

**BEBAN RESIKO MORBIDITAS TERKAIT PANAS
AKIBAT PENGARUH *URBAN HEAT ISLAND*
DI KECAMATAN TAMALANREA KOTA MAKASSAR**

*Risk Burden of Heat-Related Morbidity due to Urban
Heat Island Effect in Tamalanrea District Makassar City*

**ANGELIA KHAIRUNNISA
D102211005**



**PROGRAM MAGISTER
TEKNIK PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA
DEPARTEMEN PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

PENGAJUAN TESIS

**BEBAN RESIKO MORBIDITAS TERKAIT PANAS
AKIBAT PENGARUH *URBAN HEAT ISLAND*
DI KECAMATAN TAMALANREA KOTA MAKASSAR**

Tesis
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister
Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota

Disusun dan diajukan oleh

**ANGELIA KHAIRUNNISA
D102211005**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA 2023**

TESIS

BEBAN RESIKO MORBIDITAS TERKAIT PANAS AKIBAT PENGARUH *URBAN HEAT ISLAND* DI KECAMATAN TAMALANREA KOTA MAKASSAR

**ANGELIA KHAIRUNNISA
D102211005**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Perencanaan Wilayah dan Kota

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
pada tanggal 08 Agustus 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan



Pembimbing Utama



Dr. Eng. Ihsan, ST., MT
NIP. 19710219 199903 1002

Pembimbing Pendamping



Marly Valenti Patandianan, ST., MT., Ph.D
NIP. 19730328 200604 2001

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT
NIP. 19730926 200012 1002

Ketua Program Studi Magister
Perencanaan Wilayah dan Kota



Marly Valenti Patandianan, ST., MT., Ph.D
NIP.19730328 200604 2001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Angelia Khairunnisa
Nomor mahasiswa : D102211005
Program studi : Magister (S2) Perencanaan Wilayah dan Kota

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul *Beban Resiko Morbiditas Terkait Panas Akibat Pengaruh Urban Heat Island di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar* adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Dr. Eng. Ihsan, ST., MT sebagai Pembimbing Utama dan Marly Valenti Patandianan, ST., MT., Ph.D sebagai Pembimbing Pendamping. 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 tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di *Jurnal Media Kesehatan Masyarakat Indonesia* pISSN 0216-2482 eISSN 2356-4067 pada Volume 19 Issue 2 Tahun 2023 sebagai artikel dengan judul "*Risk Burden of Heat-Related Morbidity Due to Urban Heat Island Effect in Tamalanrea District, Makassar*".

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

Gowa, Agustus 2023

Yang menyatakan



Angelia Khairunnisa

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmatnya sehingga tesis ini dapat diselesaikan. Tesis ini berjudul “Beban Resiko Morbiditas Terkait Panas Akibat Pengaruh *Urban Heat Island* di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar”. Penelitian ini dapat memberikan informasi bagi perencan kota dalam merancang kota yang lebih tahan terhadap efek UHI dan mengurangi beban morbiditas terkait panas. Dengan mengurangi beban morbiditas terkait panas, langkah-langkah pencegahan dan penanggulangan yang tepat dapat diambil untuk melindungi kesehatan masyarakat dan meningkatkan kualitas hidup. Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin. Seiring dengan selesainya penulisan tesis ini, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ihsan, ST., MT, selaku Pembimbing Utama
2. Ibu Marly Valenti Patandianan, ST., MT., Ph.D selaku Pembimbing Pendamping dan Ketua Program Studi S2 PWK
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Shirley Wunas, DEA, selaku Penguji
4. Ibu Dr. Wiwik Wahidah Osman, ST., MT, selaku Penguji
5. Ibu Dr. Ing. Venny Veronica Natalia, ST., MT, selaku Penguji
6. Bapak Hairul Muayyar, S.Sos, selaku staff PWK
7. Teman-teman Magister Teknik PWK Unhas
8. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini.

Kepada kedua orang tua tercinta, saya mengucapkan limpah terima kasih dan sembah sujud atas doa, pengorbanan dan motivasi mereka selama saya menempuh pendidikan. Akhir kata, harapan penulis semoga penelitian ini dapat bermanfaat demi kemajuan ilmu pengetahuan dan semoga Allah SWT meridhoi segala usaha yang telah dilakukan. Amin

Gowa, Agustus 2023

Angelia Khairunnisa

ABSTRAK

ANGELIA KHAIRUNNISA. Beban Resiko Morbiditas Terkait Panas Akibat Pengaruh *Urban Heat Island* di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar (dibimbing oleh **Ihsan dan Marly Valenty Patandianan**)

Salah satu masalah dalam lingkungan perkotaan adalah naiknya suhu permukaan tanah yang mengakibatkan penumpukan panas (*Urban Heat Island*) di sekitar kawasan terbangun. Ketika paparan panas menjadi lebih sering terjadi, akan berdampak buruk bagi kesehatan warga perkotaan khususnya di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar. Penelitian ini bertujuan menganalisis derajat perubahan suhu permukaan terhadap ruang kota dan hubungan terhadap penyakit terkait panas serta memetakan wilayah beresiko terhadap beban morbiditas akibat efek *UHI*. Data suhu permukaan tanah dikumpulkan menggunakan metode penginderaan jauh satelit *LANDSAT 8 OLI/TIRS* pada tahun 2019, 2020 dan 2021 sedangkan data kejadian penyakit terkait panas berasal dari Sistem Pencatatan dan Pelaporan Terpadu Puskesmas (SP2TP). Analisis data menggunakan uji korelasi *pearson* dan pendekatan epidemiologi *Standardized Morbidity Ratio (SMR)* untuk menghitung nilai resiko relatif. Melalui perhitungan resiko relatif, kelurahan yang memiliki resiko tinggi terserang penyakit terkait panas akibat efek *UHI* dapat diidentifikasi dan akan menjadi fokus dalam upaya pencegahan terhadap dampak kesehatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan kondisi LST terhadap ruang kota dalam tiga tahun terakhir di Kecamatan Tamalanrea mengalami kenaikan 1°C ketika terjadi perubahan musim hujan ke kemarau dari tahun ke tahun. Selain itu terdapat hubungan yang signifikan antara nilai suhu permukaan tanah dengan kejadian penyakit hipertensi, sakit kepala, jantung dan asma. Adapun wilayah beresiko tertinggi terletak pada Kelurahan Bira dan Kapasa dengan nilai resiko sebesar $> 4,00$ (sangat tinggi).

Kata Kunci: *Urban Heat Island, Land Surface Temperature*, Risiko Relatif, Morbiditas Terkait Panas, Mitigasi

ABSTRACT

ANGELIA KHAIRUNNISA. Risk Burden of Heat-related Morbidity due to Urban Heat Island Effect in Tamalanrea Sub-District, Makassar City (supervised by **Ihsan** and **Marly Valenty Patandianan**).

One of the problems in the urban environment is the rise in land surface temperature which results in heat buildup (Urban Heat Island) around built-up areas. When heat exposure becomes more frequent, it will adversely affect the health of urban residents, especially in Tamalanrea District, Makassar City. This study aims to analyze the degree of surface temperature change over urban space and the relationship to heat-related diseases and map areas at risk of morbidity burden due to UHI effects. Land surface temperature data were collected using the LANDSAT 8 OLI/TIRS satellite remote sensing method in 2019, 2020 and 2021 while heat-related disease incidence data came from the Integrated Health Center Recording and Reporting System (SP2TP). Data analysis used Pearson correlation test and Standardized Morbidity Ratio (SMR) epidemiological approach to calculate relative risk values. Through the calculation of relative risk, urban villages that have a high risk of heat-related diseases due to the effects of UHI can be identified and will be the focus of prevention efforts against health impacts. The results showed that the change of LST condition towards urban space in the last three years in Tamalanrea District has increased by 1°C when there is a change of rainy season to dry season from year to year. In addition, there is a significant relationship between the value of ground surface temperature and the incidence of hypertension, headache, heart disease and asthma. The highest risk areas are located in Bira and Kapasa Sub-districts with a risk value of > 4.00 (very high).

