

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Pengertian Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal merupakan keadaan di mana individu merasa nyaman dengan suhu dan kondisi di sekitarnya. Hal ini tidak hanya berkaitan dengan sensasi fisik terhadap suhu panas ataupun dingin, tetapi juga melibatkan aspek psikologis dan emosional yang akan memengaruhi reaksi seseorang terhadap lingkungan. Pada umumnya beberapa faktor yang berkontribusi meliputi suhu udara, kelembaban, aliran udara, radiasi panas, serta faktor individu seperti jenis pakaian yang dikenakan dan jenis aktivitas pengguna. Memahami kenyamanan termal sangat penting dalam mendesain suatu bangunan untuk menciptakan lingkungan yang mendukung kesehatan dan produktivitas. (Santoso & Imam, 2012). Kenyamanan termal dalam sebuah ruangan juga dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu kenyamanan bergerak (seperti desain yang ergonomis dan aksesibilitas ruang), kenyamanan udara (yang meliputi suhu, kelembapan, dan sirkulasi udara), serta kenyamanan bagi mata dan telinga (yang berkaitan dengan pencahayaan dan suara). Selain itu, material yang digunakan untuk bangunan juga berpengaruh pada seberapa baik suhu luar dapat masuk ke dalam ruangan melalui proses seperti konduksi, konveksi, dan radiasi (Zurairhan, 2023).

Kenyamanan termal adalah tingkat kepuasan yang dirasakan seseorang ketika mereka berada dalam kondisi suhu dan kelembapan yang sesuai. Hal ini menentukan apakah seseorang merasa nyaman dengan suhu di sekitar mereka. Suhu yang terlalu tinggi atau rendah dapat membuat seseorang merasa tidak nyaman, sehingga bisa berdampak pada produktivitas dan kesehatan. Misalnya, suhu yang panas dapat menyebabkan kelelahan, sedangkan suhu yang dingin dapat mengganggu konsentrasi. Selain itu, kenyamanan termal juga dipengaruhi oleh pakaian yang dikenakan dan tingkat aktivitas. (Sitanggang, Kindangen, & Tondobala, 2021). Kenyamanan termal memang sangat penting karena berhubungan langsung dengan kesejahteraan individu. Sebagaimana yang disebutkan, suhu yang ekstrem bisa berdampak negatif terhadap kesehatan fisik dan mental. dalam konteks bangunan, perancangan yang mempertimbangkan kenyamanan termal dapat meningkatkan kualitas hidup penghuninya, mengurangi penggunaan energi, serta meminimalkan dampak perubahan iklim.

2.1.2 Kenyamanan Termal Di Ruang Publik

Studi tentang kenyamanan termal di ruang terbuka sangat penting dalam perencanaan kota, mendesain bangunan, dan lansekap perkotaan. Ketika ruang luar dirancang dengan baik, pengguna akan merasa lebih nyaman untuk beraktivitas. Ruang terbuka publik yang dievaluasi dari segi kenyamanan termal dapat meningkatkan penggunaan fasilitas tersebut. Dengan mempertimbangkan suhu, kelembaban, dan sirkulasi udara, perancang dapat menciptakan ruang yang tidak hanya menarik tetapi juga nyaman bagi pengunjung. Hal ini diharapkan dapat mendorong masyarakat untuk lebih aktif menggunakan ruang tersebut. Selain itu, ruang terbuka yang nyaman dapat memperbaiki interaksi sosial antar individu (Yudha, Hasyim, & Parlindungan, 2023).

Ruang terbuka dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu ruang terbuka khusus dan ruang terbuka umum. Ruang terbuka umum mencakup taman kota, taman rekreasi, lapangan olahraga, plaza serta jalan dan area pejalan kaki. Sementara itu, ruang terbuka khusus terdiri dari area bandara, lokasi latihan militer dan taman-taman di kawasan khusus seperti di area perumahan serta taman untuk upacara bendera (Suharno, 2023). Rasa puas terhadap kondisi termal di sekitar ruang terbuka publik akan membuat orang lebih

cenderung menghabiskan waktu di luar. Dengan demikian, fokus pada kenyamanan termal dalam desain ruang terbuka dapat menciptakan lingkungan yang sehat dan menyenangkan. Pembangunan ruang terbuka yang baik, berkontribusi pada kualitas hidup yang lebih baik, sehingga akan mendorong gaya hidup aktif dan memperkuat rasa kebersamaan di antara warga kota (Yudha, Hasyim, & Parlindungan, 2023).

