

SKRIPSI

**KONSEP PENINGKATAN KENYAMANAN TERMAL
DALAM LINGKUNGAN PERMUKIMAN
KECAMATAN PANAKKUKANG
KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh :

RHARA DHARMAWAN NOER

D52116004



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

2022

LEMBAR PENGESAHAN (SKRIPSI)
KONSEP PENINGKATAN KENYAMANAN TERMAL
DALAM LINGKUNGAN PERMUKIMAN
KECAMATAN PANAKKUKANG
KOTA MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh

RHARA DHARMAWAN NOER
D521 16 004

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Perencanaan Wilayah dan
Kota Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
pada tanggal 18 Mei 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan



Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Shirly Wunas

Prof. Dr. Ir. Shirly Wunas, DEA
NIDK: 8 8 0 3 5 6 0 0 1 8

Mimi Arifin

Dr. Ir. Hj. Mimi Arifin, M.Si
NIP: 19661218 199303 2 001

Ketua Program Studi Perencanaan wilayah dan kota
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Ir. Abdulrachman Rasyid, S.T., M.Si
NIP. 19741006 200812 002

Konsep Peningkatan Kenyamanan Termal Dalam Lingkungan Permukiman Kecamatan Panakkukang Kota Makassar

Rhara Dharmawan Noer¹, Shirly Wunas², Mimi Arifin³

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

²Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Email: shirly_wunas@yahoo.co.id

³Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Email: mimiarifin@yahoo.com

ABSTRAK

Wilayah dengan iklim tropis memiliki permasalahan lingkungan yaitu cuaca panas yang disebabkan oleh suhu udara dan suhu permukaan bumi yang terus meningkat tiap tahunnya. Hal ini dapat menimbulkan ketidaknyamanan termal khususnya pada lingkungan permukiman. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi suhu dan kelembaban udara, mengidentifikasi kenyamanan termal berdasarkan nilai indeks dan persepsi penghuni, menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kenyamanan termal, dan menjabarkan konsep peningkatan kenyamanan termal di permukiman Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar. Data yang digunakan diperoleh dari hasil observasi dan wawancara. Pengukuran suhu dan kelembaban udara dilakukan dengan menggunakan *Termohygrometer* HTC-2 yang diletakkan pada pekarangan rumah. Data yang diperoleh diolah untuk mengetahui nilai indeks kenyamanan termal THI (*Temperature Humidity Index*). Analisis pengaruh faktor kepadatan bangunan, bentuk vegetasi, kerimbunan daun, persentase luas lahan terbangun, persentase luas lahan terbuka, jenis material permukaan, dan kerapatan mutlak vegetasi terhadap suhu dan kelembaban udara didapatkan melalui perhitungan uji regresi non-linear. Hasil penelitian menjelaskan bahwa nilai indeks kenyamanan (THI) dan persepsi penghuni/masyarakat pada lokasi penelitian sama-sama menunjukkan ketidaknyamanan secara termal. Hal tersebut terbukti secara statistik dipengaruhi oleh faktor kepadatan bangunan yang tinggi, keterbatasan ruang terbuka hijau privat atau publik dan kurangnya jalur hijau. Pengadaan ruang terbuka hijau terbukti dapat meningkatkan kenyamanan secara termal di lingkungan permukiman. Kenyataannya, kepadatan bangunan yang tinggi di lokasi penelitian tidak memungkinkan lagi untuk diselesaikan karena hal tersebut merupakan suatu *building*, tetapi tingginya suhu dapat diminimalisir dengan penanaman vegetasi pohon, semak/perdu dan *cover ground* (rumput) pada halaman rumah atau secara vertikal pada dinding, pagar, dan atap rumah.

Kata kunci: Kenyamanan termal, Permukiman, Suhu, Lingkungan

Thermal Comfort Concept In a Settlement Of Panakkukang District Makassar City

Rhara Dharmawan Noer¹, Shirly Wunas², Mimi Arifin³

¹Departemen Of Urban and Regional Planning, Engineering Faculty, Hasanuddi University. Email: rhadardharmawannbp@gmail.com

²Departemen Of Urban and Regional Planning, Engineering Faculty, Hasanuddi University. Email: shirly_wunas@yahoo.co.id

³Departemen Of Urban and Regional Planning, Engineering Faculty, Hasanuddi University. Email: mimiarifin@yahoo.com

ABSTRACT

Areas with a tropical climate have a common environmental issue; hot weather caused by air temperature and the earth's surface temperature, increasing annually. This can cause thermal discomfort, especially in residential areas. This study aims to identify air temperature and humidity, identify thermal comfort based on occupants' perceptions, analyze factors that influence thermal comfort, and describe the concept of increasing thermal comfort in settlements in Panakkukang District, Makassar City. The data used were obtained from observations, interviews, and data measurements in the location. Air temperature and humidity measurement was carried out using an HTC-2 Thermohygrometer placed in the house's yard. The data obtained were processed to determine the value of the thermal comfort index THI (Temperature Humidity Index). Analysis of influential factors; building density, vegetation forms, leaf density, built land percentage, open space land surface materials' type, and density of vegetation on air temperature and humidity were done through statistical calculations in non-linear regression tests. The study results explain that the value of the comfort index (THI) and the perception of the occupants/community at the study site both indicate thermal discomfort. This is statistically proven to be influenced by factors of high building density, limited private or public green open space, and the lack of green lines. The procurement of green open space is proven to increase thermal comfort in residential areas. The high density of buildings at the research site is no longer possible because it is already a building, but the high temperature can be minimized by planting trees, shrubs, and covering the ground (grass) in the yard or vertically on the walls, fences, and roofs.

Keywords: *Thermal Comfort, Settlement, Temperature, Environment*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Puji syukur kehadiran *Allah Subhanahu wa Ta'ala* yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Konsep Peningkatan Kenyamanan Termal Dalam Lingkungan Permukiman Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar” ini dapat terselesaikan. Adapun tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi persyaratan penyelesaian studi pada Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

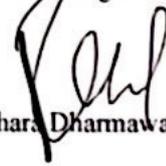
Tugas akhir yang memuat penelitian mengenai kenyamanan termal ini didasari oleh kepedulian terhadap lingkungan sehingga diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi masyarakat luas, terutama bagi masyarakat yang tinggal di lingkungan permukiman yang terkena dampak dari ketidaknyamanan termal akibat meningkatnya temperatur udara.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini memiliki banyak kekurangan dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis dalam mendeskripsikan secara lebih mendalam mengenai hasil penelitian yang didapatkan sehingga kritik yang membangun dan saran dari pembaca sangat diharapkan guna menyempurnakan penelitian selanjutnya. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Gowa, 30 April 2022

Yang Menyatakan



(Rhara Dharmawan Noer)

Sitasi dan Alamat Kontak:

Dharmawan, Rhara 2022. *Konsep Peningkatan Kenyamanan Termal dalam Lingkungan Permukiman Kecamatan Panakkukang Kota Makassar*. Skripsi Sarjanan, Prodi S1 PWK Universitas Hasanuddin. Makassar.

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

v

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : Rhara Dharmawan Noer
NIM : D521 16 004
Departemen : Perencanaan Wilayah dan Kota
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Konsep Peningkatan Kenyamanan Termal Dalam Lingkungan Permukiman Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar

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

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

Makassar, 18 Mei 2022

Yang Menyatakan


Rhara Dharmawan Noer

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran *Allah Subhanahu wa Ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya serta shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada *Rasulullah Shallallahu 'alaihi wasallam*.

Skripsi yang berjudul **“KONSEP PENINGKATAN KENYAMANAN TERMAL DALAM LINGKUNGAN PERMUKIMAN KECAMATAN PANAKKUKANG, KOTA MAKASSAR”** merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana teknik pada Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin. Terciptanya skripsi ini tidak lepas dari partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada :

1. Kedua Orang tua tercinta (Abdul Kadir dan Noer Bettye), terima kasih atas cinta, doa, waktu, tenaga, dukungan dan segalanya yang tiada hentinya kepada penulis;
2. Saudara terkasih (Rhara Ayu Samudra) atas doa, kesabaran dan pengabdian kepada penulis;
3. Pemerintah dalam hal ini Kementerian Riset dan Pendidikan Tinggi atas bantuan materil selama masa perkuliahan melalui Program Beasiswa Bidikmisi;
4. Rektor Universitas Hasanuddin (Ibu Prof. Dwia Aries Tina Pulubuhu, M.A.) atas nasihat, dukungan dan semua fasilitas kampus yang diberikan;
5. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT) atas nasihat dan dukungannya;
6. Kepala Departemen sekaligus Ketua Prodi S1 – Perencanaan Wilayah dan Kota (PWK) Universitas Hasanuddin (Bapak Dr. Eng. Abdul Rachman Rasyid, ST., M.Si.) atas ilmu, kasih sayang, nasihat, dukungan, serta bimbingan yang diberikan selama penulis menjadi mahasiswa PWK.

7. Sekretasi Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin (Sri Aliah Ekawati, ST., MT) atas ilmu, bimbingan dan dukungan selama penulis menempuh pendidikan;
8. Dosen Penasihat Akademik sekaligus Dosen Pembimbing 1 (Ibu Prof. Dr. Ir. Shirly Wunas, DEA) atas arahan, saran, motivasi, semangat dan bimbingannya yang telah diberikan kepada penulis;
9. Dosen Pembimbing 2 (Ibu Dr. Ir. Hj. Mimi Arifin, M.Si) atas ilmu, nasihat, arahan, waktu dan bimbingannya;
10. Kepala Studio (Ibu Dr. techn. Yashinta K D. Sutopo, S.T., MIP) atas motivasi, bimbingan, dan perhatiannya;
11. Dosen Penguji 1 (Bapak Dr. Ir. Arifuddin Akil, MT) atas waktu, tenaga, ilmu, kritik dan saran yang sangat membangun dalam penyempurnaan tugas akhir ini;
12. Dosen Penguji 2 (Ibu Jayanti Mandasari Andi Munawarah Abdu, ST., M.Eng) atas waktu, tenaga, ilmu, kritik dan saran yang sangat membangun dalam penyempurnaan tugas akhir ini;
13. Bapak dan Ibu Dosen LBE Perumahan dan Permukiman (Ibu Dr. Wiwik Wahidah Osman, ST., MT., dan Bapak Gaffar Lakatupa, ST., M.Eng) yang telah memberikan dukungan dan bimbingan kepada penulis;
14. Seluruh Dosen Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin atas waktu, ilmu dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan;
15. Seluruh Staf Administrasi dan pelayanan Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin (Ibu Martini) atas motivasi, dukungan dan keceriaannya, serta (Bapak Haerul Muayyar, S.Sos dan Bapak Sawalli B) atas bantuan dalam kelengkapan administrasi, serta kesabarannya;
16. Saudara RADIUS 2016 atas doa, cerita, kebersamaan, semangat, pengalaman,

dukungan, dan waktu yang diberikan. Terima kasih telah menemani hari-hari penulis selama lebih dari 4 tahun;

17. Teman-teman Posko Kuliah Kerja Nyata Reguler Kelurahan Palette (Dienah Nahwihatika, S.Pi., Fita Anggraini, S.S., Zulfikar, S.S., Anggun, Ernin, Cahyadi Surachman, ST, Gaffar Rakha, ST dan Muhammad Ghandy) atas kebersamaan, dukungan, motivasi dan pengalaman berharganya saat pelaksanaan KKN;
18. Keluarga besar HPMM KOM.UNHAS atas motivasi, dukungan, pengalaman dan kebersamaannya selama ini;
19. Teman-teman yang telah membantu dalam proses pengumpulan data (Rio, Fredy Bongga, Andi Vicky, Adzan, Idris dan Ari) atas waktu dan bantuannya;
20. Senior-senior angkatan 2013, 2014, dan 2015 atas doa, nasihat, bantuan, saran, motivasi, dan dukungan yang telah diberikan;
21. Keluarga besar HMPWK FT-UH atas kebersamaan dan pengalaman yang sangat berharga;
22. Adik-adik SPASIAL17, RASTER18 dan SEKTOR19 atas kebersamaa, doa dan hiburannya;
23. Seluruh masyarakat Permukiman Sukaria atas dukungan, doa dan keramahannya selama proses pengumpulan data, dan
24. Kepada seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terima kasih telah turut membantu dan mendukung penulis untuk menyelesaikan tugas akhir pada jenjang strata satu.

Penulis menyadari bahwa ucapan terima kasih tak akan mampu membalas kebaikan dan keikhlasan hati pihak-pihak terkait. Hanya untaian doa yang dapat dihanturkan, semoga *Allah Subhanahu wa Ta'ala* memberikan imbalan yang berlipat ganda atas segala bantuan. *Aamiin*.

