



universitas
MALIKUSSALEH

**EVALUASI KENYAMANAN TERMAL RUANG PRODUKSI
DI SERAMBI INDONESIA *DAILY***

SKRIPSI

**Disusun Sebagai Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Arsitektur
Prodi Arsitektur Fakultas Teknik
Universitas Malikussaleh**

DISUSUN OLEH :

**NAMA : FAJAR PRAMONO
NIM : 190160040
PRODI : ARSITEKTUR**

**PROGRAM STUDI ARSITEKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
LHOKSEUMAWE
2023**

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fajar Pramono
NIM : 190160040
Fakultas/Jurusan/Prodi : Teknik /Teknik Sipil/Arsitektur

Dengan ini menyatakan skripsi yang berjudul:

Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Produksi Di Serambi Indonesia *Daily* adalah hasil kerja tulisan saya sendiri didampingi dosen pembimbing bukan hasil plagiat dari karya tulis ilmiah orang lain.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, jika dikemudian hari ternyata terbukti bahwa skripsi yang saya tulis adalah plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku, dan saya bertanggung jawab secara mandiri tidak ada sangkut pautnya dengan Dosen Pembimbing dan kelembagaan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.

Lhokseumawe, 25 November 2023

Penulis,



Fajar Pramono
NIM. 190160040

LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS

Judul Skripsi : Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Produksi Di Serambi
Indonesia *Daily*
Nama : Fajar Pramono
NIM : 190160040
Jurusan/Prodi : Teknik Sipil/Arsitektur
Tanggal Sidang : 21 November 2023

Disahkan oleh,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Muhammad Daud, S.T., M.T
NIP. 197610292003121003

Disetujui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Sipil

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and strokes, positioned above the name of the department head.

Dr. Yulius Rief Alkhalq, S.T., M.Eng
NIP. 197107072002121001

LEMBAR PENGESAHAN JURUSAN

Judul Skripsi : Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Produksi Di Serambi
Indonesia Daily
Nama : Fajar Pramono
NIM : 190160040
Jurusan/Prodi : Teknik Sipil/Arsitektur
Tanggal Sidang : 21 November 2023

Lhokseumawe, 21 November 2023

Pengusul,



Fajar Pramono
NIM. 190160040

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Adi Safyan, S.T., M.Sc
NIP. 196501072003121001

Pembimbing Pendamping



Yenny Novianti, S.T., M.T
NIPK. 201806198109262001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil



Dr. Yulius Rief Alkhalv, S.T., M.Eng
NIP. 197107072002121001

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Judul Skripsi : Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Produksi Di Serambi
Indonesia *Daily*
Nama : Fajar Pramono
NIM : 190160040
Jurusan/Prodi : Teknik Sipil/Arsitektur
Tanggal Sidang : 21 November 2023

Lhokseumawe, 21 November 2023

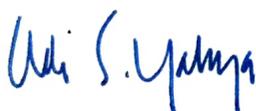
Pengusul,



Fajar Pramono
NIM. 190160040

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Adi Safyan, S.T., M.Sc
NIP. 196501072003121001

Pembimbing Pendamping



Yenny Novianti, S.T., M.T
NIPK. 201806198109262001

LEMBAR PENGESAHAN KOMISI PENGUJI

Telah disidangkan pada

Tanggal : 21 November, 2023

Mahasiswa Program Studi Arsitektur

Judul Skripsi : Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Produksi Di Serambi Indonesia *Daily*

Nama Mahasiswa : Fajar Pramono

NIM : 190160040

KOMISI PENGUJI SKRIPSI

Ketua : Adi Safyan, S.T., M.Sc
NIP. 196501072003121001

Sekretaris : Yenny Novianti, S.T., M.T
NIPK. 201806198109262001

Anggota I : Dr. Atthailah, S.T., M.Arch
NIP. 198212032015041004

Anggota II : Hendra A, S.T., M.T
NIP. 198604172019031010

(Adi S. Safyan)
(Yenny Novianti)
(Dr. Atthailah)
(Hendra A.)

Disetujui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Sipil


Dr. Yulius Rief Alkhalv, S.T., M.Eng
NIP. 197107072002121001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah yang Maha Esa atas semua nikmat dan karunia-Nya sehingga saya selaku penulis dapat menyelesaikan penelitian skripsi dengan judul ” Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Produksi Di Serambi Indonesia *Daily*”. Penulisan Skripsi dilakukan sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Arsitektur pada program studi Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh. Selama proses penulisan skripsi ini saya mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Herman Fithra, ST., M.T., IPM., ASEAN Eng selaku Rektor Universitas Malikussaleh.
2. Bapak Dr. Muhammad Daud, S.T.,M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
3. Bapak Dr. Yulius Rief Alkhaly, S.T.,M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Malikussaleh.
4. Bapak Hendra A, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
5. Ibu Cut Azmah Fithri, S.T., M.T selaku sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Malikussaleh.
6. Bapak Adi Safyan, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah membimbing dan memberikan banyak masukan ilmu, dukungan, tenaga, juga waktu kepada saya dan teman-teman seperjuangan dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Ibu Yenny Novianti, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan masukan dan saran agar tata bahasa dalam penulisan skripsi menjadi terarah dan benar.

8. Bapak Dr. Atthailah, S.T., M.Arch selaku Dosen Penguji I dan Bapak Hendra A, S.T., M.T selaku Dosen Penguji II yang telah membantu memberikan saran dan masukan mengenai isi dan penulisan dalam skripsi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi menjadi lebih baik.
9. Seluruh Bapak/Ibu dan dosen staff pengajar Prodi Arsitektur, Universitas Malikussaleh atas ilmu yang telah diberikan selama perkuliahan.
10. Kedua orang tua penulis bapak Nanang Luciana dan Ibu Ade Irma yang selalu memberikan semangat serta doa yang tak pernah putus, pengorbanan, dan dukungan selama proses perkuliahan hingga proses penyusunan skripsi.
11. Kepada kakak saya Restu Ameliana yang telah memberikan semangat, motivasi, doa dan saran untuk penulis dari awal perkuliahan hingga akhir.
12. Kepada Bapak Junaidi dan segenap operator percetakan Serambi Indonesia *Daily* Lhokseumawe yang telah membantu dalam pengumpulan data lapangan kepada penulis dalam proses penulisan skripsi.
13. Teman-teman seperjuangan yang telah menemani penulis dalam suka dan duka selama menempuh pendidikan di Prodi Arsitektur Universitas Malikussaleh.
14. Terakhir kepada diri penulis yang telah berkerja keras dan melakukan yang terbaik sesuai dengan kemampuan dengan semua perjuangan yang tidak mudah hingga sampai pada tujuan yang ingin di capai saat ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi untuk pengembangan ke arah yang lebih baik.