Keywords: Urban Heat Island, Land Surface Temperatur, Relative Risk, Heat-Related Morbidity, Mitigation

DAFTAR ISI

	<u>Halaman</u>
HALAMAN JUDUL	i
PENGAJUAN TESIS	ii
PERSETUJUAN TESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian <i>Urban Heat Island (UHI)</i>	5
2.2 <i>Urban Heat Island</i> dan Perubahan Iklim.....	5
2.3 Karakteristik Permukaan Perkotaan.....	6
2.4 Proses terjadinya <i>Urban Heat Island</i>	6
2.5 Pendekatan Penilaian <i>Urban Heat Island</i>	8
2.6 Karakteristik <i>Urban Heat Island</i>	11
2.7 Suhu Permukaan Tanah/ <i>Land Surface Temperature (LST)</i>	12
2.8 Efek Panas Terhadap Kesehatan.....	13
2.9 Hubungan Panas dan Morbiditas	15
2.10 Resiko Morbiditas Terkait Panas	17
2.11 Mitigasi <i>Urban Heat Island</i>	18
2.12 Penelitian Terdahulu.....	19
2.13 Kerangka Konsep.....	25

BAB 3 METODE PENELITIAN	26
3.1 Jenis Penelitian	26
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	26
3.3 Teknik Pengumpulan Data.....	28
3.4 Teknik Analisis Data	30
3.5 Variabel Penelitian.....	38
3.6 Definisi Operasional	40
3.7 Alur Penelitian	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	42
4.2 Identifikasi Derajat Perubahan Suhu Permukaan Tanah Terhadap Kondisi Ruang Kota dalam Tiga Tahun Terakhir di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar	45
4.3 Hubungan Perubahan Suhu Permukaan Terhadap Jenis Penyakit Terkait Panas Yang Terjadi di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar	55
4.4 Beban Resiko Morbiditas Terkait Panas Terhadap Pengaruh <i>Urban Heat Island</i> di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar	64
BAB 5 KESIMPULAN & SARAN	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA.....	70

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 2.1 Karakteristik Dasar <i>Surface</i> dan <i>Atmospheric</i> UHI.....	11
Tabel 2.2 Efek Umum Kesehatan terkait UHI.....	15
Tabel 2.3 Penyakit Umum Terkait Panas.....	16
Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu	20
Tabel 3.1 Kebutuhan Data Citra Satelit LANDSAT 8 OLI/TIRS	29
Tabel 3.2 Lokasi Puskesmas di Kecamatan Tamalanrea	30
Tabel 3.3 Matriks Variabel Penelitian	39
Tabel 4.1 Jumlah Penduduk Kecamatan Tamalanrea Tahun 2019, 2020 dan 2021	43
Tabel 4.2 Pengamatan Unsur Iklim Suhu dan Kelembapan Udara di Kota Makassar Tahun 2021	44
Tabel 4.3 Nilai minimum, maksimum dan rata-rata LST Kecamatan Tamalanrea Periode Musim Kemarau.....	46
Tabel 4.4 Nilai minimum, maksimum dan rata-rata LST Kecamatan Tamalanrea Periode Musim Hujan.....	48
Tabel 4.5 Persentase Lahan Terbangun dan Non-Terbangun di Kecamatan Tamalanrea Tahun 2019 -2021	50
Tabel 4.6 Hasil Analisis Korelasi Penyakit Terkait Panas dan LST di Puskesmas Antara	61
Tabel 4.7 Hasil Analisis Korelasi Penyakit Terkait Panas dan LST di Puskesmas Tamalanrea jaya.....	61
Tabel 4.8 Hasil Analisis Korelasi Penyakit Terkait Panas dan LST di Puskesmas Bira	61
Tabel 4.9 Hasil Analisis Korelasi Penyakit Terkait Panas dan LST di Puskesmas Kapasa	62
Tabel 4.10 Hasil Analisis Korelasi Penyakit Terkait Panas dan LST di Puskesmas Tamalanrea	62

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 2.1 <i>Urban Boundary Layer</i>	8
Gambar 2.2 <i>Urban Canopy Layer</i>	9
Gambar 2.3 Proses Terbentuknya UHI dan Pengaruh Terhadap Kesehatan Manusia	14
Gambar 2.4 Kerangka Konsep	25
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	27
Gambar 3.2 Potongan <i>Script Algoritma Monowindow</i> Untuk Mendeteksi Suhu Permukaan Tanah	32
Gambar 3.3 Sampling Raster Data pada aplikasi <i>QGIS 3.24</i>	33
Gambar 3.4 Pendekatan SMR pada GeoDA	36
Gambar 3.5 Alur Pikir Penelitian.....	41
Gambar 4.1 Peta Suhu Permukaan Tanah Kecamatan Tamalanrea Tahun 2019, 2020 dan 2021 Periode Musim Kemarau.....	47
Gambar 4.2 Peta Suhu Permukaan Tanah Kecamatan Tamalanrea Tahun 2019, 2020 dan 2021 Periode Musim Hujan.....	49
Gambar 4.3 Perubahan Spasial Kondisi Suhu Permukaan Tanah Periode Kemarau dan Tutupan Lahan dari Tahun 2019 – 2021	54
Gambar 4.4 Perubahan Spasial Kondisi Suhu Permukaan Tanah Periode Hujan dan Tutupan Lahan dari Tahun 2019 – 2021.....	55
Gambar 4.5 Penyakit Terkait Panas di Puskesmas Antara dan Tamalanrea Jaya Tahun 2019, 2020 dan 2021	56
Gambar 4.6 Penyakit Terkait Panas di Puskesmas Bira dan Kapasa Tahun 2019, 2020 dan 2021	57
Gambar 4.7 Penyakit Terkait Panas di Puskesmas Tamalanrea Tahun 2019, 2020 dan 2021	58
Gambar 4.8 Frekuensi Penyakit Terkait Panas Kecamatan Tamalanrea Tahun 2019, 2020 dan 2021	59
Gambar 4.9 <i>Excess Risk Map</i> Kecamatan Tamalanrea.....	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan lingkungan di sekitar daerah perkotaan terutama di pusat kawasan terbangun salah satunya adalah meningkatnya suhu permukaan tanah. Material perkotaan seperti fasad bangunan, jalan, dan area beraspal lainnya akan menyerap dan menyimpan lebih banyak panas dan menyebabkan perubahan kondisi kenyamanan termal (Aghamohammadi & Santamouris, 2022). Perubahan penutupan lahan akan mengubah proses reflektansi radiasi surya permukaan bumi dan menyebabkan pemanasan global (Giofandi, 2020). Pemanasan global dapat mempercepat dan membawa serangkaian bencana bagi masyarakat perkotaan (Huang et al., 2019). Dampak pemanasan global yang dikombinasikan dengan efek *Urban Heat Island* berdampak buruk bagi kesehatan (Aghamohammadi et al., 2022). *UHI* merupakan suatu kondisi dimana kawasan memiliki suhu lebih hangat dibandingkan kawasan disekitarnya, diakibatkan karena terkonsentrasinya lahan-lahan terbangun pada lokasi tertentu (Mirzaei et al., 2020).

Pada tahun 2019, suhu tinggi pertama kali terdaftar sebagai salah satu faktor resiko penyakit oleh *Global Burden of Disease* (Kassomenos & Begou, 2022). Secara tidak langsung peningkatan suhu dapat mempengaruhi kondisi fisiologi manusia dan membuat tubuh lebih rentan terhadap paparan panas (Mirzaei et al., 2020). Hasil temuan Jenerette et al. (2016), menunjukkan bahwa gejala penyakit yang berhubungan dengan panas berkorelasi dengan pola suhu permukaan di lingkungan perkotaan, hal ini menunjukkan bahwa nilai *Land Surface Temperature (LST)* atau suhu permukaan tanah dapat menjadi salah satu indikator kejadian resiko panas. *UHI* dapat berkontribusi pada ketidaknyamanan termal dan berbagai bentuk morbiditas dan mortalitas (Aghamohammadi & Santamouris, 2022). Penduduk yang tinggal di wilayah terdampak efek *UHI*, berada pada peningkatan resiko terhadap kesehatan.

