegetasi pada area taman.....	130



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Citra landsat 8 OLI/TIRS komposit warna natural penajaman resolusi 15 m (Band Pankromatik) Kota Gorontalo Tahun 2016 .....	159
Lampiran 2. Citra landsat 8 OLI/TIRS komposit warna natural penajaman resolusi 15 m (Band Pankromatik) Kota Gorontalo Tahun 2021 .....	160
Lampiran 3. Citra landsat 8 OLI/TIRS komposit warna inframerah untuk vegetasi penajaman resolusi 15 m (Band Pankromatik) Kota Gorontalo Tahun 2016.....	161
Lampiran 4. Citra landsat 8 OLI/TIRS komposit warna inframerah untuk vegetasi penajaman resolusi 15 m (Band Pankromatik) Kota Gorontalo Tahun 2021.....	162
Lampiran 5. Hasil pengukuran kawasan berdasarkan penggunaan lahan .....	163

## DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan Keterangan
BIG	: Badan Informasi Geospasial
BMKG	: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
BPN	: Badan Pertanahan Nasional
BPS	: Badan Pusat Statistik
ENVI	: <i>The Environment For Visualizing Images</i>
GC	: <i>Green Coverage</i>
GI	: <i>Green Index</i>
GIS	: <i>Geographic Information System</i>
KDH	: Koefisien Dasar Hijau
LAPAN	: Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
LST	: <i>Land Surface Temperature</i>
NDBI	: <i>Normalized Difference Built-up Index</i>
NDVI	: <i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
NDLI	: <i>Normalized Difference Latent Index</i>
NIR	: <i>Near Infrared</i> (Band 5 pada citra Landsat 8); menekankan kandungan biomassa dan garis pantai

PGI	: <i>Proportional Green Index</i>
RH	: <i>Relative Humidity</i> (Kelembapan Rata-rata)
RTH	: Ruang Terbuka Hijau
SWIR1	: <i>Short-wave Infrared 1</i> (Band 5 pada citra Landsat 8); membedakan kadar air tanah dan vegetasi, menembus awan tipis
TIRS	: <i>Thermal Infrared Sensor</i> (band termal pada Citra Landsat)
UHI	: <i>Urban Heat Island</i> (pulau panas perkotaan)

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Kota-kota di daerah tropis mengalami pertumbuhan perkotaan yang tinggi, dan hal ini diperkirakan akan meningkat di masa mendatang. Urbanisasi telah menyebabkan banyak masalah lingkungan, seperti efek pulau panas perkotaan, pemanasan global, dan perubahan iklim. Oleh karena itu, mitigasi UHI dan dampak perubahan iklimnya menjadi sangat penting, karena perubahan iklim menimbulkan dampak yang merugikan tidak hanya bagi bumi, tetapi juga bagi penghuninya (Zaid dkk., 2018). Wilayah perkotaan merupakan kawasan dengan tingkat pembangunan yang cukup tinggi disertai dengan peningkatan jumlah penduduk yang cukup cepat. Hal ini menimbulkan penurunan kualitas lingkungan perkotaan yang diakibatkan oleh rendahnya kualitas air tanah, tingginya polusi udara dan kebisingan di perkotaan. Tingginya frekuensi banjir di perkotaan juga diakibatkan karena terganggunya sistem tata air karena terbatasnya daerah resapan air dan tingginya volume air permukaan.

Kondisi ini merupakan hal-hal yang secara langsung maupun tidak langsung terkait dengan ketersediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH). Pembentukan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di perkotaan dapat meningkatkan mutu lingkungan dan memberikan manfaat pada wilayah perkotaan baik secara ekologis, estetis, sosial maupun ekonomi.

Penyediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) juga telah ditetapkan melalui Undang-undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang yang mensyaratkan luas RTH 30% luas wilayah perkotaan dengan rincian RTH Publik 20% dan RTH Privat 10%.

Penyediaan Ruang Terbuka Hijau khususnya di wilayah perkotaan harus memperhatikan fungsinya secara efektif baik dari sisi ekologis maupun sisi planologis. Posisi RTH seharusnya memiliki fungsi yang sangat penting dalam proses pembangunan suatu wilayah, bukan hanya sebagai elemen pelengkap dalam wilayah perkotaan.

*World Economic Forum (WEF), 2017* bekerjasama *Senseable Lab* menciptakan *Treepedia*, sebuah situs dengan peta interaktif yang menunjukkan kota-kota di Indonesia yang memiliki Ruang Terbuka Hijau mencapai 30% terdiri atas lima kota yaitu Balikpapan, Aceh, Surabaya, Yogyakarta, dan Bandung, sedangkan RTH di Jakarta hanya mencapai 9,98 persen dari total keseluruhan wilayah Jakarta. Namun ketersediaan Ruang Terbuka Hijau tersebut hanya didasarkan pada persentase luas wilayah tanpa memperhitungkan ekologis dan fisik perkotaan (Joga, 2017).

Penelitian tentang Ruang Terbuka Hijau cukup banyak diminati oleh para peneliti mengingat fungsi dan manfaatnya sebagai Infrastruktur Perkotaan dan juga penciri dalam suatu kota. Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau khususnya di wilayah perkotaan memberikan pengaruh baik terhadap kualitas fisik kota maupun terhadap manusia yang menghuni ruang kota. Beberapa definisi tentang Ruang Terbuka yang dijumpai dalam artikel

antara lain : Ruang hijau perkotaan dapat adalah tempat terbuka dengan sejumlah besar vegetasi, dan terdapa juga daerah semi-alami (Jim and Chen, 2003). Lebih lanjut Ruang hijau kota dibagi berdasarkan jenis yaitu, taman kota besar, hutan kota, ladang hijau, pohon jalanan / taman hingga ruang hijau pribadi seperti taman, kebun atap, dinding pohon dan hijau domestik. Ruang hijau perkotaan tidak selalu termasuk hijau, juga termasuk area biru seperti zona riparian dan danau yang mendukung pertumbuhan hijau (Cvejić dkk., 2017).

Jenis Ruang Terbuka Hijau di Kota Gorontalo saat ini terdiri atas : Hutan Kota, Hutan Lindung, RTH Heritage, Taman, Jalur Hijau, Lapangan Olahraga dan RTH Privat yang terdiri atas pekarangan/halaman kantor dan rumah serta kompleks perumahan. Ruang Terbuka Hijau publik seluas 568,52 hektar (0,07 %) dan RTH privat 15,37 hektar atau 0,002 % dari luas wilayah Kota Gorontalo (Arifin dkk., 2018).

Penelitian yang dilaksanakan oleh (Xiao dkk., 2018) menunjukkan bahwa efek pendinginan oleh Ruang Terbuka Hijau terhadap pulau panas perkotaan (UHI) sangat dipengaruhi oleh indeks area daun (LAI), kerapatan kanopi, jenis tanaman dan bentuk taman. Sedangkan (Huang dan Wang, 2019) menemukan bahwa vegetasi pohon adalah faktor yang paling berpengaruh dalam mengurangi suhu permukaan tanah (LST) dan efisiensi pendinginan tergantung pada proporsinya. Penelitian ini juga mengungkapkan efek yang berbeda dari morfologi perkotaan terhadap LST di zona fungsi perkotaan yang berbeda.

Menurut data BMKG (2020), suhu harian di wilayah Gorontalo dan sekitarnya berkisar antara 24°C pada malam hari dan 31°C pada siang hari. Selanjutnya, hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu permukaan Kota Gorontalo tertinggi berada pada kawasan pusat kota yang berkisar 31-32°C, dan suhu pada kawasan perumahan Pulubala Kecamatan Kota Tengah antara 31-33 °C (Koto, 2015).

Penelitian tentang ruang terbuka hijau dan pengaruhnya terhadap pulau panas perkotaan umumnya dilakukan pada wilayah dengan iklim sub tropis sehingga perlu melakukan penelitian sejenis pada wilayah dengan iklim tropis kepulauan yang memiliki dua musim kemarau dan musim hujan serta biodiversity khususnya vegetasi yang berbeda. Selain itu, penelitian yang telah dilaksanakan belum memperhitungkan luas area terbangun dalam suatu wilayah serta jenis vegetasi. Oleh karena itu dalam penelitian yang akan dilaksanakan perlu menambahkan variabel luas area terbangun dan perubahannya dalam kurun waktu 5 tahun sebagai salah satu faktor penyebab meningkatnya pulau panas perkotaan (UHI). Studi literatur yang dilakukan oleh (Aghamohammadi dkk., 2018) merekomendasikan penelitian selanjutnya berfokus pada peran vegetasi pada pengurangan suhu perkotaan dan kelayakan teknologi remediasi lainnya.

Widodo (2011), meneliti tentang mitigasi pulau panas perkotaan pada wilayah perkotaan Yogyakarta yang memiliki luas ruang terbuka lebih dari 30% melalui teknik overlay pada tiga variabel yaitu kanopi, bangunan dan kepadatan penduduk. Penelitian tersebut menghasilkan tiga zona

untuk pengembangan ruang terbuka hijau yaitu zona rendah, sedang dan tinggi. Meskipun luas RTH lebih dari 30% luas wilayah namun masih ditemukan beberapa area dengan suhu permukaan yang cukup tinggi.