Lhokseumawe, 25 November 2023

Penulis,

Fajar Pramono

ABSTRAK

Kenyamanan termal di ruang produksi Serambi Indonesia *Daily* Lhokseumawe memiliki dampak signifikan terhadap produktivitas kerja, terutama karena panas yang dihasilkan oleh mesin-mesin industri. Minimnya bukaan serta karakteristik iklim Lhokseumawe, juga berkontribusi terhadap kenyamanan termal ruang. Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kenyamanan termal ruang menggunakan standar ASHRAE melalui skala PMV (*Predicted Mean Vote*) dan PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*). Penelitian ini menerapkan penelitian deskriptif evaluatif dengan pendekatan kuantitatif dengan penggunaan software CBE Thermal Comfort Tool untuk menganalisis data. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai PMV berkisar 1,98 yang dalam indeks PMV termasuk dalam kategori "Hangat," dengan nilai PPD sekitar 75%. Hasil wawancara juga menunjukkan lebih dari 20% karyawan merasa tidak nyaman. Berdasarkan PMV, PPD, dan hasil wawancara dapat disimpulkan bahwa kondisi kenyamanan termal di ruang percetakan Serambi Indonesia *Daily* tidak nyaman. Oleh karena itu, perlu mengoptimalkan solusi mekanis dengan menggunakan sistem penghawaan buatan untuk meningkatkan sirkulasi udara.

Kata Kunci : Kenyamanan termal, Ruang produksi, PMV, PPD

ABSTRACT

Thermal comfort in the Serambi Indonesia Daily production room has a significant impact on work productivity, especially due to the heat generated by industrial machines. The lack of openings and the characteristics of the Lhokseumawe climate also contribute to the thermal comfort of the space. The research aims to evaluate the level of room thermal comfort using ASHRAE standards through the PMV (Predicted Mean Vote) and PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) scales. This research applies quantitative methods with a descriptive and evaluative approach using CBE Thermal Comfort Tool software to analyze data. The analysis results show that the PMV value is around 1.98, which in the PMV index is included in the "Warm" category, with a PPD value of around 75%. Interview results also showed that more than 20% of employees felt uncomfortable. Based on PMV, PPD, and interview results, it can be concluded that the thermal comfort conditions in the Serambi Indonesia Daily production room are not comfortable. Therefore, it is necessary to optimize mechanical solutions by using artificial ventilation systems to increase air circulation.

Keywords: *Thermal Comfort, Production Room, PMV, PPD*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	i
LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN JURUSAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN KOMISI PENGUJI	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Kerangka Berpikir	4
1.6 Sistematika Pembahasan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Iklim dan Cuaca.....	6
2.2 Iklim Tropis	6
2.2.1 Iklim Tropis Lembab	7
2.3 Kondisi Iklim.....	7
2.3.1 Kondisi Iklim Indonesia.....	8
2.3.2 Kondisi Iklim Kota Lhokseumawe	8
2.4 Hubungan Iklim Terhadap Kenyamanan.....	11
2.4.1 <i>Bioclimatic-chart</i>	12
2.5 Kenyamanan Termal.....	13
2.6 Standar Kenyamanan Termal	14
2.7 Indeks Kenyamanan Termal.....	16
2.7.1 Faktor Eksternal.....	18
2.7.2 Faktor Internal.....	21
2.8 Elemen Bangunan Yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal	25

2.8.1	Material	25
2.8.2	Ventilasi	26
2.9	Kawasan Industri	29
2.9.1	Bangunan Industri	30
2.10	Hubungan Bangunan Industri dengan Kenyamanan Termal	30
2.11	Penelitian Terdahulu	31
BAB III	METODE PENELITIAN	34
3.1	Jenis Penelitian	34
3.2	Sumber Data dan Jenis Penelitian.....	35
3.2.1	Sumber Data.....	35
3.2.2	Objek Penelitian.....	35
3.2.3	Subyek Penelitian.....	35
3.2.4	Tahapan Persiapan	36
3.2.5	Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian	37
3.3	Sampel Penelitian	38
3.4	Metode Pengumpulan Data.....	40
3.4.1	Observasi	41
3.4.2	Pengukuran	41
3.4.3	Dokumentasi	42
3.4.4	Wawancara.....	42
3.5	Teknik Analisis Data	43
3.5.1	Kenyamanan Termal.....	43
3.5.2	Survey Kenyamanan Termal.....	44
3.5.3	Perbaikan Kenyamanan Termal	45
3.6	Alur Penelitian	46
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1	Gambaran Umum Penelitian.....	47
4.1.1	Siteplan Serambi Indonesia <i>Daily</i> Lhokseumawe.....	48
4.1.2	Denah Serambi Indonesia <i>Daily</i>	49
4.1.3	Denah Ruang Percetakan Serambi <i>Daily</i> Indonesia.....	50
4.1.4	Titik Pengukuran.....	50
4.2	Keadaan Lingkungan Termal Kota Lhokseumawe	51
4.4	Analisis Data Parameter Kenyamanan Termal	53
4.4.1	Temperatur Udara	53
4.4.2	Kelembaban Udara.....	55
4.4.3	Kecepatan Angin.....	57