Berdasarkan hasil penelitian Liong (2021), terjadi peningkatan nilai rerata *LST* di Kota Makassar sebesar 0,39°C dalam rentang suhu antara 30-32°C. Selain itu tingkat kenyamanan di Kota Makassar mengalami penurunan akibat suhu yang

tinggi, hal ini dibuktikan dengan hasil pengukuran yang dilakukan pada siang hari dan malam yang menunjukkan bahwa suhu rata-rata Kota Makassar adalah 31,29°C pada siang hari dan 27,04°C pada malam hari (Maru et al., 2015). Ketika paparan panas menjadi lebih sering terjadi maka, akan berdampak buruk bagi kondisi kesehatan warga perkotaan Kota Makassar dan beresiko menjadi beban morbiditas.

Undang-Undang Nomor 16 tahun 2016 tentang pengesahan *Paris Agreement to The United Nations Framework Convention on Climate Change* yang menetapkan untuk menahan kenaikan suhu rata-rata global di bawah 2°C di atas tingkat di masa pra-industrialisasi dan melanjutkan upaya untuk menekan kenaikan suhu 1,5°C di atas tingkat pra-industrialisasi. Hal ini menjadi sebuah peringatan, tentang resiko panas yang dapat ditimbulkan bagi masyarakat perkotaan.

UHI adalah salah satu masalah perencanaan kota yang memerlukan pemantauan serta upaya khusus untuk mengurangi dampaknya (Mirzaei et al., 2020). Dalam mengurangi dampak beban morbiditas terhadap resiko panas perlu dilakukan identifikasi dini terhadap wilayah beresiko.

Salah satu lokasi yang memiliki potensi efek *Urban Heat Island* adalah Kecamatan Tamalanrea. Kecamatan Tamalanrea merupakan kawasan pemusatan dan pengembangan berbagai kegiatan pendidikan yang dilengkapi dengan kegiatan penunjang lainnya. Sebagai kawasan pusat pendidikan, kecamatan ini mengalami dampak akibat perubahan tutupan dan fungsi lahan.

1.2 Rumusan Masalah

Dampak paling langsung dari *UHI* pada kesehatan manusia adalah melalui paparan suhu yang meningkat. Paparan yang terlalu lama terhadap panas yang berlebihan akan memberikan efek bahaya kesehatan pada tubuh. Efek kesehatan terkait panas ini didefinisikan sebagai efek dari tekanan panas. Peningkatan tekanan panas memiliki efek yang merugikan pada morbiditas populasi perkotaan. Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi dini beban resiko morbiditas terkait panas akibat pengaruh *UHI* di Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar. Adapun rumusan masalah yang akan dikaji oleh penulis adalah:

1. Bagaimana derajat perubahan suhu permukaan tanah terhadap kondisi ruang kota dalam 3 tahun terakhir di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar?
2. Bagaimana hubungan perubahan suhu permukaan terhadap jenis penyakit terkait panas yang terjadi di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar?
3. Bagaimana beban morbiditas terkait panas terhadap pengaruh *Urban Heat Island* di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis derajat perubahan suhu permukaan tanah terhadap kondisi ruang kota dalam 3 tahun terakhir di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar.
2. Menganalisis hubungan derajat perubahan suhu permukaan terhadap jenis penyakit terkait panas yang terjadi di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar.
3. Memetakan beban morbiditas terkait panas terhadap pengaruh *Urban Heat Island* di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan manfaat bagi pemerintah berupa pertimbangan dalam melakukan strategi pembangunan nasional dilihat dari perspektif mitigasi perubahan iklim. Dampak perubahan iklim di wilayah perkotaan kemungkinan akan semakin parah. Beberapa tekanan yang disebabkan oleh manusia, solusi komprehensif perlu berjalan seiring dengan tujuan pembangunan berkelanjutan lebih lanjut seperti meningkatkan kualitas hidup dan mempromosikan pembangunan kota berkelanjutan.
2. Membantu para perencana kota untuk merancang sebuah kota yang terhindar dari isu UHI. Penelitian ini dapat pula digunakan untuk mengetahui gambaran kapasitas penduduk perkotaan dalam mengatasi

fenomena UHI di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar dan dampak yang terjadi baik secara langsung maupun tidak langsung.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini terdiri dari lingkup wilayah dan substansi. Lingkup wilayah merujuk pada batas wilayah penelitian, sedangkan lingkup substansi terkait dengan hal-hal yang akan dibahas dalam penelitian.

1.5.1 Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah penelitian ini berada di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar dengan memperhatikan sebaran dari efek UHI.

1.5.2 Ruang Lingkup Kajian

Ruang lingkup kajian meliputi kajian ilmu yang digunakan sebagai landasan teori maupun konsep yang berpengaruh dalam penelitian. Lingkup kajian yang akan dibahas adalah mengenai bagaimana fenomena UHI mempengaruhi wilayah kesehatan penduduk perkotaan dan menyebabkan penyakit atau morbiditas yang ditimbulkan oleh suhu tinggi di ruang perkotaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Urban Heat Island (UHI)*

Urbanisasi yang cepat menyebabkan perubahan besar dalam iklim daerah perkotaan. Fenomena ini dikenal sebagai *Urban Heat Island (UHI)*, di mana suhu udara di daerah perkotaan lebih tinggi dibandingkan dengan lingkungan pedesaan yang berdekatan. Perbedaan suhu udara antara kota dan daerah pedesaan yang berdekatan ini digambarkan sebagai *Urban Heat Island Intensity (UHII)* yang digunakan untuk memprediksi intensitas pulau panas perkotaan di suatu lingkungan (Maghrabi et al., 2021).

Secara fisik, perkembangan suatu kota dapat terlihat dari penduduknya yang semakin bertambah, keberadaan bangunan yang semakin padat dan rapat, meningkatnya penduduk perkotaan disertai dengan lahan permukiman yang semakin luas. Meningkatnya perkembangan suatu kota telah merubah lanskap kota dan berdampak pada perubahan penutupan serta penggunaan lahan. Perubahan penutupan lahan merubah reflektansi radiasi surya permukaan bumi dan menyebabkan pemanasan lokal (Giofandi, 2020). Panas berlebih perkotaan yang dihasilkan memiliki dampak berbahaya pada kondisi kesehatan masyarakat, kenyamanan dalam luar ruangan, kualitas hidup dan kesejahteraan ekonomi (Akbari et al., 2016).

2.2 *Urban Heat Island* dan Perubahan Iklim

Perubahan iklim nyata terlihat pada serangkaian peristiwa cuaca ekstrem, seperti gelombang panas berkepanjangan, hujan lebat dan kekeringan yang menjadi lebih sering dan lebih intens di banyak bagian dunia. Perubahan iklim telah menyebabkan peningkatan suhu di dunia yang cukup signifikan sekitar 0,85 °C dalam 130 tahun terakhir. Akibat dari perubahan iklim, Indonesia mengalami peningkatan suhu yang cukup tinggi. Sejak tahun 1990 rata-rata suhu di Indonesia meningkat 0,3 °C setiap tahunnya (Pambudi & Saftarina, 2019).

Perubahan iklim menciptakan tantangan yang signifikan dalam upaya menjaga dan meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan masyarakat yang tinggal

di seluruh dunia (Shahmohamadi et al., 2011). Di Indonesia, adaptasi perubahan iklim telah menempatkan prioritas tinggi pada isu-isu seperti kenaikan permukaan laut, peristiwa cuaca ekstrim, dan ancaman terhadap ekosistem. Kota-kota di Indonesia dikembangkan sesuai kebutuhan dan jarang direncanakan, akibatnya bangunan bertingkat tinggi dan kurangnya vegetasi menjadikan konfigurasi perkotaan yang tidak direncanakan dapat meningkatkan suhu di luar ruangan (Estes et al., 2003). Selain itu, banyak bahaya lingkungan yang dapat memberikan efek langsung ataupun tidak langsung pada penduduk perkotaan. Salah satu bahaya terpenting yang berdampak pada kesehatan dan kualitas hidup masyarakat kota adalah pulau panas perkotaan. Pulau panas perkotaan atau UHI dapat secara langsung mempengaruhi kesehatan karena suhu tinggi memberi tekanan tambahan pada fisiologi manusia. UHI perkotaan akan berdampak luas pada masyarakat (Shahmohamadi et al., 2011). Efek pulau panas perkotaan merupakan akibat dari tutupan lahan perkotaan yang merespon radiasi matahari, khususnya pada hari-hari yang sangat hangat dan cerah di musim panas. Semua bahan perkotaan menyerap panas dari matahari, bahan dari lingkungan buatan, seperti beton dan aspal, menyerap tingkat radiasi matahari yang lebih tinggi sepanjang hari daripada tutupan lahan alami (Estes et al., 2003).

