

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Definisi Kenyamanan Termal

Komponen tubuh sangat penting sebagai tolak ukur suatu kenyamanan, karena kenyamanan merupakan suatu hal yang tidak dapat dilihat, dicium, atau disentuh. Jika fasilitas yang dimanfaatkan oleh pengguna dibuat nyaman dan menarik, maka konsumen yang ingin mendapatkan kenyamanan selama menunggu atau melakukan aktivitas lainnya akan merasa lebih nyaman (Lailan et al., 2021). Hal ini menunjukkan bahwa kenyamanan dan sensasi kenyamanan mencerminkan penilaian penuh seseorang terhadap lingkungannya, berdasarkan teori arsitektur dan fisika bangunan. Manusia mengevaluasi lingkungannya berdasarkan masukan yang diterimanya. Sirkulasi, iklim, kebisingan, aroma/bau, bentuk, keamanan, kebersihan, daya tarik, dan pencahayaan merupakan beberapa faktor desain yang mempengaruhi kenyamanan (Hakim, 2014). Berdasarkan hasil pembahasan para ahli mengenai apa yang dimaksud dengan kenyamanan, dapat dikatakan bahwa kenyamanan adalah suatu keadaan ketenangan baik jasmani maupun rohani seseorang.

Dalam konteks arsitektur, kenyamanan dalam suatu ruangan juga dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kenyamanan visual, kenyamanan akustik, dan kenyamanan termal.

a. Kenyamanan Visual

Kenyamanan pencahayaan yaitu baik berupa pencahayaan alami maupun buatan, inilah yang dimaksud dengan kenyamanan visual dalam konteks ini. Ruangan yang digunakan sebagai ruang kerja harus memiliki penerangan yang cukup agar orang yang berada di dalamnya dapat menjalankan tugas tanpa kesulitan dan tetap produktif. Kenyamanan visual akan dihasilkan dari penggunaan kriteria kenyamanan visual sebaik mungkin, seperti kepatuhan desain terhadap peraturan pencahayaan. Penghuni gedung hingga orang-orang yang merasa nyaman memiliki

serangkaian tindakan yang berdampak pada cara mereka memandang kenyamanan pencahayaan dalam ruangan, oleh karena itu mendasarkan penilaian kenyamanan secara eksklusif pada kriteria yang diberikan tidaklah cukup (Widiyantoro et al., 2017).

b. Kenyamanan Akustikal

Suasana hati, lingkungan kerja, dan lingkungan belajar seseorang sangat dipengaruhi oleh kenyamanan akustik ruangan. Agar pengunjung dapat memahami sebuah karya seni dengan tingkat fokus terbaik, terutama dalam suasana studio, lingkungan yang damai dan tenteram sangat penting. Tingkat kenyamanan pengguna tentunya dapat berkurang karena kebisingan dan sumber suara yang mengganggu.

c. Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal adalah keadaan mental yang menunjukkan kebahagiaan dengan lingkungan termal. Konsep "*State of Mind*" menunjukkan bahwa kenyamanan merupakan fenomena psikologis yang bergantung pada faktor lingkungan (*environment*). Dalam upaya memperoleh indeks kenyamanan, ada dua kategori utama: analitis dan empiris. Analisis didasarkan pada hukum fisika aliran panas, sedangkan penelitian empiris didasarkan pada survei sosiologis. Sangat penting untuk mempertimbangkan banyak komponen individu dan lingkungan yang membentuk "lingkungan termal manusia" untuk mencapai kenyamanan (Idham, 2016).

2.1.2 Faktor – faktor yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal

2.1.2.1 Faktor Lingkungan / Eksternal

Suhu udara merupakan termometer yang paling mendasar. Suhu udara bukanlah metrik yang dapat diandalkan atau akurat untuk menyatakan kenyamanan termal, meskipun suhu udara merupakan faktor penting yang harus diperhitungkan. Lingkungan fisik, karakteristik seseorang, dan elemen lainnya harus selalu diperhitungkan saat menentukan suhu udara. Terdapat enam variabel yang mempengaruhi kenyamanan termal, baik variabel lingkungan maupun individu. Meskipun tidak berhubungan satu

sama lain, bersama-sama, komponen-komponen ini mendukung kenyamanan termal. Variabel lingkungan tersebut antara lain suhu udara, kecepatan udara, kelembapan. Sedangkan karakteristik individu seperti metabolisme dan pakaian (Idham, 2016).

A. Suhu Udara

Faktor utama yang mempengaruhi kenyamanan adalah suhu. Pertukaran panas suatu bangunan memang dipengaruhi oleh beberapa faktor, Selubung bangunan dan komponen lainnya berkontribusi terhadap transmisi panas, yang menentukan seberapa panas atau dinginnya ruangan tersebut. Manusia dapat merencanakan cara untuk mengatur aliran panas dalam gedung dan mencapai kenyamanan dalam ruangan jika kita mengetahui suhu udara luar dan zona nyaman (Idham, 2016). Banyaknya panas di udara dapat ditentukan oleh berbagai faktor selain suhu udara. Untuk memahami kandungan panas di udara dan kecepatan udara yang akan mendorong proses perpindahan panas masuk dan keluar bangunan, suhu yang digunakan harus dilengkapi dengan data kelembapan (Idham, 2016).

Termometer yang memiliki skala *Celcius (C)*, *Reamur (R)*, dan *Fahrenheit (F)* dapat digunakan untuk mengukur suhu. Ada tiga variabel yang digunakan dalam pengukuran suhu udara standar: suhu udara tertinggi (diukur dengan termometer maksimum), suhu udara rata-rata (diukur dengan termometer bola basah dan bola kering), dan suhu udara minimum (diukur dengan termometer minimum) (Arief Noor, 2018). Suhu udara rata-rata menjadi sumber data penelitian ini.

Termometer dapat menampilkan suhu udara pada titik tertinggi, titik terendah, dan suhu udara di antaranya. Suhu udara efektif, yaitu indeks suhu udara empiris atau derajat panas yang dirasakan terhadap berbagai kombinasi suhu, kelembapan, dan pergerakan udara, merupakan suhu udara yang penting bagi manusia. Tabel 2.1 menunjukkan minimal tingkat kenyamanan menurut ASHRAE-55 (Ramlah, 2018).

Tabel 2.1 Tingkat Suhu Udara Kenyamanan Termal

Temperatur Efektif	23 °C – 27 °C
--------------------	---------------

Sumber: ASHRAE-55

Cara pengukuran suhu udara luar ruangan dengan metode pembacaan langsung atau *direct reading* menggunakan alat *digital environment multimeter*. Alat ini dibuat khusus untuk menilai berbagai faktor lingkungan dalam suatu ruang. Dengan menggunakan alat ini, seseorang dapat mempelajari faktor lingkungan termasuk suhu, kelembapan, dan Kecepatan Udara. Berikut adalah deskripsi tentang kegunaan alat *digital environment multimeter*.

A. Temperature

Alat ini memiliki sensor suhu udara yang dapat mendeteksi suhu ruangan secara akurat. Informasi suhu alat ini membantu dalam mengatur suhu ruangan agar tetap nyaman dan memenuhi kebutuhan pengguna.

B. Kelembapan

Alat yang disebut "*digital environment multimeter*" dapat mengukur tingkat kelembapan di suatu ruangan. Kelembapan yang terlalu banyak atau terlalu sedikit dapat mengganggu kualitas udara dalam ruangan dan kenyamanan pengguna. Data kelembapan yang akurat memungkinkan diambilnya langkah-langkah yang diperlukan untuk menjaga keseimbangan kelembapan.

C. Kecepatan Udara

Alat ini memiliki fungsi yang memungkinkan Anda mengukur Kecepatan Udara pada suatu ruangan. Untuk desain pasif yang harus digunakan di luar ruangan, informasi tentang Kecepatan Udara ini berguna dalam memberikan pilihan.