4.4.4 Nilai Insulasi Pakaian	60
4.4.5 Nilai MET	61
4.5 Analisis Nilai PMV (<i>Predicted Mean Vote</i>).....	61
4.6 Analisis Survey Kenyamanan Termal dan PPD	69
4.7 Kesimpulan Analisis Kenyamanan Termal Ruang Produksi.....	72
4.8 Analisis Perbaikan Kenyamanan Termal.....	74
4.9 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal.....	76
BAB V PENUTUP	78
5.1 Kesimpulan	78
5.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN.....	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rata-Rata Temperatur Udara Kota Lhokseumawe	9
Tabel 2.2 Rata-Rata Kelembaban Nisbi Kota Lhokseumawe.....	10
Tabel 2.3 Rata-Rata Kecepatan Angin Kota Lhokseumawe.....	10
Tabel 2.4 Batas Kenyamanan Termal	15
Tabel 2.5 Hubungan Antara PMV, PPD, dan Sensasi Termal.....	17
Tabel 2.6 Standar Kenyamanan Untuk Orang Indonesia.....	19
Tabel 2.7 Nilai Insulasi Pakaian.....	22
Tabel 2.8 Nilai Tingkat Metabolisme Berdasarkan Aktivitas.....	24
Tabel 2.9 Penelitian Terdahulu	31
Tabel 3.1 Variabel Penelitian	39
Tabel 3.2 Metode Pengumpulan data.....	40
Tabel 4.1 Data Pengukuran Temperatur Udara	53
Tabel 4.2 Data Pengukuran Kelembaban Udara	55
Tabel 4.3 Nilai Insulasi Pakaian.....	60
Tabel 4.4 Nilai Metabolisme.....	61
Tabel 4.5 Rata-Rata Parameter Kenyamanan Termal.....	62
Tabel 4.6 PMV dan PPD Pada Sesi 1	63
Tabel 4.7 Rata-Rata Parameter Kenyamanan Termal.....	64
Tabel 4.8 PMV dan PPD Pada Sesi 2	66
Tabel 4.9 Rata-Rata Parameter Kenyamanan Termal.....	67
Tabel 4.10 PMV dan PPD Pada Sesi 3	68
Tabel 4.11 Rekapitulasi Nilai PMV	69
Tabel 4.12 Rekapitulasi Persepsi Responden dan PPD	71
Tabel 4.13 Rekapitulasi Hasil Evaluasi Kenyamanan Termal.....	72
Tabel 4.14 Rekapitulasi Hasil Pengukuran dan Persepsi	73
Tabel 4.15 Hasil Simulasi <i>CBE Thermal Comfort Tool</i>	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Bagan Kerangka Berpikir.....	4
Gambar 2.1 <i>Schematic bioclimotic index</i>	12
Gambar 2.2 PMV dan PPD	16
Gambar 2.3 Zona Nyaman termal oleh Fanger.....	18
Gambar 2.4 Proses Masuknya Panas ke dalam Bangunan.....	26
Gambar 2.5 Ventilasi Silang (Gambar Bawah) Lebih Efektif	28
Gambar 2.6 Posisi <i>Inlet</i> dan <i>Outlet</i> Berpengaruh Terhadap Arah Angin	28
Gambar 2.7 Perbedaan Dimensi <i>Inlet</i> dan <i>Outlet</i> Mempengaruhi	29
Gambar 3.1 Peta Kota Lhokseumawe, Aceh	37
Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian	38
Gambar 3.3 Alat-alat Penelitian.....	41
Gambar 3.4 <i>Software CBE Thermal Comfort Tool</i>	43
Gambar 3.5 <i>Schematic bioclimotic index</i>	45
Gambar 3.6 Diagram Alur Penelitian.....	46
Gambar 4.1 Kondisi Ruang Percetakan Serambi <i>Daily</i>	47
Gambar 4.2 <i>Site Plan</i> Serambi Indonesia <i>Daily</i>	48
Gambar 4.3 Denah Serambi Indonesia <i>Daily</i>	49
Gambar 4.4 Denah Ruang Percetakan Serambi <i>Daily</i>	50
Gambar 4.5 Titik Pengukuran Dalam Ruang	51
Gambar 4.6 Rata-rata Data Iklim BPS	51
Gambar 4.7 Diagram Rata-Rata Pengukuran.....	54
Gambar 4.8 Diagram Rata-Rata Pengukuran.....	56
Gambar 4.9 Kondisi Bukaan Sebagai Ventilasi.....	57
Gambar 4.10 Ventilasi Mekanis.....	58
Gambar 4.11 Aliran Udara Pada Ruang Percetakan	59
Gambar 4.12 Diagram Rata-Rata Pengukuran.....	59
Gambar 4.13 Simulasi <i>CBE Thermal Comfort Tool</i> Sesi 1	63
Gambar 4.14 Simulasi <i>CBE Thermal Comfort Tool</i> Sesi 2	65
Gambar 4.15 Simulasi <i>CBE Thermal Comfort Tool</i> Sesi 3	68

Gambar 4.16 Grafik Persepsi Tingkat Kenyamanan Ruang	70
Gambar 4.17 Grafik Zona Nyaman Titik Pengukuran.....	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah diantara garis 23,5° lintang utara sampai dengan 23,5° lintang selatan termasuk wilayah beriklim tropis. Iklim ini ditandai dengan suhu yang cenderung tinggi dengan suhu rata-rata berada diatas 20°C. Dari segi geografis, wilayah beriklim tropis terdiri dari dua bagian, yakni iklim tropis kering serta iklim tropis lembab. Wilayah yang berada di sekitar perairan merupakan wilayah yang memiliki iklim tropis lembab (Lippsmeier, 1994).

Kota Lhokseumawe memiliki dua musim utama berdasarkan letaknya yang berada di daerah beriklim tropis, yakni musim hujan serta musim kemarau. Rata-rata suhu sepanjang tahun di Kota Lhokseumawe berada disekitar 26°C, dengan suhu tertinggi yang pernah mencapai 32°C. Tingginya paparan radiasi matahari juga dapat mengganggu kenyamanan di dalam ruangan, terutama jika orientasi bukaan tidak mempertimbangkan dampak radiasi tersebut.

Kenyamanan dalam suatu karya arsitektur mempertimbangkan dua faktor utama, yaitu kenyamanan psikologis dan kenyamanan fisik. Kenyamanan psikologis berkaitan dengan unsur-unsur seperti keyakinan, agama, tradisi, dan faktor-faktor subjektif lainnya. Ini adalah aspek yang cenderung bersifat individual, subjektif, dan sulit untuk diukur secara kuantitatif. Sebaliknya, kenyamanan fisik memiliki karakteristik yang lebih umum dan dapat diukur secara objektif. Aspek-aspek kenyamanan fisik dapat terbagi menjadi kenyamanan ruang (*spatial comfort*), kenyamanan visual (*visual comfort*), kenyamanan pendengaran (*audial comfort*) dan kenyamanan termal (*thermal comfort*). Diantara beberapa faktor tersebut, kenyamanan termal adalah faktor dengan dampak terbesar untuk konsumsi energi di dalam bangunan.

Kenyamanan termal adalah keadaan nyaman terhadap kondisi suhu yang tinggi di sekitar tubuh, dan biasanya terkait dengan temperatur udara (Sangkertadi, 2013). Kondisi Iklim, lingkungan sekitarnya, desain bangunan, dan bagaimana individu menunjukkan tingkat kenyamanan lingkungan, sangat berpengaruh pada

persepsi tingkat kenyamanan termal pada individu. Berdasarkan SNI 03-6390-2011 dalam konteks perencanaan teknis konservasi energi pada bangunan, suhu yang dianggap nyaman dibagi menjadi tiga kategori. Suhu yang terasa sejuk dan nyaman berada diantara 20,5°C hingga 22,8°C, sedangkan kenyamanan optimal berada dalam rentang 22,8°C hingga 25,8°C. Suhu yang dianggap nyaman dalam kondisi hangat berkisar antara 25,8°C hingga 27,1°C. Ketika kenyamanan termal ruangan melewati batas normal, hal tersebut akan menyebabkan perasaan tidak nyaman, baik dari segi fisik hingga mental. Sehingga berpotensi memicu persepsi dan perilaku yang tidak diinginkan.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 29 Tahun 2006, ada standar-standar yang perlu diterapkan suatu bangunan untuk mencapai kenyamanan, seperti kenyamanan ruang gerak, kenyamanan audial, kenyamanan visual dan kenyamanan termal. Ketika berbicara tentang tingkat kenyamanan suatu gedung, faktor eksternal dan internal dianggap sebagai indikator penting dalam kenyamanan termal.