2.3 Karakteristik Permukaan Perkotaan

Permukaan perkotaan menyerap, memantulkan, dan memancarkan kembali energi matahari, karakteristiknya seperti kapasitas termal dan reflektansi yang secara signifikan mempengaruhi pembentukan UHI. Daerah perkotaan umumnya menunjukkan permukaan albedo rendah seperti jalan, atap dan trotoar, yang kurang mampu memantulkan panas matahari, dibandingkan dengan daerah pedesaan. Oleh karena itu permukaan perkotaan menyerap banyak panas yang menyebabkan peningkatan suhu permukaan dan membentuk UHI permukaan (Environmental Management & Policy Research Institute, 2017).

2.4 Proses terjadinya *Urban Heat Island*

UHI merupakan salah satu tantangan pengelolaan perkotaan, terutama di kota-kota besar, yang dapat mempengaruhi kesehatan dan kesejahteraan warga (Mirzael et. al., 2020). Di sebagian kota besar, suhu di jantung atau pusat kota

tercatat lebih tinggi dari sekitarnya. Terbentuknya perbedaan suhu antar kota dan pinggiran kota di sekitarnya akan menyebabkan ketidaknyamanan bagi penduduk kota. Banyak faktor yang berkontribusi terhadap efek ini, termasuk pelepasan panas antropogenik, penutup permukaan, kondisi iklim, polutan udara dan lain halnya. Salah satu alasan utama terbentuknya UHI adalah banyaknya permukaan terbangun seperti beton, aspal yang memiliki kapasitas panas tinggi. Bahan albedo rendah lebih lanjut berkontribusi memperburuk fenomena tersebut, ketika non reflektif dan tahan air, bahan kedap air di permukaan menggantikan vegetasi alami, terbentuklah UHI. Alasan lain yang memperburuk efek UHI adalah perencanaan kota yang tidak tepat. Perbedaan suhu kota biasa dengan daerah pedesaan sebanyak 2,5 °C di siang hari, yang dapat menyebabkan tambahan 5-10% permintaan listrik puncak kota (Nuruzzaman, 2015). Urban Heat Island terbentuk akibat beberapa faktor (Kundu & Kumar, 2016), yaitu:

1. Berkurangnya Lanskap Alam di Wilayah Perkotaan

Pepohonan, vegetasi, dan badan air cenderung mendinginkan udara dengan memberikan keteduhan, transpirasi air dari daun tanaman dan penguapan air permukaan (Kundu & Kumar, 2016).

2. Properti Material Perkotaan

Bahan buatan manusia konvensional yang digunakan di lingkungan perkotaan seperti trotoar atau atap cenderung memantulkan lebih sedikit energi matahari, menyerap dan memancarkan lebih banyak panas matahari dibandingkan pohon, tumbuh-tumbuhan dan permukaan alami lainnya (Kundu & Kumar, 2016).

3. Geometri Perkotaan

Dimensi dan jarak bangunan di dalam kota mempengaruhi aliran angin dan kemampuan material perkotaan untuk menyerap dan melepaskan energi matahari. Di daerah yang sangat berkembang, permukaan dan struktur yang terhalang oleh bangunan di sekitarnya menjadi massa termal besar yang tidak dapat melepaskan panasnya dengan mudah. Kota-kota dengan banyak jalan sempit dan gedung-gedung tinggi menjadi ngarai perkotaan, yang dapat menghalangi aliran angin alami yang membawa efek pendinginan (Kundu & Kumar, 2016).

4. Panas Antropogenik

Kendaraan, unit AC, bangunan dan fasilitas industri semuanya memancarkan panas ke lingkungan perkotaan. Sumber panas buangan yang dihasilkan manusia atau antropogenik ini dapat berkontribusi pada efek UHI (Kundu & Kumar, 2016).

5. Cuaca dan Geografi

Kondisi cuaca yang tenang dan cerah menghasilkan pulau panas perkotaan yang lebih parah dengan memaksimalkan jumlah energi matahari yang mencapai permukaan perkotaan dan meminimalkan jumlah panas yang dapat terbawa. Fitur geografis juga dapat mempengaruhi efek pulau panas. Misalnya, gunung terdekat dapat menghalangi angin mencapai kota atau menciptakan pola angin yang melewati kota (Kundu & Kumar, 2016).

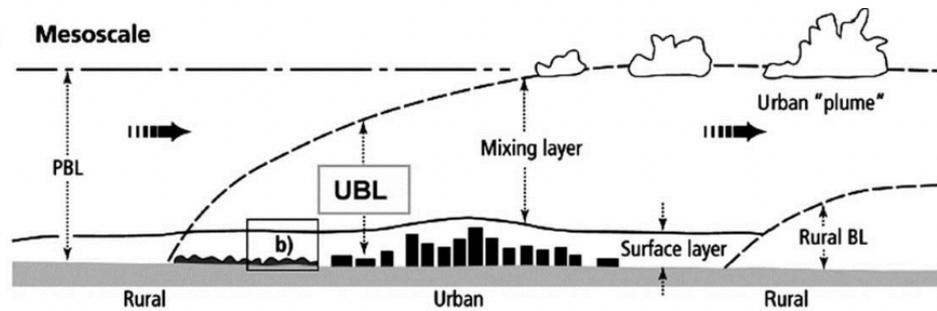
UHI terjadi karena geometri perkotaan membatasi jumlah panas yang terpancar ke langit dan mengganggu aliran angin, sehingga udara hangat tidak digantikan oleh udara yang lebih dingin. Pada siang hari, material perkotaan seperti beton cenderung menyimpan panas, yang dilepaskan pada malam hari dalam bentuk radiasi gelombang panjang, yang menghangatkan lingkungan setempat (Heaviside, 2020).

2.5 Pendekatan Penilaian *Urban Heat Island*

Menurut Noviyanti (2016) perbedaan temperatur udara di daerah perkotaan dan pinggir kota dipengaruhi oleh dua faktor utama. Pertama faktor meteorological seperti kondisi awan, kelembapan, dan kecepatan angin. Kedua, kondisi struktur perkotaan seperti ukuran kota, kepadatan area terbangun, rasio ketinggian bangunan, jarak antar bangunan, lebar jalan dan material bangunan. Adapun skala pendekatan yang dapat mengkaji iklim kota, yaitu:

1. *Urban Boundary Layer*

Merupakan bagian atmosfer dengan skala lokal hingga meso, yang karakteristiknya dipengaruhi oleh permukaan kota secara umum (Gambar 2.1). Secara fisik dapat digambarkan bahwa lapisan ini adalah rata-rata ketinggian bangunan suatu kota hingga ke atas (Noviyanti, 2016).

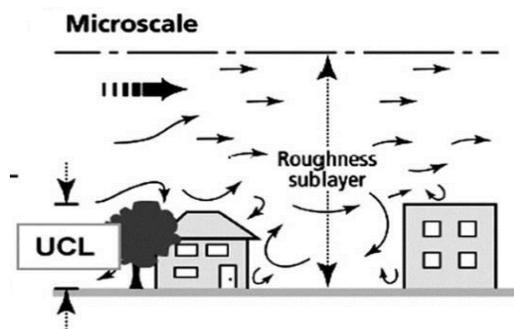


Gambar 2.1 *Urban Boundary Layer*

Sumber: Environmental Management & Policy Research Institute, 2017.

2. *Urban Canopy Layer*

Skala atmosfer ini menghasilkan skala mikro yang prosesnya dipengaruhi oleh bangunan-bangunan yang dalam kota (Gambar 2.2). Secara fisik, lapisan ini adalah lapisan dari ketinggian bangunan (atap) hingga ke bawah (Noviyanti, 2016).