B. Kecepatan Udara

Manusia sering kali sensitif terhadap kecepatan aliran udara, yaitu kecepatan pergerakan udara, komponen tersebutlah merupakan salah satu hal yang penting dalam indeks kenyamanan termal. Manusia mungkin merasa pengap di ruangan yang dipanaskan secara buatan. Bahkan dalam keadaan hangat atau lembap, udara yang bergerak dapat menghasilkan panas yang hilang secara konveksi tanpa menyebabkan perubahan suhu ruangan.

Aktivitas fisik juga dapat menghasilkan lebih banyak sirkulasi udara. Transmisi panas konvektif dan evaporasi adalah dua cara peningkatan pergerakan udara yang dapat membantu kulit melepaskan panas (Idham, 2016).

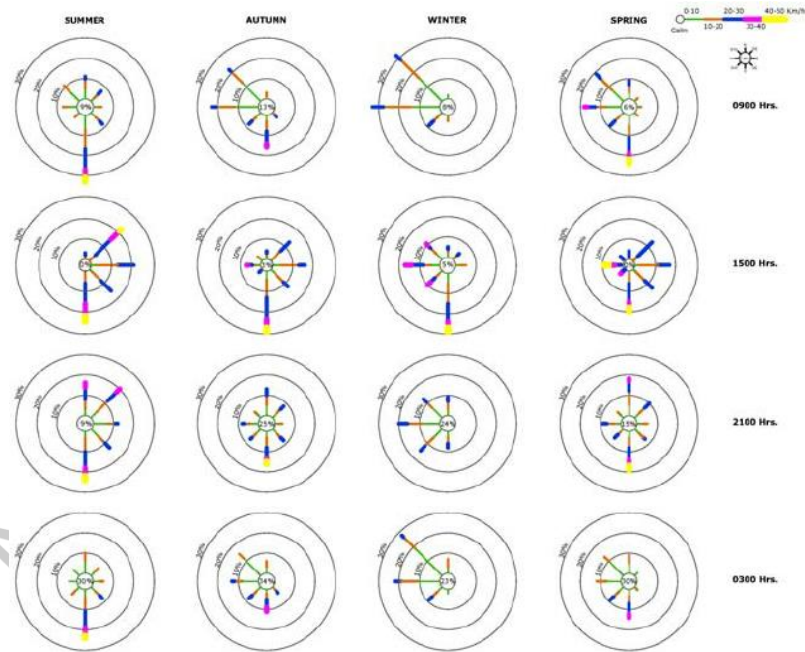
Pergerakan udara dapat digunakan untuk memberikan kenyamanan jika suhu udara rata-rata beberapa derajat di atas tingkat kenyamanan dan variasi antara suhu udara terendah dan tertinggi kurang dari 10°C. Pada bangunan berukuran sedang dengan perlindungan matahari yang efektif, sirkulasi udara dapat menurunkan suhu udara yang dirasakan pada kulit sekitar 2°C. Meski tidak dibantu oleh pergantian udara dari luar ruangan, kipas langit-langit tetap dapat dimanfaatkan untuk menciptakan pergerakan udara. Ketika suhu luar melebihi tingkat kenyamanan pada sore dan malam hari, strategi ini akan membantu (Idham, 2016). Tingkat kenyamanan dipengaruhi oleh pergerakan udara, baik kecepatan maupun arahnya. Kumpulan data biasanya ditampilkan sebagai *wind roses*. Tabel 2.1 menunjukkan tanggapan subjektif pada berbagai tingkat kecepatan.

Tabel 2.2 Kecepatan Udara

Kecepatan Udara	0,2 m/s – 0,8 m/s
-----------------	-------------------

Sumber: ASHRAE-55

Secara umum, distribusi tekanan udara atmosfer menentukan pola angin, meskipun beberapa elemen, seperti waktu siang atau malam (angin laut atau angin darat), dan ketinggian di atas permukaan tanah, juga dapat mempunyai pengaruh yang signifikan. *Wind rose* memberikan informasi tentang kecepatan, arah, dan kekuatan angin sebagai persentase arah angin (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Wind roses sebagai set data pergerakan udara

Sumber: (Idham, 2016)

C. Kelembapan

Perbedaan antara jumlah uap air di udara dan jumlah yang dapat dipertahankan pada suhu tertentu disebut kelembapan. Mirip dengan suhu, tubuh akan berusaha mencapai keseimbangan pada tingkat kelembapan yang tidak sesuai. Akibatnya, tubuh mungkin menjadi lelah karena kelembapan yang berlebihan atau tidak mencukupi (Ramlah, 2018).

Tingkat kelembapan yang rendah di daerah yang panas dan gersang mendorong penguapan yang cepat dan sederhana. Pendinginan evaporasi, atau pendinginan udara dengan uap air yang mengalir melaluinya, dapat digunakan untuk memanfaatkan keadaan ini. Namun, di daerah tropis, yang udaranya sudah jenuh dengan uap air, tingkat kelembapan yang berlebihan dapat membuat udara menjadi sangat tidak nyaman meskipun suhunya tidak tinggi. Meski permasalahan kenyamanan bermula dari tingginya tingkat kelembapan udara, namun kondisi ini terkadang disalahartikan pada kondisi tropis hangat-lembap, yang dianggap sebagai lokasi dengan tingkat kenyamanan buruk akibat panasnya udara. Tingkat toleransi ini tercantum pada Tabel 2.1.

Kelembapan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap suhu udara maksimum keseimbangan termal yang dapat dicapai dengan

menggunakan teknik pendinginan evaporasi. Untuk tingkat RH yang berbeda, Kelembapan di bawah 65%, sesuai pedoman ASHRAE :

Tabel 2.3 Batasan Kelembapan

Kelembapan	< 65%
------------	-------

Sumber: ASHRAE-55

D. *Radiant Temperature*

Radiant temperature adalah suhu lingkungan yang dipengaruhi oleh berbagai sumber panas. Panas yang dipancarkan oleh benda yang dipanaskan disebut radiasi termal. Jika ada sumber panas, pancaran panas dapat timbul. Karena pancaran panas dikaitkan dengan hilangnya atau perolehan panas dari lingkungan, hal ini mempunyai dampak yang lebih kuat terhadap suhu udara. Walaupun pemakaian pakaian yang reflektif dapat membantu mengurangi dampaknya, kulit manusia memiliki kemampuan menyerap panas yang hampir setara dengan permukaan gelap. (Idham, 2016).

Faktor nyata yang secara signifikan mempengaruhi suhu ruangan adalah suhu radiasi total, yang sering dikenal dengan istilah *Mean Radiant Temperature* (MRT). Suhu di dalam struktur akan meningkat akibat pancaran panas matahari, bahan konstruksi, dan peralatan di sekitar, seperti yang telah disebutkan. Untuk menghindari hal ini, bahan harus digunakan dengan benar atau bahan isolasi harus digunakan untuk menghentikan penyebaran panas. Penting untuk memanfaatkan material sedemikian rupa sehingga panas yang tidak diinginkan tidak terpantul dan masuk ke dalam struktur. Menurut tingkat kelambatan termal atau kapasitas masing-masing benda untuk menyimpan panas, bahan pemantul ini adalah bahan berwarna terang yang langsung keluar atau tertunda. (Idham, 2016).

2.1.2.2 Faktor Personal/ *Internal*

A. **Pakaian**

Pakaian merupakan salah satu komponen yang mungkin mempengaruhi kondisi termal ideal dan umumnya diduga dipengaruhi oleh iklim sosial dan lingkungan seseorang. Pakaian seharusnya menjadi lapisan terluar dalam model perpindahan panas fisik, mengisolasi orang dari

lingkungannya dengan suhu permukaan yang konstan. Pakaian ini mempersulit tubuh membuang panas ke atmosfer. Tingkat isolasi pakaian pada seseorang menentukan kenyamanan termal. Meskipun suasananya tidak terlalu hangat atau panas, mengenakan terlalu banyak pakaian atau pakaian pelindung dapat menjadi penyebab utama penumpukan panas. Pemakainya mungkin akan berisiko kedinginan jika pakaiannya tidak memberikan insulasi yang tepat atau memadai (Idham, 2016).