2.1.3 Standar *Physiologically Equivalent Temperature* (PET)

Dijelaskan dalam buku (Binarti & Koerniawan, 2023) bahwa *Physiologically Equivalent Temperature* (PET) didefinisikan sebagai suhu udara pada kondisi netral di mana keseimbangan energi tubuh manusia dapat dipertahankan. PET bertujuan untuk memberikan gambaran yang setara tentang kondisi lingkungan, sehingga manusia akan merasakan tingkat kenyamanan yang sama dengan lingkungan nyata. Parameter ini mempertimbangkan faktor-faktor fisiologis dan termal yang berinteraksi dengan lingkungan luar dan memberikan referensi dalam satuan suhu, sehingga memudahkan perbandingan antara berbagai kondisi iklim atau desain mikroklimat yang berbeda. Dalam buku tersebut juga terdapat tanggapan dari Huang et al. (2017), Lucchese et al. (2016), dan Zeng & Dong (2014) yang menyatakan bahwa kemampuan PET dalam memprediksi *Outdoor Thermal Comfort* (OTC) cukup akurat. Bahkan, dalam beberapa penelitian, PET menunjukkan hasil prediksi OTC yang lebih unggul dibandingkan dengan *Universal Thermal Climate Index* (UTCI). Standar *Physiologically Equivalent Temperature* (PET) dapat dianalisis dengan bantuan simulasi komputer menggunakan *software* Rayman. Nilai indeks PET memiliki 9 tingkat persepsi termal dari sangat dingin (PET < 4°C) hingga sangat panas (PET > 41°C). PET adalah model yang digunakan untuk mengekspresikan tingkat kenyamanan termal berdasarkan keseimbangan energi tubuh manusia. PET dinyatakan dalam satuan derajat Celsius (°C) sehingga hasilnya akan lebih mudah dipahami dibandingkan dengan hasil dari indeks kenyamanan termal lainnya.

Rentang Kenyamanan Termal	Rentang PET wilayah studi	Rentang PET Taiwan ⁷⁾
Sangat dingin	-	< 14
Dingin	-	14 - 18
Sejuk	-	18 - 22
Agak sejuk	< 29.5	22 - 26
Netral	29.5 - 31.0	26 - 30
Agak hangat	31.0 - 32.5	30 - 34
Hangat	32.5 - 34.0	34 - 38
Panas	≥ 34.0	38 - 42
Sangat panas	-	≥ 42

Tabel 1 Tabel Rentang Nilai PET
Sumber: : Lin dan Matzarakis (2008)

2.1.4 Faktor Yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal Berdasarkan Standar PET

Kenyamanan termal merupakan salah satu aspek penting dalam desain bangunan dan lingkungan luar ruang, yang akan mempengaruhi kualitas hidup pengguna ruang tersebut. Kenyamanan termal mengacu pada kondisi dimana suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan radiasi panas tidak mengganggu aktivitas manusia, memberikan rasa nyaman dalam berinteraksi dengan lingkungan. Dalam konteks penelitian kali ini, menggunakan pendekatan PET (*Physiological Equivalent Temperature*) yang mengukur kenyamanan termal berdasarkan faktor-faktor sebagai berikut:

2.1.4.1. Suhu Udara

Merupakan faktor utama yang memengaruhi kenyamanan termal. Menurut SNI 03-6572-2001, standar kenyamanan termal untuk kategori hangat nyaman ditetapkan dalam rentang suhu 25,8 °C hingga 27,1 °C. Dalam kisaran suhu ini, diharapkan penghuni dapat merasa nyaman dan beraktivitas dengan baik tanpa merasakan kepanasan atau kedinginan (Arifah, Adhitama, & Nugroho, 2017)

2.1.4.2. Kelembaban Relatif

Kelembaban udara yang sering dianjurkan untuk daerah tropis menurut standar SNI 03-6572-2001 berada dalam kisaran 40% hingga 50%. Rentang ini dianggap ideal untuk menciptakan kenyamanan termal yang optimal, mengingat karakteristik iklim tropis yang sering kali panas dan lembap. (Arifah, Adhitama, & Nugroho, 2017).

2.1.4.3. Kecepatan Angin

Kecepatan udara yang dianggap baik menurut SNI 03-6572-2001 adalah 0,25 m/s. Kecepatan ini dirancang untuk memberikan kenyamanan termal yang optimal bagi pengguna ruangan. Namun, kecepatan udara tersebut dapat ditingkatkan melebihi 0,25 m/s, tergantung pada kondisi temperatur udara kering pada ruangan tersebut (Arifah, Adhitama, & Nugroho, 2017).