DAFTAR ISI

SAMPUL SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR).....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
1.6 <i>Output</i> Penelitian.....	6
1.7 <i>Outcome</i> Penelitian.....	6
1.8 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Iklim	8
2.1.1 Definisi Iklim.....	8
2.1.2 Variabel Iklim.....	8
2.2 Suhu Permukaan.....	13
2.3 Suhu Permukaan Lahan (<i>Land Surface Temperature</i>).....	14
2.4 Perubahan Iklim.....	16

2.4.1	Penyebab Perubahan Iklim.....	17
2.4.2	Dampak Perubahan Iklim.....	18
2.5	Iklim Mikro.....	18
2.6	Unsur-unsur Iklim Mikro.....	19
2.7	Perumahan.....	19
2.7.1	Rumah Sehat.....	20
2.7.2	Rumah Tidak Sehat.....	21
2.7.3	Pengaruh Suhu dan Kelembaban Terhadap Kesehatan.....	21
2.7.4	Pengaruh Kenaikan Suhu Terhadap Konsumsi Energi.....	22
2.8	Kualitas Permukiman.....	23
2.9	Kepadatan Bangunan.....	23
2.10	Ruang Terbuka Hijau.....	24
2.10.1	Pengaruh tata vegetasi terhadap peningkatan kualitas termal.....	25
2.11	Ruang Terbuka Hijau Pada Bangunan dan Perumahan.....	26
2.11.1	Pengaruh tata hijau terhadap suhu dan kelembaban pada bangunan.....	28
2.11.2	Pengaruh <i>Vertical Garden</i> terhadap termal bangunan	29
2.12	Peran Ruang Terbuka Hijau.....	30
2.13	Tutupan Lahan (<i>Land Cover</i>).....	30
2.14	Perubahan Penutup Lahan.....	30
2.15	Kenyamanan Termal.....	31
2.16	Kenyamanan Termal Daerah Tropis Lembab.....	31
2.17	Pengolahan Data Kenyamanan Termal Permukiman.....	32
2.18	<i>Temperature Heat Index (THI)</i>	32
2.19	<i>Eco-Settlement</i> : Permukiman Tropis Berkonsep hijau.....	33
2.20	<i>Urban Farming</i>	34
2.21	<i>Roof Garden</i>	34
2.22	<i>Green Roof</i>	34
2.23	Penelitian Terdahulu	35
2.24	Kerangka Konsep.....	40

BAB III METODE PENELITIAN.....	42
3.1 Jenis Penelitian.....	42
3.2 Lokasi Penelitian.....	42
3.3 Jenis dan Teknik Pengumpulan Data.....	45
3.3.1 Data Primer.....	45
3.3.2 Data Sekunder.....	46
3.4 Populasi dan Sampel.....	48
3.5 Variabel Penelitian.....	51
3.6 Teknik Analisis Data.....	54
3.6.1 Pertanyaan Penelitian Pertama.....	54
3.6.2 Pertanyaan Penelitian Kedua.....	55
3.6.3 Pertanyaan Penelitian Ketiga.....	60
3.7 Defenisi Operasional.....	61
3.8 Kerangka Penelitian.....	62
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	64
4.1 Gambaran Umum Wilayah Studi.....	64
4.1.1 Kota Makassar.....	64
4.1.2 Kecamatan Panakkukang.....	68
4.1.3 Permukiman Sukaria.....	68
4.1.4 Analisis Karakteristik Bangunan.....	76
4.2 Analisis Kenyamanan Termal.....	77
4.2.1 Indeks Kenyamanan Termal.....	77
4.2.2 Persepsi Penghuni Terhadap Kenyamanan Termal.....	80
4.3 Analisis Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Termal(Suhu dan Kelembaban) di Lingkungan Permukiman.....	104
4.4 Uji Asumsi Klasik.....	111
4.5 Uji Regresi Non-Linear.....	113
4.5.1 Pengaruh Variabel Kondisi Lingkungan Terhadap Suhu Udara (Y1).....	113
4.5.2 Pengaruh Variabel Kondisi Lingkungan Terhadap Kelembaban Udara (Y2).....	117

4.6	Strategi Pengendalian Suhu dan Kelembaban Udara Sebagai Upaya Meningkatkan Kenyamanan Termal Lingkungan Permukiman.....	122
4.7	Analisis Penerapan Konsep.....	125
4.7.1	Arahan Konsep <i>Vertical Garden</i>	127
4.7.2	Arahan Konsep Taman Atap.....	130
4.7.3	Visualisasi Penataan Vegetasi atau Penerapan Konsep Berdasarkan Karakteristik Bangunan dan Lingkungan Permukiman Sukaria Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar.....	133
	BAB V PENUTUP.....	139
5.1	Kesimpulan.....	139
5.2	Saran.....	140
	DAFTAR PUSTAKA.....	141
	LAMPIRAN.....	144
	<i>CURRICULUM VITAE</i> PENULIS.....	163

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pengaruh Tata Vegetasi Terhadap Termal.....	26
Gambar 2.2	Persentase Kerimbunan Daun.....	28
Gambar 2.3	Kerangka Konsep Penelitian.....	41
Gambar 3.1	Peta Orientasi Lokasi Penelitian.....	43
Gambar 3.2	Peta Lokasi Penelitian.....	44
Gambar 3.3	Tampilan Alat Pengukuran Digital <i>Thermohygrometer</i> <i>HTC-2</i>	46
Gambar 3.4	Peta Titik Pengamatan.....	47
Gambar 3.5	Diagram Alir Pengolahan Data Kenyamanan Termal.....	54
Gambar 3.6	Model Pengujian.....	56
Gambar 3.7	Kerangka Penelitian.....	63
Gambar 4.1	Peta Administrasi Kota Makassar.....	67
Gambar 4.2	Peta Suhu Permukaan Tanah Kota Makassar Tahun 2019..	67
Gambar 4.3	<i>Photo Mapping</i> Kondisi Jalan Permukiman Sukaria.....	70
Gambar 4.4	Vegetasi Pohon dan Semak/Perdu.....	72
Gambar 4.5	Kondisi Bangunan Rumah.....	73
Gambar 4.6	Sarana Perdagangan dan Jasa.....	74
Gambar 4.7	Sarana Peribadatan.....	74
Gambar 4.8	Peta Fungsi Bangunan.....	75
Gambar 4.9	Model/Gaya Bangunan.....	76
Gambar 4.10	Penampakan Sempadan Bangunan.....	76
Gambar 4.11	Material Dinding Bangunan.....	77
Gambar 4.12	Jenis Material Pagar.....	77
Gambar 4.13	Grafik Perbandingan Nilai Indeks Kenyamanan Termal...	79
Gambar 4.14	Kesesuaian Kerapatan bangunan.....	104
Gambar 4.15	Persentase Jenis Vegetasi Area Pekarangan.....	105
Gambar 4.16	Persentase Kerimbunan Pada Vegetase Pohon.....	106
Gambar 4.17	Persentase Lahan Terbangun.....	107
Gambar 4.18	Persentase Lahan Terbuka.....	107

Gambar 4.19	Material Permukaan Lahan Terbuka.....	108
Gambar 4.20	Persentase Kerapatan Vegetasi.....	109
Gambar 4.21	P-Plot Uji Normalitas	111
Gambar 4.22	Visualisasi Arahan pengadaan jalur hijau.....	134
Gambar 4.23	Visualisasi Arahan <i>Vertical Garden</i> pada gang/lorong.....	135
Gambar 4.24	Visualisasi Arahan <i>Vertical Garden</i> pada bangunan rumah	136
Gambar 5.25	Visualisasi Arahan <i>Vertical Garden</i> pada pagar	137
Gambar 5.26	Visualisasi Arahan <i>Roof Garden</i>	138

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Nilai <i>Temperature Humidity Index</i> (THI).....	32
Tabel 2.2	Kriteria Eco-Settlement.....	33
Tabel 2.3	Penelitian Terdahulu.....	37
Tabel 3.1	Sampel Penelitian.....	49
Tabel 3.2	Kebutuhan Data Penelitian.....	52
Tabel 3.3	Nilai Berdasarkan Klasifikasi.....	56
Tabel 4.1	Rata-rata Suhu Udara Kota Makassar Tahun 2021.....	66
Tabel 4.2	Kondisi Jalan di Lingkungan Permukiman Sukaria.....	48
Tabel 4.3	Jenis Vegetasi di Lingkungan Permukiman Sukaria.....	71
Tabel 4.4	Data Suhu dan Kelembaban Udara Titik Pengamatan 1....	78
Tabel 4.5	Persepsi Penghuni Terhadap Kenyamanan Termal.....	81
Tabel 4.6	Hubungan Nilai indeks THI dengan persepsi kenyamanan dalam ruang.....	81
Tabel 4.7	Penyederhanaan tabel kontingensi nilai THI dengan Persepsi kenyamanan termal dalam rumah.....	82
Tabel 4.8	<i>Fisher exact test</i> indeks THI dengan persepsi kenyamanan termal dalam rumah.....	83
Tabel 4.9	Hubungan Nilai THI dengan persepsi kenyamanan di luar rumah.....	84
Tabel 4.10	Penyederhanaan tabel kontingensi nilai THI dengan persepsi kenyamanan termal di luar rumah.....	85
Tabel 4.11	<i>fisher exact test</i> indeks THI dengan persepsi kenyamanan termal di luar rumah.....	86
Tabel 4.12	Kerapatan bangunan*Persepsi kenyamanan dalam rumah..	87
Tabel 4.13	Penyederhanaan tabel kontingensi variabel kerapatan bangunan dengan kenyamanan dalam rumah.....	88
Tabel 4.14	<i>Fisher exact test</i> kerapatan bangunan dengan persepsi kenyamanan di dalam rumah.....	89

Tabel 4.15	Jenis vegetasi*Persepsi kenyamanan.....	89
Tabel 4.16	Penyederhanaan tabel kontingensi variabel jenis vegetasi dengan variabel persepsi kenyamanan di dalam rumah.....	90
Tabel 4.17	<i>Fisher exact test</i> jenis vegetasi dengan persepsi kenyamanan di dalam rumah.....	91
Tabel 4.18	Kerimbunan pohon*Persepsi kenyamanan.....	92
Tabel 4.19	Penyederhanaan tabel kontingensi variabel kerimbunan pohon dengan persepsi kenyamanan termal penghuni di dalam rumah.....	93
Tabel 4.20	<i>fisher exact test</i> kerimbunan pohon dengan persepsi kenyamanan termal penghuni di dalam rumah.....	93
Tabel 4.21	Kerapatan bangunan*Persepsi kenyamanan di luar rumah	95
Tabel 4.22	Penyederhanaan tabel kontingensi kerapatan bangunan dengan persepsi kenyamanan di luar rumah.....	96
Tabel 4.23	<i>fisher exact test</i> kerapatan bangunan dengan persepsi kenyamanan termal penghuni saat di luar rumah.....	97
Tabel 4.24	Jenis Vegetasi*kenyamanan luar ruang.....	98
Tabel 4.25	Penyederhanaan tabel kontingensi jenis vegetasi*Persepsi kenyamanan di luar rumah.....	99
Tabel 4.26	<i>fisher exact test</i> variabel jenis vegetasi dengan persepsi kenyamanan termal di luar atau lingkungan rumah.....	99
Tabel 4.27	Kerimbunan pohon*Persepsi kenyamana termal di luar rumah.....	100
Tabel 4.28	Penyederhanaan tabel kontingensi variabel Kerimbunan pohon*kenyamanan luar ruang	101
Tabel 4.29	<i>fisher exact test</i> kerimbunan pohon dengan persepsi kenyamanan termal penghuni di luar atau lingkungan rumah.....	102
Tabel 4.30	Hubungan nilai indeks terhadap faktor Ketersediaan Vegetasi.....	103
Tabel 4.31	Nilai Berdasarkan Klasifikasi.....	110
Tabel 4.32	Hasil Uji Multikolinearitas.....	111

Tabel 4.33	Hasil Uji Heteroskedastisitas.....	112
Tabel 4.34	<i>Model Summary and Parameter Estimate</i> variabel X1 terhadap Y1.....	114
Tabel 4.35	<i>Model Summary and Parameter Estimate</i> variabel X2 terhadap Y1.....	115
Tabel 4.36	<i>Model Summary and Parameter Estimate</i> variabel X3 terhadap Y1.....	116
Tabel 4.37	<i>Model Summary and Parameter Estimate</i> variabel X4 terhadap Y2.....	118
Tabel 4.38	<i>Model Summary and Parameter Estimate</i> variabel X5 terhadap Y2.....	119
Tabel 4.39	<i>Model Summary and Parameter Estimate</i> variabel X6 terhadap Y2.....	120
Tabel 4.40	<i>Model Summary and Parameter Estimate</i> variabel X7 terhadap Y2.....	121
Tabel 4.41	Penilaian Jenis Sistem <i>Vertical Garden</i>	125
Tabel 4.42	Pemilihan Jenis Sistem Taman Atap.....	126
Tabel 4.43	Hasil Analisis Jenis Sistem <i>Vertical Garden</i>	127
Tabel 4.44	Arahan Konsep <i>Vertical Garden</i>	128
Tabel 4.45	Hasil Analisis Jenis Sistem Taman Atap.....	130
Tabel 4.46	Arahan Konsep Taman Atap.....	131

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Pengukuran Suhu, kelembaban, Nilai THI, dan Persepsi penghuni pada lokasi penelitian.....	144
Lampiran 2	Tabulasi Silang Variabel Y1.....	149
Lampiran 3	Tabulasi Silang Y2.....	156

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Climate change atau yang biasa dikenal dengan perubahan iklim merupakan permasalahan global yang pada dasarnya akan berpengaruh terhadap kehidupan manusia. Dalam sebuah studi yang dilakukan oleh *The Royal Society* dan *US National Academy of Science* (Wolff, *et.al*, 2014) memberikan gambaran bahwa permasalahan perubahan iklim sudah terjadi sejak era 1900an. Beberapa indikator yang menjadi perhatian akibat adanya perubahan iklim ini terdeteksi dengan adanya peningkatan temperatur. Peningkatan tersebut disertai dengan peningkatan suhu yang lebih hangat di lautan, pencairan es di kutub dalam jumlah yang cukup besar, terjadinya cuaca yang ekstrim juga menjadi beberapa indikator sedang terjadinya perubahan iklim.

Menurut *Intergovernmental Panel on Climate* yang biasa disebut IPCC, suhu permukaan global rata-rata mengalami peningkatan $0.18^{\circ}\text{C} - 0.74^{\circ}\text{C}$, hal tersebut yang menyebabkan adanya perubahan iklim atau cuaca yang terjadi pada berbagai belahan dunia termasuk di Indonesia. Kenaikan suhu permukaan, suhu udara, perubahan cuaca yang tidak menentu, bencana seperti kekeringan yang berpotensi menimbulkan kebakaran lahan dan hutan, banjir yang dapat diiringi dengan tanah longsor, tinggi muka air laut yang meningkatkan air pasang dan abrasi, serta gelombang ekstrim di laut. adalah dampak perubahan iklim yang terjadi di Indonesia (Kebijakan pembangunan berketahanan iklim 2020-2045, KPPN/Bappenas, 2021). Perubahan iklim tersebut terjadi dikarenakan Gas Rumah Kaca (GRK) yang dihasilkan oleh aktivitas manusia yang terus bertambah di atmosfer bumi.

Perubahan iklim yang menjadi perhatian masyarakat adalah gejala *Global Warming* (Panas Dunia) yang terjadi akibat penipisan lapisan ozon pada *stratosfer*. Lapisan ozon yang berfungsi untuk menyerap radiasi surya terutama sinar *ultraviolet* sebelum mencapai permukaan bumi kini tidak lagi berfungsi secara maksimal karena mengalami penipisan.