Serambi Indonesia *Daily* merupakan pabrik industri yang memproduksi koran di kota Lhokseumawe. Proses produksi di Serambi Indonesia *Daily* memiliki potensi risiko suhu tinggi yang bersumber dari peralatan mesin yang berada dalam bangunan. Saat menjalankan proses produksi, perusahaan ini memanfaatkan mesin yang beroperasi di dalam ruangan, dengan atap gedung yang terbuat dari asbes sebagai materialnya, serta ventilasi udara yang minim, hal tersebut akan berdampak pada meningkatnya suhu lingkungan kerja. Temperatur yang berada di luar batas yang nyaman dalam lingkungan kerja dapat mengakibatkan penurunan kenyamanan, gangguan dalam kinerja fisik dan mental hingga dapat berujung pada masalah kesehatan yang menghambat produktivitas kerja. Suhu yang tinggi dalam lingkungan kerja menyebabkan pekerja merasa mudah lelah, kinerja kerja menurun, mengalami rasa kantuk yang lebih cepat, dan membuat risiko kesalahan dalam pekerjaan meningkat.

Isu tersebut menjadi landasan untuk melakukan evaluasi terhadap standar tentang “Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Produksi Di Serambi Indonesia *Daily*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan dari latar belakang diatas, berikut adalah perumusan masalah dalam penelitian:

1. Bagaimana tingkat kepuasan karyawan terhadap kondisi kenyamanan termal sebagai pengguna ruang produksi di Serambi Indonesia *Daily*?
2. Apakah kenyamanan termal ruang produksi di Serambi Indonesia *Daily* sudah sesuai menurut standar ASHRAE 55-2017?
3. Faktor manakah yang memberikan pengaruh terhadap kenyamanan termal ruang produksi di Serambi Indonesia *Daily*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai melalui penelitian adalah sebagai berikut:

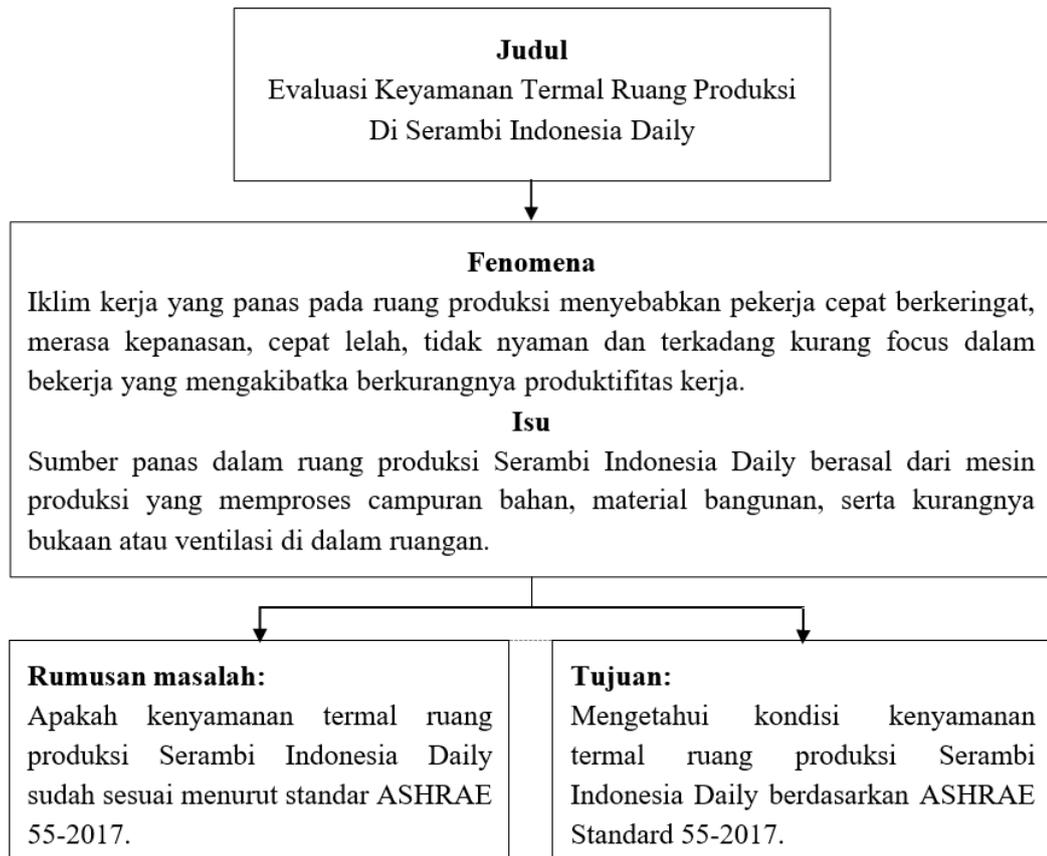
1. Mendapatkan persepsi dan preferensi karyawan terhadap kenyamanan termal ruang produksi Serambi Indonesia *Daily*.
2. Mengetahui kondisi kenyamanan termal ruang produksi Serambi Indonesia *Daily* berdasarkan ASHRAE Standard 55-2017.
3. Mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kenyamanan termal.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diinginkan yaitu menghasilkan sesuatu yang memiliki nilai positif untuk semua pihak yang terlibat, termasuk pabrik, pembaca, dan peneliti dimasa mendatang. Secara khusus dalam bidang ilmu arsitektur, temuan dari penelitian ini dapat berperan sebagai kontribusi berharga dalam membentuk standar kenyamanan termal, terutama dalam konteks ruang produksi pabrik. Selain itu, bagi mahasiswa yang terlibat dalam penelitian ini, pengalaman ini dapat berarti peningkatan kemampuan pembelajaran, terutama dalam melakukan analisis kenyamanan termal di lokasi tersebut.

1.5 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir dijadikan sebagai landasan dalam penelitian yang disusun dalam bentuk bagan yang mencakup bagian-bagian penting.



Gambar 1.1 Bagan Kerangka Berpikir (Analisa Penulis, 2023)

1.6 Sistematika Pembahasan

BAB I Pendahuluan

Memberikan ikhtisar pada penelitian, mencakup latar belakang masalah, pertanyaan penelitian yang diajukan, tujuan, manfaat yang diharapkan dan struktur pembahasan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Mencakup aspek teoritis mengenai kenyamanan termal serta menyajikan dasar-dasar teori dan hipotesis penelitian.

BAB III Metode Penelitian

Bab berikutnya mengulas kerangka penelitian yang bersumber dari tinjauan pustaka, mencakup prinsip-prinsip dasar penelitian, lokasi, metode, variabel, dan tahapan-tahap penelitian.