2.1.4.4. Suhu Global Radiation

Suhu *Global Radiation* diukur menggunakan *Globe Thermometer*. Melalui termometer pada *Globe Thermometer*, suhu radiasi (Tg) yang diterima oleh bola tembaga hitam dicatat. Dengan data suhu radiasi (Tg) dan kecepatan angin, suhu radiasi rata-rata dapat dihitung menggunakan persamaan tertentu (Muhaling & Kumurur, 2017).

2.1.4.5. Tertutup Awan

Cloud cover atau tutupan awan memiliki pengaruh signifikan pada *Physiologically Equivalent Temperature* (PET). Dalam konteks PET, *cloud cover* berperan sebagai faktor yang mengurangi radiasi matahari yang diterima oleh permukaan bumi, sehingga mempengaruhi keseimbangan termal tubuh manusia. Untuk mendapatkan data ini diperlukan pencatatan persentase langit yang tertutup oleh awan secara visual dilakukan dengan menggunakan skala oktas, yang terdiri dari nilai 0 hingga 8 seperti yang tertera pada tabel

Coverage x code	Meaning	Symbol
0/8 x 0	Sky completely clear	
1/8 x 1	Sky completely clear	
2/8 x 2	Almost sky completely clear	
3/8 x 3	Small cloudy	
4/8 x 4	Sky half cloudy	
5/8 x 5	Cloudy	
6/8 x 6	Cloudy	
7/8 x 7	Almost cloudy	
8/8 x 8	Sky completely cloudy	
x 9	Sky obstructed from view	

Tabel 2 Skala Oktas untuk Perhitungan Langit yang Tertutup Awan
Sumber: Meteorological Office (2000)

2.1.4.6. Jenis Pakaian Yang Dikenakan

Jenis pakaian yang digunakan memiliki dampak besar pada kenyamanan termal manusia, yang mengukur seberapa nyaman atau tidak nyaman seseorang berdasarkan faktor-faktor seperti suhu, kelembapan, angin, dan radiasi matahari. Pakaian yang lebih tebal atau dengan isolasi yang tinggi akan mengurangi aliran panas dari tubuh ke lingkungan sekitar, sehingga meningkatkan suhu tubuh. Sebaliknya, pakaian tipis dan ringan memungkinkan tubuh untuk melepaskan panas dengan lebih efisien, yang akan menurunkan PET, sehingga memberikan kenyamanan lebih saat cuaca panas.

Garment Description	clo	Garment Description	clo
<i>Underwear</i>		<i>Trousers and Coveralls</i>	
Men's briefs	0.04	Short shorts	0.06
Panties	0.03	Halking shorts	0.08
Bra	0.01	Straight trousers (thin)	0.15
T-shirt	0.08	Straight trousers (thick)	0.24
Full slip	0.16	Sweat Pants	0.28
Half slip	0.14	Overalls	0.3
Long underwear top	0.2	Coveralls	0.49
Long underwear bottom	0.15	<i>Dresses and skirts</i>	
<i>Footwear</i>		Skirt (thin)	0.14
Ankle-Length athletic socks	0.02	Skirt (thick)	0.23
Calf-Length socks	0.03	Long-sleeve shirt dress (thin)	0.33
Knee socks (thick)	0.06	Long-sleeve shirt dress (thick)	0.47
Panty hose stockings	0.02	Short-sleeve shirt dress (thin)	0.29
Sandals	0.02	Sleeveless, scoop neck (thin)	0.23
Slippers	0.03	Sleeveless, scoop neck (thick)	0.27
Boot	0.1	<i>Sweaters</i>	
<i>Shirt and Blouses</i>		Sleeveless vest (thin)	0.13
Sleeveless	0.12	Sleeveless vest (thick)	0.22
Short sleeve, dresses	0.19	Long-sleeve (thin)	0.25
Long sleeve, dresses	0.25	Long-sleeve (thick)	0.36
Long sleeve, flannel shirt	0.34	<i>Sleepwear and Robes</i>	
Short sleeve, knit sport shirt	0.17	Sleeveless, short gown (thin)	0.18
Long sleeve, sweat shirt	0.34	Sleeveless, long gown (thin)	0.2
		Long-sleeve pajamas	0.57
		Short-sleeve pajamas	0.42

Tabel 3 Insulasi Nilai Pakaian
Sumber: ASHRAE, (1989)