Upaya mitigasi terhadap peningkatan pulau panas perkotaan atau Urban Heat Island juga merupakan salah satu aksi dalam pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan yang berkaitan erat dengan tujuan ke 11 Kota dan Permukiman Berkelanjutan, Tujuan 13 Penanganan Perubahan Iklim dan Tujuan 15 Ekosistem Daratan. Peningkatan pulau panas perkotaan merupakan salah satu dampak dari perubahan iklim yang harus ditangani melalui langkah-langkah strategis termasuk analisis Ruang Terbuka Hijau yang sesuai dengan kondisi perkotaan.

Berdasarkan hasil kajian tersebut, ketersediaan Ruang Terbuka Hijau berdasarkan Undang-undang Penataan Ruang sebesar 30% luas wilayah belum efektif dalam mengurangi pulau panas perkotaan. Kebutuhan RTH harus didasarkan pada variabel-variabel lain seperti tutupan lahan (*land coverage*) berupa tutupan hijau dan area terbangun, karakteristik vegetasi, struktur, pola ruang dan morfologi kota serta iklim. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu penelitian untuk menentukan model pengembangan Ruang Terbuka Hijau Perkotaan untuk mendorong ketersediaan RTH baik secara kuantitas maupun kualitas yang didasarkan pada kondisi pulau panas perkotaan, tutupan lahan (area terbangun dan tutupan hijau) serta struktur dan morfologi kota khususnya aspek fungsional. Oleh karena itu dianggap perlu melakukan kajian



akademis melalui disertasi “Model Pengembangan Ruang Hijau Perkotaan : Studi kasus di Kota Gorontalo”.

## **B. Rumusan Masalah**

Pengembangan kawasan Ruang Terbuka Hijau (RTH) ini diharapkan dapat memberikan manfaat ekologis bagi kota seperti mengurangi banjir, menciptakan iklim mikro yang lebih sejuk, nyaman serta menambah keindahan kota bahkan dapat memberikan pengaruh langsung maupun tidak langsung dalam meningkatkan perekonomian. Oleh karena itu perlu di lakukan penelitian mengenai pola pengembangan RTH di perkotaan dengan pertanyaan penelitian yaitu:

1. Bagaimana pola sebaran suhu permukaan lahan dan pulau panas perkotaan di wilayah studi?
2. Bagaimana pengaruh vegetasi dan area terbangun terhadap pulau panas perkotaan?
3. Bagaimana kebutuhan ruang terbuka hijau perkotaan berdasarkan penggunaan lahan untuk menurunkan suhu permukaan?

## **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan utama yang hendak dicapai melalui penelitian ini berdasarkan rumusan masalah diatas adalah :

1. Untuk menentukan pola sebaran suhu permukaan lahan dan sebaran pulau panas perkotaan di Kota Gorontalo.
2. Untuk menentukan pengaruh vegetasi dan area terbangun terhadap pulau panas perkotaan.
3. Untuk menganalisis kebutuhan ruang terbuka hijau berdasarkan penggunaan lahan ruang kota.

#### **D. Kegunaan Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai bahan masukan bagi ilmu pengetahuan, Pemerintah pusat dan daerah maupun masyarakat. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Temuan dalam penelitian ini akan memperkaya khazanah ilmu pengetahuan mengenai ruang terbuka hijau.
2. Hasil penelitian ini menjadi bahan pertimbangan dalam penentuan kebijakan pengembangan Ruang Terbuka Hijau khususnya pada lokasi penelitian di Kota Gorontalo.
3. Membantu Pemerintah Daerah dan Masyarakat dalam merencanakan Ruang Terbuka Hijau khususnya pada kawasan dengan area terbangun tinggi atau lahan terbatas.

## E. Ruang Lingkup/Batasan Penelitian

Ruang terbuka hijau yang diteliti dalam penelitian ini adalah tutupan vegetasi yang dihitung berdasarkan indeks kerapatan yang mengacu pada karakteristik vegetasi. Perhitungan kebutuhan ruang terbuka hijau yang dianalisis bukan semata-mata mengacu pada 30 persen luas wilayah, namun dianalisis lebih detail berdasarkan persentasi luas kawasan yang dibagi berdasarkan penggunaan lahan ruang kota.

Analisis kebutuhan ruang terbuka hijau yang selanjutnya akan dijadikan acuan dalam merekomendasikan jenis ruang terbuka hijau yang akan diimplementasikan pada kawasan yang telah ditentukan bertujuan untuk menurunkan suhu permukaan yang membentuk pulau panas perkotaan (*urban heat island*) pada kawasan perkotaan. Oleh karena itu, pada penelitian ini tidak memperhitungkan fungsi lain dari ruang terbuka hijau seperti sebagai resapan air, daya serap karbon, habitat alami satwa liar dan fungsi sosial serta fungsi estetika.

Pengukuran suhu yang dilaksanakan secara langsung mengacu sebaran pulau panas perkotaan yang telah dianalisis sebelumnya menggunakan data citra Landsat pada 2 waktu perekaman dalam rentang waktu 5 tahun yaitu tahun 2016 dan tahun 2021. Indikator yang diukur adalah temperatur udara/suhu permukaan dan kelembapan, sedangkan indikator angin menggunakan informasi kecepatan angin yang tersedia

melalui data yang tersedia dari berbagai sumber secara makro untuk skala kota.

## F. Defenisi dan Istilah, Glosarium

Penentuan defenisi dan istilah yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemaknaan terhadap istilah tersebut agar tidak terdapat penafsiran yang berbeda. Kumpulan kata atau istilah yang digunakan pada penelitian ini disusun dalam sebuah daftar sebagai berikut :

Istilah	Penjelasan
Area hijau	: Area memanjang dan atau mengelompok yang didalamnya terdapat vegetasi
Area terbangun	: Lahan sudah mengalami proses perkerasan atau kedap air seperti aspal, beton, dan bangunan lainnya.
Atap hijau	: merupakan sebagian atau seluruh permukaan atap suatu bangunan yang ditutupi oleh vegetasi dan media tumbuh yang ditanam diseluruh lapisan/membran yang tahan air
Citra satelit	: gambaran permukaan bumi yang direkam oleh sensor (kamera) pada satelit pengideraan jauh yang mengorbit bumi, dalam bentuk image (gambar) secara digital
<i>Green coverage</i> /tutupan hijau	: Kenampakan permukaan bumi yang ditutupi oleh vegetasi
Indeks hijau perkotaan	: Metode penilaian kehijauan wilayah perkotaan dengan mengklasifikasikan

		dalam beberapa kelompok dapat membantu dalam mengidentifikasi area kritis
Karakteristik wilayah	fisik	: Gambaran kondisi fisik wilayah meliputi jenis tanah/batuan dan topografi.
Kebutuhan RTH		: Luas Ruang Terbuka Hijau yang dibutuhkan untuk mencapai suhu tertentu pada area yang teridentifikasi sebagai pulau panas perkotaan
Kenyamanan perkotaan	termal	: Kondisi nyaman secara termal yang dirasakan oleh manusia pada ruang luar bangunan di wilayah kajian
Kepadatan bangunan		: Intensitas daerah terbangun yang diklasifikasikan berdasarkan luas area terbangun/ jumlah bangunan dibandingkan dengan luas wilayah.
Kerapatan vegetasi		: Jumlah individu suatu jenis tumbuhan dalam suatu luasan tertentu
Klimatologi		: Gambaran iklim di suatu wilayah seperti suhu, curah hujan, kecepatan angin
Koridor hijau		: Area hijau yang memanjang dan menghubungkan antara ruang terbuka hijau yang berbentuk area serta menghubungkan RTH dengan kawasan lainnya.
<i>Land Temperatur (LST)/suhu permukaan</i>	<i>Surface</i>	: merupakan suhu bagian terluar dari suatu objek dan merupakan unsur pertama yang dapat diidentifikasi dari citra satelit termal
Mikroklimatologi		: Membahas tentang iklim dalam lingkup kecil, yaitu di sekitar puncak tajuk atau di sekitar permukaan tanah.