Pada tahun 2019, intensitas emisi CO₂ yang dihasilkan di Indonesia adalah sebesar 56,63 ton emisi CO₂, dimana pada sektor rumah tangga berkisar antara 13-17 ton emisi CO₂ yang dilepaskan ke lingkungan (Neraca Arus Energi dan Neraca Emisi Gas Rumah Kaca Indonesia 2015-2019, BPS 2020). Dalam *Handbook of Indonesian's Energy Economy Statistics* (Jalal, 2007) dapat diketahui bahwa 3 hal terbesar dari 300 penyebab emisi karbon disumbang oleh perusahaan, yaitu yang dihasilkan oleh aktivitas industri, pembangkit listrik, dan transportasi. Aktivitas-aktivitas tersebut umumnya banyak terjadi di daerah perkotaan, ditambah jumlah penduduk yang terus meningkat akan mendorong peningkatan ketersediaan sarana dan prasarana perkotaan.

Luas lahan yang tetap dan permintaan lahan untuk berbagai keperluan yang semakin meningkat, dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan perkotaan yang ditunjukkan dengan meningkatnya pencemaran udara, air dan tanah (Priyana, 1998). Peningkatan pembangunan fisik perkotaan, pertumbuhan penduduk dan berbagai aktivitas kota dapat mengurangi ruang terbuka hijau kota (RTHK), menurunkan kualitas hidup dan mengubah ekosistem alami serta iklim mikro. Keberadaan vegetasi pada RTHK dapat mempengaruhi kondisi atmosfer disekitarnya, mengubah suhu dan kelembaban, serta menurunkan kecepatan angin (Martopo dkk, 1995).

Berkurangnya lahan hijau daerah perkotaan terjadi karena konversi Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang mengakibatkan kemampuan ruang terbuka hijau menyerap CO₂ berkurang dan kuantitas serta kualitas O₂ yang dihasilkan menjadi menurun. Keadaan cuaca panas merupakan permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh meningkatnya suhu udara. Hal ini disebabkan oleh semakin berkembangnya pembangunan kota berupa permukiman, gedung perkantoran, dan fasilitas lainnya. Kenaikan temperatur merupakan cerminan dari perubahan iklim mikro dan berkurangnya vegetasi. Hal ini dapat menyebabkan ketidaknyamanan maupun memperburuk tampilan estetika wajah kota menjadi gersang dan panas.

Iklim Kota Makassar dipengaruhi oleh topografi yang merupakan dataran rendah dan posisi geografisnya yang berbatasan dengan selat Makassar di sebelah baratnya,

serta rupa permukaan daratnya yang dominan dipenuhi oleh gedung dan jalan beraspal dan sangat sedikit kerapatan dan jenis vegetasinya. Keberadaan ruang terbuka hijau yang luas serta vegetasi yang rapat menyerupai hutan kota dapat memperbaiki kondisi lingkungan di perkotaan. Hal tersebut dapat meningkatkan kualitas lingkungan hidup kota yaitu sebagai pengendali iklim mikro, pelindung dari radiasi sinar matahari, menurunkan suhu kota, meningkatkan kelembaban udara, mengurangi kecepatan angin, dan menunjang fungsi estetika (Permen PU No.5/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Kota).

Kawasan permukiman di Kota Makassar juga memiliki variasi keruangan yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan kepadatan permukiman sehingga kenyamanan yang dihasilkan dari masing-masing kawasan juga akan berbeda. Kawasan permukiman dengan tingkat kepadatan yang rendah cenderung memiliki kenyamanan yang lebih baik dibandingkan kawasan permukiman yang memiliki tingkat kepadatan tinggi. Meningkatnya alih fungsi lahan yang semula bervegetasi menjadi lahan terbangun dan *non-vegetasi* dapat menjadi salah satu penyebab perubahan iklim secara global (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Land Surface Temperature (LST) adalah salah satu kunci parameter di berbagai studi lingkungan, seperti geologi, hidrologi, ekologi, oseanografi, meteorologi, klimatologi, dan lain-lain (Munoz dan Sobrino, 2008). Besarnya LST tergantung pada kondisi albedo, kelembaban permukaan dan tutupan, serta kondisi vegetasi. Berdasarkan hasil pemantauan suhu permukaan tanah di Kota Makassar tahun 2019 dengan menggunakan analisis *Land Surface Temperature* (LST), secara makro diketahui bahwa Kecamatan Panakkukang merupakan salah satu kecamatan yang sebagian besar kawasannya memiliki suhu permukaan tanah yang tinggi juga merupakan salah satu kawasan bisnis terpadu di Kota Makassar yang tinggi akan aktifitas masyarakat. Permukiman di Jalan Sukaria merupakan salah satu representasi permukiman swadaya di kecamatan tersebut yang memiliki suhu permukaan tanah yang tinggi yaitu berkisar pada 31,63-36,43 °C (Analisis citra satelit, 2019)

Mengacu pada ketentuan yang tertuang dalam Undang-undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2011 mengenai hak setiap warga negara untuk tinggal di rumah yang layak huni pada lingkungan yang sehat, aman, dan nyaman, maka diperlukan adanya arahan mengenai penerapan permukiman ramah lingkungan yang berkonsep hijau dan sejuk. Penurunan kualitas lingkungan, emisi karbon dioksida secara berlebihan, meningkatnya suhu udara, pemanasan bumi, dan perubahan iklim global dapat menimbulkan berbagai permasalahan dalam kehidupan manusia yang memaksa semua pihak untuk memikirkan langkah-langkah penanggulangannya.

Berdasarkan uraian tersebut dan atas dasar kepedulian terhadap kualitas lingkungan terutama pada lingkungan permukiman, maka penelitian ini dilaksanakan guna meningkatkan kenyamanan termal masyarakat berkonsep permukiman hijau di Sukaria, Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka pertanyaan penelitian yang hendak dijawab pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana indeks kenyamanan termal dan persepsi penghuni mengenai kenyamanan termal permukiman Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar?
2. Apa faktor-faktor yang mempengaruhi suhu dan kelembaban udara di permukiman Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar?
3. Bagaimana konsep untuk meningkatkan kenyamanan termal masyarakat di permukiman Kecamatan Pannakkukang, Kota Makassar?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kenyamanan termal berdasarkan indeks THI (*Temperature humidity index*) dan persepsi penghuni di Permukiman Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar;

2. Menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh terhadap suhu dan kelembaban di permukiman Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar; dan
3. Menjabarkan araha konsep Peningkatan Kenyamanan termal di permukiman Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang hendak dicapai, maka diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat kepada berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Diharapkan dapat menjadi bahan referensi dan bacaan yang berguna untuk penelitian yang sejenis.
2. Diharapkan dapat menjadi alternatif arahan bagi para pihak praktisi untuk mengadakan program-program perbaikan dan peningkatan kualitas lingkungan guna mencapai permukiman berkonsep hijau ramah lingkungan serta dapat meningkatkan kesadaran tentang pentingnya peran masyarakat untuk ikut berpartisipasi dalam meningkatkan kualitas lingkungan mereka sendiri, meminimalisir pencemaran, dan sebagai pelopor terlaksananya permukiman berkonsep hijau serta ramah lingkungan.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini berupa ruang lingkup wilayah studi penelitian dan ruang lingkup yang membahas substansi-substansi, dijelaskan sebagai berikut:

1.5.1 Ruang Lingkup Wilayah

Wilayah studi penelitian yaitu permukiman yang berada di Sukaria, Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar.

1.5.2 Ruang Lingkup Substansi

Substansi pembahasan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. data suhu dan kelembaban udara didapatkan melalui pengukuran langsung pada lokasi penelitian menggunakan alat ukur *termohygrometer* yang diletakkan pada pekarangan bangunan atau rumah, kemudian indeks

kenyamanan termal dihasilkan menggunakan pendekatan *Temperature Humidity Index* (THI)

2. Klasifikasi kerapatan bangunan (X1) berdasarkan pada Standar Nasional Indonesia tentang tata cara perencanaan lingkungan perumahan sederhana tidak bersusun di daerah perkotaan tentang jarak antar bangunan, klasifikasi jenis vegetasi (X2) berdasarkan jenis vegetasi itu sendiri yaitu groundcover (rerumputan), tumbuhan semak/perdu, dan tanaman pohon yang berbatang dan bertajuk, klasifikasi persentase kerapatan/kerimbunan daun (X3) berdasarkan pedoman Departemen Pekerjaan Umum Nomor 16 Tahun 2005. Klasifikasi tutupan lahan berdasarkan persentase luas lahan terbangun (X4) dan persentase luas lahan terbuka (X5) terhadap luas keseluruhan lahan atau kavling rumah. klasifikasi jenis meterial permukaan pada lahan terbuka (X6) berdasarkan penampakannya pada lokasi pengukuran seperti hard material, soft material, dan perairan. Kemudian variabel kerapatan mutlak vegetasi (X7) didapat dengan melakukan pengukuran pada citra satelit dengan resolusi tinggi dan diklasifikasikan menggunakan persamaan interval. Variabel-variabel tersebut merupakan faktor-faktor yang dikaji untuk mengetahui persentase pengaruh variabel tersebut terhadap kenyamanan termal lingkungan permukiman dengan menggunakan analisis regresi non-linear pada aplikasi SPSS.
3. Konsep peningkatan kenyamanan termal lingkungan permukiman diarahkan berdasarkan teori atau Pedoman penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka hijau di kawasan perkotaan dan analisi komparatif.

1.6 Output Penelitian

Output penelitian yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

1. Laporan penelitian yang tersusun secara sistematis sebagai latihan pengembangan dan penerapan ilmu perencanaan wilayah dan kota.
2. Jurnal, poster dan *Summary Book*.

1.7 Outcome Penelitian

Berkaitan dengan pelaksanaan penelitian ini *outcome* yang diharapkan antara lain:

1. Meningkatkan perhatian pemerintah dan masyarakat terkait pentingnya menjaga kualitas lingkungan pada permukiman.
2. Menghasilkan konsep sebagai alternatif peningkatan kenyamanan termal pada permukiman.

1.8 Sistematisasi Penulisan

Bagian pertama, berisi pendahuluan yang menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan dari penulisan ini.

Bagian kedua, berisi tinjauan pustaka yang menjelaskan tentang teori-teori berupa pengertian dan definisi yang diambil dari berbagai sumber yang berkaitan dengan penyusunan penelitian serta beberapa literatur, *review*, maupun pedoman dasar yang berhubungan dengan penelitian.

Bagian ketiga, berisi metode-metode yang dilakukan selama penelitian dalam pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penyusunan laporan, yang meliputi jenis penelitian, lokasi penelitian, jenis dan kebutuhan data, teknik pengumpulan data, teknik analisis data yang digunakan, kerangka pikir, dan definisi operasional yang merupakan batasan dalam penelitian.

Bagian keempat, berisi gambaran umum lokasi penelitian, hasil dan pembahasan, menjelaskan secara rinci data yang diperoleh serta menganalisis hasil olahan data yang ditampilkan sesuai dengan teknik analisis yang digunakan.

Bagian kelima, berisi penutup yang memuat kesimpulan hasil penelitian dari ketiga rumusan masalah yang diteliti serta uraian saran yang direkomendasikan peneliti untuk penelitian yang akan dilakukan di masa mendatang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Iklim

2.1.1 Definisi Iklim

Iklim adalah keadaan cuaca rata-rata dalam waktu satu tahun yang penyelidikannya dilakukan dalam waktu yang lama dan meliputi wilayah yang luas. Matahari adalah kendali iklim yang sangat penting dan sumber energi di bumi yang menimbulkan gerak udara dan arus laut. Kendali iklim yang lain, misalnya distribusi darat dan air, tekanan tinggi dan rendah, massa udara, pegunungan, arus laut dan badai (Regariana, 2004). Iklim merupakan integrasi kejadian suatu cuaca selama jangka waktu yang lama, yang secara statistik dapat digunakan untuk menunjukkan suatu nilai statistik yang berbeda dengan sebuah keadaan disetiap saatnya (*Word Climate Conference, 1979*).

2.1.2 Variabel Iklim

Unsur iklim yang utama terdiri dari suhu udara, kelembaban nisbi udara, curah hujan, tekanan udara, angin, dan beberapa unsur lainnya yang kurang dominan (Tjasjono, 1999).

1. Suhu Udara

Suhu atau temperatur udara adalah derajat panas dari aktivitas molekul dalam atmosfer dengan satuan ukur skala *Celsius (C)*, *Reamur (R)*, dan *Fahrenheit (F)*. Suhu merupakan faktor iklim yang mempengaruhi kenyamanan manusia. Suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah akan mengganggu kegiatan manusia. Suhu dikatakan sebagai derajat panas atau dingin yang diukur berdasarkan skala tertentu dengan menggunakan termometer dan merupakan unsur iklim yang sangat penting. Suhu atau temperatur udara ini berubah sesuai dengan tempat dan waktu. Variasi harian dari suhu atau temperatur pada umumnya sama. Menurut Tjasjono (1996), suhu di permukaan bumi dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut ini:

- a. Jumlah radiasi yang diterima pertahun, perhari dan permusim;
- b. Pengaruh daratan atau lautan;
- c. Pengaruh ketinggian tempat;

- d. Pengaruh angin secara tidak langsung;
- e. Tipe dan penutup lahan; dan
- f. Pengaruh sudut datang sinar matahari

Pada setiap hari, suhu udara maksimum terjadi sesudah tengah hari pada sekitar jam 14.00 akan mencapai minimum pada sekitar jam 06.00 atau sekitar matahari terbit. Suhu udara yang bertambah secara terus-menerus dari mulai terbitnya matahari sampai sekitar jam 15.00 ditahan oleh angin laut (Tjasyono, 1996). Peningkatan panas laten akibat penguapan dapat menurunkan suhu udara karena proporsi panas teresa yang menyebabkan kenaikan suhu udara menjadi berkurang.