2.1.4.7. Jenis Aktivitas Pengguna

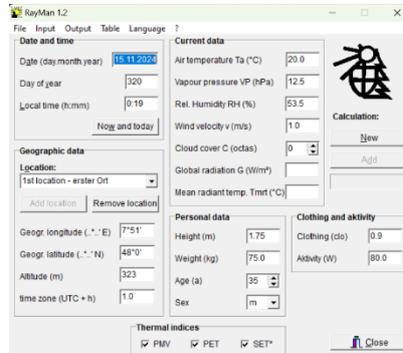
Jenis aktivitas yang dilakukan oleh pengguna memiliki dampak langsung pada kenyamanan termal. Aktivitas fisik mempengaruhi tingkat produksi panas tubuh, yang pada gilirannya mengubah cara tubuh berinteraksi dengan lingkungan sekitar. Aktivitas fisik mempengaruhi proses penguapan keringat, yang merupakan salah satu mekanisme utama tubuh untuk mendinginkan diri. Aktivitas intens akan meningkatkan produksi keringat, tetapi dalam lingkungan dengan kelembapan tinggi, penguapan akan berkurang, sehingga tubuh kesulitan untuk mendinginkan diri.

Activities	W/m ²	met
Resting		
Sleeping	40	0.7
Reclining	45	0.8
Seated, quiet	60	1.0
Standing, relaxed	70	1.2
<i>Walking (on level surface)</i>		
3.2 km/h (0.9 m/s)	115	2.0
4.3 km/h (1.2 m/s)	150	2.6
6.4 km/h (1.8 m/s)	220	3.8
<i>Office activities</i>		
Reading, seated	55	1.0
Writing	60	1.0
Typing	65	1.1
Filing, seated	70	1.2
Filing, standing	80	1.4
Walking about	100	1.7
Lifting/packing	120	2.1
<i>Driving/Flying</i>		
Car	60 to 115	1.0 to 2.0
Aircraft, routine	70	1.2
Aircraft, instrument landing	105	1.8
Aircraft, combat	140	2.4
Heavy vehicle	185	3.2
<i>Miscellaneous occupational activities</i>		
Cooking	95 to 115	1.6 to 2.0
Housecleaning	115 to 200	2.0 to 3.4
Seated, heavy limb movement	130	2.2
Machine work		
Sawing (table saw)	105	1.8
Light (electrical industry)	115 to 140	2.0 to 2.4
Heavy	235	4.0
Handling 50 kg bags	235	4.0
Pick and shovel work	235 to 280	4.0 to 4.8

Tabel 4 Metabolic Rate
Sumber: ASHRAE, (1989)

2.1.6 RayMan Pro

Selanjutnya hasil perhitungan manual yang diperoleh menggunakan alat ukur *Multimeter* MS-6300 yang kemudian dikelola kembali menggunakan *software* RayMan Pro versi 3.1 Beta untuk mendapatkan nilai indeks PET dari data historis dan data pengukuran langsung di kawasan Taman Fatahillah Kota Tua Jakarta. Tampilan *input* Rayman Pro dapat dilihat seperti pada Gambar 2.1 berikut.

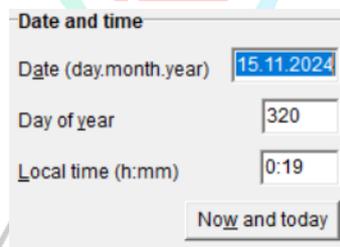


Gambar 2. 1 Main Window RayMan

Sumber: <https://www.scribd.com> (RayMan Pro: a tool for applied climatology)

Berdasarkan Gambar 1 *software* RayMan pro pengguna dapat memilih dan mengedit data *input* dan *output*. Pada menu utama tersebut terdapat tujuh kotak konfigurasi *Date and Time*, *Geographic Data*, *Current Data*, *Personal Data*, *Clothing and Activity*, *Thermal Indices*, serta *Calculation* di area tengah dan tombol *close* untuk keluar dari aplikasi RayMan di bagian kanan bawah.

2.1.6.1 Date and Time

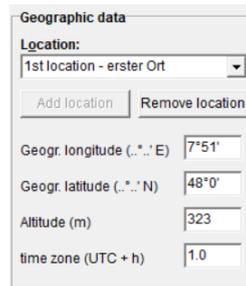


Gambar 2. 2 Date and Time

Sumber: <https://www.scribd.com> (RayMan Pro: a tool for applied climatology)

Pada menu ini, memungkinkan pengguna untuk mengatur tanggal dan waktu yang diinginkan untuk melakukan perhitungan. *Date* harus menyesuaikan dengan format Hari, Bulan dan Tahun. Contohnya 27.1.2019 (penulisan tahun tidak boleh disingkat). Sedangkan penulisan waktu untuk perhitungan menggunakan bidang *Local Time* dan harus dinyatakan dalam format 24 jam misalnya (17.30 alih-alih 5.30). Tombol *Now and Today* akan mengatur tanggal dan waktu ke tanggal dan waktu sistem dengan dengan otomatis.