Morfologi kota	: formasi keadaan kota yang sebagai objek dan sistem yang dapat diselidiki secara struktural, fungsional, dan visual
<i>Normalized Difference Built-up Index (NDBI)</i>	: transformasi yang efektif untuk memetakan area lahan terbangun di perkotaan secara otomatis menggunakan citra
<i>Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)</i>	: indeks yang menggambarkan tingkat kehijauan suatu tanaman yang digunakan sebagai indikator keberadaan dan kondisi vegetasi
<i>Overlay</i>	: proses penyatuan data dari lapisan layer yang berbeda. Secara sederhana overlay disebut sebagai operasi visual yang membutuhkan lebih dari satu layer untuk digabungkan secara fisik.
Penggunaan lahan	: bentuk pengaturan, aktivitas dan input manusia terhadap lahan seperti sawah, kebun, hutan, permukiman, industri, dan lain-lain.
Penginderaan jauh	: Pengolahan gambar muka bumi untuk mengetahui dan mengamati fenomena tertentu di muka bumi.
Perdu/Semak	: Perdu adalah tumbuhan berkayu yang bercabang-cabang, tumbuh rendah dekat dengan permukaan tanah, dan tidak mempunyai batang yang tegak
Pohon	: Tumbuhan berkayu yang memiliki batang tegak menopang tajuk pohon dengan ketinggian tidak kurang dari 2 m
Pola ruang kota	: peruntukan ruang dalam suatu wilayah yang meliputi peruntukan ruang untuk fungsi lindung (RTH, sempadan sungai/laut/danau, rawan bencana, resapan air) dan peruntukan ruang

- untuk fungsi budi daya (kawasan permukiman, perdagangan dan jasa, industri, perkantoran)
- Ruang Terbuka Hijau : bagian dari ruang-ruang terbuka suatu wilayah perkotaan yang diisi oleh tumbuhan, tanaman dan vegetasi guna mendukung fungsi ekologis, sosial budaya dan arsitektural yang dapat member manfaat ekonomi dan kesejahteraan bagi masyarakatnya
- Struktur kota : membentuk pola kota yang menginformasikan antara lain kesesuaian lahan, kependudukan, guna lahan, sistem transportasi, dan sebagainya, dimana kesemuanya saling berkaitan satu sama lain
- Tajuk/kanopi : Salah satu parameter biofisik vegetasi yang jika dilihat dari perspektif penginderaan jauh merupakan salah satu layer atas dari vegetasi yang paling dapat diindera oleh sensor penginderaan jauh
- Taman vertikal (*vertical garden*) : Vegetasi yang tumbuh secara vertikal/merambat atau disusun secara vertikal yang memiliki fungsi ruang terbuka hijau dalam skala kecil
- Tutupan lahan : kondisi kenampakan biofisik permukaan bumi yang diamati
- Urban Heat Island* (pulau panas perkotaan) : kondisi dimana suatu area memiliki suhu lebih panas dibandingkan daerah sekitarnya di wilayah perkotaan
- Vegetasi : Beragam tanaman/tumbuhan yang ada di permukaan bumi antara lain pohon, semak, rumput, dan tanaman merambat

## G. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini dikelompokkan sebagai berikut:

1. Bagian pertama adalah pendahuluan yang menjelaskan latar belakang, rumusan permasalahan, tujuan penelitian dan kegunaan penelitian, dan sistematika penulisan.
2. Bagian kedua adalah tinjauan pustaka yang menjelaskan tentang ruang terbuka hijau perkotaan, Indeks Hijau Perkotaan dan *Urban Heat Island*, pengembangan hipotesis, kerangka konseptual, kebaharuan penelitian.
3. Bagian ketiga adalah metode penelitian yang menjelaskan rancangan penelitian, lokasi dan waktu penelitian, gambaran umum wilayah penelitian, jenis dan instrumen pengumpul data, analisis data, kerangka alur penelitian.
4. Bagian keempat adalah hasil penelitian dan pembahasan yang terdiri atas hasil analisis suhu permukaan dan pulau panas perkotaan, indeks vegetasi, indeks area terbangun dan kebutuhan RTH berdasarkan pola ruang kota.





## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Pulau Panas Perkotaan/*Urban Heat Island* (UHI)**

Pulau Panas Perkotaan/*Urban Heat Island* (UHI) merupakan fenomena menipisnya vegetasi dan penggantinya oleh permukaan yang tidak tembus cahaya, menghasilkan akumulasi energi panas, dengan daerah perkotaan menjadi lebih hangat daripada daerah pinggiran (Chun dan Guldmann, 2018). UHI juga dapat didefinisikan sebagai fenomena peningkatan suhu di kota-kota dibandingkan dengan daerah pedesaan yang dipengaruhi oleh area hijau perkotaan, permukaan buatan dan area pertanian dalam kota (Nastran dkk., 2019).

Pulau panas perkotaan merupakan kondisi dimana suatu area memiliki suhu lebih panas dibandingkan daerah sekitarnya di wilayah perkotaan. Salah satu penyebab terjadinya pulau panas di perkotaan adalah jumlah bangunan, struktur perkotaan yang padat dan kurangnya vegetasi (Aghamohammadi dkk., 2018). Selain itu, menurut (Roth dan Chow, 2012) faktor penyebab terjadinya pulau panas perkotaan berbeda disetiap lapisan yaitu di tanah (bawah permukaan); permukaan (diukur menggunakan penginderaan jauh); di volume udara diantara bangunan (lapisan kanopi perkotaan); dan di atas bangunan (di dalam lapisan batas perkotaan).

Karakteristik Pulau Panas Perkotaan (UHI) ditunjukkan pada beberapa literatur seperti intensitas pulau panas perkotaan lokal atau biasa di sebut the lokal UHI intensities (LUHII) bervariasi antara  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama dua musim karena lingkungan sekitarnya yang beragam (Liu dkk., 2017), dan besarnya pulau panas perkotaan (UHI) sangat bervariasi bergantung pada karakteristik fisik, geografis dan klimatologi suatu kota (Anderson dkk., 2018). Sedangkan suhu permukaan tanah sangat dipengaruhi oleh variabel sosial ekologis seperti indeks vegetasi, indeks area terbangun, indeks air, kepadatan populasi dan Emisi CO<sub>2</sub> bahan bakar fosil (Zhang, Xinmin dkk., 2017). UHI di Sanya China menurut (Haizhu dkk., 2020) lebih tinggi pada musim panas dibandingkan pada musim dingin dan dipengaruhi oleh iklim pantai tropis lokal seperti radiasi matahari yang tinggi sepanjang tahun, angin dari pantai, dan kurang permintaan ruang pemanasan.

Penelitian yang dilaksanakan di Kota Wuhan mengungkapkan bahwa terdapat efek yang berbeda dari morfologi perkotaan terhadap suhu permukaan pada zona fungsional berbeda. Zona perumahan merupakan sumber panas terbesar perkotaan sedangkan suhu permukaan tanah tertinggi terjadi pada zona perdagangan jasa dan industri. Pulau dingin/sejuk terbentuk oleh area vegetasi dan air (Huang dan Wang, 2019). Studi lain yang dilaksanakan di Kota Nancang Cina dalam dekade tahun 2000-2013 menunjukkan bahwa rata-rata suhu permukaan tanah di wilayah studi mengalami peningkatan sebesar  $1,64^{\circ}\text{C}$  yang diakibatkan oleh

urbanisasi yang cepat di daerah tersebut sehingga menyebabkan perluasan permukaan kedap air dan hilangnya area hijau (Zhang, Yujia dkk., 2017). Selain itu, hilangnya sebagian besar ruang terbuka hijau karena urbanisasi merupakan faktor utama yang berpengaruh terhadap lingkungan termal perkotaan (Cai dkk., 2019). Urbanisasi juga mendorong peningkatan area terbangun yang berpengaruh langsung pada peningkatan suhu permukaan dalam kurun waktu 10 tahun di Kota Cantho, Vietnam (Son dan Thanh, 2018). Selain faktor urbanisasi dan vegetasi, pulau panas perkotaan juga dipengaruhi oleh efek perubahan iklim yang lain seperti kenaikan muka dan suhu air laut (Aekbal dkk., 2013).

Efek kuantitatif dari tiga indikator pola perkotaan (kepadatan bangunan, ketinggian rata-rata bangunan dan rasio cakupan ekologis) pada intensitas UHI lokal dianalisis untuk menggambarkan intensitas UHI lokal dalam dua musim menunjukkan bahwa penurunan kepadatan bangunan dapat membantu mengurangi efek UHI skala lokal (Liu dkk., 2017). Hal yang sama ditemukan oleh (Chun dan Guhathakurta, 2017) bahwa fitur perkotaan berdampak pada pembentukan UHI secara berbeda pada siang dan malam hari serta dipengaruhi penggunaan lahan yang berdekatan dan karakteristik tutupan lahan khususnya pada malam hari. Selain penurunan area ruang hijau dan tutupan vegetasi, (Ramírez-aguilar dkk., 2019) menemukan bahwa peningkatan suhu juga diakibatkan oleh kepadatan populasi, perubahan tutupan lahan dan morfologi perkotaan. Faktor lain

yang berpengaruh adalah berkurangnya lahan pertanian dan peningkatan area terbangun serta peningkatan transportasi (Abebe dan Megento, 2016).

Selain faktor-faktor yang berpengaruh dalam pembentukan pulau panas perkotaan yang telah disebutkan dalam kajian-kajian sebelumnya, (Kotharkar dkk., 2019) menemukan bahwa terdapat faktor lain yang berpengaruh terhadap pembentukan pulau panas perkotaan di Kota Nagpur yaitu jarak dari pusat bisnis. Semakin jauh jarak dari pusat bisnis maka suhu permukaan pada suatu kawasan semakin rendah sehingga peningkatan jarak ke pusat bisnis dapat menurunkan pulau panas perkotaan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan di Colombo menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara tingginya suhu permukaan, kurangnya vegetasi dan tingginya area terbangun pada suatu area yang disebut dengan kawasan kritis lingkungan. Kawasan ini merupakan kawasan pusat bisnis, pelabuhan, garis pantai dan sepanjang jalan utama (Ranagalage dkk., 2017).