Suhu udara pada daerah berhutan lebih nyaman dari pada daerah tidak ditumbuhi oleh tanaman. Mustika (2001) telah melakukan pengukuran suhu dan kelembaban udara pada lahan yang bervegetasi dengan berbagai kerapatan, tinggi, dan luasan dari hutan kota di Bogor yang dibandingkan dengan lahan pemukiman yang didominasi oleh tembok dan jalan aspal. Hasil dari pengukuran tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Pada area bervegetasi suhu hanya berkisar 25,5 °C sampai dengan 31,0 °C dan kelembaban 66% sampai dengan 92%;
- b. Pada area yang kurang bervegetasi dan didominasi oleh tembok dan jalan aspal suhu yang terjadi 27,7 °C sampai dengan 33,1 °C dan kelembaban 62% sampai dengan 78%; dan
- c. Area padang rumput mempunyai suhu 27,3 °C sampai dengan 32,1 °C dan kelembaban 62% - 78%.

Menurut Landsberg (1981), iklim ideal bagi kenyamanan manusia adalah udara yang bersih dengan suhu udara kurang lebih 27 °C sampai dengan 28 °C dan kelembaban udara antara 40% hingga 75%. Kelembaban relatif (RH) akan lebih kecil bila suhu udara meningkat dan sebaliknya jika suhu udara lebih rendah maka RH atau kelembabannya tinggi. Hal ini dapat terjadi pada saat tekanan uap aktual (ea) tetap. RH akan mencapai maksimum pada pagi hari sebelum matahari terbit dan dapat menyebabkan proses pengembunan bila udara bersentuhan dengan bidang atau permukaan yang suhunya lebih rendah dari suhu titik embun (Handoko,

1994). kelembaban rata-rata harian atau bulanan di Indonesia relatif tetap sepanjang tahun dan umumnya RH lebih dari 60%. Perubahan kelembaban tidak terlalu jelas karena variasi suhu harian yang juga sangat kecil.

2. Kelembaban Udara

Udara terdiri dari berbagai macam gas penyusun termasuk uap air. Kelembaban udara adalah tingkat kebasahan udara karena dalam udara air selalu terkandung dalam bentuk uap air. Kandungan uap air dalam udara hangat lebih banyak daripada kandungan uap air dalam udara dingin. Jika udara banyak mengandung uap air didinginkan maka suhunya turun dan udara tidak dapat menahan lagi uap air sebanyak itu. Uap air berubah menjadi titik-titik air. Udara yang mengandung uap air sebanyak yang dapat dikandungnya disebut udara jenuh.

Semua uap air yang ada di dalam udara berasal dari penguapan. Penguapan adalah perubahan air dari keadaan cair ke keadaan gas. Pada proses penguapan diperlukan energi panas, sedangkan pada pengembunan energi panas dilepaskan. Adapun penguapan tidak hanya terjadi pada permukaan air yang terbuka saja, namun juga dapat terjadi secara langsung pada tanah dan terlebih pada tumbuh-tumbuhan. Penguapan dari tiga tempat tersebut disebut dengan Evaporasi (Karim,1985).

Kelembaban udara dalam ruangan tertutup dapat diatur sesuai dengan keinginan. Pengaturan kelembaban udara ini didasarkan atas prinsip kesetaraan potensi air antara udara dengan larutan atau dengan bahan padat tertentu. Jika suatu ruangan tertutup dimasukkan larutan, maka air dari larutan tersebut akan menguap sampai terjadi keseimbangan antara potensi air pada udara dengan potensi air larutan. Demikian pula halnya jika hidrat kristal garam-garam (*salt crystal hydrate*) tertentu dimasukkan ke dalam ruang tertutup, maka air dari hidrat kristal garam akan menguap sampai terjadi keseimbangan potensi air. Menurut Santoso (2007), tinggi rendahnya kelembaban udara di suatu tempat sangat bergantung pada beberapa faktor berikut ini:

a. Suhu

Suhu merupakan derajat panas suatu benda. Semakin tinggi suhu suatu benda, maka akan semakin panas benda tersebut. Sebaliknya, semakin rendah suhu

suatu benda, maka akan terasa semakin dingin benda tersebut. Berdasarkan hal tersebut, diketahui bahwa kelembaban udara memiliki hubungan dengan kandungan air yaitu semakin tinggi suhu suatu udara, maka semakin rendah kelembaban udara yang dimiliki udara tersebut dan begitupun sebaliknya;

b. Tekanan udara

Tekanan udara berbanding lurus dengan tingkat kelembaban udara. Semakin tinggi tekanan udara di suatu tempat, maka udara tersebut semakin memiliki kelembaban yang tinggi. Hal tersebut dikarenakan udara yang ada memiliki jumlah yang terbatas;

c. Pergerakan angin

Pergerakan angin juga mempengaruhi tingkat kelembaban udara. Pergerakan angin menjadi hal yang berpengaruh bagi kelembaban udara. Hal ini karena adanya angin dapat mempengaruhi proses penguapan pada sumber air dan menjadi salah satu faktor dalam pembentukan awan;

d. Kuantitas dan kualitas penyinaran

Penyinaran yang dilakukan oleh matahari juga menjadi salah satu hal yang mempengaruhi kelembaban suatu udara. Penyinaran matahari yang tinggi akan menurunkan kelembaban yang tinggi. Hal ini tentu tidak lepas dari kandungan uap air pada suatu udara. Penyinaran matahari akan menghilangkan kandungan uap air sehingga akan berdampak pada menurunnya tingkat kelembaban udara;

e. Vegetasi

Vegetasi merupakan tumbuh- tumbuhan yang berada di suatu tempat. Vegetasi juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat kelembaban udara di suatu tempat. Sebenarnya dari vegetasi yang mempengaruhi kelembaban udara adalah kerapatannya. Apabila suatu tempat memiliki kerapatan vegetasi yang tinggi, maka kelembaban udaranya juga tinggi. Hal ini karena ada seresah yang menutupi permukaan tanah dengan rapat, maka menyebabkan uap air terkunci di dalamnya. Sebaliknya, apabila kerapatan vegetasinya rendah, maka kelembaban udara ditempat tersebut juga rendah karena seresah yang menutupi permukaan tanah juga jarang;

f. Ketersediaan air di suatu tempat

Ketersediaan air merupakan salah satu hal yang sangat menentukan kelembaban udara di suatu tempat. Hal ini dikarenakan kelembaban udara diukur dari banyaknya uap air yang terkandung di dalam udara. Berdasarkan hal tersebut, maka daerah yang memiliki ketersediaan air yang banyak akan memiliki tingkat kelembaban udara yang tinggi dan begitupun sebaliknya.

Kelembaban yaitu banyaknya kadar uap air yang ada di udara. Angka kelembaban relatif dari 0 – 100%, dimana 0% artinya udara kering, sedangkan 100% artinya udara jenuh dengan uap air dimana akan terjadi titik-titik air. Kerapatan uap air (ρ_v) adalah massa uap air per satuan volume udara yang mengandung uap air. Pada daerah lembab dan panas seperti Indonesia dapat diduga bahwa ρ_v akan lebih tinggi daripada daerah temperatur yang relatif kering terutama pada musim dingin.

Pada musim dingin kapasitas udara untuk menampung uap air menjadi kecil. Keadaan kelembaban di atas permukaan Bumi berbeda-beda. Kelembaban yang tertinggi ada di daerah ekuator, sedangkan yang terendah berada pada lintang 400 yang curah hujannya kecil. Proses-proses dimana kelembaban relatif dapat naik menjadi 100% dengan penurunan temperatur adalah sebagai berikut:

- a. Proses pendinginan oleh radiasi;
- b. Proses pendinginan oleh konduksi dan pemindaan panas turbulensi oleh eddies; dan
- c. Proses pendinginan adiabatic oleh penurunan tekanan.

Kelembaban relatif (RH) akan lebih kecil bila suhu udara meningkat dan sebaliknya jika suhu udara lebih rendah maka RH atau kelembabannya tinggi, hal ini dapat terjadi pada saat tekanan uap aktual (e_a) tetap. RH akan mencapai maksimum pada pagi hari sebelum matahari terbit, yang dapat menyebabkan proses pengembunan bila udara bersentuhan dengan bidang atau permukaan yang suhunya lebih rendah dari suhu titik embun (Handoko, 1994). Adapun kelembaban rata-rata harian atau bulanan di Indonesia relatif tetap sepanjang tahun dan umumnya RH lebih dari 60%. Perubahan kelembaban tidak terlalu jelas karena variasi suhu harian yang juga sangat kecil.

3. Curah Hujan

Curah hujan adalah rata-rata air hujan yang jatuh ke permukaan bumi setiap bulan pada suatu daerah. Alat untuk mengukur curah hujan adalah *Rain Gauge*. Curah hujan diukur dalam harian, bulanan, dan tahunan dalam satuan milimeter (mm). curah hujan yang jatuh di wilayah Indonesia dipengaruhi oleh beberapa faktor, sebagai berikut.

- a. Bentuk medan atau topografi
- b. Arah lereng medan
- c. Arah angin yang sejajar dengan garis pantai
- d. Jarak perjalanan angin di medan datar

Curah hujan juga berpengaruh terhadap suhu dan kelembaban. Kenaikan curah hujan dapat menyebabkan penurunan suhu dan peningkatan kelembaban nisbi udara.

4. Kecepatan Angin

Kecepatan angin adalah rata-rata laju pergerakan *horizontal* udara terhadap permukaan bumi suatu waktu yang diperoleh dari hasil pengukuran harian dan dirata-ratakan setiap bulan dan memiliki satu knot (Kementerian Lingkungan Hidup, 2007).

2.2 Suhu Permukaan

Suhu permukaan dapat diartikan sebagai suhu bagian terluar dari suatu objek. Pada suatu tanah terbuka, suhu permukaan adalah suhu pada lapisan terluar permukaan tanah. Adapun vegetasi dapat dipandang sebagai suhu permukaan kanopi tumbuhan, dan pada tubuh air merupakan suhu dari permukaan air tersebut. Pada saat permukaan suatu benda menyerap radiasi, suhu permukaannya belum tentu sama. Hal ini tergantung pada sifat fisik objek pada permukaan tersebut. Sifat fisik objek tersebut yaitu emisivitas, kapasitas panas jenis, dan konduktivitas termal.

Suatu obyek dipermukaan yang memiliki emisivitas dan kapasitas panas jenis rendah, sedangkan konduktivitas termalnya tinggi akan menyebabkan suhu permukaannya meningkat. Hal sebaliknya terjadi pada suatu objek yang memiliki emisivitas dan kapasitas jenis yang tinggi, sedangkan konduktivitas termalnya

rendah akan menyebabkan lebih rendahnya suhu permukaan. Suhu permukaan akan mempengaruhi jumlah energi untuk memindahkan panas dari permukaan ke udara. (Lillesand and Kiefer, 1998).

Suhu permukaan berbeda dengan suhu udara. Nilai aktual keduanya bisa jauh berbeda dan bervariasi menurut ruang dan waktu. Suhu permukaan berpengaruh terhadap fluks bahang terasa (*sensible heat*), terutama pada siang hari, karena suhu permukaan benda lebih tinggi dari suhu udara (Mannstein, 1987). Suhu permukaan merupakan unsur pertama yang dapat diidentifikasi dari citra satelit termal. Pada *remote sensing* suhu permukaan dapat didefinisikan sebagai suhu permukaan rata-rata dari suatu permukaan yang digambarkan dalam cakupan suatu *pixel* dengan berbagai tipe permukaan yang berbeda.

2.3 Suhu Permukaan Lahan (*Land Surface Temperature*)

Suhu permukaan lahan adalah keadaan yang dikendalikan oleh keseimbangan energi permukaan, atmosfer, sifat termal dari permukaan, dan media bawah permukaan tanah (Becker dan Li, 1990). *Land surface temperature* merupakan fenomena penting dalam perubahan iklim global. Seiring meningkatnya kandungan gas rumah kaca di *atmosfer*, maka *land surface temperature* juga akan meningkat. Hal ini akan mengakibatkan mencairnya gletser dan lapisan es dan mempengaruhi vegetasi daerah tersebut. Dampaknya akan lebih banyak di daerah monsun, karena curah hujan tidak dapat diprediksi mengakibatkan banjir dan kenaikan permukaan air laut (Rajeshwari dan Mani, 2014).

Land Surface Temperature (LST) dapat didefinisikan sebagai suhu permukaan rata-rata dari suatu permukaan yang digambarkan dalam cakupan suatu piksel dengan berbagai tipe permukaan yang berbeda. (Faridah dan Krisbiantoro, 2014). LST adalah salah satu kunci parameter di berbagai studi lingkungan pada disiplin ilmu yang berbeda, seperti geologi, hidrologi, ekologi, oseanografi, meteorologi, klimatologi, dan lain-lain (Jiménez-Muñoz dan Sobrino, 2008).

LST merupakan salah satu parameter kunci keseimbangan energi pada permukaan dan merupakan variabel klimatologis yang utama. LST mengendalikan fluks energi gelombang panjang yang melalui atmosfer. Besarnya LST tergantung pada kondisi

parameter permukaan lainnya, seperti *albedo*, kelembaban permukaan dan tutupan serta kondisi vegetasi. Berdasarkan hal tersebut, maka pengetahuan tentang distribusi spasial LST dan keragaman temporalnya penting bagi pemodelan aliran yang akurat antara permukaan dan *atmosfer* (Prasasti, et al, 2007).