2.1.6.2 Geographical Data



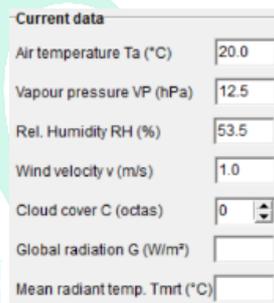
Geographic data	
Location:	1st location - erster Ort
<input type="button" value="Add location"/> <input type="button" value="Remove location"/>	
Geogr. longitude (°.′ E)	7°51'
Geogr. latitude (°.′ N)	48°0'
Altitude (m)	323
time zone (UTC + h)	1.0

Gambar 2. 3 Geographical Data

Sumber: <https://www.scribd.com> (RayMan Pro: a tool for applied climatology)

Menu ini digunakan untuk menentukan lokasi geografis. Lokasi geografis, serta ketinggian dan zona waktu adalah parameter input untuk perhitungan radiasi. Untuk menyingkirkan tempat yang tidak diperlukan lagi (atau jika pengguna ingin menyimpan lokasi dengan cara yang sama, tetapi dengan nomor yang berbeda), cukup pilih lokasi yang dimaksud dan tekan *Remove Location*.

2.1.6.3 Current Data



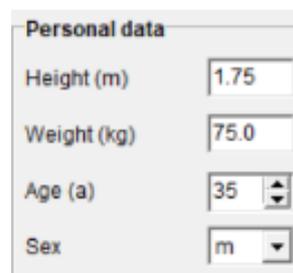
Current data	
Air temperature Ta (°C)	20.0
Vapour pressure VP (hPa)	12.5
Rel. Humidity RH (%)	53.5
Wind velocity v (m/s)	1.0
Cloud cover C (octas)	0
Global radiation G (W/m²)	
Mean radiant temp. Tmrt (°C)	

Gambar 2. 4 Current Data

Sumber: <https://www.scribd.com> (RayMan Pro: a tool for applied climatology)

Menu ini digunakan untuk perhitungan kondisi meteorologi. Kondisi latar belakang meteorologis ditentukan oleh suhu udara (Ta) dalam °C, uap tekanan (VP) dalam hPa atau kelembaban relatif (RH) dalam %, kecepatan angin lokal dalam m/s dan tutupan awan dalam okta. Pada aplikasi RayMan tingkat kelembaban udara dapat ditentukan oleh tekanan uap atau kelembaban relatif.

2.1.6.4 Personal Data



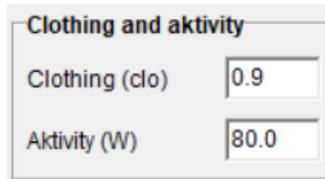
Personal data	
Height (m)	1.75
Weight (kg)	75.0
Age (a)	35
Sex	m

Gambar 2. 5 Personal Data

Sumber: <https://www.scribd.com> (RayMan Pro: a tool for applied climatology)

Untuk menghitung indeks termal, diperlukan informasi mengenai *sample* orang. Orang tersebut dapat di konfigurasi mengatur ketinggian (meter), berat badan (kilogram), umur dan jenis kelamin nya “M” untuk (*Male* atau Pria dan “F” untuk *Female* atau Wanita).

2.1.6.5 Clothing and Activity



Gambar 2. 6 Clothing and Activity

Sumber: <https://www.scribd.com> (RayMan Pro: a tool for applied climatology)

Insulasi pakaian indeks pakaian clo (0: tanpa pakaian, 1: *bussines suite*, >>1: pakaian musim dingin), aktivitas dalam watt dan postur yang berbeda (berdiri atau duduk). Nilai standar dapat diubah menyesuaikan pakaian yang berbeda atau tingkat kerja fisik yang dikerjakan.

2.1.6.6 Thermal Indices

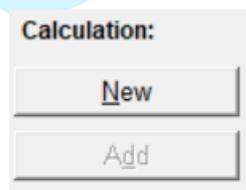


Gambar 2. 7 Thermal Indices

Sumber: <https://www.scribd.com> (RayMan Pro: a tool for applied climatology)

Pada menu ini terdapat 3 pilihan indeks yaitu PMV (*Predicted Mean Vote*), PET (*Physiological Equivalent Temperature*) dan SET (Suhu Efektif Standar). Tanda cetang yang terletak di samping indeks bertujuan untuk memilih jenis indeks yang akan dihitung.

2.1.6.7. Calculation



Gambar 2. 8 Calculation

Sumber: <https://www.scribd.com> (RayMan Pro: a tool for applied climatology)

Jika semua konfigurasi telah selesai, maka langkah selanjutnya memulai perhitungan adalah dengan menekan tombol *New* pada pilihan menu *Calculation*. Jika ingin menambahkan sesuatu ke hasil sebelumnya, maka dapat menekan tombol *Add*.