BAB IV Hasil Dan Pembahasan

Bagian ini berisi bahasan hasil penelitian, yakni hasil evaluasi kenyamanan termal di ruang produksi Serambi *Daily* Indonesia.

BAB V Kesimpulan

Bagian ini menguraikan hasil secara menyeluruh dari penelitian, berupa kesimpulan dan saran dari semua pembahasan dari bab sebelumnya.

Daftar Pustaka

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Iklim dan Cuaca

Kenyamanan seseorang saat berada di dalam ruangan serta di luar ruangan sangat dipengaruhi oleh faktor cuaca dan iklim yang ada di lingkungan sekitarnya. Menurut Glen T. Trewarta seperti yang dikutip dalam Winarsih (2020), iklim mengacu pada kondisi umum atau susunan cuaca yang berubah setiap hari. Artinya, iklim adalah hasil dari pengamatan cuaca secara berkesinambungan selama periode waktu yang panjang, yang kemudian dirata-ratakan dari semua unsur cuaca tersebut secara menyeluruh. Penetapan kondisi iklim di suatu daerah memerlukan periode waktu yang cukup panjang, yakni sekitar 10 sampai 30 tahun. Cabang ilmu yang mengkaji iklim secara spesifik dikenal dengan nama klimatologi. Dalam klimatologi, pengetahuan tentang iklim diperoleh melalui studi yang mendalam terhadap unsur-unsur cuaca dalam rentang waktu yang panjang.

Iklim berbeda secara signifikan dengan cuaca karena iklim berdampak pada wilayah yang luas serta terjadi dalam jangka waktu yang panjang, sementara cuaca menurut Puspita & Yulianti (2016), adalah kondisi udara pada waktu dan wilayah tertentu dengan durasi waktu yang relatif singkat. Ini menandakan bahwa cuaca hanya memiliki pengaruh yang terbatas pada wilayah yang tertentu dan berlangsung singkat.

2.2 Iklim Tropis

Iklim tropis merujuk pada kondisi iklim yang ditemukan di wilayah tropis, yang berada di antara garis lintang 20° baik di bagian utara maupun selatan belahan bumi. Ada dua jenis iklim tropis, yakni iklim tropis lembab dan iklim tropis kering. Terdapat beberapa karakteristik umum dari iklim tropis. Suhu di wilayah tropis cenderung tinggi, dan suhu serta kelembaban rata-rata harian cenderung tetap stabil.

Rentang perbedaan suhu bulanan rata-rata biasanya berkisar antara 1-3°C. Sebagian besar waktu, terdapat tingkat kelembaban udara serta curah hujan yang cenderung tinggi. Kelembaban relatif cenderung berada di sekitar 90%. Variasi dalam pola angin tergantung pada seberapa jauh wilayah tersebut dari garis pantai dan perubahan angin dapat terjadi sepanjang tahun. Langit di wilayah tropis umumnya cenderung berawan sepanjang waktu (Givoni, 1998).

2.2.1 Iklim Tropis Lembab

Tingginya curah hujan dan suhu merupakan karakteristik dari iklim tropis yang lembab. Angin cenderung bertiup dengan arah yang berubah-ubah antara musim hujan dan musim kemarau. Selama periode hujan serta kemarau, angin menjadi lebih sering bergerak dalam arah yang berbeda. Paparan matahari memiliki intensitas sedang dan tingginya tingkat kelembaban mengakibatkan keterbatasan dalam pertukaran panas.

Menurut Sugiyanto (2000), beberapa ciri-ciri daerah dengan iklim tropis lembab sebagai berikut:

1. Suhu rata-rata udara maksimum berada dalam rentang 27°C - 32°C, sementara suhu minimum rata-rata berada dalam kisaran 20°C - 23°C.
2. Kelembaban udara berkisar antara 75% hingga 80%, dan dalam situasi tertentu, tingkat kelembaban bisa mencapai 90%, yang dianggap sebagai kondisi yang kurang nyaman.
3. Variasi pada curah hujan yakni dari 1000 mm sampai 5000 mm.
4. Presentase awan sekitar 60% sampai 90%.
5. Intensitas sinar matahari di langit saat kondisi awan tipis berkisar 7000 kandela/m², sedangkan pada kondisi awan tebal, intensitasnya mencapai 8500 kandela/m².
6. Rata-rata laju udara berkisar antara 2 m/s hingga 4 m/s.

2.3 Kondisi Iklim

Kondisi iklim mengacu pada situasi cuaca yang berkelanjutan dalam periode waktu yang lama di suatu wilayah atau daerah geografis tertentu. Kondisi

iklim suatu wilayah mencerminkan pola cuaca yang khas dan dapat menjadi dasar bagi prediksi cuaca jangka pendek dan perubahan iklim jangka panjang.

2.3.1 Kondisi Iklim Indonesia

Menurut Lipssmeier (1994), Indonesia terletak dalam zona hutan hujan tropis atau wilayah tropika yang lembab, yang meliputi sekitar 15° lintang utara dan selatan dari garis khatulistiwa.

Karakteristik yang khas pada wilayah beriklim tropis yang lembab, yaitu tingginya curah hujan dan tingkat kelembaban. Suhu juga cenderung tinggi sepanjang tahun, dengan variasi suhu tahunan mulai dari 23°C selama musim hujan hingga mencapai 38°C selama musim panas.

Laju udara di wilayah ini cenderung lemah, sementara radiasi matahari berkisar antara sedang dan kuat. Keterbatasan pertukaran panas disebabkan oleh tingginya tingkat kelembaban dan curah hujan. Terdapat dua musim dalam rentang waktu satu tahun, yakni musim kemarau yang terjadi mulai dari Maret hingga Agustus, serta musim hujan yang terjadi dari September hingga Februari (Szokolay, 1981).

Karakteristik umum dari iklim tropis lembab di Indonesia berupa suhu udara yang cenderung tinggi, serta tingginya tingkat kelembaban dan radiasi matahari. Menurut Virdianti et al. (2014), Kelembaban relatif udara rata-rata sebesar 75%–80%, dengan rata-rata suhu udara tertinggi sekitar 27°–32°C serta suhu udara terendah sebesar 20°–23°C. Biasanya, langit sering tertutup awan dengan jumlah awan 60%–90% dan kecepatan angin rata-rata 2-4 m/s, serta jumlah curah hujan tahunan sekitar 1000–1500 mm.

2.3.2 Kondisi Iklim Kota Lhokseumawe

Kota Lhokseumawe berada di dataran rendah dengan elevasi rata-rata sekitar ±24 meter di atas permukaan laut. Titik koordinat geografisnya terletak pada garis lintang 04° 54' LU hingga 05°18' LS dan garis bujur 96° 20' hingga 97° 21' BT. Berdasarkan data tahun 2015, suhu udara rata-rata minimum adalah 21°C, sedangkan suhu udara rata-rata maksimum mencapai 33°C. Kelembaban udara rata-

rata tahun tersebut berkisar antara 81% hingga 86%. Tekanan udara rata-rata berkisar antara 1.009 mb hingga 1.011 mb, dan curah hujan rata-rata sekitar 117 mm.