Permeabilitas kain, kekakuan, dan kekencangan pakaian merupakan penentu utama ketahanan termal pakaian. Insulasi pakaian sering dinyatakan dalam "satuan *clo*" dengan $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ IK/WI}$, yang serupa dengan memakai satu jas dengan dasi. Seseorang yang mengenakan pakaian ini dapat mencapai keseimbangan termal saat beristirahat pada suhu 21°C dan kecepatan ventilasi udara $0,1 \text{ m/detik}$. Seseorang akan berkeringat lebih banyak jika suhunya lebih tinggi, sedangkan seseorang akan merasa kedinginan jika suhunya terlalu rendah (Idham, 2016).

Tabel 2.4 Nilai insulasi pakaian

<i>Garment Description</i>	<i>clo</i>	<i>Garment Description</i>	<i>clo</i>
<i>Underwear</i>		<i>Trousers and Coveralls</i>	
<i>Men's briefs</i>	0,04	<i>Short shorts</i>	0,06
<i>Panties</i>	0,03	<i>Walking shorts</i>	0,08
<i>Bra</i>	0,01	<i>Straight trousers (thin)</i>	0,15
<i>T-shirt</i>	0,08	<i>Straight trousers (thick)</i>	0,24
<i>Full slip</i>	0,16	<i>Sweat Pants</i>	0,28
<i>Half slip</i>	0,14	<i>Overalls</i>	0,3
<i>Long underwear top</i>	0,2	<i>Coveralls</i>	0,49
<i>Long underwear bottom</i>	0,15	<i>Dresses and skirts</i>	
<i>Footwear</i>		<i>Skirt (thin)</i>	0,14
<i>Ankle-Length athletic socks</i>	0,02	<i>Skirt (thick)</i>	0,23
<i>Calf-Length socks</i>	0,03	<i>Long-sleeve shirt dress (thin)</i>	0,33
<i>Knee socks (thick)</i>	0,06	<i>Long-sleeve shirt dress (thick)</i>	0,47
<i>Panty hose stockings</i>	0,02	<i>Short-sleeve shirt dress (thin)</i>	0,29
<i>Sandals</i>	0,02	<i>Sleeveless, scoop neck (thin)</i>	0,23
<i>Slippers</i>	0,03	<i>Sleeveless, scoop neck (thick)</i>	0,27
<i>Boot</i>	0,1	<i>Sweaters</i>	
<i>Shirt and Blouses</i>		<i>Sleeveless vest (thin)</i>	0,13
<i>Sleeveless</i>	0,12	<i>Sleeveless vest (thick)</i>	0,22
<i>Short sleeve, dresses</i>	0,19	<i>Long-sleeve (thin)</i>	0,25
<i>Long sleeve, dresses</i>	0,25	<i>Long-sleeve (thick)</i>	0,36
<i>Long sleeve, flannel shirt</i>	0,34	<i>Sleepwear and Robes</i>	
<i>Short sleeve, knit sport shirt</i>	0,17	<i>Sleeveless, short gown (thin)</i>	0,18
<i>Long sleeve, sweat shirt</i>	0,34	<i>Sleeveless, long gown (thin)</i>	0,2
		<i>Long-sleeve pajamas</i>	0,57
		<i>Short-sleeve pajamas</i>	0,42

Sumber: ASHRAE, (1989)

B. Metabolic (Metabolisme)

Panas yang dihasilkan tubuh kita selama latihan fisik dikenal sebagai laju metabolisme. Kita menghasilkan lebih banyak panas jika kita semakin keras bekerja secara fisik (lihat Tabel 2.4). Untuk mencegah panas berlebih, lebih banyak panas harus disebarkan saat panas tersebut dihasilkan. Penting untuk mempertimbangkan bagaimana laju metabolisme memengaruhi kenyamanan termal.

Tabel 2.5 *Metabolic rate* berdasarkan aktivitas luar ruangan

<i>Miscellaneous Leisure Activities</i>			
<i>Activity</i>	<i>Metabolic Rate</i>		
	<i>Units</i>	<i>W/m²</i>	<i>(Btu/h·ft²)</i>
<i>Dancing, social</i>	2,4–4,4	140–255	(44–81)
<i>Calisthenics/exercise</i>	3,0–4,0	175–235	(55–74)
<i>Tennis</i>	3,6–4,0	210–270	(66–74)
<i>Basketball</i>	5,0–7,6	290–440	(90–140)
<i>Wrestling</i>	7,0–8,7	410–505	(130–160)

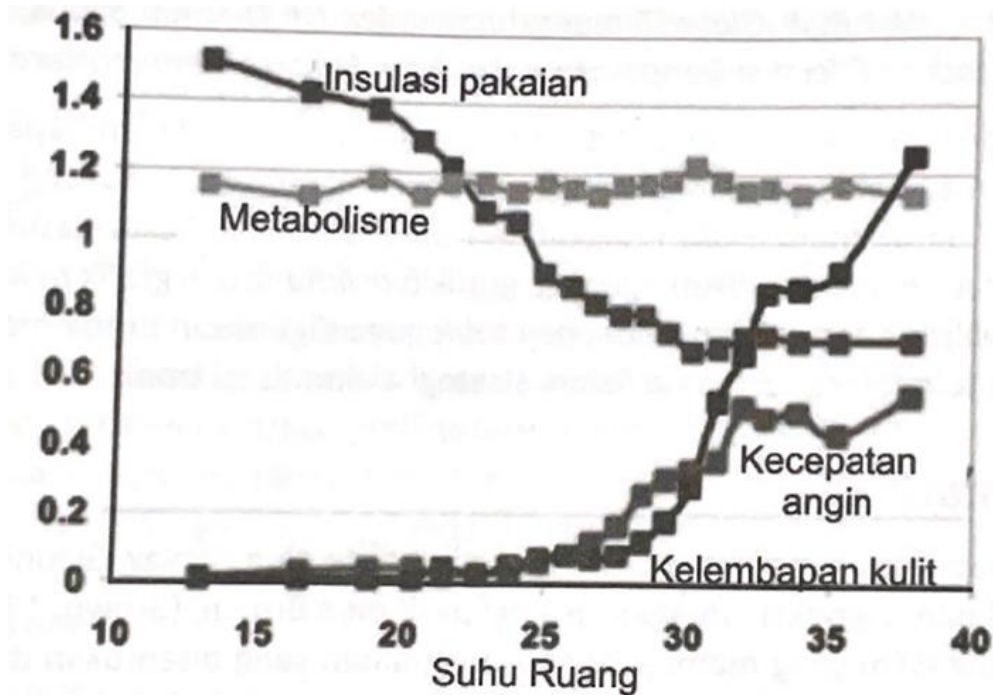
Sumber: ASHRAE 55 (2010)

Tabel 2.6 *Metabolic rate* berdasarkan aktivitas luar ruangan

<i>Activity</i>	<i>Metabolic Rate</i>		
	<i>Units</i>	<i>W/m²</i>	<i>(Btu/h·ft²)</i>
<i>Resting</i>			
<i>Sleeping</i>	0,7	40	13
<i>Reclining</i>	0,8	45	15
<i>Seated, quiet</i>	1	60	18
<i>Standing, relaxed</i>	1,2	70	22

Sumber: ASHRAE-55

Pertimbangkan elemen metabolisme, termasuk dimensi tubuh dan massa tubuh, usia, tingkat kebugaran, serta jenis kelamin ketika melakukan perhitungan untuk menentukan tingkat metabolisme (Tabel 2.3 dan Tabel 2.4). Meskipun parameter lainnya, seperti suhu udara, kecepatan udara, dan kelembapan sama, semua parameter tersebut mungkin berdampak pada variasi pengalaman individu.