Perhitungan nilai *Land Surface Temperature* (LST) didapatkan berdasarkan beberapa persamaan sebagai berikut:

1. Nilai OLI dan TIRS pada citra band 10 dan band 11 diubah menjadi nilai radiasi *Top of Atmosphere* (TOA) dengan menggunakan persamaan (Sumber Rumus, Tahun) berikut ini:

$$L\lambda = MLQ_{cal} + AL \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

$L\lambda$ = *TOA spectral radiance* (Watts/(m² x srad x μm))

ML = *Band-Specific multiplicative rescaling factor from the metadata*

AL = *Band-specific additive rescaling factor from the metadata*

2. Nilai $L\lambda$ merupakan nilai radiasi spektral. Nilai ini digunakan untuk mencari nilai temperatur kecerahan satelit dengan menggunakan persamaan (Sumber Rumus, Tahun) berikut ini:

$$BT = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} - 272.15 \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

T = Temperatur kecerahan satelit (°C)

$L\lambda$ = Radiasi Spektral (Watts/(m² x srad x μm))

K1 = *Band-specific thermal conversion constant from the metadata*

K2 = *Band-specific thermal conversion constant from the metadata*

3. menambahkan faktor vegetasi untuk menghitung nilai LST dengan menggunakan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk menentukan nilai emissivitas permukaan bumi. Nilai NDVI berasal dari *band multispectral* yaitu Band 543 sehingga didapatkan nilai NDVI maksimum dan minimum. Persamaan untuk mencari nilai emissivitas permukaan bumi adalah sebagai berikut:

$$e = 0.004P_v + 0.986 \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

e = Emissivitas

Pv = *Proportion of Vegetation*

4. Persamaan untuk mengetahui *Proportion of Vegetation* adalah sebagai berikut:

$$Pv = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

Pv = *Proportion of Vegetation*

NDVI = Nilai *Normalized Difference Vegetation Index*

NDVImax = Nilai NDVI maksimal

NDVImin = Nilai NDVI minimal

5. Seluruh perhitungan yang telah dilakukan bermuara pada perhitungan akhir yaitu nilai *Land Surface Temperatur* (LST) yang menentukan temperatur potensial permukaan pada saat citra merekam permukaan. Persamaan untuk mengetahui besaran *Land Surface Temperatur* adalah sebagai berikut:

$$LST = \frac{BT}{1} + w \left(\left(\frac{BT}{p} \right) \ln(e) \right) \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

BT = Temperatur kecerahan satelit (°C)

w = Panjang gelombang radiasi (11.5 μm)

p = h . c/s (14380)

e = Emissivitas permukaan

2.4 Perubahan Iklim

Perubahan iklim adalah perubahan yang merujuk pada variasi rata-rata kondisi iklim suatu tempat yang nyata secara statistik untuk jangka waktu yang panjang (*intergovernmental Panel On Climate Change, 2001*). Perubahan iklim yang terjadi berdampak pada fenomena es di kutub-kutub bumi yang meleleh sehingga mengakibatkan banjir dan cuaca ekstrim yang sering terjadi, misalnya musim kemarau yang berkepanjangan, gelombang panas yang meningkatkan suhu udara secara ekstrim dan hujan lebat yang seringkali terjadi.

Perubahan lingkungan global termasuk perubahan iklim merupakan tantangan yang dapat memperburuk masalah kesehatan di Indonesia (ICCSR, 2010). Perubahan lingkungan global ini disebabkan karena pemanasan global yang ditandai dengan meningkatnya jumlah emisi gas rumah kaca di *atmosfer*. Berdasarkan data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) di Indonesia mengalami peningkatan temperatur 0,04°C tiap tahun dan dengan curah hujan meningkat 2-3% tiap tahunnya.

2.4.1 Penyebab Perubahan Iklim

Menurut *United Nation Development Programme* (UNDP) Indonesia menyebutkan bahwa ada dua penyebab perubahan iklim, yaitu.

1. Peningkatan gas rumah kaca

Gas rumah kaca utama yang terus meningkat adalah karbon dioksida. Gas ini adalah salah satu gas yang secara alamiah dihasilkan dari pembakaran batu bara, kayu atau dari penggunaan kendaraan berbahan bakar minyak bumi. Sebagian dari karbon dioksida ini dapat diserap kembali, antara lain melalui proses fotosintesis yang merupakan bagian dari proses pertumbuhan tanaman atau pohon. Namun, kebanyakan negara memproduksi karbon dioksida secara jauh lebih cepat dibandingkan dengan kecepatan penyerapan gas tersebut oleh tanaman atau pohon, sehingga konsentrasinya di atmosfer meningkat secara bertahap.

Gas rumah kaca yang lain mencakup *Klorofluorokarbon* (CFC), metana, nitrogen, sulfur dan halogen. Meningkatnya jumlah gas rumah kaca di atmosfer mengubah banyaknya cahaya matahari yang mencapai tanah dan panas yang masuk ke bumi (Mukono, 2006).

2. Berkurangnya lahan yang dapat menyerap karbon dioksida

Masalah yang cukup parah dikarenakan berkurangnya jumlah pohon/vegetasi yang dapat menyerap karbon dioksida. Hal tersebut diakibatkan oleh aktifitas pembangunan yang dilakukan sehingga mengurangi jumlah pohon dan tanaman yang menggunakan karbondioksida dalam fotosintesis. Meningkatnya emisi dan berkurangnya penyerapan mengakibatkan tingkat gas rumah kaca di *atmosfer* menjadi lebih tinggi. Badan dunia *Intergovernmental Panel on Climate Change*

(IPPC) yang bertugas memonitor isu tersebut telah memperkirakan bahwa antara tahun 1750 dan 2005 konsentrasi karbondioksida *atmosfer* meningkat dari sekitar 280 ppm (*parts per million*) menjadi 379 ppm tiap tahun dan terus meningkat dengan kecepatan 1,9 ppm tiap tahunnya. Akibatnya pada tahun 2100 nanti suhu global dapat naik antara 1,8 hingga 2,9 derajat.

2.4.2 Dampak Perubahan Iklim

Berbagai ekosistem banyak terpengaruh oleh kombinasi antara adanya perubahan iklim, bencana (banjir, kekeringan, kebakaran hutan, serangan serangga, sidifikasi laut), dan pendorong perubahan global (perubahan tata guna lahan, pencemaran lingkungan, dan eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan) (sutamihardja, 2009).

2.5 Iklim Mikro

Iklim mikro menurut Tromp yaitu berhubungan dengan tanaman di atas wilayah yang khas (Margaretha, 2007). Iklim mikro menggambarkan kondisi iklim lingkungan sekitar yang berhubungan langsung dengan organisme hidup pada permukaan bumi maupun pada lingkungan terbatas. Kondisi iklim mikro di lingkungan bervegetasi lebih baik dibandingkan dengan lapangan terbuka (Kartasapoetra, 2006). Iklim mikro dipengaruhi oleh radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara dan curah hujan.

Unsur-unsur iklim mikro memiliki peranan yang sangat penting dalam menentukan kenyamanan suatu wilayah/kawasan karena unsur-unsur tersebut secara langsung mempengaruhi kegiatan manusia yang berada di dalamnya. Iklim mikro banyak dipengaruhi oleh faktor lokal diantaranya karakteristik vegetasi, badan air, juga aktivitas manusia dapat mengubah kemurnian pada iklim mikro diantaranya intensitas energi radiasi matahari, struktur permukaan yang bervariasi dengan warna komposit dan karakteristiknya pada permukaan bumi, distribusi daratan dan lautan serta pengaruh pegunungan atau bentuk topografi dan angin.

2.6 Unsur-unsur Iklim Mikro

Diketahui bahwa unsur-unsur iklim memiliki peranan penting dalam menentukan kenyamanan suatu wilayah. Pada penelitian ini hanya membatasi pada dua unsur saja yaitu suhu udara dan kelembaban udara, dijelaskan sebagai berikut.

1. Suhu Udara

Suhu adalah derajat panas atau dingin yang diukur berdasarkan skala tertentu dengan menggunakan termometer. Satuan suhu yang bisa digunakan adalah derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$). Pada daerah tropis, manusia akan merasa relatif nyaman jika berada pada suhu sekitar $27\text{-}28^{\circ}\text{C}$. Suhu udara yang cukup panas pada suatu area selain karena radiasi matahari yang tinggi yaitu rata-rata 50%, juga karena pantulan atau rambatan perkerasan lainnya yang ada pada tapak (Laurie, 1986).

2. Kelembaban Udara

Kelembaban adalah banyaknya kadar uap air yang ada di udara. Kelembaban udara dapat dinyatakan sebagai kelembaban mutlak, kelembaban nisbi, maupun defesit tekanan uap air (Handoko, 1995). Angka kelembaban relatif berkisar antara 0-100%, dimana 0% artinya udara kering, sedangkan 100% artinya udara jenuh dengan uap air, dimana akan terjadi titik-titik air. Keadaan kelembaban yang tertinggi ada di khatulistiwa, sedangkan yang terendah padalintang 40°C , yang curah hujannya relatif kecil (Prawirowardoyo, 1996).

2.7 Perumahan

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2011 menjelaskan bahwa rumah adalah bangunan gedung yang berfungsi sebagai tempat tinggal yang layak huni, sarana pembinaan keluarga, cerminan harkat dan martabat penghuninya, serta aset bagi pemiliknya.

Perumahan adalah kumpulan rumah sebagai bagian dari permukiman, baik perkotaan maupun perdesaan yang dilengkapi dengan prasarana, sarana, dan utilitas umum sebagai hasil upaya pemenuhan rumah yang layak huni. Pada ketentuan ini, dijelaskan pula bahwa setiap warga negara berhak untuk bertempat tinggal serta menghuni rumah yang layak huni di lingkungan yang sehat, aman, harmonis, dan berkelanjutan (Undang-undang RI Nomor 1 Tahun 2011).

Bangunan rumah dan/atau perumahan perlu memperhatikan berbagai elemen intensitas pemanfaatan lahan. Hal ini guna mencapai efisiensi dan efektivitas pemanfaatan lahan secara adil serta mencapai keseimbangan dan keterpaduan dalam hal kinerja fungsi, estetika, dan sosial antara kawasan terbangun dan lahan di luarnya. Adapun dua elemen pemanfaatan lahan tersebut yaitu Koefisien Dasar Bangunan (KDB) dan Koefisien Dasar Hijau (KDH).

2.7.1 Rumah sehat

Fungsi rumah adalah sebagai tempat tinggal dalam suatu lingkungan yang seharusnya dilengkapi dengan prasarana dan sarana yang diperlukan manusia untuk memasyarakatkan dirinya, serta disertai prinsip-prinsip untuk mewujudkan rumah sehat, baik dari segi bangunan rumah maupun lingkungannya.

Rumah adalah bangunan yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau hunian dan sarana pembinaan keluarga (Dinas Kesehatan, 2005). Secara umum rumah dapat dikatakan sehat apabila memenuhi kriteria yaitu: salah satunya memenuhi kebutuhan fisiologis, meliputi pencahayaan, penghawaan, ruang gerak yang cukup, dan terhindar dari kebisingan yang mengganggu (Natoatmojo, 2003).

Kebutuhan fisiologis meliputi kebutuhan terhadap suhu dalam rumah yang optimal, pencahayaan yang optimal, ventilasi yang memenuhi persyaratan dan tersedianya ruang yang optimal untuk bermain anak. Suhu ruangan dalam rumah yang ideal yaitu berkisar antara 18-20°C, dan suhu tersebut sangat dipengaruhi oleh udara luar, pergerakan udara, dan kelembaban udara dalam ruangan. Standar kenyamanan termal untuk suhu yang digunakan yaitu menurut SNI-14-1993-03 menyatakan daerah kenyamanan termal pada bangunan yang dikondisikan untuk orang Indonesia yaitu:

1. Sejuk nyaman, antara suhu efektif 20.8°C – 22.8°C
2. Nyaman Optimal, antara suhu efektif 22.8 °C – 25.8°C
3. Hangat Nyaman, antara suhu efektif 25.8°C – 27.1°C

Sedangkan menurut MENKES NO.261/MENKES/SK/II/1998 menyatakan bahwa penyehatan suhu ruangan yaitu: 18°C - 26°C”.

2.7.2 Rumah tidak sehat

Rumah yang tidak sehat merupakan penyebab dari rendahnya taraf kesehatan jasmani dan rohani yang memudahkan terjangkitnya penyakit dan mengorangi daya kerja atau daya produktif seseorang. Rumah tidak sehat ini dapat menjadi sumber penyakit bagi lingkungan, jika kondisi tidak sehat bukan hanya pada satu rumah tetapi pada kumpulan rumah (lingkungan permukiman). Timbulnya permasalahan kesehatan di lingkungan permukiman pada dasarnya disebabkan karena tingkat kemampuan ekonomi masyarakat yang rendah, karena rumah dibangun berdasarkan kemampuan keuangan penghuninya (Notoatmojo, 2003).

2.7.3 Pengaruh suhu dan kelembaban terhadap kesehatan

Perubahan suhu lingkungan akan berdampak bagi kesehatan tubuh. Pada musim kemarau, udara panas mengakibatkan tubuh menjadi gerah dan tidak nyaman. Ini dapat dimaklumi karena manusia termasuk makhluk *homoterm* yang berdarah panas. Keadaan ini menjadikan manusia berusaha melindungi diri setiap kali terjadi naiknya suhu pada lingkungan.

Manusia memiliki suhu relatif konstan. Umumnya suhu tubuh berkisar antara 36-37°C. Suhu tubuh ini merupakan keseimbangan antara produksi panas dari metabolisme tubuh dan pengeluaran panas yang terjadi dari dalam tubuh. Harus diwaspadai bila sedang berada di lingkungan panas, terutama hilangnya panas tubuh. Bila tidak seimbang dengan produksi panas dalam tubuh, dapat menimbulkan gangguan serius bagi kesehatan. Umumnya gangguan yang dapat terjadi adalah dehidrasi, *heat cramps* (kejang kram), *exhaustion* (lelah panas), dan heat stroke. Perubahan suhu ternyata dapat meningkatkan populasi *Aedes Aegypti* yang dapat menyebabkan penyakit demam berdarah yang dapat menyerang anak-anak hingga orang dewasa (ILMU KEDOKTERAN, 2016).

Jika berada pada lingkungan panas, seseorang cenderung akan merasa gelisah dan mudah marah. Kondisi ini berbeda jika berada di ruang ber-AC, seseorang akan lebih tenang bahkan dapat bekerja dengan baik. Hal tersebut menunjukkan bahwa kenaikan suhu lingkungan dapat merubah perilaku manusia.