**Tabel 1.** Kajian pustaka faktor yang berpengaruh terhadap pulau panas perkotaan

Sumber		Faktor yang berpengaruh	Negara	Metode Pengukuran
1	(Abebe dan Megento, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Berkurangnya lahan pertanian</li> <li>Peningkatan area terbangun</li> </ul>	Ethiopia	GIS dan teknik penginderaan jauh
2	(Aekbal dkk., 2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Urbanisasi (perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan)</li> <li>Efek perubahan iklim</li> </ul>	Putrajaya, Malaysia	Analisis citra penginderaan jauh (NDBI dan NDVI)
3	(Aghamohammadi dkk., 2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jumlah bangunan</li> <li>Struktur kota yg padat</li> <li>Kurangnya vegetasi</li> </ul>	Malaysia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Penginderaan Jauh</li> <li>Kajian literatur</li> </ul>
4	(Anderson dkk., 2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Area terbangun</li> <li>Vegetasi pohon</li> </ul>	Toronto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analisis data iklim harian</li> <li>Metode <math>\Delta</math>DTD</li> </ul>
5	(Cai dkk., 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hilangnya sebagian besar RTH</li> <li>Urbanisasi</li> </ul>	Fuzhou, China	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analisis Spasial (NDVI, NDBI, MNDWI)</li> <li>Analisis Regresi</li> </ul>
6	(Chun dan Guhathakurta, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Penggunaan lahan</li> <li>Penurunan area ruang hijau dan vegetasi</li> </ul>	Atlanta, Georgia	Analisis spasial 2D dan 3D (ArcGIS 10)
7	(Chun dan Guldman, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Area atap dan fasad bangunan</li> <li>Lembah perkotaan</li> <li>Badan air</li> <li>Vegetasi</li> <li>Radiasi Matahari</li> </ul>	Colombus, Ohio	Penginderaan Jauh (LST) Metodologi Pemodelan Statistik
8	(Haizhu, 2020)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kepadatan Bangunan</li> <li>Laju aliran udara</li> <li>Tutupan Tajuk</li> </ul>	Sanya, Cina	Simulasi eksperimental
9	(Huang dan Wang, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zona Fungsional Perkotaan</li> <li>Morfologi Kota</li> </ul>	Wuhan, Cina	Analisis Spasial (GIS)
10	(Kotharkar dkk., 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tutupan lahan (rasio vegetasi dan area terbangun)</li> <li>Amplop bangunan</li> <li>Indeks thermal dan radiasi</li> <li>Faktor antropogenik (transportasi, manufaktur industri)</li> </ul>	Nagpur, India	teknik regresi yang mungkin menggunakan paket 'lmtest' dalam perangkat lunak 'R'-statistik

Lanjutan Tabel 1.

Sumber		Faktor yang berpengaruh	Negara	Metode Pengukuran
11	(Kurniati dan Nitivattananon, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penyediaan ruang hijau</li> <li>• Penggunaan aspal</li> <li>• Konsumsi energi listrik</li> </ul>	Surabaya, Indonesia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analisis regresi kuadrat terkecil parsial (PLS-R)</li> <li>• DPSIR (driving force-pressure-state-impact-response)</li> </ul>
12	(Liu dkk., 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kepadatan Bangunan</li> <li>• Ketinggian rata-rata bangunan</li> <li>• Rasio cakupan ekologis vegetasi</li> </ul>	Shenzhen OCT, China	pengukuran mobile dan interpolasi spasial berbasis GIS
13	(Nastran, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Area hijau perkotaan</li> <li>• Permukaan buatan</li> <li>• Area pertanian dalam kota</li> </ul>	Kota-kota di Eropa	• Analisis Spasial/nterpretasi Citra
14	(Ramírez-aguilar dkk., 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kepadatan populasi</li> <li>• Perubahan tutupan lahan</li> <li>• Morfologi perkotaan</li> </ul>	Bogota, Colombia	Analisis data statistik suhu udara dari 9 stasiun dan data populasi penduduk
15	(Ranagalage dkk., 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetasi</li> <li>• Area Terbangun</li> </ul>	Colombo, Srilanka	NDVI, NDBI
16	(Roth dan Chow, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengembangan perumahan dan kawasan industry</li> <li>• Perubahan hutan hujan</li> </ul>	Singapura	Analisis data iklim secara periodik dan literature review
17	(Son dan Thanh, 2018)	• Tutupan Lahan (area terbangun, lahan terbuka)	Cantho, Vietnam	Interpretasi Citra Landsat
18	(Xinmin. Zhang dkk., 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indeks Vegetasi area</li> <li>• Indeks area terbangun</li> <li>• Indeks air</li> <li>• Kepadatan Populasi</li> <li>• Emisi CO2</li> </ul>	Nanchang, China	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NDVI, NDBI and NDWI mapping</li> <li>• LST (analisis spasial Landsat)</li> </ul>
19	(Zhang, Yujia, 2017)	• Distribusi ruang hijau	Phoenix, Arizona	sistem informasi geografis, penginderaan jauh, statistik spasial dan optimasi spasial

Sumber : Penulis, 2022

## **B. Manfaat Ruang Terbuka Hijau**

Ruang hijau perkotaan dapat didefinisikan sebagai tempat terbuka dengan sejumlah besar vegetasi, dan ada terutama sebagai daerah semi-alami (Jim dan Chen, 2003). Ruang hijau kota berkisar dari taman kota besar, hutan kota, ladang hijau, pohon jalanan / taman hingga ruang hijau pribadi seperti taman, kebun atap, dinding pohon dan hijau domestik. Ruang hijau perkotaan tidak selalu termasuk hijau, juga termasuk area biru seperti zona riparian dan danau yang mendukung pertumbuhan hijau (Cvejić dkk., 2017).

Ruang terbuka hijau merupakan bagian ini dari Infrastruktur Hijau perkotaan yang merupakan bagian penting dari pembangunan kota berkelanjutan. Infrastruktur hijau perkotaan adalah jaringan ruang hijau yang saling terhubung yang bersama-sama menjadikan ekosistem layak bagi masyarakat (Lafortezza dkk., 2013). (Kong dan Nakagoshi, 2006), membagi Ruang Terbuka Hijau dalam beberapa tipologi antara lain : taman publik (taman yang dapat diakses publik termasuk didalamnya taman komunitas); ruang hijau plaza (taman umum berfungsi rekreasi dan lebih didominasi oleh vegetasi perdu dan rumput); nursery (pembibitan dan menyediakan anakan untuk penghijauan kota); green buffer (koridor yang melindungi jalur transmisi tegangan tinggi); ruang hijau tambahan (terdapat pada kawasan industri, komersial, lahan utilitas, yang memiliki vegetasi keragaman rendah); ruang hijau perumahan (terdapat pada kawasan



permukiman dan dipelihara oleh masyarakat); jalur hijau/ruang hijau pinggir jalan (Koridor linier antara trotoar, trotoar atau tambalan pulau di persimpangan jalan); ruang hijau tepi pantai dan sungai (Koridor linier sepanjang DAS dan pantai); hutan wisata (berfungsi untuk melindungi dan melestarikan flora, fauna dan menyajikan pemandangan yang indah).

Ruang Terbuka Hijau Perkotaan adalah komponen penting dari hidup sehat dan kualitas hidup bagi penduduk di daerah perkotaan (van Dillen dkk., 2012). Ruang Terbuka Hijau Perkotaan memiliki banyak manfaat, seperti meningkatkan kualitas udara, meningkatkan keanekaragaman hayati perkotaan dan membantu mengatur iklim mikro, yang semuanya dianggap sebagai dasar dari komponen ekosistem perkotaan (Derkzen dkk., 2015). Hal ini juga diungkapkan oleh (Selmi dkk., 2016) pada temuannya bahwa pohon pada ruang terbuka hijau publik di Strasbourg Perancis mampu menghilangkan polutan secara bervariasi berdasarkan tutupan pohon dan tingkat konsentrasi pencemar udara. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa pohon yang ada di perkotaan merupakan elemen penting untuk mengurangi polusi udara tetapi bukan satu-satunya solusi untuk masalah tersebut.

Badan Kesehatan Dunia WHO menyatakan, standar internasional untuk ruang hijau adalah sembilan meter persegi per kapita. Sedangkan Menurut (Stanners, David., Bourdeau, 1995), masyarakat harus memiliki akses ke Ruang Hijau Perkotaan dalam jarak 15 menit berjalan kaki atau sekitar 900 – 1.000 meter. Hal ini sejalan dengan (Skarback dkk., 2008)

yang menyatakan bahwa jarak ke ruang hijau umumnya dilihat sebagai faktor yang paling penting yang terkait dengan penggunaannya, semakin dekat ruang hijau ke lokasi permukiman semakin banyak digunakan. Sementara itu, (Coles dan Bussey, 2000) menyatakan bahwa jarak 300-400 meter sebagai ambang batas terhadap akses ke ruang hijau, setelah itu penggunaannya mulai menurun.

Salah satu metode yang digunakan dalam menentukan luas atau sebaran Ruang Terbuka Hijau adalah melalui Indeks Hijau. Indeks Hijau di perkotaan selain dapat diukur pada ruang/wilayah juga dapat diukur pada bangunan melalui *Building Visual Green Index* (BVGI). BVGI adalah indikator yang berguna dari kualitas lingkungan dan lingkungan sekitar dan dapat digunakan dalam evaluasi nilai real estat. Penerapan BVGI memberikan peluang untuk mengidentifikasi lokasi secara strategis untuk memperluas ruang hijau dan merumuskan berbagai strategi penghijauan (Wang dkk., 2015).