2.1.7 Strategi Kenyamanan Termal di Ruang Luar

Dikutip dalam (Mujahiddin, 2020) menurut Ashihara, Y. (1974), Ruang luar adalah area yang terbentuk dengan batasan dari alam. Ruang ini dipisahkan dari lingkungan alami dengan memberikan kerangka atau

batasan tertentu, sehingga menciptakan lingkungan buatan manusia yang memiliki tujuan tertentu sebagai bagian dari alam. Dibahas juga mengenai ruang luar menurut Hakim (2012), bahwa elemen ruang luar dapat dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu elemen *softscape* dan elemen *hardscape*. Elemen *softscape* terdiri dari unsur-unsur alami, yang sebagian besar merupakan vegetasi dan elemen air. Elemen *softscape* ini berfungsi sebagai komponen dominan di ruang luar dan memainkan peran penting dalam menciptakan suasana yang nyaman dan alami. Dominasi elemen *softscape* dalam ruang luar tidaklah tanpa alasan. Sementara itu, elemen *hardscape* mencakup semua komponen buatan yang tidak termasuk vegetasi, seperti berbagai struktur yang membentuk taman, gazebo, kolam, pagar, pergola, bangku taman, lampu taman, batu, kayu, dan berbagai elemen lainnya. Komponen-komponen ini memberikan bentuk fisik dan fungsi pada ruang luar, sehingga menciptakan area yang dapat digunakan untuk beraktivitas dan bersantai. Elemen-elemen tersebut memiliki berbagai fungsi yang signifikan dalam meningkatkan kualitas lingkungan. Lingkungan termal di ruang luar juga dipengaruhi oleh berbagai faktor iklim. Perancangan lingkungan termal yang nyaman sangatlah penting, karena kenyamanan termal menjadi salah satu kriteria utama dalam menentukan apakah seseorang akan beraktivitas di ruang luar atau tidak. (Mujahiddin, 2020)

Strategi desain ruang luar merupakan pendekatan yang krusial dalam mengelola kenyamanan termal, yang dicapai melalui perencanaan yang tepat dalam penempatan elemen-elemen di sekitarnya. Elemen-elemen tersebut meliputi material penutup permukaan, seperti aspal atau *paving*, serta vegetasi yang dapat memberikan naungan dan mengurangi panas. Dengan mempertimbangkan interaksi antara elemen-elemen tersebut, desain ruang terbuka dapat menciptakan lingkungan yang lebih nyaman bagi penggunaannya, menurunkan suhu udara, dan meningkatkan kualitas mikroklimat di area tersebut. Di samping itu, desain yang baik dapat memaksimalkan manfaat estetika dan fungsional ruang terbuka, sehingga menciptakan tempat yang tidak hanya nyaman tetapi juga menarik untuk digunakan (Mujahiddin, 2020).

2.1.7.1. Material Pelingkup Permukaan

Material pelindung permukaan pada elemen ini terdiri dari bahan perkerasan (penutup tanah). Jenis material yang digunakan pada permukaan dapat memengaruhi iklim mikro di suatu kawasan atau lingkungan. Sifat termal material meliputi konduktivitas, reflektivitas, dan kemampuan untuk menyerap panas. Salah satu faktor paling signifikan yang memengaruhi peningkatan suhu di sekitarnya adalah sifat material yang memantulkan radiasi matahari yang jatuh ke permukaan. Material memiliki beragam sifat yang berbeda, dan perbedaan ini berdampak pada kenyamanan termal di ruang terbuka. Pada siang hari, material-material tersebut akan menyerap radiasi sinar matahari dan kemudian memantulkannya kembali ke lingkungan sekitar. Proses ini dapat menyebabkan peningkatan suhu di area tersebut, yang berdampak pada kenyamanan pengguna ruang terbuka (Mujahiddin, 2020).

Ketika material memiliki kemampuan reflektif yang tinggi, mereka cenderung memantulkan lebih banyak radiasi, yang dapat mengurangi akumulasi panas. Sebaliknya, material yang menyerap panas dapat menyebabkan suhu lingkungan meningkat, menciptakan kondisi yang kurang nyaman. Oleh karena itu, pemilihan material yang tepat sangat penting dalam desain ruang terbuka untuk memastikan kenyamanan termal yang optimal bagi penghuninya. Strategi desain dalam pemilihan jenis material permukaan yang digunakan sangat penting untuk meningkatkan kenyamanan termal. Setiap material memiliki tingkat

reflektivitas yang berbeda-beda, berikut merupakan tingkat reflektivitas dari beberapa material (Mujahiddin, 2020).