Gambar 2.2 *Urban Canopy Layer*

Sumber: Environmental Management & Policy Research Institute, 2017.

Proses pengukuran dan pemantauan UHI dilakukan tergantung pada jenis UHI. UHI permukaan membutuhkan pengukuran suhu permukaan untuk area tertentu, sedangkan UHI atmosfer membutuhkan pengukuran suhu udara, berikut merupakan beberapa pendekatan terhadap UHI.

1. Penginderaan Jauh

Pulau panas permukaan dapat dipelajari dengan menggunakan teknik penginderaan jauh. Penginderaan jauh memungkinkan kita untuk memetakan pola pulau panas perkotaan untuk seluruh kota atau wilayah. Citra infra merah dari lokasi geografis disediakan oleh satelit seperti LANDSAT, atau dengan pengambilan gambar dari kamera termal yang dipasang pada pesawat yang dibuat untuk terbang di atas kota tertentu. Penginderaan jauh untuk pengukuran UHI juga memiliki keterbatasan tertentu. Pertama, mereka tidak menangkap citra termal permukaan vertikal seperti dinding luar bangunan. Kedua, data penginderaan jauh mewakili radiasi yang telah melakukan perjalanan melalui atmosfer dua kali, sebagai panjang gelombang perjalanan dari matahari ke bumi serta dari bumi ke atmosfer. Dengan demikian, data harus dikoreksi untuk memperkirakan secara akurat sifat permukaan termasuk reflektansi matahari dan suhu. Kerugian utama dari pendekatan ini adalah bahwa sensor jarak jauh hanya menangkap pola penyinaran termal ke atas, yang berarti bahwa suhu permukaan yang diamati mungkin berbeda secara signifikan dibandingkan dengan suhu udara aktual di dalam kanopi perkotaan (*Environmental Management & Policy Research Institute, 2017*).

2. Pemodelan Skala Kecil

Prototipe kawasan perkotaan disiapkan sebagai model skala kecil. Prototipe diuji menggunakan perangkat. Pemodelan skala kecil digunakan di Sebagian besar studi UHI untuk memverifikasi, mengkalibrasi, dan meningkatkan model matematika. Kesamaan antara model dan prototipe diperlukan untuk mencapai hasil yang akurat. Namun kelemahan utama adalah biaya dan kesulitan eksperimental menghasilkan stratifikasi termal yang menyerupai atmosfer yang sebenarnya (*Environmental Management & Policy Research Institute, 2017*).

3. Pengukuran Lapangan

Metode yang paling umum untuk memeriksa fenomena UHI adalah melalui sensor untuk mengukur suhu udara sekitar di tempat tertentu selama jangka waktu tertentu (Maghrabi et al., 2021). Untuk studi yang dilakukan di wilayah geografis yang lebih kecil, pengukuran langsung bisa lebih nyaman dan relevan.

Dalam pendekatan ini, pola suhu permukaan dekat di daerah perkotaan diukur dan dibandingkan dengan daerah pedesaan sekitarnya. Studi pertama semacam ini dilakukan oleh Howard pada tahun 1818 untuk kota London. Pendekatan ini juga memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, pengembangan dan pemasangan perangkat pengukuran di sekitar kota adalah tugas yang sangat mahal dan memakan waktu. Kedua, melalui pendekatan jenis ini, hanya sejumlah parameter yang terbatas yang dapat diukur secara bersamaan, sehingga sangat sulit untuk menunjukkan distribusi spasial besaran tiga dimensi di dalam suatu wilayah perkotaan (Kundu & Kumar, 2016).

2.6 Karakteristik *Urban Heat Island*

UHI dapat terjadi pada siang hari dan malam hari, dalam skala kecil maupun besar, maupun pada musim apapun. Terdapat dua jenis pendekatan untuk menilai suhu UHI, yaitu *Surface Temperature* dan *Atmospheric Temperature*. Kedua jenis pulau panas ini mempunyai perbedaan dalam cara pembentukannya (Kundu & Kumar, 2016). Penelitian ini berfokus pada *Surface Temperature*, dimana metode identifikasi yang digunakan adalah pengukuran tidak langsung dengan cara penginderaan jauh. Adapun karakteristik dari dua jenis UHI dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Karakteristik Dasar *Urban Heat Island* (UHI)

Fitur	<i>Surface Temperature</i>	<i>Atmospheric Temperature</i>
Perkembangan Sementara	- Hadir setiap saat, siang dan malam - Paling intens di siang hari dan di musim panas	- Mungkin kecil atau tidak ada di siang hari - Paling intens di malam hari atau dini hari dan di musim dingin
Intensitas Puncak	Lebih banyak variasi spasial dan temporal - Siang hari: 18°F hingga 27°F (10°C hingga 15°C) - Malam hari: 9°F hingga 18°F (5°C hingga 10°C)	Lebih sedikit variasi - Siang hari: -1,8°F hingga 5,4°F (-1°C hingga 3°C) - Malam hari: 12,6°F hingga 21,6°F (7°C hingga 12°C)
Metode Identifikasi	Pengukuran tidak langsung: Penginderaan jauh	Pengukuran langsung
Penggambaran	Gambar termal	- Peta Isoterm - Grafik suhu

Sumber: Kundu & Kumar, 2016

Surface Temperature berpengaruh tidak langsung namun signifikan terhadap temperatur udara, terutama pada lapisan kanopi yang paling dekat dengan permukaan. Misalnya, taman dan area bervegetasi yang biasanya memiliki suhu permukaan yang lebih dingin. Di sisi lain, area yang padat dan terbangun biasanya menyebabkan suhu udara lebih hangat, karena udara bercampur di dalam atmosfer, hubungan antara suhu permukaan dan udara tidak konstan. Suhu udara biasanya bervariasi daripada suhu permukaan di suatu area (Kundu & Kumar, 2016).

2.7 Suhu Permukaan Tanah/*Land Surface Temperature (LST)*

Salah satu parameter penting dalam iklim perkotaan adalah Suhu Permukaan Tanah atau *Land Surface Temperature (LST)* yang secara langsung mengontrol efek UHI (Mwangi et al., 2018). LST merupakan keadaan yang dikendalikan oleh keseimbangan energi permukaan, atmosfer, sifat termal dari permukaan dan media bawah permukaan tanah. Temperatur permukaan suatu wilayah dapat diidentifikasi dari citra satelit yang diekstrak dari saluran termal. Dalam penginderaan jauh, temperatur permukaan tanah dapat didefinisikan sebagai suhu permukaan rata-rata dari suatu permukaan, yang digambarkan dalam cakupan suatu piksel dengan berbagai tipe permukaan yang berbeda (Hayati, 2019.)

Data citra satelit yang diperoleh tidak dapat langsung diolah *digital numbers*, namun harus dilakukan beberapa tahapan konversi terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai suhu permukaan yang sebenarnya. Perhitungan algoritma untuk identifikasi suhu dengan citra satelit LANDSAT menggunakan *band thermal* yaitu saluran *band 10* untuk LANDSAT 8 dan saluran *band 6* untuk LANDSAT 5. Pada LANDSAT 8-OLI lebih baik menggunakan *band 10* daripada *band 11*, karena terdapat gangguan *stray light* pada *band 11*. Algoritma yang digunakan adalah *Mono Window Brightness Temperature* (Fadilla et al., 2017).