2.7.4 Pengaruh kenaikan suhu lingkungan terhadap konsumsi energi

Tata udara adalah proses dimana panas, kebersihan, sirkulasi udara, kandungan uap air dalam udara diatur atau dikondisikan sesuai dengan kebutuhan penggunaannya (Lang, 1971). Idealnya, pengkondisian udara tersebut dilakukan atau berlangsung secara terus menerus sepanjang tahun. Pada dasarnya tata udara yaitu membuang panas dari dalam ruangan ke luar ruangan, biasanya diikuti dengan persyaratan kenyamanan dan kesehatan tubuh manusia.

Kondisi iklim atau udara luar merupakan faktor yang berpengaruh besar terhadap kinerja unit pengkondisian udara. Oleh karena itu, perhitungan kondisi udara menjadi sangat penting agar unit pengkondisian udara bekerja efektif. Agar sistem tata udara mampu bekerja baik pada saat beban puncak, maka harus diketahui kondisi temperatur terpanas yang pernah terjadi. Dalam satu tahun akan ada kondisi dimana temperatur mencapai puncaknya (tertinggi). Temperatur tersebut harus dijadikan patokan dalam merancang sistem tata udara dalam menentukan beban pendinginnya. Temperatur tertinggi setiap tahun tidaklah sama, ada kecenderungan terus meningkat. Kecenderungan tersebut seiring dengan perkembangan pembangunan yang tidak berpihak pada lingkungan dan penambahan kepadatan kota (Kamin Sumardi).

Berdasar pada penelitian Karmin Suardi jurusan Pendidikan Teknik Mesin FPTK UPI tentang pengaruh kenaikan temperatur lingkungan terhadap konsumsi listrik pada sistem tata udara menyimpulkan bahwa kenaikan temperatur udara luar/lingkungan berpengaruh besar terhadap kinerja (AC) secara keseluruhan. Setiap kenaikan temperatur udara luar 1oF dapat menurunkan daya pendinginan (*refrigerating effect*) dan menurunkan sirkulasi refrigeran sertamenurunkan koefisien kerja CoP (*Coeffisien of Performance*) dalam sistem tata udara. Kenaikan temperatur udara luar juga berpengaruh besar terhadap kenaikan daya kompresor seara teoritis. Selain itu naiknya udara luar/lingkungan ternyata dapat meningkatkan konsumsi energi listrik pada sistem tata udara.

2.8 Kualitas Permukiman

Permukiman menurut Undang-undang RI Nomor 4 Tahun 1992 adalah bagian dari lingkungan hidup di luar kawasan lindung, baik berupa kawasan perkotaan maupun perdesaan yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan.

Permukiman adalah kawasan perumahan dalam berbagai bentuk dan ukuran dengan penataan tanah dan ruang, prasarana dan sarana lingkungan yang terstruktur. Terdapat dua hal yang perlu diperhatikan mengenai permukiman yaitu kondisi bangunan rumah dan lingkungan permukimannya (Nurhadi, 1989).

Lingkungan permukiman merupakan suatu ruang yang digunakan untuk kegiatan sehari-hari yang meliputi bangunan rumah permukiman beserta halaman dan pekarangannya, jaring-jaring jalan, dan perangkat lain yang mendukung kelancaran hidup. Adapun kualitas lingkungan permukiman adalah keadaan segala benda, makhluk hidup beserta perilakunya yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan masyarakat yang tinggal di dalam permukiman tersebut.

Secara umum terdapat dua cara untuk menilai kualitas lingkungan permukiman yaitu cara terestrial dan menggunakan teknik penginderaan jauh. Penilaian secara terestrial dilakukan dengan melakukan survei langsung di lapangan untuk memperoleh informasi, sedangkan teknik penginderaan jauh yaitu dengan memanfaatkan citra satelit. Teknik penginderaan jauh dimanfaatkan karena perolehan data lebih cepat dan dapat menghemat waktu dibandingkan bila dilakukan secara terestrial.

2.9 Kepadatan Bangunan

Kepadatan bangunan permukiman kota menjadi salah satu faktor penentu sehingga kota dikategorikan dalam kondisi bentang lahan dengan permukaan yang tidak seragam. Kondisi ini mengubah kombinasi radiasi, panas, lengas dan sifat erodinamika *atmosfer*. Semakin tinggi tingkat kepadatan bangunan, maka suhu udara akan meningkat dan kelembaban menurun (Oke, 1976: 136).

Bangunan pada beberapa bagian kota menyebabkan timbulnya variasi suhu udara di perkotaan (Mayer, 1991 dalam Haughton dan Haunter, 1994: 131). Variasi suhu tersebut dapat menimbulkan fenomena pulau bahang (*heat island*) yaitu suhu tertinggi yang terjadi di pusat kota dan akan menurun kearah pinggir kota. Hal ini sejalan dengan kepadatan bangunan yang tinggi di pusat kota dan menurun kearah pinggir kota (Lowry, 1961 dalam Hough, 1993: 33).

Perbedaan karakteristik ekosistem bentang lahan serta perbedaan tingkat kepadatan bangunan (jumlah unit/Ha) dan intensitas bangunan yang ditunjukkan oleh Koefisien Dasar Bangunan (KDB), Koefisien Lantai Bangunan (KLB), dan Koefisien Dasar Hijau (KDH), akan menyebabkan perbedaan kondisi iklim mikro. Perbedaan iklim mikro dapat berimplikasi pada kenyamanan bermukim.

2.10 Ruang Terbuka Hijau

Ruang Terbuka Hijau (RTH) adalah area memanjang/jalur dan atau mengelompok yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuhnya secara alamiah maupun sengaja ditanam. ketersediaan RTH memiliki 4 (empat) fungsi, yaitu fungsi ekologis sebagai fungsi utama (intrinsik) serta fungsi sosial budaya, ekonomi, dan estetika sebagai fungsi tambahan (ekstrinsik).

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum 05/PRT/M/2008, fungsi ekologi dari ketersediaan ruang terbuka hijau adalah sebagai berikut:

1. Memberi jaminan pengadaan RTH menjadi bagian dari sistem sirkulasi udara (paru-paru kota) dan produsen oksigen;
2. Pengatur iklim mikro agar sistem sirkulasi udara dan air secara alami dapat berlangsung lancar;
3. Sebagai peneduh;
4. Produsen oksigen;
5. Penyerap air hujan;
6. Penyedia habitat satwa;
7. Penyerap polutan media udara, air, serta tanah; dan
8. Penahan angin.

Ruang terbuka hijau dari aspek kepemilikan terbagi atas RTH publik dan RTH privat. RTH publik adalah ruang terbuka hijau yang dimiliki dan dikelola oleh pemerintah daerah kota/kabupaten yang digunakan untuk kepentingan masyarakat secara umum. Adapun RTH privat adalah ruang terbuka hijau milik institusi tertentu atau orang perseorangan yang pemanfaatannya untuk kalangan terbatas antara lain berupa kebun atau halaman rumah/gedung milik masyarakat/swasta yang ditanami tumbuhan.

Menurut Hakim dan Utomo (2004), peninjauan ruang terbuka dari kegiatannya dapat dibagi menjadi dua dengan uraian sebagai berikut:

1. Ruang terbuka aktif yaitu ruang terbuka yang mengundang unsur-unsur kegiatan di dalamnya seperti bermain, olah raga, upacara, bersantai, berjalan- jalan, berkomunikasi, dan sebagainya; dan
2. Ruang terbuka pasif yaitu ruang terbuka yang di dalamnya tidak mengandung kegiatan manusia seperti lahan hijau yang digunakan sebagai jarak terhadap rel kereta api, jalur hijau pembatas jalan bebas hambatan, dan lain-lain.

Berdasarkan hal tersebut, maka secara umum fungsi ruang terbuka hijau itu sendiri dapat dibagi ke dalam empat macam, fungsi ekologis (Paru-paru kota, pengatur iklim mikro, pengatur dan pengendali sistem air tanah), fungsi fisik (Peneduh, penahan angin), fungsi sosial budaya (Tempat rekreasi dan olah raga), dan fungsi estetika (Memperindah lingkungan).

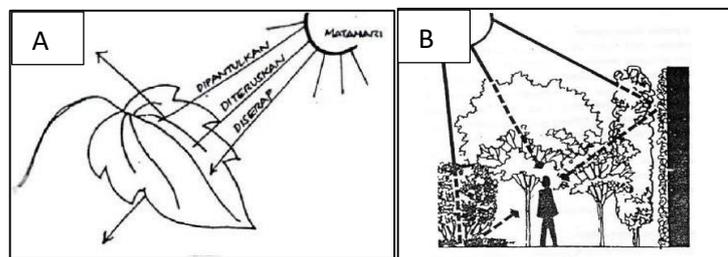
2.10.1 Pengaruh tata vegetasi terhadap peningkatan kualitas termal udara

Penataan vegetasi *horizontal* pada ruang luar bangunan memiliki keragaman karakteristik dalam mengkondisikan udara di sekitarnya. Dari data hasil pengukuran dan analisis yang dilakukan, diperoleh hasil yang variatif, diantaranya adalah karakteristik dalam penurunan suhu, penurunan kadar karbondioksida dan peningkatan kadar oksigen pada ruang dalam bangunan (Ahmad Zakkisiroj, Damayanti, dan Rr Haru Agus, 2014).

Pohon, semak dan perdu akan menurunkan temperatur lingkungan dengan mengontrol radiasi sinar matahari. Keefektifan pohon untuk melakukan hal tersebut tergantung dari kepadatan daunnya, bentuk daun dan pola batangnya. Pohon dan

tanaman lain dapat menurunkan temperatur melalui *evapotranspirasi*. Pohon dapat menurunkan ketergantungan akan pendingin ruangan dengan cara berikut, yaitu:

- a. Menahan radiasi matahari yang akan mengenai bangunan dan tanah didekatnya.
- b. Menciptakan iklim mikro yang dingin di dekat bangunan dengan *evapotranspirasi*.
- c. Mengatur dan mendinginkan aliran udara yang akan mengenai atau masuk bangunan



Gambar 2.1 (A) Daun menerima sinar matahari, (B) Tanaman sebagai pengontrol radiasi matahari
Sumber: Hajar, 2011

Berikut ini adalah penjelasan terkait Gambar 2.1 di atas.

- A. Daun memiliki kemampuan untuk menyerap gelombang cahaya, radiasi dan panas dari sinar matahari untuk keperluan fotosintesis
- B. Tersedianya berbagai jenis vegetasi pada lingkungan sekitar dapat membuat daerah di sekitarnya menjadi rindang, asri dan lebih sejuk.

2.11 Ruang Terbuka Hijau pada Bangunan dan Perumahan

Arahan penyediaan ruang terbuka hijau pada bangunan dan perumahan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2008 adalah penyediaan RTH pekarangan maupun RTH dalam bentuk taman atap bangunan (Roof garden). RTH pada bangunan/perumahan berfungsi sebagai penghasil O₂, peredam kebisingan, dan penambah estetika suatu bangunan sehingga tampak asri, serta memberikan keseimbangan dan keserasian antara bangunan dan lingkungan.

Salah satu jenis RTH pada bangunan/perumahan adalah RTH Pekarangan. RTH pekarangan adalah lahan di luar bangunan yang berfungsi untuk berbagai aktivitas. Luas pekarangan disesuaikan dengan ketentuan Koefisien Dasar Bangunan (KDB) di kawasan perkotaan, seperti tertuang di dalam peraturan daerah mengenai Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) di masing-masing kota. Guna mempermudah dalam pengklasifikasian pekarangan, maka ditentukan kategori pekarangan sebagai berikut:

1. Pekarangan Rumah Besar

Ketentuan penyediaan RTH untuk pekarangan rumah besar adalah sebagai berikut:

- a. Kategori yang termasuk rumah besar adalah rumah dengan luas lahan di atas 500 m²;
- b. Ruang terbuka hijau minimum yang diharuskan adalah luas lahan (m²) dikurangi luas dasar bangunan (m²) sesuai peraturan daerah setempat; dan
- c. Jumlah pohon pelindung yang harus disediakan minimal 3 (tiga) pohon pelindung ditambah dengan perdu dan semak serta penutup tanah dan atau rumput.

2. Pekarangan Rumah Sedang

Ketentuan penyediaan RTH untuk pekarangan rumah sedang adalah sebagai berikut:

- a. Kategori yang termasuk rumah sedang adalah rumah dengan luas lahan antara 200 m² sampai dengan 500 m²;
- b. Ruang terbuka hijau minimum yang diharuskan adalah luas lahan (m²) dikurangi luas dasar bangunan (m²) sesuai peraturan daerah setempat; dan
- c. Jumlah pohon pelindung yang harus disediakan minimal 2 (dua) pohon pelindung ditambah dengan tanaman semak dan perdu, serta penutup tanah dan atau rumput.

3. Pekarangan Rumah Kecil

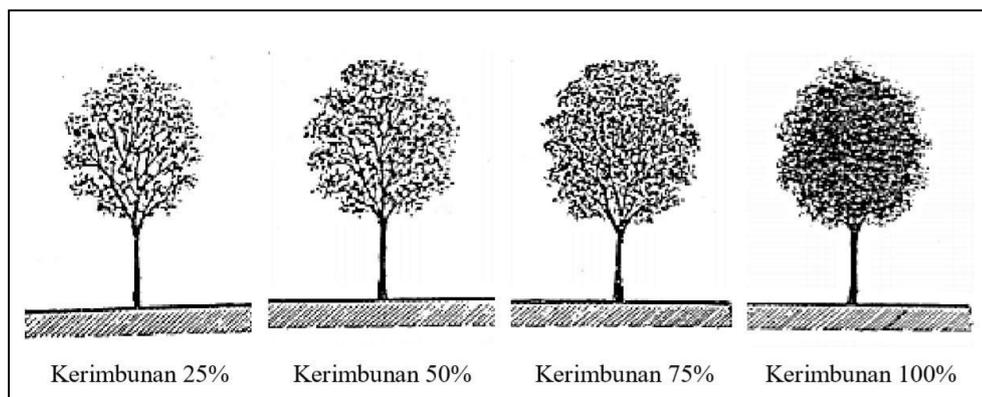
Ketentuan penyediaan RTH untuk pekarangan rumah kecil adalah sebagai berikut:

- a. Kategori yang termasuk rumah kecil adalah rumah dengan luas lahan dibawah 200 m²;
- b. Ruang terbuka hijau minimum yang diharuskan adalah luas lahan (m²) dikurangi luas dasar bangunan (m²) sesuai peraturan daerah setempat; dan
- c. Jumlah pohon pelindung yang harus disediakan minimal 1 (satu) pohon pelindung ditambah tanaman semak dan perdu, serta penutup tanah dan atau rumput.