No.	Material	Tingkat Relfrektivitas	Tingkat Emisivitas
1.	Beton	0.30	0.94
2.	Bata	0.30	0.90
3.	Aspal	0.19	0.90
4.	Kayu	0.4	0.82-0.92
5.	Tanah	0.15-0.6	0.93-0.96
6.	Vegetasi	0.10	0.76
7.	Plester putih	0.93	0.91
8.	Besi galvanis cerah	0.35	0.13
9.	Pigmen putih	0.85	0.96
10.	Pigmen abu-abu	0.03	0.87
11.	Pigmen hijau	0.73	0.95
12.	Air	0.05	0.95
13.	Batu kerikil	0.72	0.28
14.	Pasir	0.24	0.76
15.	Cat putih pada aluminium	0.35	0.91
16.	Cat hitam pada aluminium	0.04	0.88

Tabel 5 Tingkat reflektivitas dan emisivitas material permukaan
Sumber: (Mujahiddin, 2020)

2.1.7.2. Vegetasi

Dikutip dalam (Syahbana, Rochim, & Alie, 2013) menurut (Hakim dan Hardi, 2004:98), tanaman adalah elemen penting dalam lansekap yang bersifat hidup dan terus berkembang seiring waktu. Pertumbuhan tanaman atau vegetasi mempengaruhi berbagai aspek, seperti bentuk, ukuran, tekstur, dan warna sepanjang masa pertumbuhannya. Sehingga, kuantitas ruang terbuka tidak hanya ditentukan oleh desain awal, tetapi juga akan terus berkembang seiring dengan pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, perencanaan lansekap harus mempertimbangkan faktor pertumbuhan tanaman untuk menciptakan ruang terbuka yang berkelanjutan.

Elemen lansekap seperti vegetasi berfungsi penting sebagai pelindung dari radiasi matahari. Pohon dapat menurunkan suhu udara di sekitarnya karena sinar matahari yang mengenai daun diserap untuk fotosintesis dan penguapan. Proses ini memberikan efek pendinginan yang signifikan pada lingkungan. Bayangan yang dihasilkan oleh pohon menghalangi sinar matahari langsung dan mengenai tanah di bawahnya, sehingga suhu tanah tetap lebih rendah. Selain pohon, berbagai jenis tanaman juga dapat menciptakan pelindung alami yang beragam. Vegetasi juga membantu mengatur aliran udara di sekitarnya. Dengan menciptakan penghalang alami, tanaman dapat memperlambat angin dan memungkinkan udara segar terakumulasi, sehingga meningkatkan kenyamanan bagi manusia. Secara keseluruhan, penggunaan elemen lansekap seperti pohon dalam desain lingkungan tidak hanya melindungi dari radiasi matahari, tetapi juga meningkatkan kualitas iklim mikro dan menciptakan ruang terbuka yang lebih nyaman. (Mujahiddin, 2020).

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan kajian yang dilakukan sebelum dilaksanakannya penelitian ini. Peneliti melakukan kajian terkait penelitian sebelumnya yang memiliki fokus dan topik yang serupa. Penelitian-penelitian ini dianalisis untuk memberikan acuan mengenai hal-hal yang dapat dijadikan sebagai dasar teori dan bukti ilmiah penelitian. Berikut ini adalah daftar penelitian terdahulu yang telah dikaji oleh Peneliti.

Judul Penelitian	Rumusan Masalah	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Tingkat Kenyamanan Termal Lingkungan Kampus IPB Dramaga Menggunakan Pendekatan <i>Physiological Equivalent Temperature</i> (PET)	Bagaimana pembangunan kampus IPB di Dramaga memengaruhi kenyamanan termal di lingkungan sekitarnya akibat perubahan jumlah penduduk dan kepadatan permukiman, yang menciptakan iklim artifisial. Penelitian ini berfokus pada identifikasi karakteristik termal lingkungan sekitar kampus menggunakan indeks <i>Physiological Equivalent Temperature</i> (PET), mengukur pengaruh kerapatan vegetasi dan rasio bangunan terhadap PET, serta memetakan hubungan antara PET dan tingkat kenyamanan termal secara spasial.	Untuk mengkaji kenyamanan termal di lingkungan sekitar kampus IPB Dramaga. Penelitian ini bertujuan memahami pengaruh kerapatan vegetasi dan rasio bangunan terhadap nilai PET (<i>Physiological Equivalent Temperature</i>), serta mengidentifikasi wilayah dengan nilai PET rendah yang lebih nyaman. Hasilnya akan digunakan untuk merekomendasikan peningkatan akurasi pengukuran dengan mempertimbangkan jenis aktivitas dan pakaian responden.	Metode penelitian melibatkan observasi data meteorologi menggunakan anemometer digital dan <i>black globe thermometer</i> , serta survei kuesioner untuk persepsi termal. Sampel survei dipilih secara <i>purposive</i> , dengan pengukuran di 50 titik yang dibedakan berdasarkan kerapatan vegetasi dan konfigurasi permukiman.	Perbedaan nilai PET dipengaruhi oleh kerapatan naungan vegetasi dan tingginya rasio bangunan pada jalan berupa ngarai (<i>street canyon</i>). Nilai PET semakin meningkat dengan berkurangnya kerapatan naungan dan menurunnya nilai rasio bangunan.