Gambar 2.2 Aspek-aspek kenyamanan dan suhu ruang

Sumber: (Idham, 2016)

Tergantung pada suhu udara sekitar, hubungan antara komponen pergerakan udara, suhu, kelembapan, laju metabolisme, dan pakaian dapat berdampak satu sama lain untuk tingkat kenyamanan. Dengan pakaian berkualitas tinggi (tebal dan tertutup), sedikit angin, dan kelembapan pada kulit, kenyamanan dapat dicapai pada suhu rendah. Di sisi lain, tingkat penutup pakaian akan lebih rendah pada suhu ruangan yang cukup tinggi, di atas 25°C, sehingga memerlukan lebih banyak mobilitas kulit dan keringat. Kebutuhan akan pergerakan udara meningkat di atas 30°C, terutama di ruangan dengan kelembapan udara tinggi. Dalam situasi dengan suhu udara tinggi atau rendah, laju metabolisme yang diperlukan adalah sama (lihat Gambar 2.2).

Kemudian dalam memperhitungkan suatu kenyamanan termal juga terdapat beberapa teori yang bisa dipakai, Berikut terdapat beberapa teori yang dapat digunakan untuk meneliti kenyamanan termal menurut para ahli, di antaranya

a) Teori ASHRAE: *American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)* memiliki standar yang digunakan untuk

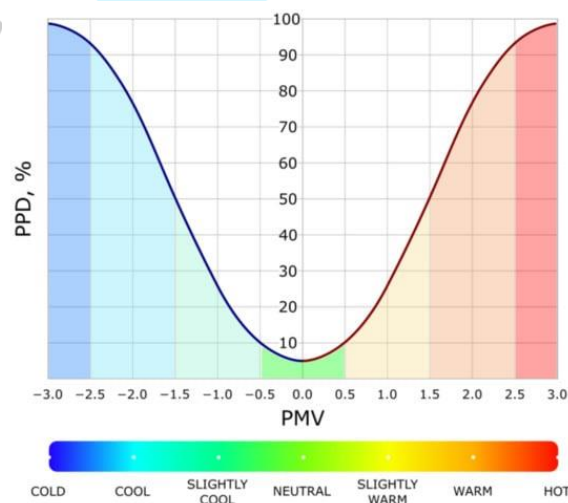
mengevaluasi kenyamanan termal. Standar ASHRAE 55 menggabungkan teori Fanger dan Gagge untuk mengevaluasi kenyamanan termal manusia.

b) Teori PMV/PPD: Teori ini menggunakan model matematis yang menggabungkan variabel lingkungan dan non-lingkungan untuk mengevaluasi kenyamanan termal manusia. Model ini mempertimbangkan variabel seperti suhu udara, kelembapan udara, kecepatan udara, aktivitas fisik, dan pakaian. *PMV* (*predicted mean vote*) adalah indeks kenyamanan termal, sementara *PPD* (*predicted percentage dissatisfied*) adalah indeks ketidaknyamanan termal. *PMV* (*Predicted Mean Vote*) adalah indeks yang digunakan untuk memproyeksikan nilai rata-rata penilaian kelompok besar manusia terhadap 7 (tujuh) poin pada skala sensasi termal.

Tabel 2.7 Hubungan antara PMV, PPD, dan sensasi

PMV	<i>Thermal Sensation</i>	PPD (%)
+3	<i>Hot</i>	100
+2	<i>Warm</i>	75
+1	<i>Slightly warm</i>	25
0	<i>Neutral</i>	5
-1	<i>Slightly cool</i>	25
-2	<i>Cool</i>	75
-3	<i>Cold</i>	100

Sumber : ASHRAE-55



Gambar 2.3 Grafik hubungan antara PMV dan PPD

Sumber: ASHRAE-55

PMV adalah hasil dari penggabungan konsep fisik perpindahan panas dengan aspek penilaian empiris terkait sensasi kenyamanan. PMV menilai tingkat ketidaknyamanan termal berdasarkan proses perpindahan panas yang stabil antara tubuh dan lingkungan, dan mengekspresikan tingkat kenyamanan dalam bentuk suatu nilai berdasarkan jumlah ketegangan tersebut. Jika terjadi pergeseran PMV dari nilai 0 ke arah lain, akan berdampak pada peningkatan ketidaknyamanan (PPD). Oleh karena itu, diharapkan agar PMV tetap berada tetap dalam nilai 0. Telah ada formula yang dirumuskan untuk perhitungan PMV berdasarkan suhu dan RH (*Relative Humidity*), dengan mempertimbangkan juga aspek-aspek psikologis dan lamanya paparan cahaya.

2.1.3 Indeks Termal

A. PMV

PMV, atau *Predicted Mean Vote* Menurut ISO 7730, PMV merupakan indikator yang memprediksi nilai rata-rata sekelompok orang pada 7 (tujuh) skala sensasi termal berbeda berdasarkan keseimbangan panas tubuh manusia. Keseimbangan termal dicapai ketika pembangkitan panas internal tubuh dan pelepasan panas ke lingkungan seimbang. Indeks PMV juga dapat dipantau langsung menggunakan sensor bawaan.

Penjelasan lengkap mengenai metodologi pengukuran kenyamanan termal dan spesifikasi instrumen dapat dilihat pada ASHRAE-55. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung nilai PMV sambil memperhitungkan fitur termal eksternal dan atribut manusia seperti laju metabolisme dan insulasi pakaian.

$$PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0.028) \{ (M-W) - 3.05 \times 10^{-3} [5733 - 6.99(M-W) - p_a] - 0.42[(M-W) - 58.15] - 1.7 \times 10^{-5} M(5867 - p_a) - 0.0014M(34 - t_a) - 3.96 \times 10^{-8} f_d [(t_d + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_d h_c (t_d - t_a) \}$$

dimana

$$t_d = 35.7 - 0.028(M - W) - I_d \{3.96 \times 10^{-8} f_{cl} [t_{cl} + 273]^4 - (t_r + 273)^4\} + f_d h_c (t_{cl} - t_a)$$

$$h_c = 2.38 (t_{cl} - t_a)^{0.25} \text{ untuk } 2.38 (t_{cl} - t_a)^{0.25} > 12.1 \sqrt{var}$$

$$12.1 \sqrt{var} \text{ untuk } 2.38 (t_{cl} - t_a)^{0.25} < 12.1 \sqrt{var}$$

$$F_d = 1.00 + 1.290 I_{cl} \text{ untuk } I_{cl} \leq 0.078 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$$

$$1.05 + 0.645 I_{cl} \text{ untuk } I_{cl} > 0.078 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$$

Keterangan:

PMV = *predicted mean vote*

M = *metabolic rate, W/m²*

W = *external work (zero for most indoor activities), W/m²*

I_d = *thermal resistance of clothing, (m² °C)/W*

● F_d = *ratio of the clothed surface area to the nude surface area*

t_r = *mean radiant temperature, °C*

var = *air velocity relative to the human body, m/sec*

p_a = *partial water vapor pressure, Pa*

h_c = *convective heat transfer coefficient, W/(m² °C)*

t_a = *surface temperature of the clothing, °C*

Rumus tersebut digunakan untuk mengestimasi penilaian rata-rata dari kelompok besar manusia terhadap 7 poin pada skala sensasi termal. Rumus PMV dapat membantu dalam mengevaluasi tingkat kenyamanan termal ruangan dan mempertimbangkan faktor-faktor seperti suhu, Kelembapan, kecepatan udara, metabolisme (aktivitas), dan pakaian yang dikenakan oleh penghuni ruangan.

B. PPD

Predicted Percentage Dissatisfied (PPD) adalah proporsi orang (dalam manusia) yang tidak puas dengan suhu di lingkungannya. Warga semakin merasa resah jika persentase PPD semakin tinggi. Franger (1982) membuat persamaan di bawah ini untuk menunjukkan bagaimana nilai PMV dan PPD berhubungan.:

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2)$$

Batas standar untuk PMV dan PPD yaitu: $-0,5 < PMV < +0,5$ $5\% < PPD < 10\%$

Kesimpulannya, PMV dan PPD banyak digunakan sebagai penelitian untuk mengevaluasi dan meningkatkan tingkat kenyamanan termal pada suatu ruangan. PMV didasarkan pada pengukuran suhu, kecepatan udara, kelembapan, Kecepatan Udara, metabolisme dan pakaian. Sedangkan PPD didasarkan pada persepsi panas yang dirasakan pengguna di suatu ruangan (Rizqi, 2019).