Indeks hijau lingkungan perkotaan bertujuan untuk menilai kehijauan dan dapat membantu dalam mengidentifikasi area kritis, yang pada gilirannya dapat digunakan untuk mengidentifikasi area tindakan untuk meningkatkan kualitas hijau. Pengembangan indeks hijau lingkungan perkotaan memperhatikan empat parameter, yaitu Indeks Hijau (GI), mendekati hijau, kepadatan dan ketinggian bangunan menggunakan metode perbandingan berpasangan Saaty (Gupta dkk., 2012).

Penerapan Ruang Terbuka Hijau sebagai infrastruktur hijau dipadukan dengan infrastruktur abu-abu akan memberikan manfaat utama dalam peningkatan kualitas udara, penyerapan karbon, penghematan air dan penghematan energi melalui penurunan suhu menjadi lebih dingin. Selain manfaat utama tersebut, ditemukan pula manfaat lain yang cukup penting yaitu mitigasi banjir melalui pemanenan air hujan dan berkurangnya kerusakan akibat banjir (Alves dkk., 2019). Selain itu, studi tentang dampak ruang terbuka hijau pada beberapa kota di Cina menunjukkan bahwa lingkungan yang memiliki cakupan ruang terbuka hijau lebih tinggi memiliki konsentrasi partikel polutan (PM<sub>2.5</sub>) di udara lebih rendah. Namun kemampuan ruang terbuka hijau dalam mengurangi partikel di udara berkurang ketika luas RTH kurang dari 200 m<sup>2</sup> (M. Chen dkk., 2019).

Kerangka penilaian layanan perkotaan menunjukkan bahwa layanan ekosistem pada kawasan hijau perkotaan di Kota Gothenburg Sweden sangat penting dan berperingkat paling tinggi dibandingkan dengan peningkatan transportasi umum, perumahan, budaya dan hiburan (Klingberg dkk., 2018). Oleh karena itu perbaikan kualitas perkotaan dapat dilakukan melalui peningkatan konektivitas ruang hijau (Uy dan Nakagoshi, 2007).

### **C. Pengaruh Vegetasi terhadap Pulau Panas Perkotaan/*Urban Heat Island (UHI)***

Menurut (Xiao dkk., 2018), Efek pendinginan dari setiap area hijau berkorelasi positif dengan area hijau, rata-rata LAI ruang hijau, dan kepadatan rata-rata ruang hijau. Efek pendinginan dari setiap area hijau secara signifikan berkorelasi negatif dengan perimeter area hijau. Perairan di dalam ruang hijau tidak berkontribusi terhadap pendinginan; Namun, efek pendinginan terkait dengan lingkungan angin. Dari perspektif perencanaan dan pembangunan ruang hijau kota, penting untuk meningkatkan area hijau dan rasio area perimeter hijau perencanaan yang masuk akal; namun, spesies pohon yang cocok harus dipilih dalam proses penghijauan. Efek penghijauan kota dalam meningkatkan lingkungan ekologi perkotaan telah ditetapkan. Disimpulkan bahwa efek pendinginan dari area hijau tersebut sangat ditentukan oleh jenis tanaman, kerapatan kanopi, dan bentuk taman. Hilangnya sejumlah besar UGS selama urbanisasi memberikan pengaruh utama pada lingkungan termal perkotaan (Cai dkk., 2019).

Ketinggian vegetasi dan lebar tajuk memberikan pengaruh besar terhadap suhu permukaan tanah. Pendinginan maksimum pada area pulau panas perkotaan (UHI) dapat diperoleh pada tutupan vegetasi 93,33% dan ketinggian vegetasi kurang lebih 20 m (Q. Yu dkk., 2018). Lebih lanjut, dengan meningkatkan dan mengoptimalkan komponen tunggal dari struktur taman berupa tajuk pohon dapat meningkatkan efek pendinginan pada taman dan iklim di sekitarnya (Mariani dkk., 2016).

Hasil studi yang dilakukan oleh (Kotharkar dkk., 2019), menunjukkan bahwa di Kota Nagpur pada malam hari di musim panas besaran pulau panas perkotaan tertinggi berada pada area terbangun maksimum dan nilai UHI terendah pada area penutupan lahan terbuka dan Rasio Kerapatan Vegetasi (VDR) memberikan kontribusi besar terhadap pendinginan zona iklim lokal/iklim mikro (LCZ). Kombinasi volume vegetasi dan indeks kehijauan paling baik dalam menggambarkan perbedaan suhu udara perkotaan hingga sebesar 3°C di Cook County, Illinois dengan iklim continental yang lembab (Davis dkk., 2016). Sedangkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Z. Yu dkk., 2017) di Fuzhou China menunjukkan bahwa setiap 104 m<sup>2</sup> ruang hijau dapat menurunkan 1,78°C sehingga disimpulkan bahwa ukuran ruang hijau lebih besar menghasilkan efek pendinginan yang lebih tinggi. Selain itu, pada penelitian ini juga ditemukan bahwa ruang hijau yang terhubung dengan badan air lebih intensif memberikan efek pendinginan dan ruang hijau berbasis padang rumput menunjukkan efek pendinginan yang paling rendah.

Kajian yang dilaksanakan di Munich Jerman oleh (Zölch dkk., 2016) menunjukkan bahwa penanaman pohon 10% dapat menurunkan suhu permukaan yang dianalisis melalui pendekatan *Physiological Equivalent Temperature* (PET) sebesar 13% dibandingkan dengan vegetasi yang ada sebelumnya. Sejalan dengan hal tersebut, (Saaroni dkk., 2018) menunjukkan bahwa evaluasi efek naungan merupakan faktor dominan untuk kenyamanan pejalan kaki di perkotaan. Pohon-pohon kota berfungsi

sebagai alat paling efektif untuk mitigasi pulau panas perkotaan (UHI) termasuk cakupan dan kepadatan pohon. Selain itu, taman juga memiliki peran sangat besar dalam mengurangi suhu 1-2 °C, dan memberikan kenyamanan termal bagi warga di sekitarnya (Aram dkk., 2019).

Penelitian tentang pulau panas perkotaan yang dilakukan di Negara tropis seperti Singapura oleh (Roth dan Chow, 2012) dengan membandingkan suhu permukaan pada dua masa berbeda dengan rentang waktu 13 tahun menunjukkan bahwa pola suhu udara dan suhu permukaan berubah secara spasial dan tidak menetap, suhu meningkat seiring dengan pengembangan perumahan baru dan kawasan industri. Suhu pada siang hari juga berkorelasi kuat dengan kepadatan vegetasi hal itu terlihat dengan dengan hilangnya iklim mikro pada kawasan yang sebelumnya hutan hujan berubah menjadi lapangan golf. Sedangkan studi tentang UHI yang dilaksanakan di Greater Kuala Lumpur yang merupakan negara tropis menunjukkan bahwa peningkatan suhu permukaan tertinggi dari tahun 2000 – 2010 diperoleh setelah lebih banyak hutan dikonversi menjadi daerah perkotaan di Lembah Klang (Aghamohammadi dkk., 2018). Namun pada negara sub tropis pengaruh vegetasi dalam menurunkan UHI memerlukan strategi khusus dalam menentukan penggunaan lahan dan tutupan vegetasi yang sesuai terhadap efeknya di musim dingin (Chun dan Guldmann, 2018).

Simulasi yang dilakukan oleh (Lai dkk., 2019) pada empat strategi yaitu mengubah geometri perkotaan, menanam vegetasi, menggunakan

tutupan permukaan reflektif/dingin, dan menggabungkan kawasan dengan badan air menunjukkan bahwa masing-masing strategi tersebut dapat menurunkan suhu masing-masing sebesar 2,1 K, 2,0 K, 1,9 K dan 1,8 K. Skenario lain yang dilakukan oleh (Onishi dkk., 2010) dengan membandingkan tutupan vegetasi pada lahan parkir untuk 100% rumput dan 30% pohon 70% rumput menunjukkan bahwa skenario kedua memberikan pengaruh dalam penurunan LST sehingga dapat disimpulkan bahwa vegetasi pohon memberikan pengaruh lebih besar dalam penurunan LST. Selain itu, simulasi yang dilakukan dengan membandingkan pengaruh model area hijau dalam menurunkan UHI di Srilanka yaitu vegetasi pohon pinggir jalan, 100% tutupan atap hijau, 50% atap hijau, 50% dinding hijau dan kombinasi seluruh skenario. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan suhu tertinggi sebesar 1,9°C adalah pada skenario kombinasi dan terendah adalah skenario atap hijau 50% (Herath dkk., 2018).