Pada tahun 2022, Kota Lhokseumawe mengalami variasi suhu udara yang cukup signifikan. Meskipun suhu udara terendah rata-ratanya mencapai 25,3°C, suhu udara tertinggi bisa mencapai rata-rata sebesar 27,2°C. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan yang cukup jelas antara suhu terendah dan suhu tertinggi yang dialami oleh kota ini selama tahun tersebut. Selain itu, kelembaban udara rata-ratanya juga menarik perhatian, dengan rentang berkisar antara 83% hingga 90%. Perbedaan suhu dan variasi kelembaban ini memberikan gambaran tentang kondisi iklim yang bervariasi di Kota Lhokseumawe selama tahun 2022.

Tabel 2.1 Rata-Rata Temperatur Udara Kota Lhokseumawe Tahun 2022 (BPS, 2023)

Bulan	Temperatur (°C)		
	Minimum	Maksimum	Rata-rata
Januari	22,8	30,8	26,2
Februari	22,8	30,4	25,9
Maret	23,2	31	25,9
April	23,3	31,3	26,6
Mei	23,7	32,1	27,1
Juni	23,2	31,4	26,5
Juli	23,8	32	27,2
Agustus	23,2	31,9	26,8
September	23,1	31,5	26,7
Oktober	23,3	30,4	26,1
November	23,2	29,7	25,8
Desember	22,6	29,2	25,3

Temperatur udara rata-rata di kota Lhokseumawe pada tahun 2022 menunjukkan bahwa sepanjang tahun, setiap bulan mengalami fluktuasi dalam nilai temperatur udara. Temperatur udara dengan nilai paling rendah tercatat pada bulan Desember, dimana nilai rata-ratanya adalah 25,3°C, sementara temperatur paling tinggi terjadi pada bulan Juli, dimana rata-rata temperatur udara mencapai 27,2°C.

Tabel 2.2 Rata-Rata Kelembaban Nisbi Kota Lhokseumawe
Tahun 2022 (BPS, 2023)

Bulan	Kelembaban Nisbi (%)		
	Minimum	Maksimum	Rata-rata
Januari	61	98	85
Februari	60	100	84
Maret	65	99	87
April	64	98	85
Mei	50	98	84
Juni	51	98	83
Juli	51	98	83
Agustus	50	99	83
September	53	100	84
Oktober	65	100	89
November	67	100	90
Desember	64	100	90

Adapun pada rata-rata kelembaban nisbi di kota Lhokseumawe pada tahun 2022, menunjukkan bahwa sepanjang tahun nilai kelembaban bervariasi setiap bulan, kelembaban rata-rata mencapai angka terendah sebesar 83% dari bulan Juni hingga Agustus, sementara nilai tertingginya adalah sekitar 90% pada November dan Desember.

Tabel 2.3 Rata-Rata Kecepatan Angin Kota Lhokseumawe
Tahun 2022 (BPS, 2023)

Bulan	Angin Permukaan (Knots)			
	Arah Angin	Kecepatan Rata-rata	Maksimum	
			Kecepatan	Arah
Januari	T	5	15	T
Februari	TG	4	12	T
Maret	BD	4,2	10	SW
April	BD	4,2	11	BL
Mei	TG	3,8	17	BL
Juni	TG	4	20	BD
Juli	U	3,7	11	BD
Agustus	TG	4	15	TG

Tabel 2.3 Lanjutan (BPS, 2023)

Bulan	Angin Permukaan (Knots)			
	Arah Angin	Kecepatan Rata-rata	Maksimum	
			Kecepatan	Arah
September	S	3,9	11	TG
Oktober	BD	3,7	14	BD

Rata-rata kecepatan angin di kota Lhokseumawe pada tahun 2022, dapat diamati bahwa setiap bulan mengalami variasi dalam kecepatan angin. Bulan Juli dan Oktober memiliki nilai kecepatan angin dengan rata-rata terendah, yaitu pada nilai 3,7 knots, sementara yang tertinggi terdapat pada bulan Maret dan April, dengan rata-rata mencapai 4,2 knots. Puncak kecepatan angin maksimum tahun 2022 terjadi pada bulan Juni, mencapai 20 knots dan bertiup dari arah Barat Daya.

2.4 Hubungan Iklim Terhadap Kenyamanan

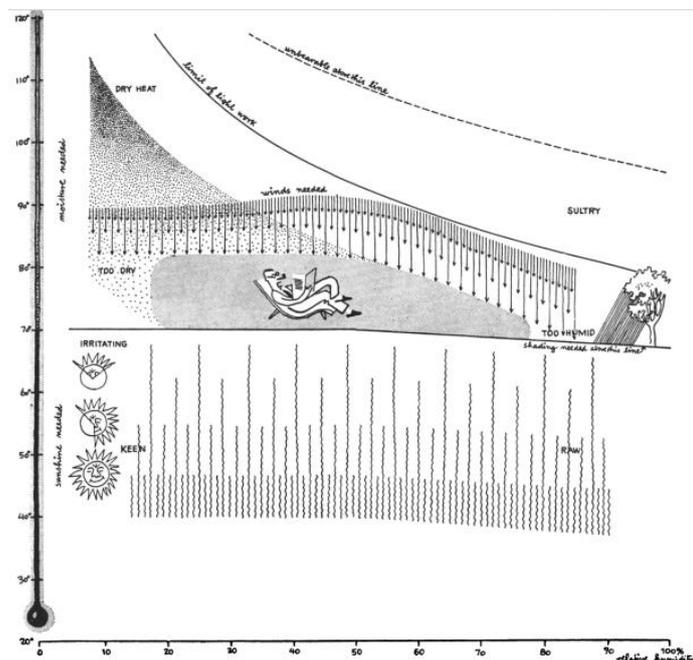
Menurut Mulyani dalam Hadinata (2019), Tubuh manusia menghasilkan panas kalor sebesar 100Watt melalui proses metabolisme. Dari sisi fisiologis, kondisi iklim berpengaruh besar terhadap kenyamanan termal seseorang. Bangunan menerima dan melepaskan panas karena paparan sinar matahari dan aktivitas di dalamnya, yang berdampak kondisi ruangan. Dalam konteks kenyamanan termal dalam bangunan, situasi ini dapat mempengaruhi bagaimana panas bertukar pada tubuh individu yang berada di dalamnya. Bangunan berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya dan juga aktivitas yang berlangsung di dalamnya, sementara manusia yang berada di dalam bangunan juga berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya dan dengan tubuhnya sendiri dalam hal pertukaran panas.