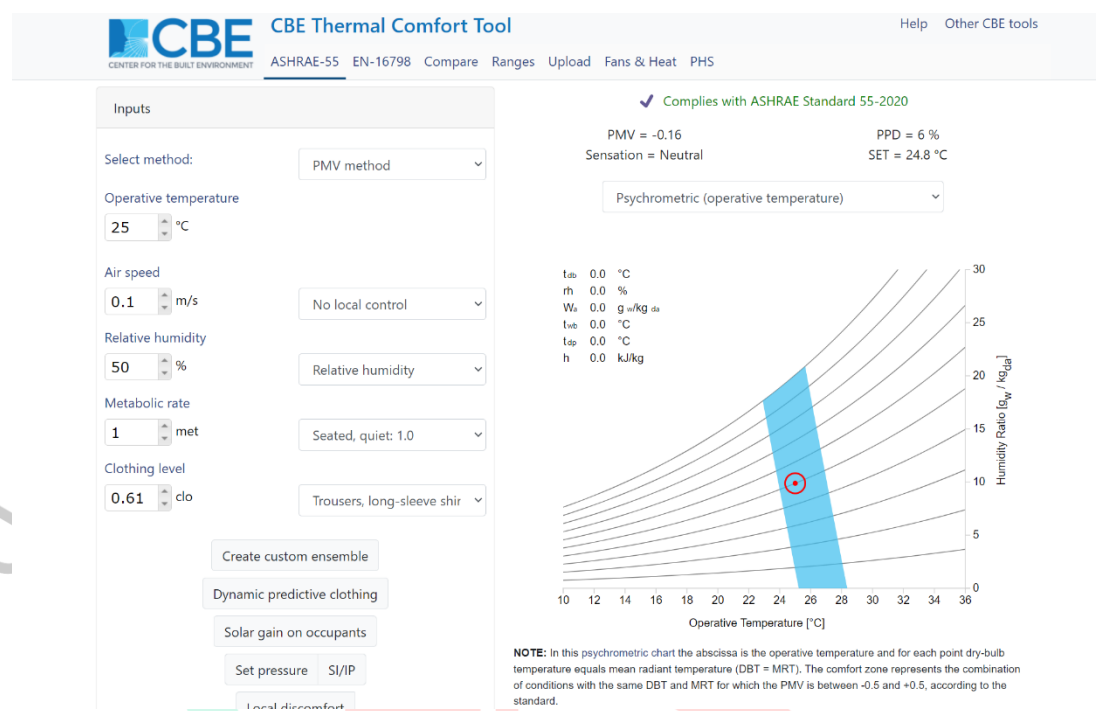
PPD pada dasarnya memberikan persentase orang yang diperkirakan akan mengalami ketidaknyamanan lokal. Faktor utama yang menyebabkan ketidaknyamanan lokal adalah pendinginan atau pemanasan yang tidak diinginkan pada tubuh. Faktor umum yang berkontribusi adalah angin, perbedaan suhu vertikal yang sangat tinggi antara pergelangan kaki dan kepala, dan/atau suhu lantai.

- PPD digunakan bersama dengan rumus PMV (*Predicted Mean Vote*) untuk menentukan persentase ketidakpuasan pengguna terhadap kenyamanan termal. PPD dapat dihasilkan dari PMV dan berhubungan dengan rentang suhu. Ketika PMV memberikan hasil yang baik, PPD akan rendah, menunjukkan tingkat kenyamanan yang tinggi.

2.1.4 CBE (*Center of the Built Environment*) Thermal Comfort Tool

CBE Thermal Comfort Tool adalah program *online* gratis yang mematuhi ASHRAE 55-2017, IISO 7730:2005, dan EN 16798-1:2019 untuk penghitungan dan visualisasi kenyamanan termal. *Predicted Mean Vote* (PMV), *Standard Effective Temperature* (SET), model adaptif, model ketidaknyamanan lokal, *Solar Cal*, dan insulasi pakaian prediktif dinamis semuanya termasuk dalam standar ini. Zona kenyamanan termal juga dapat divisualisasikan secara dinamis dan interaktif menggunakan program web ini. Lebih dari 49.000 orang, termasuk insinyur, arsitek, akademisi, pendidik, manajer fasilitas, dan pembuat kebijakan, menggunakan *CBE Thermal Comfort Tool* setiap tahun dan *CBE Thermal Comfort Tool* mencakup sejumlah fitur praktis (Tartarini et al., 2020)

Data yang di input di CBE *Thermal Comfort Tool* yaitu suhu udara, kecepatan Udara, kelembapan, metabolisme, dan pakaian.



6 Gambar 2.4 CBE *Thermal Comfort Tool*

Sumber: <https://comfort.cbe.berkeley.edu/>

Dari gambar 2.4 data yang di masukkan yaitu suhu udara, Kecepatan Udara, kelembapan, metabolisme dan pakaian. Setelah mendapatkan data seperti suhu udara, kecepatan Udara, kelembapan, metabolisme, dan pakaian, kemudian nilai-nilai tersebut di masukan ke dalam kolom yang sudah di sediakan, lalu dengan otomatis CBE *Thermal Comfort Tool* akan mengeluarkan hasil PMV dan PPD sesuai dengan standar ASHRAE-55.

2.1.5 Strategi Kenyamanan Termal

Ada beberapa faktor yang berhubungan dengan masalah kenyamanan di dalam suatu struktur bangunan, terutama dalam konteks rumah pribadi. Faktor-faktor ini mencakup pemilihan bahan bangunan, penggunaan air, pengaturan vegetasi serta penambahan kanopi.

Pemilihan bahan bangunan yang tepat dapat membantu menciptakan kenyamanan termal dalam ruang terbuka. Misalnya, penggunaan blok angin (*breeze block*) dapat membantu mencapai kenyamanan termal dengan memanfaatkan kondisi udara alam (I Kadek, 2022). Bahan bangunan seperti

batu bata, beton, atau batu memiliki kapasitas termal yang tinggi, yang berarti mereka mampu menyerap panas dalam jangka waktu yang lama dan melepaskannya secara perlahan. Penggunaan bahan-bahan ini dalam konstruksi dapat membantu menjaga suhu interior tetap stabil. (Jaenudin, 2023) Bahan bangunan seperti kayu jati mampu dapat menurunkan suhu udara di sekitarnya sebanyak 1-5°C, kayu jati dapat digunakan untuk perubahan bahan material seperti atap, *deck* kayu, tempat duduk dan lain-lain, kayu ini dapat dikatakan ramah lingkungan karena dapat dengan mudah di dapatkan di pulau Jawa. Tanaman jati mempunyai pohon yang besar, batang yang lurus dan tinggi hingga mencapai 30 hingga 40 meter. Tanaman jati atau pohon jati dapat tumbuh di daerah yang mempunyai curah hujan antara 1.500 – 2.000 mm per tahun dengan suhu antara 27° hingga 36° Celcius. Tempat yang paling cocok untuk pertumbuhan pohon jati adalah tanah yang mengandung pH 4,5 hingga 7 serta tanah itu tidak dibanjiri dengan air (Kania, 2017).



Gambar 2.5 Contoh penggunaan kayu jati sebagai dek kayu

Sumber : Detik.com

Untuk penggunaan air disarankan menyediakan area air seperti dapat membantu mengurangi suhu udara melalui penguapan air. Selain itu, penggunaan air juga dapat memberikan efek psikologis yang menenangkan bagi pengguna ruang terbuka hijau (Nurwidyaningrum et al., 2015). Penggunaan kolam air mampu menurunkan Kelembapan menjadi 50%-70% (Dyah, 2016). Air mancur atau instalasi kabut dapat menurunkan suhu udara rata-rata 0,7°C hingga 5°C (Kluck, 2020).