Kajian pengaruh vegetasi terhadap penurunan suhu pada iklim Tropis dilakukan oleh (Li dan Norford, 2016) pada kawasan industri di Singapura yang menunjukkan bahwa atap hijau (*garden roof*) memberikan efek penurunan suhu pada wilayah studi namun tidak berpengaruh langsung pada perubahan suhu di permukaan dan pada malam hari, sebaliknya vegetasi pohon pada permukaan tanah dapat menurunkan suhu permukaan hingga 2,4°C pada malam hari hingga awal pagi. Namun, penggunaan atap hijau dapat membantu dalam mengurangi luas permukaan kedap air (area terbangun) pada area perkotaan khususnya

pada wilayah dengan iklim tropis dengan curah hujan tinggi. Hal tersebut ditunjukkan juga melalui penelitian yang dilakukan di New York dkk., 2011) bahwa pulau panas perkotaan terbentuk pada area yang tidak bervegetasi. Perbedaan suhu antara area bervegetasi dan tidak memiliki vegetasi sebesar 2°C. Perbedaan suhu secara konsisten lebih tinggi selama musim panas daripada selama musim dingin, ketika aktivitas biologis vegetasi berkurang. Temuan ini menekankan korelasi antara suhu lokal dan kelimpahan vegetasi.

Penelitian yang dilaksanakan di Hanoi (Tetsu Kubota, Lee dkk., 2017) menemukan bahwa suhu paling tinggi yang membentuk UHI dengan suhu berkisar 40°C hingga 41°C tersebar di atas area terbangun dan mengalami peningkatan 2°C-3°C pada malam hari. Strategi menambah luas ruang hijau efektif mengurangi suhu 2°C hingga 3°C namun tidak efektif berpengaruh pada seluruh area terbangun sehingga diperlukan strategi lain yaitu menghubungkan ruang antar ruang hijau dengan jaringan hijau. Sedangkan di Tehran dilakukan mitigasi UHI melalui 2 bentuk simulasi yaitu merubah orientasi bangunan dan penambahan area hijau. Penelitian ini menghasilkan besar pengurangan suhu untuk perubahan orientasi bangunan maksimal 1,69°C dan peningkatan 10% cakupan vegetasi perkotaan berpengaruh pada penurunan PET sebesar 9,36°C dkk., 2019). (Skelhorn dkk., 2014) memodelkan fluktuasi suhu permukaan dan udara di daerah pinggiran kota Manchester Inggris sesuai dengan berbagai skenario penghijauan. Mereka menemukan bahwa peningkatan 5% pada tutupan



pohon dewasa, dibandingkan dengan pohon muda, masing-masing menurunkan suhu permukaan sebesar  $1^{\circ}\text{C}$  dan  $0,5^{\circ}\text{C}$ , sementara peningkatan 5% pada tutupan rumput meningkatkan suhu permukaan sebesar  $0,6^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan (Femy, Tati Budiarti, Nizar Nasrullah, 2017) menemukan bahwa terdapat hubungan penutupan RTH dengan suhu ditunjukkan dengan penambahan luasan RTH sebesar 1 % maka suhu udara akan menurun sebesar  $0.0249^{\circ}\text{C}$ . Hal ini berarti penambahan luasan tutupan RTH terhadap penurunan suhu dipengaruhi sebesar 79.8%.

Menurut (Y. Zhang dkk., 2017), sebaran vegetasi berpengaruh terhadap pengurangan suhu permukaan. Area hijau yang terpusat pada satu lokasi menurunkan suhu lokal  $1^{\circ}\text{C}$ - $2^{\circ}\text{C}$  dan menurunkan suhu regional  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Pola ruang hijau yang terdispersi akan berpengaruh terhadap pendinginan secara regional. Selain itu, (Osborne dan Alvares-sanches, 2019) melakukan simulasi mengubah konfigurasi lanskap yang menunjukkan hasil bahwa efek pendinginan akan diperoleh pada saat bangunan berbatasan langsung dengan lanskap alami (vegetasi). Manfaat pendinginan maksimum tercapai ketika lanskap alami terdistribusi dalam 7-8 blok tapak per  $\text{km}^2$  dengan ukuran tapak sekitar  $90\text{m}^2$ . Sedangkan peningkatan tutupan vegetasi 50% di zona urbanisasi dapat mengurangi intensitas UHI hingga  $2,05^{\circ}\text{C}$  selama periode terpanas (Colunga dkk., 2015).

**Tabel 2.** Kajian Pengaruh Vegetasi Terhadap Pulau Panas Perkotaan

Sumber		Indikator	Lokasi	Penurunan Suhu/LST
1	(Aram dkk., 2019)	• Taman besar	Studi kasus kota-kota dengan iklim berbeda	• 1°C – 2°C hingga radius 350 m dari taman
2	(Cai dkk., 2019)	• Badan Air • Hutan/vegetasi	Fuzhou, Tiongkok	• +10% = – 1,65°C • +10% = – 0,89°C
3	(Colunga dkk., 2015)	• Tutupan vegetasi	Queretaro, Mexico	• +50% = – 2,05°C
4	(Davis dkk., 2016)	• Area bervegetasi • Area terbangun	Chicago, Illinois (AS)	• 3°C
4	(Farhadi dkk., 2019)	• Orientasi Bangunan • Vegetasi Pohon	Tehran	• 1,69 °C • 9,36 °C
5	(Femy, dkk, 2017)	• Luas RTH	Serpong, Tangerang	• +1% = – 0,0249°C
6	(Herath dkk., 2018)	• Pohon di pinggir jalan • Atap hijau 100% • 50% atap hijau • 50% dinding hijau • pohon di pinggir jalan + 50% atap hijau + 50% dinding hijau	Sri Lanka	• 1,87 °C • 1,76 °C • 1,79 °C • 1,86 °C • 1,90 °C
7	(Kotharkar dkk., 2019)	• Jarak ke pusat bisnis • Albedo Permukaan • Tutupan Jalan dan bangunan • Kepadatan Vegetasi	Nagpur, India	>500m = –0,13 °C >0,01 = –0,18 °C >0,10 = –0,17 °C >10% = +0,17 °C
8	(Lai dkk., 2019)	• Geometri Perkotaan • Vegetasi • Atap Hijau • Badan air	Studi kasus beberapa kota dunia	• MT 2,1 K • MT 2,0 K; PET 13,0 K • MT 1,9 K • MT 2,1 K; PET 4,6 K
9	(Li dan Norford, 2016)	• Atap Hijau • Vegetasi permukaan	Singapura	• 2,2 °C – 2,4 °C • 1 °C – 2 °C
10	(Onishi dkk., 2010)	• Pohon 30%, Rumput 70%	Nagoya, Jepang	9,26 °C

Lanjutan Tabel 2.

Sumber		Indikator	Lokasi	Penurunan Suhu/LST
11	(Osborne dan Alvares-sanches, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentang Alam</li> <li>Modifikasi lansekap</li> </ul>	Southampton, Inggris	<ul style="list-style-type: none"> <li>0,9 °C – 4,2 °C</li> <li>2,1 °C</li> </ul>
12	(Saaroni dkk., 2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Infrastruktur Hijau Perkotaan</li> </ul>	Studi kasus 89 kota	1,5°C - 3,5°C
13	(Skelhorn dkk., 2014)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pohon Dewasa</li> <li>Pohon Muda</li> <li>Rumput</li> </ul>	Manchester, UK	<ul style="list-style-type: none"> <li>1°C</li> <li>0,5°C</li> <li>0,6°C</li> </ul>
14	(Susca dkk., 2011)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sebaran RTH</li> </ul>	New York City	2 °C
15	(Tetsu Kubota, Lee dkk., 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lebar ruang hijau</li> <li>Jaringan ruang hijau</li> </ul>	Hanoi	2 °C – 3 °C
16	(Yujia, Zhang dkk., 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kelimpahan vegetasi</li> </ul>	Phoenix, Arizona	1-2 °C local dan 0,5 °C regional
17	(Zhaowu, Yu dkk., 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luas ruang hijau</li> </ul>	Fuzhou, China	1,78 °C / 104 ha
18	(Zölch dkk., 2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pohon</li> <li>Fasad Hijau</li> </ul>	Munich, Jerman	Penurunan PET 13%

Sumber : Penulis, 2022

#### D. Model Ruang Terbuka Hijau Perkotaan

Menurut (Park dkk., 2017), mitigasi Pulau Panas Perkotaan (UHI) meningkat secara linier ketika luas dan volume ruang hijau jenis poligonal dan campuran meningkat. Jika luas dan volume lebih dari 300 m<sup>2</sup> dan 2.300 m<sup>3</sup> akan menurunkan UHI sebesar 1°C, sedangkan luas dan volume masing-masing lebih dari 650 m<sup>2</sup> dan 5.000 m<sup>3</sup> akan menurunkan UHI sebesar 2°C. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian (Jaeyoung Ha, Hyung Jin Kim, 2022) menganalisis pengaruh ruang hijau terhadap kesehatan mental. Tekanan psikologis lebih rendah pada ruang hijau kecil namun

terdistribusi dibandingkan satu ruang hijau yang luas. Kajian lain menunjukkan bahwa area hijau dengan luas kecil lebar kurang dari 60 m memberikan efek pendinginan hingga radius 100 m sehingga dengan menempatkan ruang hijau berjarak 200 m dapat mengurangi efek pulau panas perkotaan. Selain itu, efek pendinginan hingga 1 K juga ditemukan pada jalan dengan lalu lintas padat namun memiliki pepohonan (L. Shashua-Bar dan Hoffman, 2000).