2.11.1 Pengaruh tata hijau terhadap suhu dan kelembaban udara pada bangunan

a. Pengaruh jarak vegetasi dari bangunan terhadap suhu dan kelembaban dalam bangunan

Karakter fisik pohon baik dari segi diameter, kerapatan daun dan tinggi pohon sebenarnya berpotensi memberi banyangan peneduh namun faktor jarak dan orientasi pohon menjadi penghambat dalam memberikan naungan (Dessy, 2011). Berdasarkan pemberian peringkat/*scoring* (American Forest, 2002), menilai jarak pohon yang dekat dari bangunan rumah (< 10 meter) akan memberikan manfaat perlindungan dari radiasi panas matahari, sedangkan pada jarak lebih jauh (> 10 meter), manfaat perlindungan tersebut berkurang. Ketentuan dalam meninjau persentase kerimbunan daun suatu vegetasi yang dijabarkan dalam Pedoman Departemen Pekerjaan Umum No. 16 Tahun 2005 ditampilkan pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Persentase Kerimbunan Daun

Sumber: Pedoman Departemen Pekerjaan Umum Nomor 16, 2005

Berikut ini adalah penjelasan terkait Gambar 2.2.

Berbagai jenis tanaman atau vegetasi memiliki tingkat kerimbunan daun yang berbeda-beda. Hal tersebut mempengaruhi kemampuan masing-masing vegetasi khususnya pada vegetasi pohon dalam penyerapan panas (peneduh).

b. Pengaruh bentuk dan ukuran tajuk pohon terhadap suhu dan kelembaban

Pohon yang berfungsi sebagai kontrol suhu yaitu pohon yang memiliki kerapatan daun yang tinggi serta memiliki bentuk tajuk bulat, berkolom dan menjurai/*weeping* (Grey dan Deneke, 1978). Dengan jumlah daun yang banyak dan bertajuk dapat mengurangi pancaran sinar matahari secara langsung ke permukaan tanah atau bangunan, sehingga dengan adanya proses *transpirasi* tanaman dapat menurunkan suhu udara disekitarnya (Lakitan, 1997). Pada tajuk bulat terbuka dan jarang akan memberikan peluang masuknya angin yang berguna menurunkan suhu udara yang panas.

Bentuk tajuk mempengaruhi kemampuan pohon dalam menurunkan suhu dan meningkatkan kelembaban relatif (RH), bentuk tajuk bulat dan bulat terbuka efektif menurunkan suhu rata-rata 2°C dari kontrol 32,6°C dan meningkatkan RH rata-rata sekitar 5% dari kontrol 64,2%. Sedangkan bentuk tajuk payung tidak efektif menurunkan suhu (Jurnal Lanskap Indonesia, 2014).

2.11.2 Pengaruh *Vertical Garden* Terhadap Termal Bangunan

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Stec et al., 2015), menyebutkan bahwa tanaman yang menutup permukaan dinding bangunan dapat memberikan kontribusi terhadap kenyamanan ruang *indoor* dan penghematan energi. Adanya *vertical garden* juga akan memperbaiki termal melalui pengaturan suhu ruang luar dan dapat menurunkan suhu pada permukaan dinding maupun pada ruang. Penurunan suhu ini dipengaruhi oleh konduktifitas panas oleh tumbuhan pada *vertical garden*.

Dinding yang terlindungi oleh pepohonan atau kombinasi pepohonan dan semak-semak dapat menurunkan suhu permukaan sebesar (13,5°C-15,5°C), sementara tanaman rambat dapat menurunkan suhu permukaan sebesar (10°C-12°C) (Givoni, 1994).

Pendinginan dengan memanfaatkan *vertical garden* dan tanaman merambat pada selubung bangunan dapat mengurangi biaya operasional untuk aspek pendinginan ruangan. Di dalam penelitian (Bass B dan BaskaranB, 2003), yang berjudul *Evaluating Rooftop and Vertical Garden As An Adaptation Strategy For Urban Areas* menyebutkan bahwa pengaruh pembayangan dari sistem penghijauan secara *vertical* dapat menurunkan penggunaan energi pendinginan sampai 23%, energi untuk operasional kipas angin 20% dan penurunan konsumsi energi tahunan sebesar 8%.

2.12 Peran Ruang Terbuka Hijau

Salah satu peran Ruang Terbuka Hijau (RTH) khususnya vegetasi yang ada di dalamnya yaitu untuk mengendalikan lingkungan termal melalui mekanisme *evapotranspiration* atau proses penguapan air dari daun ke udara yang dapat mempercepat pendinginan permukaan daun yang juga berakibat pada penurunan temperatur udara. Pengukuran terhadap proses *evapotranspiration* pernah dilakukan oleh *DEO Lawrence Berkeley National Laboratory* dan dilaporkan bahwa pohon berdiameter 30 *feet* dapat melepas air sebanyak 40 galon/hari.

2.13 Tutupan Lahan (*Land Cover*)

Penutupan lahan lebih memaknai lahan dari sisi bio-fisiknya, seperti tumbuhan, air, pertanian, bangunan, dan sebagainya. Berbeda dengan penggunaan lahan, penutupan lahan mudah dideteksi dengan penginderaan jarak jauh. Frekuensi tertentu dari sensor pada satelit dapat membedakan tanaman dengan bangunan, air, atau bahkan antara tumbuh-tumbuhan hutan dengan pertanian (*agriculture*).

Beberapa penggunaan lahan misalnya pertanian dan kehutanan (*agriculture & vegetation*) dapat dibedakan dengan teknik pengolahan citra terkini. Konveksi standar pewarnaan pun sudah ada untuk tiap-tiap penggunaan dan penutupan lahan (Anderson, Hardy, dan Roach, 1976). Bertambahnya perubahan penggunaan lahan dari vegetasi menjadi non-vegetasi seperti hutan menjadi bangunan/pemukiman dapat merubah *albedo* dan jumlah sinar matahari yang diserap oleh permukaan tanaman serta menjadi salah satu penyebab perubahan iklim secara global (Hairiah dan Rahayu, 2007).

2.14 Perubahan Penutup Lahan

Penutup lahan sering mengacu kepada struktur tutupan lahan alami pada permukaan bumi seperti vegetasi, *non-vegetasi*, dan badan air. Adapun penutupan lahan lebih spesifik ke dalam campur tangan manusia dalam mengelola sumber daya alam atau suatu tipe tutupan lahan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Perubahan penutup lahan dapat disebabkan oleh pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat dan pembangunan yang semakin pesat.

Aktivitas manusia mempengaruhi perubahan iklim dengan merubah distribusi ekosistem dan *fluks* energi yang berhubungan dengannya (panas laten serta perubahan radiatif dan massa). Perubahan dalam penutupan lahan dapat merubah reflektansi/energi gelombang permukaan bumi dan menyebabkan pendinginan atau pemanasan lokal serta peningkatan *albedo* yang akan menurunkan suhu permukaan.

2.15 Kenyamanan Termal

Kenyamanan dan perasaan nyaman merupakan penilaian secara umum seseorang terhadap lingkungannya. Kenyamanan terdiri dari kenyamanan ruang, kenyamanan penglihatan, kenyamanan pendengaran dan kenyamanan termal. Kenyamanan termal adalah respon manusia terhadap adanya rasa panas atau dingin. Kenyamanan termal juga dapat diartikan sebagai persepsi manusia terhadap kondisi termal yang dirasakan (Karyono, 2001) Kenyamanan termal di dalam ruangan (*indoor*) akan berbeda dengan kenyamanan termal pada luar ruangan (*outdoor*). Kenyamanan termal *indoor* merupakan dampak yang ditimbulkan oleh pemilihan jenis material bangunan, bentuk, orientasi bangunan, ventilasi, luasan bangunan, dan lain-lain (Sastra dan Marlina, 2006).

Kenyamanan termal *outdoor* timbul dari pengaruh konfigurasi massa bangunan terhadap temperatur dalam sebuah kawasan yang dapat mempengaruhi kenyamanan termal lingkungan (Wonorahadjo dan Koerniawan, 2005). Kondisi fisik tiap lingkungan akan memberikan dampak kenyamanan termal yang berbeda (Sastra dan Marlina, 2006). Adapun faktor-faktor pendukung kenyamanan termal dalam sebuah kawasan perumahan yaitu sistem pembayangan, suhu dan kelembaban (Lippsmeier, 1994).

2.16 Kenyamanan Termal Daerah Tropis Lembab

Faktor iklim setempat sebagai pendukung utama dalam penentu tinggi rendahnya tingkat kenyamanan seseorang bila berada dalam sebuah ruangan (bangunan) atau di lingkungan luar. Elemen iklim yang mempengaruhi tingkat kenyamanan di dalam sebuah ruangan tertutup atau bangunan yaitu temperatur udara, kelembaban udara, radiasi matahari, kecepatan gerakan udara, tingkat pencahayaan, dan distribusi cahaya pada dinding pandangan (Lippsmeier, 1994).

2.17 Pengolahan Data Kenyamanan Termal Permukiman

Kenyamanan termal permukiman didapat melalui pengukuran suhu udara dan kelembaban relatif. Persamaan tersebut berupa indeks tingkat kenyamanan permukiman berdasarkan *Temperature Humidity Index* (THI).

Adapun persamaan untuk mengetahui tingkat kenyamanan adalah sebagai berikut:

$$THI = 0.8T + (RH \times T)/500 \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

THI = *Temperature Humidity Index* (indeks ketidaknyamanan)

T = Temperatur (°C)

RH = Kelembaban Relatif (%)

Klasifikasi nilai *Temperature Humidity Index* (THI) dapat ditinjau melalui Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Klasifikasi Nilai *Temperature Humidity Index* (THI)

Tingkat Kenyamanan	Nilai THI
Nyaman	19-27
Tidak Nyaman	$27 < THI < 28$
Sangat Tidak Nyaman	> 28

Sumber: Murdiyarso, 1992 dalam Anita, 2002

2.18 *Temperature Heat Index* (THI)

Temperature Heat Index (THI) atau dikenal juga dengan Indeks Kenyamanan adalah suatu metode yang digunakan untuk mengetahui adanya cekaman panas dan menetapkan efek dari kondisi panas pada kenyamanan manusia yang

mengkombinasikan suhu dan kelembaban. Pengaruh keadaan lingkungan fisik atmosfer atau iklim terhadap manusia dinyatakan dengan istilah kenyamanan. Beberapa ahli telah berusaha untuk menyatakan pengaruh parameter-parameter iklim terhadap kenyamanan manusia dengan bantuan persamaan yang mengandung dua atau lebih parameter iklim, misalnya indeks ketidaknyamanan (Tjasyono, 1996).

Faktor iklim yang mempengaruhi kenyamanan manusia adalah suhu udara, radiasi matahari, curah hujan dan kelembaban. Adapun penentuan tingkat kenyamanan suatu daerah atau wilayah tidak semua parameter iklim dapat digunakan secara langsung. Menurut hasil penelitian yang telah dilakukan Wirasmita et. al, (2003), indeks kenyamanan dapat dibedakan menjadi dalam tiga kondisi yaitu, kondisi nyaman berada pada kisaran nilai THI 19 - 23, kondisi sedang berada pada kisaran nilai THI 23 - 27 dan untuk kisaran nilai THI di atas 27 dinyatakan sebagai kondisi yang tidak nyaman.

2.19 *Eco-Settlement*: Permukiman Tropis Berkonsep Hijau

Eco-settlements terdiri dari dua kata yaitu *eco* dan *settlements* yang berarti tempat bermukim/tempat tinggal yang ekologis. Berdasarkan arti tersebut terlihat konsep *ecosettlements* mengarah pada pencapaian nilai ekologis. Konsepsi *eco-settlements* dapat dinyatakan sebagai pengembangan dari konsep pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*).

Menurut Suryani (2011), *Eco-Settlements* adalah suatu konsep penataan permukiman dengan mengharmonisasikan aspek sosial, ekonomi, dan ekologi menuju keberlanjutan ekosistem dengan didukung oleh sistem kelembagaan yang kapabel. Menurut Puslitbangkim Kementerian Pekerjaan Umum (2006), terdapat 4 (empat) kriteria *Eco-Settlement* yang dapat ditinjau pada Tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2 Kriteria *Eco-Settlement*

Aspek Eco-Settlement	Kriteria
Ekologi	Biodiversity Kualitas Udara (termasuk Emisi CO2) Kualitas dan kuantitas air Ruma sehat Guna Lahan Perubahan iklim Energi (siklus kalor, siklus hidrologis) Teknologi berwawasan lingkungan
Sosial	Kapasitas masyarakat (pendidikan, partisipasi, kebisaan)Pemberdayaan masyarakat
Ekonomi	Inovasi teknologi <i>Local economic development</i> (kesempatan kerja,peningkatan kesejahteraan/pendapatan)
Kelembagaan	Aksesibilitas (transportasi) Kapasitas institusi (kerja sama dandukungan kebijakan)

Sumber: Puslitbangkim (2006)

2.20 *Urban Farming*

Urban farming yang berarti bercocok tanam di lingkungan rumah perkotaan atau salah satu teknik pertanian yang cocok diterapkan di area perkotaan. Pemakaian *urban farming* sebenarnya sudah banyak diterapkan di kota-kota besar di luar negeri, namun di Indonesia masih sedikit dan banyak yang belum mengetahui teknik pertanian ini. *Urban farming* cocok diterapkan dalam penanaman berbagai jenis sayuran seperti sawi, brokoli, selada, bawang, wortel, kentang, dan jenis sayuran lainnya.

Selain itu, konsep *urban farming* juga memberi solusi dengan menciptakan lahan terbuka hijau ditengah padatnya bangunan perkotaan sehingga dapat mengelolah wilayah/suatu lingkungan menjadi lingkungan yang nyaman dan sehat untuk ditinggali.