Perubahan tutupan lahan mempengaruhi fungsi ekosistem, keanekaragaman hayati, dan iklim, meningkatkan atau menurunkan suhu permukaan lingkungan akibat perbedaan kemampuan setiap objek atau material dalam menerima, menyerap dan memancarkan kembali sinar matahari. Suhu permukaan material di area terbangun berbeda dengan yang ada di daerah non-terbangun, dengan demikian ada hubungan antara tutupan lahan dan suhu permukaan tanah. Berkurangnya

vegetasi dan area terbangun yang dipadati oleh gedung-gedung tinggi di daerah perkotaan telah mengurangi radiasi matahari dan penyerapan karbondioksida, yang beresiko meningkatkan suhu udara. Selain meningkatnya unsur pemantul panas matahari, panas dari aktivitas manusia juga menghasilkan gas rumah kaca, seperti karbondioksida, karbon monoksida, dan metana. Peningkatan suhu udara di daerah perkotaan membentuk pulau-pulau panas dibandingkan dengan suhu udara di daerah pinggiran kota, sehingga pemanasan di perkotaan berkontribusi terhadap pemanasan global. Vegetasi dapat memberikan kontrol iklim mikro dan kenyamanan termal karena pohon membantu menciptakan kondisi lingkungan yang lebih nyaman secara termal atau suhu udara yang lebih rendah. Tutupan vegetasi mengurangi durasi ketidaknyamanan termal hingga lebih dari setengahnya dan membatasi kelebihan panas dari radiasi matahari. Vegetasi dapat mengurangi efek pulau panas perkotaan dan meningkatkan kualitas udara dan kualitas hidup (Adyatma et.al., 2022).

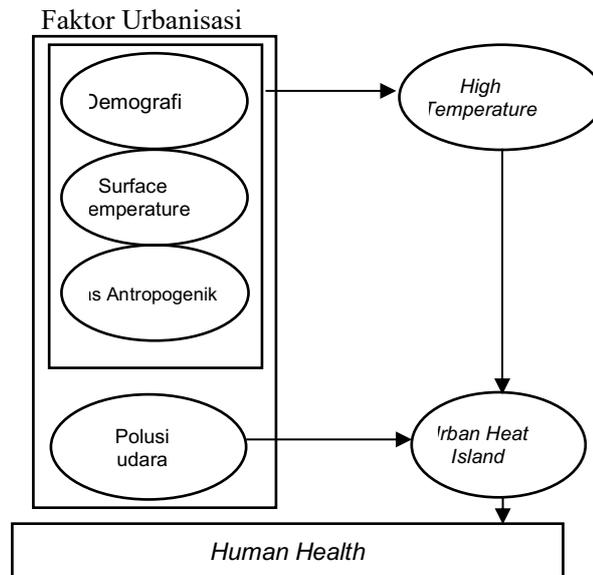
2.8 Efek Panas Terhadap Kesehatan

Percepatan urbanisasi memperburuk efek UHI, dan menyebabkan suhu musim panas yang lebih tinggi dan secara serius merusak kesehatan fisik dan mental penduduk perkotaan. Suhu perkotaan yang merupakan ruang yang sangat intensif untuk kehidupan, berubah lebih cepat daripada di pedesaan. Ketika urbanisasi semakin cepat dan lingkungan termal perkotaan terus berubah, penduduk perkotaan akan menderita akibat gabungan dari pemanasan global dan UHI (Huang et al., 2020).

Pengaruh perubahan iklim makin dirasakan, terutama pada bidang kesehatan, insidensi penyakit terkait paparan panas meningkat seiring dengan suhu lingkungan yang juga meningkat akibat perubahan iklim yang terjadi saat ini (Pambudi & Saftarina, 2019).

Menurut WHO dalam kurun waktu terakhir, suhu dunia mengalami peningkatan yang nyata dan sering muncul dalam bentuk kejadian cuaca ekstrem yang lebih intens. Peningkatan suhu tersebut banyak dihubungkan dengan perubahan iklim yang sedang terjadi saat ini. Perubahan iklim memberikan dampak negatif pada kesehatan dalam banyak hal. Salah satunya dapat mempengaruhi

negara-negara tropis yang mendapatkan paparan sinar matahari lebih banyak (Pambudi & Saftarina, 2019).



Gambar 2.3 Proses Terbentuknya UHI Dan Pengaruh Terhadap Kesehatan Manusia

Sumber: Shahmohamadi et al., 2011

Gambar 2.3 menunjukkan bahwa bertambahnya wilayah perkotaan akan menyebabkan fenomena UHI dan berdampak langsung pada kesehatan manusia. Menurut Shahmohamadi et al., (2011) paparan panas dapat merusak kesehatan dengan meningkatkan resiko cedera penyakit, gangguan terkait stress dan kematian. Pulau panas perkotaan dicirikan oleh peningkatan suhu, yang berpotensi meningkatkan besaran dan durasi paparan panas di dalam kota. Peningkatan suhu pada siang hari, penurunan pendinginan malam hari dan tingkat polusi udara yang lebih tinggi yang terkait dengan pulau panas perkotaan dapat mempengaruhi kesehatan manusia dengan berkontribusi terhadap ketidaknyamanan umum, kesulitan pernapasan, kram panas dan kelelahan, heat stroke non-fatal dan kematian terkait panas (Mirzaei et al., 2020). **Tabel 2.2** menunjukkan efek umum UHI terhadap kesehatan yang telah dikumpulkan dari berbagai pustaka sebelumnya (Arifwidodo et al., 2019).

Tabel 2.2 Efek Umum Kesehatan terkait UHI

Efek Kesehatan Tidak Langsung	Efek Kesehatan Langsung
Peningkatan mortalitas dan morbiditas pada populasi	Penyakit jantung paru; bronkitis kronis; pneumonia Penyakit jantung iskemik Penyakit serebrovaskular Penyakit pernapasan; influenza dan flu biasa
Kualitas hidup lebih rendah	Paparan tekanan panas Kurang tidur Menurunnya aktivitas selama periode panas

Sumber: Arifiwidodo et al., 2019

2.9 Hubungan Panas dan Morbiditas

Melalui fungsi termoregulasi, tubuh manusia dapat mempertahankan suhu intinya meskipun suhu eksternal atau suhu lingkungan bervariasi. Tubuh manusia hanya memiliki kemampuan terbatas untuk mengatasi suhu yang terlalu tinggi. Suhu tubuh normal akan berfluktuasi sekitar 36°C, zona nyaman manusia dari suhu sekitar biasanya berkisar antara 22°C hingga 27°C dan bergantung pada tingkat kelembapan. Suhu yang meningkat sangat mempengaruhi sistem kardiovaskuler dengan menyebabkan sirkulasi darah dan detak jantung yang dipercepat, dan penurunan tingkat tekanan darah. Secara tidak langsung ketika curah jantung yang dihasilkan tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan termoregulasi tubuh manusia maka dapat menyebabkan serangan panas (Fritz, 2021).

Huang et al. (2020), mengatakan bahwa fenomena UHI meningkatkan suhu perkotaan dan menyebabkan peningkatan mortalitas dan morbiditas *cardiovascular disease (CVD)*. Adapun contoh penyakit CVD seperti hipertensi, penyakit jantung iskemik, disritmia jantung, gagal jantung, penyakit serebrovaskular, dan penyakit jantung rematik kronis.

Li et al. (2017), yang memperkirakan pengaruh termal morbiditas CVD dengan observasi dan analisis perspektif menggunakan data suhu harian dan data morbiditas CVD dari tahun 2007 hingga 2013 di Kota Jinan, China, mendapatkan hasil bahwa suhu berpengaruh pada ambang batas maksimum, rata-rata dan minimum terhadap morbiditas dan mortalitas CVD pada suhu 32°C, 28°C dan 24°C. Tekanan berlebih pada jantung akan menjadi ancaman bagi mereka yang memiliki masalah jantung kronis dan apabila mencapai titik kritis pada kaum lansia,

dapat menimbulkan serangan jantung. Bahaya juga mengancam mereka yang mengalami gagal jantung kongestif (CHF), yaitu keadaan di mana jantung tidak dapat memompa darah yang cukup ke seluruh tubuh, sehingga organ-organ utama tidak mendapatkan oksigen atau nutrisi penting. Peningkatan suhu memperburuk kondisi ini, membuat tubuh tidak dapat memberi makan organ vital dengan cukup darah atau mengatur suhu tubuh yang menyebabkan kepanasan dan bahkan kematian (Aghamohammadi & Santamouris, 2022).