Kajian yang dilakukan menunjukkan bahwa mengoptimalkan jaringan ekologis RTH menggunakan koridor hijau melewati koridor air dan koridor jalan efektif dalam mengatasi masalah ekologi perkotaan. Metode ini juga efektif untuk kawasan perkotaan dengan area terbangun tinggi dan kekurangan lahan (Cui dkk., 2020). Sebuah studi yang menganalisis karakteristik ruang hijau perkotaan yang sesuai secara iklim di zona iklim lokal yang berbeda pada Kota Adana. Penelitian menghasilkan bahwa ruang hijau yang sesuai dicirikan oleh ukuran area yang lebih besar, berbentuk persegi panjang (Unal Cilek dan Uslu, 2022).

Salah satu alternatif ruang terbuka hijau pada kawasan padat perkotaan adalah dengan menambahkan vegetasi pada selubung bangunan yang biasa dikenal dengan istilah Vertical Garden. Menurut (Afshari, 2017) beban pendinginan bangunan meningkat hingga 7% pada wilayah perkotaan dan Vertical Greneery System (VGS) mengurangi beban pendinginan tersebut hingga 4,8% pada indeks area daun = 2 serta 7,6% pada indeks area daun = 3. Temuan empiris mengenai efek pendinginan

dari enam strategi lansekap menyajikan bahwa pohon merupakan cara yang paling efisien untuk mengurangi suhu luar ruangan. Namun kombinasi pohon peneduh yang ditanam di atas rerumputan menjadi strategi paling efektif. Selain itu, penggunaan jaring memberikan efek teduh namun tidak mengurangi suhu permukaan tanah (Limor Shashua-Bar dkk., 2009).

Studi lain yang menjelaskan tentang pengaruh infrastruktur hijau terhadap perubahan iklim di Munich, Jerman dengan membandingkan antara vegetasi pohon, atap hijau dan fasad hijau menunjukkan bahwa menempatkan vegetasi secara strategis di area yang terpapar panas lebih efektif daripada hanya mengarahkan persentase tutupan hijau yang tinggi seperti atap hijau dan fasad hijau. Fasad hijau untuk memperkuat efek mitigasi, khususnya di daerah di mana pohon tambahan bukan pilihan karena kepadatan bangunan serta atap hijau sebagai langkah multifungsi untuk menyediakan taman atap tambahan, mengurangi limpasan air, dan mempromosikan keanekaragaman hayati (Zölch dkk., 2016). Dinding hijau atau tutupan vertikal hijau yang lebat dan hutan kota juga direkomendasikan untuk mengurangi efek pulau panas perkotaan (Aparna dan Mohan, 2018).

(Gartland, 2012) menemukan bahwa lansekap yang efektif untuk mengurangi pulau panas mencakup penggunaan pohon peneduh dan tanaman kecil seperti semak, tanaman merambat, rumput, dan penutup tanah. Pohon tidak cocok untuk setiap ruang, tetapi dalam banyak kasus, ada jenis vegetasi lain yang dapat memberikan manfaat serupa. Rumput atau penutup tanah dapat digunakan sebagai pengganti trotoar untuk

memberikan manfaat pendinginan. Semak dapat menaungi jendela atau dinding tanpa tumbuh terlalu besar atau tinggi. Tanaman merambat tumbuh sangat cepat pada teralis vertikal atau di atas kepala dan dapat digunakan di lokasi dengan sedikit ruang atau tanah yang tersedia. Simulasi lain dilakukan oleh (Pastore dkk., 2017) menunjukkan bahwa penggunaan vegetasi yang terintegrasi dengan bangunan dapat meningkatkan kenyamanan dalam ruangan jika dikombinasikan dengan penggunaan jendela sehingga mampu menurunkan suhu hingga 4,8°C.

Sebuah model klimatologi Toronto, Kanada, memprediksi bahwa jika atap hijau diperkenalkan pada 10 persen atap di kota, suhu udara di lapisan batas kota dapat turun hingga 2,8°C (5°F) (Bass, 2002). Kemampuan intensif atap hijau untuk mendinginkan suhu sebesar 1,06°C pada jarak 0,3 m di atas atap hijau dibandingkan dengan atap konvensional (Speak dkk., 2013). Selain itu, elemen infrastruktur hijau seperti taman, *bioswale*, parit resapan, lorong hijau dan atap hijau yang berfungsi meminimalkan limpasan air permukaan, banjir dan genangan (Rayan dkk., 2021).

Salah satu pilihan dalam mengembangkan RTH pada kawasan perkotaan adalah memanfaatkan trotoar sebagai jalur hijau. Penelitian yang dilaksanakan oleh (Bonthoux dkk., 2019) menemukan bahwa terdapat beberapa spesies yang dapat tumbuh pada trotoar baik pada trotoar dengan tutupan permukaan berpasir bahkan pada perkerasan. Trotoar dapat dilihat sebagai ruang publik multi-fungsi yang berguna untuk sirkulasi pejalan kaki, sementara itu juga mendukung keanekaragaman hayati di

berbagai lingkungan yang tersebar di antara ruang hijau publik yang besar. Selain itu, kajian yang dilakukan di Kota Arab Saudi (Aina dkk., 2021) menghasilkan strategi mitigasi terhadap pulau panas perkotaan adalah membangun taman hijau perkotaan, menanam pohon di sepanjang garis tengah jalan dan mengimplementasikan proyek angkutan umum.

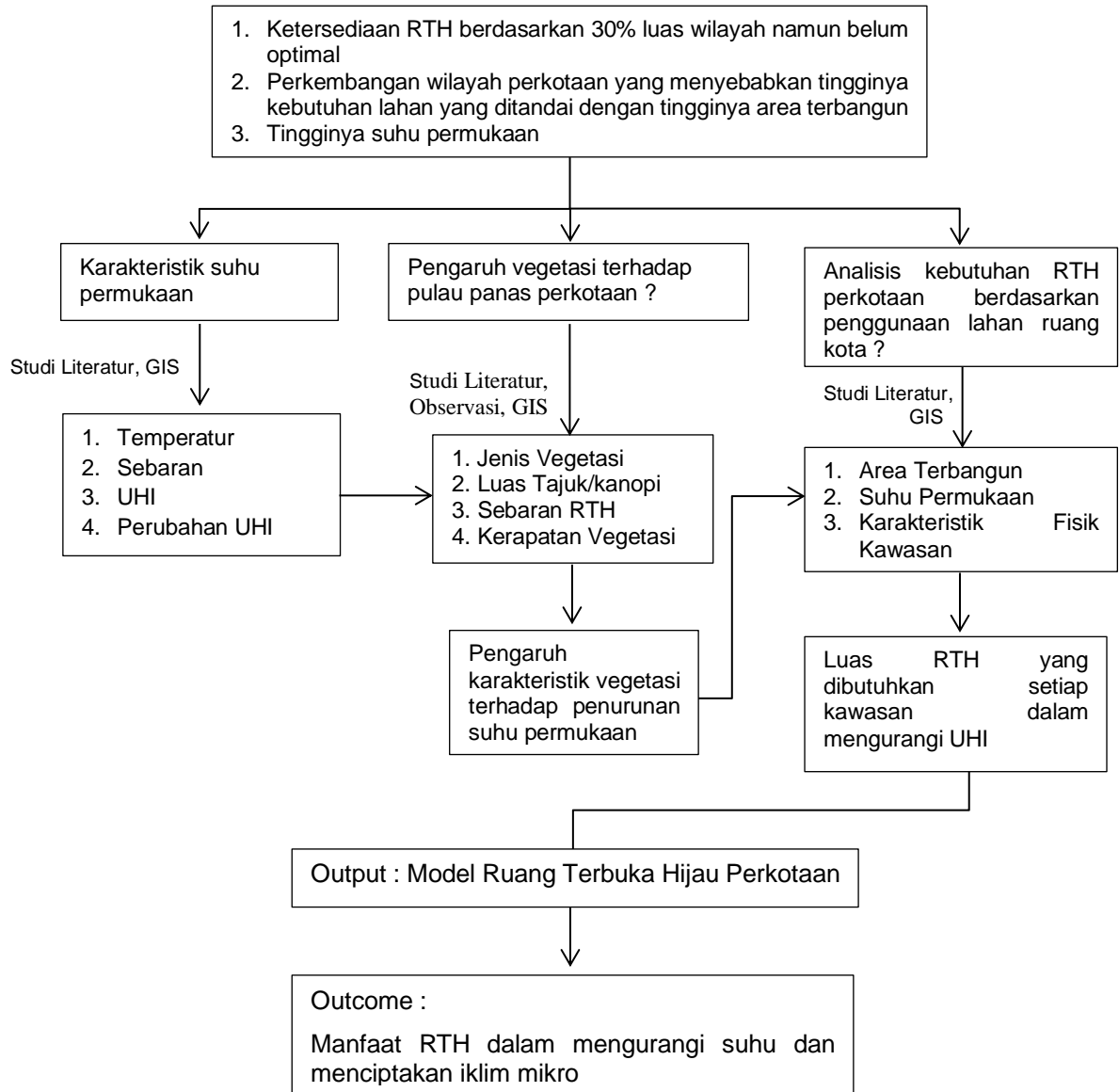
Kajian yang dilakukan pada wilayah perkotaan di Kuala Lumpur, Singapura dan Hongkong (Aflaki dkk., 2017) menunjukkan bahwa strategi mitigasi menggunakan vegetasi dalam berbagai skenario yaitu atap hijau, fasad hijau, dinding hijau dan trotoar hijau. Temuan mengungkapkan bahwa secara umum, penghijauan tersebut dapat mengurangi intensitas UHI baik secara langsung maupun tidak langsung dan menurunkan suhu global dan suhu permukaan sebesar 4°C dan 4,5°C. Integrasi sistem penghijauan vertikal di daerah perkotaan merupakan salah satu strategi yang efektif untuk mengurangi dampak UHI, karena vegetasi memberikan potensi penyerapan karbon, naungan dan suhu perkotaan yang lebih rendah, dan menyediakan udara segar dan oksigen bagi penduduk perkotaan dalam jarak yang lebih dekat (Zaid dkk., 2018).