Proses pertukaran panas antara tubuh manusia dan lingkungannya dipengaruhi oleh beberapa faktor yang merupakan elemen-elemen iklim, seperti suhu udara, suhu permukaan sekitarnya, kemampuan permukaan tersebut dalam menyalurkan panas, tingkat kelembapan, dan adanya gerakan udara. Pergerakan udara, mempengaruhi konveksi dan penguapan tubuh, menjadi faktor penting dalam menjaga kenyamanan. Kecepatan angin yang meningkat dapat mengubah batas kenyamanan atas, menghasilkan sensasi pendinginan yang lebih baik.

Selain itu, tekanan uap dan pelepasan uap memengaruhi bagaimana kita merasakan suhu dan kelembaban. Angin berperan dalam mengimbangi tekanan uap yang tinggi, memberikan rasa kesejukan pada saat yang tepat. Selain itu, efek radiasi permukaan dapat dimanfaatkan untuk mengkompensasi perbedaan suhu udara yang mungkin terjadi (Olgay, 1963).

2.4.1 Bioclimatic-chart

Grafik bioklimatik yang dirancang oleh Victor Olgay, membantu pemahaman tentang interaksi antara berbagai elemen iklim, seperti suhu, kelembaban, dan kecepatan angin, dengan kenyamanan termal manusia. Grafik ini memberikan visualisasi mengenai zona kenyamanan termal serta cara elemen-elemen iklim dapat mempengaruhi tingkat kenyamanan.



Gambar 2.1 Schematic bioclimatic index (Olgay, 1963)

Dalam grafik bioklimatik ini, kondisi iklim seperti suhu dan kelembaban relatif digambarkan dengan jelas. Jika titik di dalam grafik berada dalam zona kenyamanan, lingkungan tersebut nyaman untuk manusia. Namun, jika titiknya di luar zona kenyamanan, perlu tindakan untuk membuatnya nyaman. Jika titiknya di

atas batas atas zona kenyamanan, angin diperlukan, dan grafik menunjukkan seberapa kencang angin yang diperlukan dalam satuan fpm.

Pada situasi dengan suhu tinggi dan kelembaban rendah, akan terasa sangat panas dan kering, dan angin hanya membantu sedikit. Oleh karena itu, pendinginan evaporatif lebih efektif untuk mengatasi suhu tinggi. Grafik menunjukkan berapa banyak uap air yang perlu ditambahkan ke udara untuk mendinginkan, terutama di atas batas atas zona kenyamanan. Di bawah zona tersebut, perlindungan dari sinar matahari dibutuhkan, dan radiasi matahari diperlukan untuk menyeimbangkan suhu yang lebih rendah. Grafik juga mencantumkan berapa banyak panas dari matahari yang dibutuhkan untuk menciptakan kenyamanan, meskipun hanya berlaku di luar ruangan. Di sisi lain, nilai suhu rata-rata radiasi yang dibutuhkan untuk mencapai kenyamanan dengan pemanasan atau pendinginan radiasi terlihat di sisi kiri grafik. Keseluruhan grafik ini memberikan pemahaman yang baik tentang bagaimana elemen-elemen iklim ini mempengaruhi kenyamanan termal manusia.

2.5 Kenyamanan Termal

Kondisi pikiran yang menunjukkan sejauh mana seseorang merasa puas dengan kondisi termal di sekitarnya dianggap sebagai kenyamanan termal. Kondisi ini dipengaruhi oleh variasi yang signifikan baik secara psikologis maupun psikologis antara individu-individu, sehingga menjadi sulit untuk memenuhi kebutuhan kenyamanan semua orang dalam suatu ruangan. Kondisi lingkungan yang dianggap nyaman juga tidaklah seragam bagi setiap individu, mengingat perbedaan faktor-faktor personal. Namun, melalui pengumpulan data yang melibatkan berbagai penelitian baik di laboratorium maupun di lapangan, telah diperoleh informasi statistik yang diperlukan untuk menetapkan kondisi lingkungan yang dapat dianggap nyaman secara termal oleh persentase tertentu dari penghuni (ASHRAE, 2017).

Menurut pendapat yang dikemukakan oleh Nugroho (2007), kenyamanan termal adalah keadaan pikiran manusia yang mengindikasikan sejauh mana individu merasa puas terhadap kondisi termal. Dalam hubungannya dengan bangunan, kenyamanan bisa dijelaskan sebagai keadaan dimana penggunanya

merasa nyaman dan gembira (Karyono, 2001). Kenyamanan termal adalah kondisi yang dipengaruhi oleh faktor-faktor alam dan dapat dikendalikan melalui perancangan arsitektur. (Snyder & Anthony, 1989).

Kenyamanan termal didefinisikan sebagai kondisi termal yang dialami manusia oleh pengaruh lingkungan sekitar dan elemen-elemen arsitektural yang dirancang di sekitarnya (Frick, Ardiyanto, & Darmawan, 2008). Pendapat ini menyiratkan kenyamanan termal dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk lingkungan arsitekturalnya. Jika desain arsitektur tidak mematuhi pedoman perencanaan, hal ini akan memengaruhi kenyamanan termal di dalam ruangan.

Menurut Huntington (1951), ketidaksesuaian kondisi iklim serta lingkungan pada manusia dapat memiliki dampak negatif terhadap kesehatan dan produktivitas. Tubuh akan menanggapi perubahan terhadap kondisi yang terjadi di sekitarnya, termasuk kondisi termal lingkungan. Kenyamanan tubuh terjadi ketika temperatur tubuh tidak berubah, melalui penjagaan keseimbangan pada lingkungan sekitar dan suhu tubuh serta ruangan berada dalam batas kondisi nyaman terhadap kondisi iklim.

Dapat disimpulkan bahwa kenyamanan termal merupakan keadaan ketika temperatur tubuh tidak berubah untuk tingkat yang dianggap nyaman, sehingga ketidaknyamanan tidak dirasakan oleh tubuh dikarenakan faktor-faktor termal yang bisa saja terjadi ketika ada keselarasan antara lingkungan sekitar dan suhu tubuh, serta kondisi iklim pada batas nyaman.

2.6 Standar Kenyamanan Termal

Standar dalam mencapai kenyamanan termal suatu ruangan yang menggunakan ventilasi alami di wilayah dengan iklim tropis telah dijelaskan dalam ASHRAE Standard 55-2017, yang menyatakan bahwa rentang suhu yang dianggap nyaman adalah antara 23°C hingga 26°C, dengan tingkat kelembaban relatif sebesar 30% hingga 60% (ANSI/ASHRAE, 2017). Selain itu, Keputusan Menteri Kesehatan No. 261/MENKES/SK/II/1998 juga menetapkan kriteria kesehatan dalam mencapai kondisi yang nyaman di dalam ruangan. Menurut keputusan ini, temperatur udara yang dianggap sehat untuk ruangan adalah antara 18°C hingga

26°C, dengan kelembaban relatif berkisar antara 40% hingga 60%. Dengan mematuhi kedua standar ini, ruangan dapat mencapai tingkat kenyamanan termal yang sesuai dengan persyaratan kesehatan dan lingkungan.