Paparan panas juga mempengaruhi penyakit saluran pernapasan. Bukti hubungan antara panas dan morbiditas saluran pernapasan telah teridentifikasi bahwa kejadian panas ekstrem dan gelombang panas berpengaruh terhadap beban penyakit pernapasan, mekanisme pengaruh intensitas UHI dan perubahan pola lanskap perkotaan terhadap penyakit pernapasan menunjukkan bahwa kesehatan penduduk perkotaan dipengaruhi oleh peningkatan suhu lingkungan khususnya gejala-gejala yang dialami oleh penderita ISPA dan asma (Kassomenos & Begou, 2022). Studi terdahulu menemukan Huang et al. (2019), peningkatan 1°C pada suhu rata-rata yang terlihat antara 25°C dan 30°C mengindikasikan terjadi pengaruh terhadap penyakit saluran pernapasan terutama pada kelompok usia 35 – 64 tahun.

National Fibromyalgia Association mendukung hubungan antara paparan panas dengan pengaruh nyeri pada penyakit myalgia karena cuaca ekstrem. Secara umum, banyak orang yang hidup dengan penyakit myalgia memiliki gejala sensitivitas terhadap suhu dan berakibat pada kelelahan dan nyeri pada otot (Fors & Sexton, 2002). Selain itu sensitivitas terhadap suhu panas juga dapat memicu munculnya penyakit migrain, kecemasan dan sakit kepala, ketika suhu panas di musim panas menyerang dapat menyebabkan dehidrasi dan berujung pada terjadinya serangan migrain dan sakit kepala (Li et al., 2017). **Tabel 2.3** memuat daftar penyakit akibat panas paling umum.

Tabel 2.3 Penyakit umum akibat panas

Penyakit Akibat Panas	Gejala
Dehidrasi	Pusing
	Kelelahan
	Mudah tersinggung
	Haus
	Pingsan
Kram Panas	Berkeringat lebih

Penyakit Akibat Panas	Gejala
	Kram otot yang menyakitkan biasanya terjadi di kaki dan otot perut
Kelelahan panas	Sakit kepala dan pusing
	Mual dan muntah
	Kelelahan dan kegelisahan

Sumber: *NSW Health Environmental Health*, 2013

2.10 Resiko Morbiditas Terkait Panas

Penyakit terkait paparan panas, pada dasarnya dapat dicegah dan diobati, namun bisa menjadi fatal jika gejala tidak ditangani tepat waktu, hingga yang paling buruk dapat menyebabkan kematian (Pambudi & Saftarina, 2019).

Angka kesakitan atau morbiditas merupakan indikator penting yang digunakan untuk penilaian dan perencanaan program yang bertujuan untuk menurunkan kesakitan dan kematian di suatu wilayah. Tingkat angka kesakitan mempunyai peranan yang lebih penting dibandingkan angka kematian karena apabila angka kesakitan tinggi maka akan memicu kematian sehingga otomatis menyebabkan angka kematian tinggi. Sehingga, morbiditas dapat digunakan untuk menggambarkan keadaan kesehatan secara umum (Wulandari et al., 2017).

Risiko morbiditas terkait panas perkotaan akan meningkat selama dekade mendatang, karena perubahan iklim berlanjut dan urbanisasi meningkat. Efek kesehatan dari kejadian paparan panas akan berpotensi mempengaruhi sistem kesehatan yang nantinya menimbulkan konsekuensi efek negatif. Sifat dan besarnya risiko bergantung pada bahaya yang ditimbulkan oleh perubahan iklim, serta paparan dan kepekaan individu dan masyarakat. Pulau panas perkotaan dapat mempengaruhi kesehatan secara langsung dan tidak langsung. Studi sebelumnya menemukan bahwa peningkatan panas memiliki efek langsung pada morbiditas dan mortalitas, ketika terjadi peristiwa panas yang ekstrim. Selain itu terdapat sebuah studi yang mengatakan jika peningkatan paparan terhadap panas ekstrim terjadi maka efek pulau panas perkotaan akan mengancam permukiman perkotaan yang sedang berkembang pesat (Tong et al., 2021). Sebelumnya, menurut Dai & Liu (2022), mengatakan secara khusus suhu dan kelembaban yang tinggi lebih kuat mempengaruhi kematian akibat penyakit pernapasan dan penyakit kardiovaskuler. Dalam penelitiannya, mereka memilih fokus pada kedua jenis penyakit tersebut. Mekanisme respon UHI terhadap beban morbiditas adalah ketika suhu udara

meningkat, dan fungsi tubuh manusia terpengaruh. Kegagalan tubuh manusia untuk beradaptasi dengan suhu tinggi setelah terpapar menyebabkan peningkatan jumlah penyakit (Huang et al., 2019). Selain itu kesehatan penduduk perkotaan dipengaruhi secara signifikan sebagai respon terhadap meningkatnya intensitas UHI dengan perluasan kota yang terus menerus (Huang et al., 2019). Oleh karena itu, tingkat dan ukuran daerah yang terkena penyakit terus berkembang.

2.11 Mitigasi *Urban Heat Island*

Tekanan perubahan iklim, pertumbuhan penduduk dan urbanisasi yang meningkat akan membutuhkan upaya bersama untuk mengurangi UHI untuk mencoba menghindari resiko terkait panas yang berbahaya di masa depan. Hal-hal yang harus dilakukan untuk menghadapi perubahan iklim mikro perkotaan akibat UHI ini antara lain adalah sebagai berikut (Sari, 2021), yaitu:

1. Adaptasi, hal ini bertujuan untuk meminimalisasi dampak yang telah terjadi, mengantisipasi resiko sekaligus mengurangi biaya yang harus dikeluarkan akibat perubahan iklim (Sari, 2021).
2. Mitigasi (pencegahan), adalah usaha untuk mengurangi efek Urban Heat Island sehingga dapat memperlambat laju peningkatan suhu permukaan perkotaan (Sari, 2021).

Adapun Langkah-langkah mitigasi untuk mengurangi intensitas UHI dapat dilakukan dalam beberapa bentuk, misalnya melalui bentuk refleksi energi matahari yang masuk di perkotaan dan meminimalkan penyerapan panas oleh material perkotaan, atau dengan meningkatkan evapotranspirasi dengan menyediakan permukaan hijau yang lebih alami dan meningkatkan ketersediaan air. Sedangkan untuk langkah adaptasi dapat dibantu oleh intervensi kesehatan masyarakat seperti sistem peringatan kesehatan panas. Tingkat adaptasi penduduk perkotaan sangat dipengaruhi oleh perilaku penduduk dan bagaimana masyarakat melakukan aktivitas sehari-hari secara umum, serta Langkah-langkah kebijakan nasional dan lokal. Untuk mewujudkan kota yang berkelanjutan dan sehat, perencana kota harus mengutamakan kebijakan yang berfungsi untuk mengurangi dampak perubahan

iklim di masa depan dengan meningkatkan kesehatan penduduk yang berpotensi membawa manfaat ekonomi (Heaviside, 2020).

1. Meningkatkan reflektifitas material perkotaan untuk mengurangi panas perkotaan.

Modifikasi material perkotaan, misalnya dengan menggunakan pelapis reflektif untuk bangunan dan jalan dengan potensi mengurangi jumlah energi yang tersimpan, untuk membantu menurunkan suhu perkotaan di musim panas (Heaviside, 2020).

2. Infrastruktur hijau

Infrastruktur hijau untuk mengurangi efek UHI dapat mencakup peningkatan area taman dan rekreasi, peningkatan fraksi hijau dari area perkotaan, penggunaan dinding hijau dan penanaman pohon. Solusi berbasis alam ini dapat mengurangi suhu lokal melalui peningkatan evapotranspirasi, tetapi kemungkinan memiliki manfaat lain. Misalnya, manfaat kesejahteraan bagi masyarakat perkotaan mengakses ruang hijau (Heaviside, 2020).

3. Perencanaan lingkungan perkotaan masa depan

Pengembangan kawasan perkotaan baru harus dirancang secara cermat dan berkesinambungan agar tidak terjadi kesalahan di masa lalu. Tindakan menghindari dampak bencana perlu dilakukan khususnya di kota-kota besar dan kecil. Selain itu, dengan memperbaiki lingkungan dan tata cara hidup kita dapat menangani penyebab kesehatan yang buruk secara terpadu (Heaviside, 2020).