Gambar 2.6 Contoh implementasi air mancur pada konsep open space

Sumber : Suarabali.com



Gambar 2.7 Tanaman dan Pohon yang dapat menghalau panas dan menambah kelembapan

Sumber : Lilyana, 2021

Pada pengaturan vegetasi disarankan untuk penanaman pohon, semak, dan rumput pada area terbuka hijau dapat membantu mengurangi suhu dan meningkatkan kenyamanan termal. Vegetasi juga dapat berfungsi sebagai penyerap panas dan penghasil oksigen, sehingga memberikan efek pendinginan alami pada lingkungan (Nurwidyaningrum et al., 2015). Selain itu, tanaman-tanaman tersebut juga dapat memberikan efek penyejuk dan meningkatkan kenyamanan visual. Selain tanaman tambahan, menambahkan kanopi tumbuhan seperti tanaman gantung atau dinding tumbuhan di dalam ruangan juga dapat membantu mengatur Kelembapan dan meningkatkan kualitas udara. Menggunakan naungan membran yaitu untuk jenis struktur peneduh yang sering digunakan di area luar ruangan untuk memberikan perlindungan dari sinar matahari dan hujan. Naungan membran (kanopi membran) juga digunakan sebagai eksterior dan menciptakan suhu yang teduh dan sejuk mengingat kanopi membran dapat menghalau sinar matahari dan hujan yang lebat. Penambahan tanaman hias di beberapa titik panas yang dapat menghalau panas dan menambah kelembapan sehingga membuat udara semakin sejuk di antaranya *Rubber Plant*, *Weeping Fig*, *Palem*, *Lidah Mertua*, *Lidah Buaya*, *Golden Pothos*, *Tropical Almond*, *Pohon Bodhi* dan *Lili Paris* (Lilyana, 2021). (Ossola et al., 2021) Menemukan bahwa tutupan tanaman peneduh, dan pada tingkat lebih rendah, tutupan rumput telah menurunkan suhu permukaan setempat di siang hari hingga 6 derajat Celsius selama musim panas ekstrem. Di pedalaman, pekarangan dan kebun di pinggiran kota dapat menurunkan suhu permukaan lokal hingga 5 derajat Celsius. Adanya vegetasi di dalam taman telah memperhatikan masuknya cahaya matahari sehingga Kelembapan udara di dalam taman tetap terjaga normal 50%-60% (Fauzan,2021).



Gambar 2.8 Contoh Penggunaan Kanopi membran material *Serge Ferrari*

Sumber : CV Cipta Kreasi, 2023

Penggunaan naungan membran (kanopi membran) juga disarankan untuk menjadi tambahan yang memiliki titik panas, contohnya pada area *jogging track* dan area taman. Bahan yang disarankan untuk membuat kanopi membran ini adalah bahan *Serge Ferrari*, bahan ini mempunyai tingkat transparansi yang cukup tinggi serta berkualitas. Teknologi yang digunakan dapat memastikan warna putihnya akan tahan lama meskipun berada di lingkungan serta cuaca yang ekstrem dan sulit. Bahan jenis ini tahan segala debu, sinar ultraviolet, bahkan polusi udara yang parah. Bahan ini juga dapat di daur ulang sehingga sangat ramah lingkungan untuk jangka panjang. (Sobri, 2014). Kelembapan menggunakan kanopi lebih tinggi hingga 25% dibandingkan dengan kelembapan sekitar. Kanopi memiliki peranan penting dalam analisis untuk menduga suhu udara di lokasi. Di dalam ruang terbuka hijau dengan tutupan berupa pohon, efek pendinginan ditentukan dengan banyaknya kanopi, penggunaan air dan penambahan vegetasi dalam sebuah lokasi. (Van Westreenen et al., 2020). Pada kondisi cerah, suhu udara di bawah kanopi mencapai 5°C lebih rendah dibandingkan suhu lingkungan sekitar. Sebaliknya, pada hari berawan suhu udara kanopi paling tinggi 2°C lebih rendah dari suhu lingkungan sekitar tengah hari.

2.1.6 *Open Space*

2.1.6.1 *Pengertian open space*

Penggunaan banyak ruangan atau area yang digabungkan menjadi satu tanpa dinding pembatas atau partisi lain dikenal sebagai “*open space*”, dan merupakan ide umum dalam desain interior. Hasilnya, ruang tampak lebih besar dan lapang serta memiliki kesan lebih terbuka (Vektor 41, 2023). Mal terbuka tidak memiliki ruang tertutup yang merupakan bagian dari definisi asli mal. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa *open space* adalah konsep desain yang melibatkan penggabungan antara beberapa ruangan atau ruang menjadi satu tanpa adanya dinding atau partisi pemisah. Konsep ini digunakan dalam berbagai *setting*, termasuk desain interior, desain kantor, dan desain rumah, untuk menciptakan lingkungan yang lebih terbuka dan mengundang.

2.1.6.2 *Manfaat Open Space*

1. **Terasa Lebih Luas dan Terbuka:** Dengan menghilangkan tembok dan penghalang lain yang mungkin membuat suatu tempat tampak kecil dan sempit, *open space* dapat membuatnya tampak lebih luas dan terbuka (Vektor 41, 2023)
2. **Peningkatan kolaborasi dan komunikasi:** Dengan menghilangkan bilik dan batasan lain yang mungkin menjadi penghalang antar karyawan, ide *open space* dapat meningkatkan kerja sama dan komunikasi dalam lingkungan kerja (Brigitta, 2021).
3. **Peningkatan cahaya alami:** Dengan menghilangkan dinding dan penghalang cahaya lainnya dapat meningkatkan cahaya alami (Vektor 41, 2023).
4. **Penggunaan ruang yang lebih fleksibel:** Dengan memungkinkan suatu tempat dimanfaatkan untuk berbagai fungsi tanpa memerlukan dinding atau pembatas, ide *open space* dapat meningkatkan fleksibilitas dalam pemanfaatan suatu ruang (Vektor 41, 2023).
5. **Penggunaan ruang yang lebih efisien:** Dengan menghilangkan kebutuhan akan dinding dan partisi lain yang mungkin memakan ruang yang

berharga, konsep *open space* dapat memanfaatkan ruang yang tersedia dengan lebih baik (Vektor 41, 2023).

6. Desain yang lebih modern dan kontemporer: Suatu kawasan bisa tampil lebih modern dan trendi berkat konsep *open space* yang menjadi tren utama dalam desain modern dan kekinian, khususnya pada desain rumah dan bangunan (Vektor 41, 2023).

2.1.6.3 Tantangan dan Pengelolaan *open space*

A. Tantangan ruang terbuka:

1. Kurangnya privasi: Kurangnya privasi adalah salah satu masalah pada *open space* khususnya di lingkungan kantor di mana pekerja dapat merasa terekspos atau diganggu oleh orang lain (Dara, 2022).
2. Kebisingan: *open space* juga dapat menimbulkan kebisingan, terutama di kantor tempat orang-orang berbicara melalui telepon atau berinteraksi satu sama lain (Dara, 2022).
3. Penyimpanan terbatas: *open space* juga dapat mengurangi jumlah ruang penyimpanan yang tersedia, terutama pada desain rumah dengan dinding dan lemari yang lebih sedikit untuk menyimpan barang (Arinta, 2020).
4. Personalisasi terbatas: Ruang terbuka dapat membatasi pilihan personalisasi, terutama di lingkungan kantor di mana karyawan mungkin tidak memiliki ruang pribadi untuk didekorasi atau dipersonalisasi (Dara, 2022).

B. Pengelolaan ruang terbuka:

1. Zonasi yang tepat: Zonasi yang tepat penting dalam mengelola ruang terbuka, khususnya di lingkungan kantor di mana departemen atau tim yang berbeda mungkin memerlukan tingkat privasi atau pengendalian kebisingan yang berbeda (Dara, 2022).
2. Penempatan furnitur: Penempatan furnitur yang tepat juga penting dalam mengelola ruang terbuka, khususnya dalam desain rumah di mana furnitur dapat digunakan untuk menciptakan zona atau area berbeda dalam ruang terbuka yang lebih besar.
3. Solusi penyimpanan: Solusi penyimpanan kreatif dapat membantu mengelola ruang terbuka, khususnya dalam desain rumah di mana mungkin

terdapat lebih sedikit dinding dan lemari untuk menyimpan barang (Arinta, 2020).