2.21 *Roof Garden*

Roof garden atau yang disebut taman atap yaitu adanya vegetasi dalam suatu wadah yang ditempatkan pada atap suatu bangunan sehingga terbentuk sebuah taman. Dimana *roof garden* merupakan solusi bagi rumah yang memiliki lahan sempit dan tidak memiliki ruang untuk sebuah taman di depan atau belakang rumah. Keberadaan taman atap terutama di kota-kota besar memiliki peran penting yaitu

mengurangi tingkat polusi udara, berperan dalam menstabilkan jumlah karbondioksida di *atmosfer* kota yang dapat menekan efek rumah kaca, menurunkan suhu, mengurangi efek panas dari matahari dan dinding bangunan, mengurangi polusi suara/kebisingan, dan memberikan aspek keindahan pada bangunan.

2.22 Green Roof

Green roof atau biasa disebut dengan sebutan *eco-roofs*, *oikosteges*, *vegetated roofs*, dan *living roofs*. Menurut Nuraini (2017), *green roof* dirancang dengan konsep arsitektur yang mampu memiliki nilai estetika dan terlihat menyatu dengan alam. menurut Berndtsson (2010) manfaat aplikasi *green roof* pada area tangkapan air adalah melemahkan limpasan air hujan, mengurangi kebisingan dan polusi udara. Sedangkan manfaat lain menurut Kanter (2005), menciptakan pemandangan kota yang indah dan nyaman, membuat kota lebih sehat, menciptakan *living space*, menciptakan bangunan ekologi, serta mencegah radiasi ultraviolet dan perubahan suhu secara ekstrim di sekitar bangunan.

2.23 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang dijadikan acuan dapat ditinjau pada uraian berikut ini:

1. Jurnal “Kajian Kualitas dan Kenyamanan Termal Permukiman Untuk Arah Penataan Permukiman Berbasis *Eco-Settlements* di Kelurahan Pandeyan Kota Yogyakarta”.

Jurnal oleh Muhammad Nurhidayat ini mengidentifikasi kualitas dan kenyamanan termal permukiman yang didapat melalui analisis *Temperature humidity index* (THI) serta untuk mengetahui arahan penataan permukiman berbasis *Eco-Settlements*. Penelitian ini menjadi acuan dalam proses pengukuran dan perhitungan tingkat kenyamanan termal eksisting. Perbedaan dari penelitian ini yaitu uraian mengenai variabel-variabel kualitas lingkungan yang diteliti dan strategi dalam meningkatkan kenyamanan termal lingkungan permukiman.

2. Jurnal “Tingkat Kenyamanan Kawasan Permukiman Berdasarkan Kajian Iklim Mikro di Kecamatan Klojen Kota Malang”.

Jurnal Jurusan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Malang oleh Faruq Hamdani ini mengidentifikasi tingkat kenyamanan kawasan permukiman di Kecamatan Klojen, Kota Malang berdasarkan kajian iklim mikro yang ditentukan berdasarkan sebaran vegetasi dan kepadatan permukiman. Penelitian ini menjadi acuan dalam penentuan faktor yang mempengaruhi tingkat kenyamanan dari segi iklim mikro. Perbedaan dari penelitian ini yaitu pada metode penelitian.

3. Jurnal “Kajian Tingkat Kenyamanan Berdasarkan *termal humidity index* (THI) Lanskap Jalan Soekarno Hatta Kota Malang”.

Jurnal Fakultas Pertanian, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi oleh Rizki dan Nuraini ini mengenai tingkat kenyamanan termal pada lanskap Jalan Soekarno Hatta, dimana suhu udara dan kelembaban relatif dipengaruhi oleh jenis dan kerapatan dari vegetasi khususnya pohon. Pada area jalan yang jarak tanam pohonnya relatif tidak rapat, suhu udara cenderung lebih tinggi dan kelembaban lebih rendah. Sebaliknya pada daerah dengan jarak tanam pohon cukup rapat, suhu udara cenderung lebih rendah dan kelembaban menjadi lebih tinggi. Penelitian ini menjadi acuan dalam penentuan faktor yang ditinjau dari jenis vegetasi sebagai peneduh dan penyerap panas. Perbedaan dari penelitian ini yaitu pada penentuan sampel penelitian dan beberapa variabel yang digunakan pada penelitian.

4. Jurnal “Analisis Spasial Kerapatan Bangunan dan Pengaruhnya Terhadap Suhu (Studi kasus di Kabupaten Bogor)”.

Jurnal Departemen Geografi, Fakultas MIPA, Universitas Indonesia oleh Mega Adeanti dan Muhammad Chaidir Harist ini mengenai pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam mengolah Citra *Landsat* 8 untuk mengetahui indeks kerapatan vegetasi (NDVI), indeks kerapatan bangunan (NDBI), dan metode *Land Surface Temperature* (LST) untuk mengetahui suhu permukaan

tanah. Penelitian ini menjadi acuan dalam penentuan lokasi studi kasus berdasarkan metode *Land Surface Temperature* (LST). Perbedaan dari penelitian ini yaitu pada lokasi pengamatan dan penambahan faktor-faktor yang mempengaruhi suhu dan kelembaban udara berdasarkan kajian iklim mikro.

5. Jurnal “Persepsi Masyarakat Terkait Kenyamanan Termal di Permukiman Padat (NON-AC) Kecamatan Dukuh Pakis Kota Surabaya”.

Jurnal Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial dan Hukum, Universitas Negeri Surabaya oleh Melinda Handayani ini untuk mengetahui persepsi kenyamanan termal masyarakat baik ketika berada didalam rumah maupun luar rumah hingga adaptasi kegiatan yang dilakukan masyarakat untuk mengurangi panasnya suhu dan menciptakan rasa nyaman.

Rangkuman dari penelitian terdahulu yang menjadi acuan dalam penelitian ini dapat ditinjau pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan	Variabel	Metode	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
1	Muhammad Nurhidayat	Kajian Kualitas dan Kenyamanan Termal Permukiman Untuk Arahana Penataan Permukiman Berbasis <i>Eco-Settlements</i> di Kelurahan Pandeyan Kota Yogyakarta	Mengidentifikasi Kualitas Lingkungan dan Tingkat Kenyamanan Termal berbasis <i>Eco-Settlements</i>	Kepadatan permukiman, liputan vegetasi atau pohon pelindung, suhu bola kering, kelembaban relatif	Kuantitatif	Tingkat kualitas lingkungan, kenyamanan termal permukiman, dan arahan penataan berkonsep <i>Eco-Settlement</i> pada aspek ekologis	Jurnal (2017)
2	A. Faruq Hamdani	Tingkat Kenyamanan Kawasan Permukiman Berdasarkan Kajian Iklim Mikro di Kecamatan Klojen Kota Malang	Mengidentifikasi tingkat kenyamanan kawasan permukiman Kecamatan Klojen Kota Malang	Temperatur harian dan kelembaban harian	Kuantitatif	Hubungan tingkat kepadatan permukiman dan ketersediaan vegetasi/RTH terhadap tingkat kenyamanan suhu dan kelembaban harian	Jurnal (2014)

Lanjutan Tabel 2.3

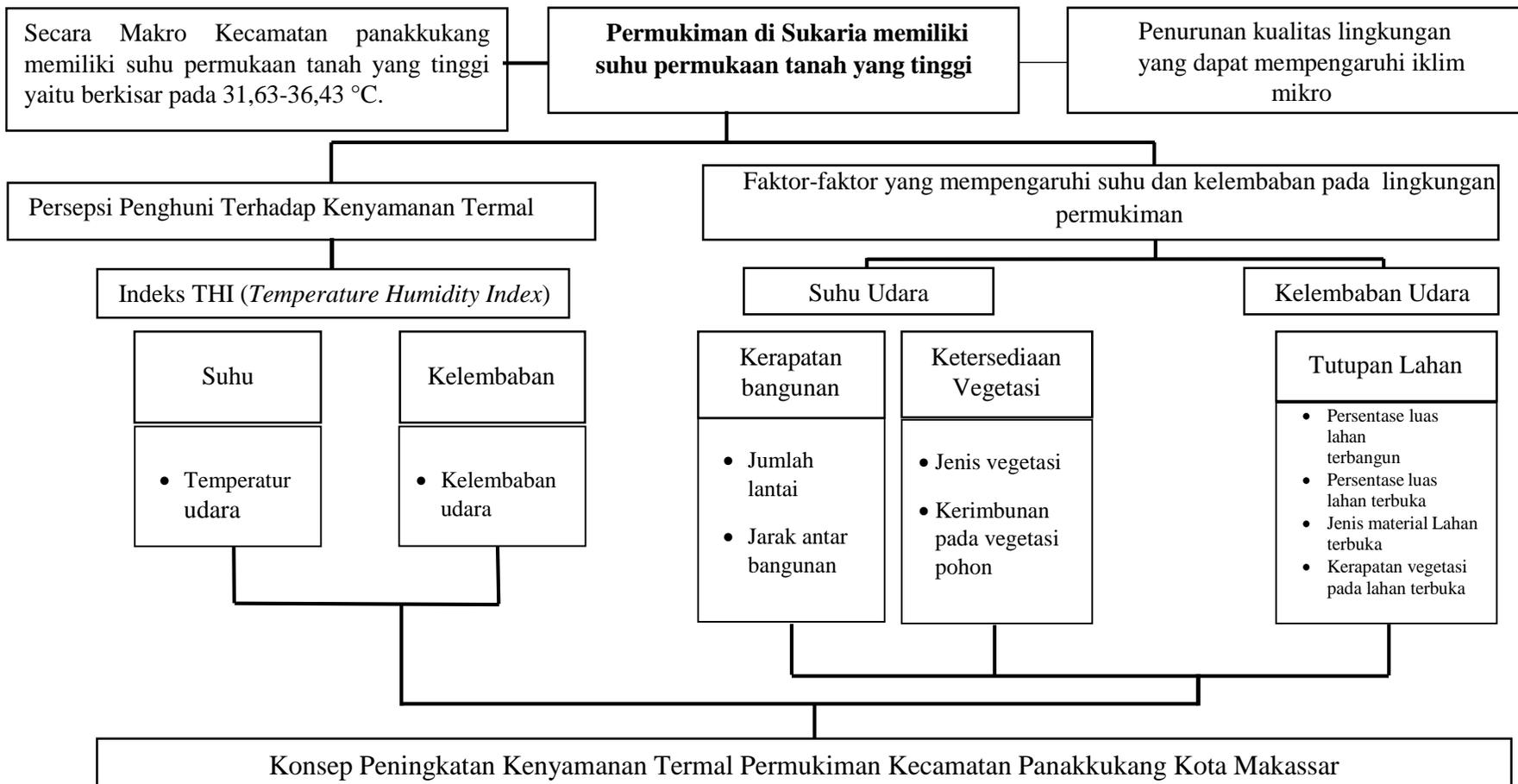
No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan	Variabel	Metode	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
3	Rizki Alfian dan Nuraini	Kajian Tingkat Kenyamanan Termal Berdasarkan <i>Thermal Humidity Index</i> (THI) Lanskap Jalan Soekarno Hatta Kota Malang	Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan iklim mikro pada lanskap Jalan Soekarno Hatta	Suhu udara, kelembaban, angin, penyinaran matahari, jenis dan kerapatan vegetasi, jenis kelamin responden, pendidikan responden, tempat tinggal responden, dan motivasi responden	Analisis deskriptif kualitatif dan kuantitatif	Jarak vegetasi di Jalan Soekarno Hatta mempengaruhi suhu udara maupun kelembaban. Pada area jalan yang jarak tanam pohonnya tidak rapat, suhu udaranya cenderung lebih tinggi dan kelembaban lebih rendah. Sebaliknya pada daerah dengan jarak tanam pohonnya rapat, suhu udara relatif lebih rendah dan kelembaban tinggi.	Jurnal (2019)
4	Mega Adeanti dan Chaidir Harist	Analisis Spasial Kerapatan Bangunan dan Pengaruhnya Terhadap Suhu	Mengetahui Peningkatan suhu permukaan dengan memanfaatkan citra landsat 8 dan hubungannya dengan kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan	Kerapatan Vegetasi dan Kerapatan Bangunan	Analisis NDVI dan NDBI	Semakin sedikit vegetasi dan semakin rapatnya bangunan, suhu akan semakin meningkat, begitu pun sebaliknya. Jadi kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan akan mempengaruhi suhu udara disekitarnya.	Jurnal (2018)

Lanjutan Tabel 2.3

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan	Variabel	Metode	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
5	Melinda Handayani	Persepsi Masyarakat Terkait Kenyamanan Termal di Permukiman Padat (NON-AC) Kecamatan Dukuh Pakis Kota Surabaya	Bagaimana persepsi masyarakat terkait kenyamanan termal dan bagaimanan adaptasi masyarakat untuk mengurangi tingginya suhu udara	Persepsi kenyamanan luar rumah, persepsi kenyamanan dalam rumah dan bentuk adaptasi masyarakat	Deskriptif kuantitatif	Persepsi masyarakat terkait kenyamanan termal dalam rumah adalah kurang nyaman yang berarti bahwa masyarakat merasa terganggu dengan kondisi termal sehingga masyarakat melakukan adaptasi berupa kegiatan dan adaptasi secara lingkungan.	Jurnal (2016)

2.24 Kerangka Konsep

Kerangka konsep penelitian menggambarkan tentang alur pikir yang didasari dengan isu dan permasalahan yang terjadi di lingkungan masyarakat, pengamatan citra satelit yang menampilkan suhu permukaan tanah dan kebijakan pembangunan berketahanan iklim, dari hal tersebut kemudian dianggap perlu untuk meneliti terkait kondisi termal pada lingkungan permukiman dan upaya adaptasi lingkungan terhadap kondisi termal yang ada. Hasilnya diharapkan dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan kenyamanan termal lingkungan permukiman, terciptanya permukiman berkonsep hijau dan berimplikasi terhadap terciptanya ruang terbuka hijau privat dan ruang terbuka hijau perkotaan yang diatur pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2008 dan RTRW Kota Makassar Tahun 2015-2035. Adapun kerangka konsep dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut ini:



Gambar 2.3 Kerangka Konsep
 Sumber: Penulis, 2020