2.12 Penelitian Terdahulu

Berbagai studi UHI telah dilakukan di kota-kota maju dan berkembang untuk menilai dampak UHI terhadap kesehatan manusia. Dalam sebagian besar studi pustaka yang dilakukan penulis, perubahan suhu permukaan perkotaan merupakan salah satu penyebab terjadinya gejala penyakit terkait panas, hal ini telah dibuktikan oleh beberapa penelitian yang ditunjukkan pada **Tabel 2.4** di bawah ini.

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu

Nama dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Persamaan	Perbedaan	Hasil	Sumber
<i>“Temperature and non-communicable diseases: Evidence from Indonesia’s primary health care system”</i> (Fritz, 2021)	<ul style="list-style-type: none"> - Mengkaji dampak suhu terhadap kesehatan dengan fokus pada morbiditas terkait PTM dalam konteks Indonesia. - Mempelajari bagaimana suhu rata-rata harian mempengaruhi jumlah kunjungan kesehatan harian untuk penyebab penyakit kardiovaskuler dan penyakit pernapasan kronis di seluruh Indonesia pada 	menghubungkan jumlah kunjungan harian di suatu kabupaten dengan suhu harian setempat	Melihat hubungan antara suhu dan efek morbiditas pada penyakit tidak menular seperti penyakit kardiovaskuler dan pernafasan	<ul style="list-style-type: none"> - Menilai efek suhu pada morbiditas yang diprosikan dengan kunjungan ke pelayanan kesehatan primer. - Memberikan prediksi peningkatan kunjungan kesehatan dan biaya Jaminan Kesehatan nasional (JKN) terkait skenario perubahan iklim di masa mendatang 	<ul style="list-style-type: none"> - Suhu tinggi meningkatkan beban kesehatan di tingkat perawatan kesehatan primer karena morbiditas akibat panas secara signifikan meningkatkan penggunaan perawatan kesehatan. - Suhu di atas 30°C, meningkatkan jumlah kunjungan penyakit kardiovaskuler dibandingkan ketika suhu berada antara 25,5°C dan 27°C. 	<i>Journal of Health Economics</i> Wiley 2022; 31:2445–2464.

Nama dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Persamaan	Perbedaan	Hasil	Sumber
<p>“Morbidity burden of respiratory diseases attributable to ambient temperature: a case study in subtropical city in China” (Zhao et al., 2019)</p>	<p>tahun 2015 dan 2016.</p> <p>- Menguji hubungan antara suhu lingkungan dan kunjungan rawat jalan rumah sakit untuk penyakit pernapasan, bronkiektasis, PPOK dan asma.</p> <p>- Mengukur beban morbiditas yang disebabkan oleh peningkatan suhu</p>	<p>Menggunakan model regresi poisson dan model lag linear untuk memperkirakan hubungan antara suhu rata-rata dan morbiditas dari kunjungan rawat jalan terkait penyakit pernapasan.</p>	<p>Mengukur hubungan suhu dan morbiditas dari kunjungan rawat jalan terkait penyakit pernapasan.</p>	<p>Menggunakan model regresi poisson dan lag linear untuk menentukan hubungan suhu rata-rata dan morbiditas dari kunjungan rawat jalan terkait penyakit pernapasan.</p>	<p>Hasil penelitian ini menunjukkan sebagian beban morbiditas penyakit pernapasan total disebabkan oleh panas sedang.</p>	<p><i>Journal of Environmental Health</i> (2019) 18:89</p>
<p>“Assessment of Urban Land Surface Temperature and Vertical City Associated with Dengue Incidences”</p>	<p>Mengeksplorasi hubungan antara LST akibat pembangunan vertikal perkotaan di tiga zona (<i>Inner, suburban</i></p>	<p>Menggunakan analisis statistik spasial untuk mempertimbangkan hubungan LST perkotaan dengan kejadian DBD.</p>	<p>Mengukur hubungan LST dan kejadian demam berdarah menggunakan analisis korelasi pearson</p>	<p>Mengukur tiga zona perkotaan (<i>Inner, Suburban and Urban Fringe</i>)</p>	<p>Hasil penelitian ini menemukan korelasi tinggi antara kepadatan bangunan tinggi yang memiliki pengaruh signifikan terhadap LST</p>	<p><i>MDPI: Journal of Remote Sensing</i> 2020, 12, 3802</p>

Nama dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Persamaan	Perbedaan	Hasil	Sumber
(Nakhapakorn et al., 2020)	and <i>urban fringe</i>) dan kejadian demam berdarah di Bangkok	Metode perhitungan LST didasarkan pada citra LANDSAT pada tahun 2009 dan 2014. Korelasi Pearson dan pemodelan hirarki Bayesian digunakan untuk memprediksi kejadian demam berdarah.			dan kejadian demam berdarah.	
“ <i>Short-term Effects of Summer Temperature On Mortality in Portugal: A Time-Series Analysis</i> ” (Almeida, Casimiro, & Analitis, 2013)	Studi ini bertujuan untuk menentukan efek jangka pendek panas terhadap kematian di dua kota terpadat di Portugal: Lisbon dan Oporto.	Metode yang digunakan adalah estimasi umum Generalized Estimating Equations (GEE) Poisson digunakan untuk memperkirakan dampak suhu maksimum pada kematian harian di Musim Panas.	Menyelidiki hubungan dan efek suhu tinggi terhadap angka mortalitas	Menghitung angka resiko relatif menggunakan regresi poisson	Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu tinggi memiliki dampak cukup besar terhadap penyakit pernapasan dan kelompok lansia adalah kelompok yang paling rentan.	<i>Journal of Toxicology and Environmental Health Part A: Current Issues</i>

Nama dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Persamaan	Perbedaan	Hasil	Sumber
“ <i>Climate change, heat and mortality in the tropical urban area of San Juan, Puerto Rico</i> ” (Méndez-Lázaro et al., 2018)	Studi ini meneliti efek panas perkotaan di dua kotamadya (San Juan dan Bayamon) di wilayah metropolitan pada kematian secara keseluruhan dan penyebab spesifik di antara populasi 2009 – 2013)	- Pemodelan hubungan antara peningkatan suhu permukaan udara pada penyebab spesifik kematian dilakukan. - Metode regresi poisson digunakan untuk menjelaskan resiko kematian.	Menyelidiki hubungan antara peningkatan suhu permukaan dan penyakit kardiovaskular, hipertensi, diabetes, stroke, pernapasan, pneumonia dan penyakit ginjal.	Menggunakan model regresi poisson untuk menentukan hubungan	Hasil penelitian menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam pengaruh suhu tinggi terhadap kematian, selama musim panas 2012 dan 2013. Stroke dan penyakit kardiovaskuler adalah penyebab utama kematian yang paling terkait dengan peningkatan suhu musim panas.	<i>Journal of Springer Biometeorol</i>
“ <i>Spatio Temporal Mechanism of Urban Heat Island Effect on Human Health-Evidence from Tianjin city of China</i> ” (Huang et al., 2020)	Tujuan penelitian ini adalah melihat hubungan antara perubahan iklim dan resiko kesehatan manusia di Kota Tianjin Cina	Penelitian ini menerapkan metode statistik dan penginderaan jauh dalam memperoleh suhu perkotaan. Selain itu digunakan pendekatan studi epidemiologi untuk melihat hubungan antara perubahan	Menggunakan metode penginderaan jauh dalam memperoleh suhu perkotaan. Menggunakan pendekatan epidemiologi untuk menentukan hubungan dan	Menilai hubungan suhu perkotaan dan penyakit kesehatan mental.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa gelombang panas lebih kuat mempengaruhi penyakit kardiovaskuler dan pernapasan. Selain itu, selama gelombang panas, pasien dengan penyakit kronis, seperti gangguan mental dan penyakit paru-paru	<i>Journal Frontier in Ecology and Evolution</i>

Nama dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Persamaan	Perbedaan	Hasil	Sumber
		iklim dan resiko kesehatan manusia.	resiko antara perubahan suhu dan kesehatan manusia		berada pada resiko yang lebih tinggi.	

Sumber: Analisis Penulis, 2022

2.13 Kerangka Konsep