4. Opsi personalisasi: Memberikan opsi personalisasi, seperti aksesoris meja atau karya seni, dapat membantu karyawan merasa lebih nyaman dan berinvestasi dalam lingkungan kerja mereka di lingkungan kantor (Dara, 2022)
5. Pemeliharaan: Pemeliharaan ruang terbuka yang tepat penting untuk memastikan ruang tetap bersih, teratur, dan fungsional (Azka, 2022).

2.1.6.4 Kelebihan dan Kekurangan *Open space*

Berikut adalah kelebihan dan kekurangan dari konsep *open space*:

1. Kelebihan *Open Space*:

- Membuat ruangan terlihat lebih luas dan terbuka.
- Meningkatkan interaksi dan kolaborasi antar individu, terutama di lingkungan kerja.
- Meningkatkan kreativitas dan produktivitas.
- Memungkinkan penggunaan ruangan yang lebih fleksibel.
- Memberikan kesan modern dan kontemporer pada desain ruangan.

2. Kekurangan *Open Space*:

- Kurangnya privasi dan kebisingan yang dapat mengganggu konsentrasi.
- Terbatasnya ruang penyimpanan.
- Terbatasnya opsi personalisasi.
- Memerlukan perencanaan yang matang untuk memastikan zona-zona yang berbeda dapat diatur dengan baik.
- Dapat memerlukan biaya yang lebih tinggi untuk membeli furnitur dan dekorasi yang sesuai.

2.1.6.5 Analisis konsep *Open Space*

Jika konsep *open space* dikatakan tidak nyaman, maka peneliti mendapatkan saran yang baik untuk konsep *open space*, yaitu:

- a. Perbaiki sarana dan prasarana: Pastikan *open space* dilengkapi dengan fasilitas yang memadai, seperti tempat duduk, tempat berlindung, dan

toilet. Selain itu, perbaiki juga jalan setapak, pencahayaan, dan tanda-tanda yang memudahkan pengguna konsep *open space*.

- b. Lakukan pemeliharaan yang baik: *Open space* perlu dirawat secara berkala, termasuk pemangkasan tanaman, pembersihan sampah, dan perbaiki fasilitas yang rusak. Pemeliharaan yang baik akan menjaga kebersihan dan keindahan *open space*.
- c. Perhatikan kebutuhan pengguna: Dalam perencanaan *open space*, pertimbangkan kebutuhan dan preferensi pengguna. Misalnya, sediakan area bermain untuk anak-anak, area olahraga, atau area santai untuk orang dewasa.
- d. Tingkatkan keamanan: Pastikan *open space* aman bagi pengguna dengan memasang sistem keamanan yang memadai, seperti CCTV, penjaga keamanan, atau penerangan yang cukup.
- e. Perbaiki infrastruktur dan fasilitas: Jika ada kerusakan atau kekurangan dalam infrastruktur dan fasilitas *open space*, seperti tangga yang rusak atau kurangnya tempat duduk, perbaiki dan penambahan yang sesuai dapat meningkatkan kenyamanan pengguna.
- f. Perhatikan tata guna lahan: Elemen tata guna lahan yang baik, seperti penempatan yang tepat antara bangunan dan ruang terbuka, dapat meningkatkan kenyamanan dan fungsionalitas kawasan.
- g. Perhatikan fungsi sosial: Fungsi sosial ruang terbuka, seperti tempat berkumpul, berinteraksi, atau beristirahat, juga perlu diperhatikan dalam perancangan yang baik.

2.2 Penelitian Terdahulu

Sebelum penelitian ini dilakukan, Peneliti mengkaji beberapa penelitian sebelumnya dengan topik dan fokus penelitian yang serupa. Penelitian-penelitian tersebut dikaji agar Peneliti memiliki acuan terhadap hal-hal yang dapat dijadikan sebagai landasan teori, bukti ilmiah, serta kerangka berpikir penelitian. Berikut adalah penelitian-penelitian terdahulu yang telah dikaji oleh Peneliti:

1. PREDIKSI KENYAMANAN TERMAL DENGAN PMV DI SMK 1 WONOSOBO

Penelitian yang dilakukan Hermawan (2014) Penting untuk memastikan apakah PMV berlaku di ruangan dengan ventilasi campuran di SMK 1 Wonosobo karena salah satu laboratorium komputer di sana menggunakan ventilasi alami dan buatan. Pendekatan kuantitatif digunakan, yang didasarkan pada teori PMV Fanger. Alat pengukuran iklim digunakan untuk mengetahui keadaan iklim saat ini. *Software* ASHRAE yang berdasarkan teori PMV merupakan program yang digunakan. Hasilnya menunjukkan bahwa kenyamanan termal yang diharapkan di SMK 1 lagak hangat (agak tidak nyaman)

2. KENYAMANAN TERMAL RUANG TERBUKA HIJAU RPTRA DI JAKARTA

Tujuan penelitian Albertus (2020) adalah untuk mengevaluasi kenyamanan termal Ruang Terbuka Hijau RPTRA Jakarta. Sebagai contoh penelitian ini, dipilihlah Ruang Publik Terpadu Ramah Anak di Kembangan Utara, Jakarta Barat, dan Sungai Bambu, Jakarta Utara. Untuk melakukan penelitian, dilakukan pengukuran panas pada area terbuka hijau, dan pengunjung diberikan kuesioner. Akibatnya, belum ada satu pun yang mampu memenuhi persyaratan kenyamanan termal yang ditetapkan SNI dan PMV (*Predicted Mean Vote*). Kedua RTH perlu dirancang sedemikian rupa sehingga meningkatkan kenyamanan termal pengguna.

3. Studi kenyamanan termal pada kafe semil *outdoor* di Rummah GOA.

Dengan menggunakan model PMV dan standar kenyamanan Indonesia SNI 03-6572-2001, Nadhif (2023) melakukan penelitian untuk mengetahui sejauh mana pengaruh desain arsitektur yang mengutamakan estetika terhadap kenyamanan termal pengunjung kafe. *CBE Thermal Comfort Tool* digunakan dalam teknik simulasi komputer untuk analisis dan pengolahan data setelah penelitian ini dilakukan melalui metode eksperimen. Temuan penelitian menunjukkan bahwa kedekatan Rummah Go'a dengan sungai dan suhu udara yang tinggi membuat kawasan tersebut tidak nyaman secara termal. Ada beberapa titik panas di kafe yang aliran udaranya buruk, kelembapannya berlebihan, dan tempat terbatas. Kemudian peneliti membuat rekomendasi opsi desain untuk meningkatkan

kenyamanan termal berdasarkan hasil pengukuran dan aplikasi komputer
CBE Comfort Thermal Tool.