<p>ANALISIS KENYAMANAN TERMAL RUANG LUAR DI KAWASAN KAMPUS UNSRAT</p>	<p>Banyak pengguna melaporkan ketidakpuasan terkait suhu yang terlalu tinggi dan sirkulasi udara yang minim. Oleh karena itu, perbaikan pada sistem ventilasi dan pendinginan diperlukan untuk meningkatkan kenyamanan dan kepuasan pengguna.</p>	<p>Mengidentifikasi dan mengevaluasi area luar di Kampus Unsrat Manado yang menawarkan kenyamanan termal dengan melakukan pengukuran dan pemetaan menggunakan metode GIS. Selain itu, menganalisis kondisi area luar tersebut untuk mencari solusi dalam mengatasi masalah kenyamanan termal.</p>	<p>Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan teknik survei, yang mencakup observasi langsung di lokasi dan pemetaan area menggunakan Sistem Informasi Geografis (GIS).</p>	<p>Hasil pengukuran dan analisis data menggunakan metode GIS pada 108 titik menunjukkan bahwa di Kawasan Kampus Unsrat Manado terdapat tiga tingkat kenyamanan: Agak Panas (70%), Panas (28%), dan Sangat Panas (2%).</p>
<p>ANALISIS KENYAMANAN TERMAL RUANG LUAR DI KAWASAN PASAR 45 PUSAT KOTA MANADO</p>	<p>Hasil observasi sementara di lapangan menunjukkan fenomena bahwa terdapat kecenderungan suhu udara yang cukup tinggi pada jam-jam sibuk siang hari, apalagi di musim panas. Terbatasnya keberadaan ruang terbuka hijau dapat diindikasikan sebagai salah satu penyebab cukup tingginya suhu di kawasan ini.</p>	<p>Untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal, mengukur parameter termal seperti suhu, kelembaban, dan kecepatan angin.</p>	<p>metode kuantitatif, yang dilaksanakan melalui dukungan simulasi komputasi (eksperimental).</p>	<p>Berdasarkan hasil analisis data iklim mikro penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa kenyamanan termal di kawasan Pasar 45 Pusat Kota Manado berada pada tingkat hangat (<i>warm</i>), panas (<i>hot</i>), hingga sangat panas (<i>very hot</i>).</p>

Tabel 6 Tabel Penelitian Terdahulu

Sumber: Peneliti

2.3 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran adalah landasan konseptual yang menjelaskan hubungan antara variabel atau faktor yang dianalisis dalam sebuah penelitian. Kerangka ini membantu merumuskan bagaimana masalah penelitian diidentifikasi, dianalisis, dan diselesaikan.



Gambar 2. 9 Kerangka Pemikiran

Sumber: Peneliti

2.4 Sintesis

Sintesis adalah proses menggabungkan informasi, ide, atau elemen dari berbagai sumber menjadi satu kesatuan yang terorganisir dan memiliki makna baru. Setelah meneliti sejumlah sumber yang digunakan dalam penelitian ini, peneliti akan menyusun sintesis dengan menciptakan alur pembahasan yang jelas dan mengaitkannya dengan tujuan penelitian.

Teori (Standar Kenyamanan Termal)	Unsur	Metode
<i>Physiologically Equivalent Temperature</i> (PET)	Faktor Lingkungan: <ol style="list-style-type: none"> 1. Suhu udara, 2. Kelembaban 3. Kecepatan Angin 4. Bayangan Awan 5. <i>Global Radiation</i> Faktor Individu <ol style="list-style-type: none"> 1. Jenis pakaian yang dikenakan 2. Jenis aktivitas pengguna 	Menggunakan metode kuantitatif dengan alat ukur <i>Multimeter</i> MS-6300 yang kemudian akan dilanjutkan dengan simulasi komputer menggunakan <i>software</i> RayMan
Rayman		

Tabel 7 Sintesis
Sumber: Peneliti