**Tabel 3.** Kajian rekomendasi model Ruang Terbuka Hijau Perkotaan

Sumber		Implementasi Ruang Hijau	Model RTH
1	Afshari (2017)	Area terbangun	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistem Penghijauan Vertikal pada dinding bangunan</li> </ul>
2	Zölch dkk. (2016)	Area terbangun padat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atap hijau dan Fasad hijau</li> </ul>
3	Speak dkk. (2013)	Pusat kota (gedung tinggi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atap Hijau (<i>Green roof</i>)</li> </ul>
4	Gartland (2012)	Area perkotaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pohon</li> <li>• Tanaman merambat (vertikal garden)</li> <li>• Atap Hijau</li> </ul>
5	Aparna dan Mohan (2018)	Area terbangun	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dinding Hijau</li> <li>• Hutan Kota</li> </ul>
6	Bass (2002)	Area perkotaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atap hijau</li> </ul>
	Rayan dkk. (2021)	Jalan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taman</li> <li>• Bioswale</li> <li>• Parit resapan</li> <li>• Lorong hijau</li> <li>• Atap hijau</li> </ul>
7	Aflaki dkk. (2017)	3 wilayah kota	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atap hijau</li> <li>• Fasad hijau</li> <li>• Dinding Hijau</li> <li>• Trotoar hijau</li> </ul>
8	Aina dkk. (2021)	Area Perkotaan Jalan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taman</li> <li>• Jalur hijau median jalan</li> </ul>
9	L. Shashua-Bar dan Hoffman (2000)	Area perkotaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taman kecil tersebar</li> <li>• Jalan Hijau</li> </ul>
10	Zaid dkk., (2018)	Area perkotaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penghijauan vertikal</li> </ul>
11	Jaeyoung Ha, Hyung Jin Kim, (2022)	Area perkotaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruang hijau kecil tersebar</li> </ul>
12	Unal Cilek dan Uslu, (2022)	Area perkotaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruang hijau besar persegi panjang</li> </ul>
13	Bonthoux dkk., (2019)	Jalan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trotoar hijau</li> </ul>
14	Limor Shashua-Bar dkk., (2009)	Area perkotaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pohon</li> <li>• Rerumputan</li> </ul>
15	Pastore dkk., (2017)	Area terbangun	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetasi terintegrasi dengan bangunan</li> </ul>
16	Park dkk., (2017)	Area perkotaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruang hijau poligonal dan campuran</li> </ul>
17	Cui dkk., (2020)	Kawasan kota dengan area terbangun tinggi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Koridor hijau</li> </ul>



### E. Kerangka Konseptual



## F. Defenisi Operasional

Definisi operasional variabel adalah seperangkat petunjuk yang lengkap tentang apa yang harus diamati dan mengukur suatu variabel atau konsep untuk menguji kesempurnaan. Definisi operasional variabel ditemukan item-item yang dituangkan dalam instrumen penelitian (Sugiyono, 2011). Defenisi operasional bertujuan untuk memberikan pengertian variabel yang diukur, proses pengukuran dan metode yang digunakan.

- 1) **Suhu permukaan Lahan**, diukur berdasarkan analisis band termal menggunakan citra Landsat OLI/TIRS yang dikonversi menjadi suhu permukaan dalam derajat celsius.
- 2) **Indeks Vegetasi**, diukur berdasarkan analisis band dekat inframerah dan band merah menggunakan algoritma NDVI. Nilai yang dihasilkan diklasifikasikan dalam kelas tingkat kehijauan/kepadatan vegetasi.
- 3) **Indeks area terbangun**, diukur berdasarkan analisis band SWIR1 (*Short Wave Infrared*) dan band dekat Inframerah (*Near Infra Red/NIR*) menggunakan algoritma NDBI. Nilai yang dihasilkan diklasifikasikan dalam kelas area terbangun (kepadatan bangunan).
- 4) **Suhu**, diukur berdasarkan temperatur udara pada permukaan tanah menggunakan termometer ruang luar.

- 5) **Kelembapan**, diukur secara langsung pada lokasi yang telah ditentukan menggunakan thermohyrometer.
- 6) **Penggunaan lahan ruang kota**, diukur berdasarkan fungsi peruntukan kawasan pada area perkotaan.
- 7) **Kawasan permukiman**, diukur berdasarkan pengelompokan fungsi bangunan sebagai hunian atau rumah tinggal.
- 8) **Kawasan perdagangan dan jasa**, diukur berdasarkan pengelompokan fungsi bangunan sebagai tempat usaha perdagangan dan jasa lainnya seperti perbankan, perhotelan dan pelayanan kesehatan.
- 9) **Area perbukitan**, diukur berdasarkan lokasi, topografi dan fungsi kawasan sebagai resapan air.
10. **Taman**, diukur berdasarkan batas area taman yang ditandai dengan pagar atau penanda fisik lainnya.

### **G. Kebaharuan Penelitian**

Pengembangan ruang terbuka hijau di Indonesia pada umumnya mengacu pada Undang-undang penataan ruang sebesar 30% dari luas wilayah. Pemilihan lokasi dan bentuk ruang terbuka hijau tidak melalui kajian dan metode tertentu, sehingga meskipun suatu wilayah memiliki RTH lebih dari 30% namun masih terdapat area dengan suhu permukaan yang sangat tinggi (UHI) sehingga dapat disimpulkan bahwa ketersediaan RTH sebesar 30% tidak secara langsung berpengaruh dalam menurunkan suhu

baik skala lokal (iklim mikro) maupun skala regional (Jaeyoung Ha, Hyung Jin Kim, 2022; L. Shashua-Bar dan Hoffman, 2000; Susca dkk., 2011; Tetsu Kubota, Lee dkk., 2017; Widodo, 2011; Y. Zhang dkk., 2017).

Hasil kajian beberapa literatur mengenai ruang terbuka hijau dan pulau panas perkotaan menunjukkan bahwa tutupan vegetasi merupakan faktor utama yang berfungsi dalam menurunkan suhu permukaan, namun kajian tersebut tidak secara rinci membahas tentang model dan jumlah ruang hijau yang dibutuhkan berdasarkan jenis penggunaan lahan pada ruang perkotaan. Sedangkan suhu permukaan setiap ruang kota bervariasi sehingga dibutuhkan ruang terbuka hijau yang berbeda pula baik bentuk, volume maupun jenis vegetasinya.

Penelitian terdahulu yang mengkaji tentang pengembangan ruang terbuka hijau untuk mengurangi pulau panas perkotaan yang menjadi acuan antara lain (Y. Zhang dkk., 2017); (Herath dkk., 2018) dan (Chun dan Guldmann, 2018). Namun penelitian tersebut sebagian besar dilaksanakan di daerah sub tropis yang memiliki iklim yang berbeda dengan daerah tropis. Selain itu, jenis vegetasi yang ada pada daerah sub tropis dengan daerah tropis kepulauan berbeda sehingga diharapkan dalam penelitian ini akan diperoleh model ruang terbuka hijau yang dapat mengurangi pulau panas perkotaan berdasarkan karakteristik wilayah kajian yang merupakan *state of the art* dari penelitian ini.

Penelitian sebelumnya pada wilayah dengan iklim tropis seperti (Zaitunah dkk., 2021); (Aekbal dkk., 2013) dan (Roth dan Chow, 2012) yang

dilaksanakan di Binjai Sumatera Utara, Malaysia dan Singapura menunjukkan bahwa terdapat pengaruh vegetasi terhadap penurunan pulau panas perkotaan, namun kajian tersebut belum membandingkan pengaruh vegetasi dalam menurunkan UHI pada wilayah dengan ruang terbuka hijau mencapai lebih dari 30 persen namun tidak terdistribusi secara merata pada ruang kota dan menjadi pusat aktivitas seperti kawasan permukiman, jalan, pertokoan dan ruang lainnya.

Penelitian ini akan menghasilkan model Ruang Terbuka Hijau yang bermanfaat dalam mengurangi dampak dari pulau panas perkotaan sehingga akan berfungsi secara optimal khususnya dalam menciptakan iklim mikro dan memberikan pengaruh terhadap penurunan suhu permukaan yang membentuk pulau panas perkotaan pada ruang kota yang berbeda peruntukannya.