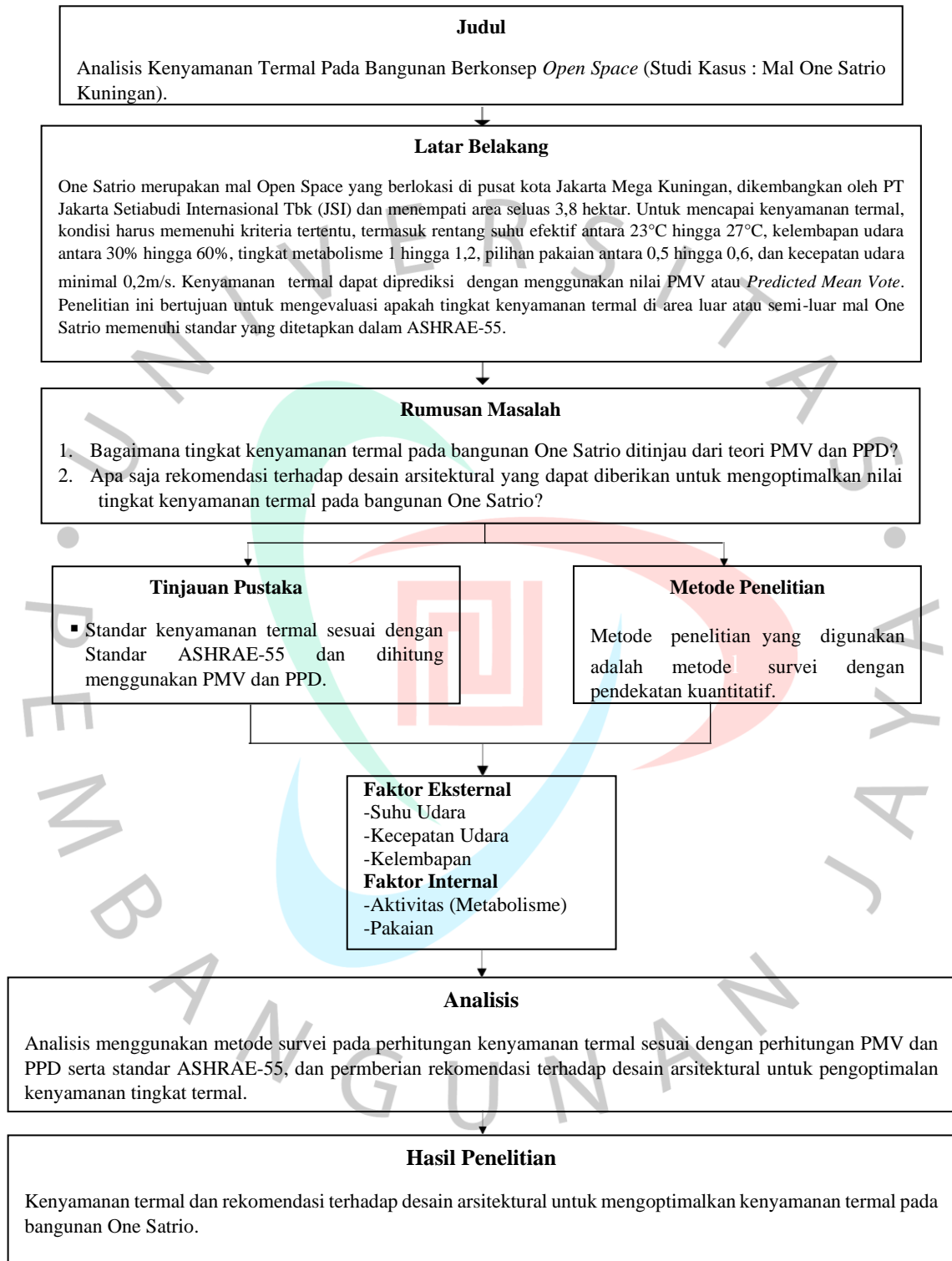
Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu

Judul penelitian	Apa yang diteliti?	Kenapa itu yang diteliti?	Bagaimana caranya?	Hasil Penelitian
PREDIKSI KENYAMANAN TERMAL DENGAN PMV DI SMK 1 WONOSOBO	Tingkat Kenyamanan termal di lab laboratorium	Untuk memprediksi kenyamanan termal yang ada di SMK 1 Wonosobo	Untuk melakukan pengukuran iklim mikro, digunakan perangkat pengukuran yang termasuk suhu udara (dengan <i>environment meter</i>), suhu radiasi matahari rata-rata (dengan <i>black globe thermometer</i>), kecepatan udara (dengan anemometer), dan kelembapan udara (dengan <i>environment meter</i>).	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi termal di SMK 1 cenderung mengalami sedikit peningkatan suhu (sedikit tidak nyaman).
KENYAMANAN TERMAL RUANG TERBUKA HIJAU RPTRA DI JAKARTA	Tingkat kenyamanan termal ruang terbuka hijau RPTRA di Jakarta	Untuk mengetahui tingkat kenyamanan termal Ruang Terbuka Hijau RPTRA di Jakarta	Sebuah analisis studi dilakukan di dua RPTRA yang terletak di DKI Jakarta untuk mengevaluasi bagaimana taman kota diterapkan dalam upaya menciptakan kenyamanan termal bagi penggunaannya. Dua lokasi yang dipilih	Kesimpulannya adalah bahwa, selama periode pengukuran dari pukul 09.00 WIB hingga pukul 17.00 WIB, suhu udara, kecepatan angin, dan kelembapan udara di Ruang Terbuka Hijau (RTH) RPTRA Kembangan Utara, Jakarta Barat, dan Sungai Bambu, Jakarta Utara, memenuhi standar kenyamanan termal yang ditetapkan, baik berdasarkan standar ISNI maupun standar PMV (<i>Predicted Mean Vote</i>). Namun, perlu diterapkan strategi untuk meningkatkan kualitas kenyamanan termal di RTH

Judul penelitian	Apa yang diteliti?	Kenapa itu yang diteliti?	Bagaimana caranya?	Hasil Penelitian
			<p>adalah RPTRA Kembangan, Jakarta Barat, dan RPTRA Sungai Bambu, Tanjung Priok, Jakarta Utara, karena memiliki kesamaan dalam faktor massa bangunan, luas area, dan fasilitas yang disediakan.</p>	<p>RPTRA di Jakarta agar lebih bersahabat untuk anak-anak.</p>
<p>Studi kenyamanan termal pada kafe semi <i>outdoor</i> di Rummah GOA</p>	<p>penelitian ini akan melakukan analisis terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal pada kafe Rummah Goa</p>	<p>Untuk menilai apakah pengunjung kafe di Tangsel telah mencapai tingkat kenyamanan yang sesuai dengan prinsip-prinsip yang tercantum dalam teori ASHRAE-55, perlu dilakukan analisis sejauh mana desain arsitektur yang menekankan aspek estetika memengaruhi kenyamanan termal pengunjung.</p>	<p>Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tambahan seperti sirkulasi udara, pencahayaan alami, karakteristik material bangunan, serta sistem pendingin dan pemanas yang ada di kafe.</p>	<p>Lokasi Rummah Go'a yang berdekatan dengan sungai dan cuaca yang panas menyebabkan kondisi termal di tempat ini menjadi tidak nyaman. Beberapa area di dalam kafe mengalami <i>hotspot</i> dengan sirkulasi udara yang kurang baik, tingkat kelembapan yang tinggi, dan ruang yang terbatas. Setelah melakukan pengujian dan menggunakan perangkat lunak <i>CBE Comfort Thermal Tool</i>, peneliti kemudian memberikan rekomendasi solusi desain untuk meningkatkan kenyamanan termal.</p>

Sumber: Peneliti (2023)

2.3 Kerangka Pemikiran



Gambar 2.9 Kerangka Pemikiran

Sumber: Peneliti (2023)

2.4 Sintesis

Setelah mengkaji sejumlah pustaka yang digunakan pada penelitian, Peneliti akan menjabarkan sintesis dengan membuat satu alur pembahasan yang jelas, yang kemudian dikaitkan dengan tujuan penelitian.

Tabel 2.9 Sintesis

Sintesis	Teori/ Standar yang digunakan		Variabel
Nilai Kenyamanan Termal	Perhitungan menggunakan PMV dengan nilai nyaman antaran -3 hingga +3, dengan nilai antaran -0,5 dan +0,5 nilai PPD antara 0-100% dan menggunakan standar ASHRAE-55	Faktor Eksternal	- Suhu Udara - Kecepatan Udara - Kelembapan
		Faktor Internal	- Metabolisme - Pakaian

Sumber : Peneliti (2023).

Untuk mencapai standar ASHRAE-55 dan menggunakan teori PMV dan PPD untuk menilai kenyamanan termal di area *open space*. lalu menentukan apakah kondisi tersebut sudah sesuai dengan preferensi pengguna serta memberikan rekomendasi terhadap desain arsitektural jika diperlukan untuk pengoptimalan kenyamanan termal.