Adapun menurut BSN (2001) dalam SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung, yang juga berlaku untuk bangunan umum seperti Gedung pabrik Serambi *Daily* Indonesia, ada tiga tingkat kenyamanan termal yang dianggap nyaman. Batas-batas tersebut diuraikan dalam tabel berikut.

Tabel 2.4 Batas Kenyamanan Termal (SNI 03-6572, 2001)

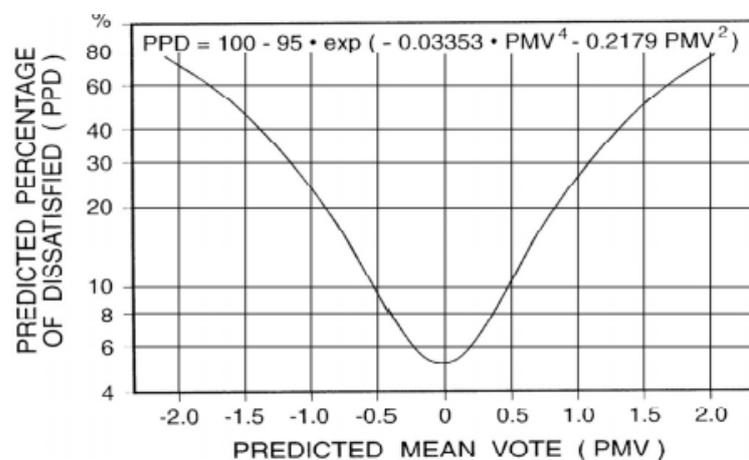
Kondisi	Temperatur Efektif (TE)	Kelembapan (RH)
Sejuk Nyaman	20,5°C – 22,8°C	50%
Ambang Batas	24°C	80%
Nyaman Optimal	22,8°C – 25,8°C	70%
Ambang Batas	28°C	
Hangat Nyaman	25,8°C – 27,1°C	60%
Ambang Batas	31°C	

Batas kenyamanan termal terdiri dari tiga kondisi. Pertama, kondisi sejuk nyaman, di mana suhu udara yang nyaman berada dalam rentang 20,5°C hingga 22,8°C dengan kelembaban sekitar 50%, sementara suhu di atas 24°C dengan kelembaban 80% dianggap sebagai ambang batas yang tidak nyaman. Kedua, dalam kondisi nyaman optimal, suhu yang nyaman berada antara 22,8°C hingga 25,8°C dengan kelembaban sekitar 70%, tetapi jika suhu melebihi 28°C dengan kelembaban 70%, maka kondisi ini menjadi kurang nyaman. Ketiga, kondisi hangat nyaman, suhu dianggap nyaman disekitar 25,8°C sampai 27,1°C dengan kelembaban sekitar 60%, namun, suhu di atas 31°C dengan kelembaban 60% dianggap sebagai ambang batas ketidaknyamanan.

2.7 Indeks Kenyamanan Termal

Sugini (2014) menyatakan bahwa indeks kenyamanan termal merupakan metode dalam mengukur tingkat kenyamanan termal. Dalam hal ini, indeks kenyamanan termal merupakan indikator yang diterapkan untuk mengevaluasi kondisi termal lingkungan. Indeks ini dihitung dengan mengkombinasikan beberapa parameter yang telah diuji secara matematis untuk menilai tingkat kenyamanan termal.

Indeks kenyamanan termal PMV (*Predicted Mean Vote*) akan digunakan dalam penelitian ini. Indeks ini memiliki skala -3 hingga +3 untuk menunjukkan tingkat dingin dan panas yang berdasarkan persepsi manusia. PMV berkaitan dengan 6 parameter yang menunjukkan persepsi rata-rata tentang sensasi dingin dan panas oleh sekelompok individu. Variasi antar individu dikaitkan dengan PMV dan PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*), yang memperkirakan persentase ketidakpuasan. Indeks PMV merupakan suatu ukuran yang menghitung rata-rata preferensi sejumlah individu dalam skala 7 poin terkait sensasi termal. Indeks ini terdiri dari 6 parameter dan menggunakan indeks PPD untuk ukuran ketidaknyamanan. Oleh karena itu, indeks PMV telah memperhitungkan sejauh mana persentase individu yang mungkin merasa tidak puas dengan nilai PMV yang telah diberikan.



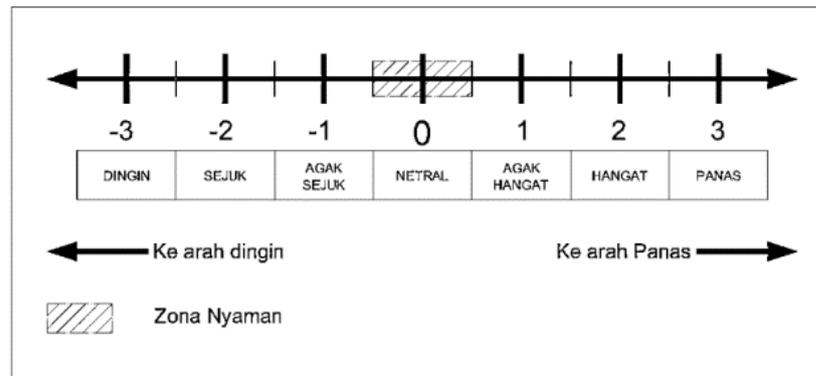
Gambar 2.2 PMV dan PPD (ASHRAE 55, 2017)

Menurut standar ASHRAE 55-2017, kenyamanan termal tercapai apabila nilai PMV berkisar antara -0,5 sampai +0,5. Di luar rentang tersebut, kondisi termal dianggap tidak nyaman. Ketika PMV memiliki nilai $\pm 0,5$, sekitar 90% populasi akan merasa nyaman, sehingga persentase diperkirakan tidak puas (PPD) sebesar 10%. Namun, dalam praktiknya, sebagian besar bangunan jarang mampu mencapai tingkat kepuasan sebesar 90%, dan biasanya mencapai sekitar 80%. Oleh karena itu, untuk menentukan tingkat kenyamanan termal secara akurat, perlu dilakukan pengukuran parameter lingkungan.

Tabel 2.5 Hubungan Antara PMV, PPD, dan Sensasi Termal (ASHRAE 55, 2017)

PMV	Sensasi Termal	PPD
+3	Panas	100
+2	Hangat	75
+1	Agak Hangat	25
0	Netral	5
-1	Agak Sejuk	25
-2	Sejuk	75
-3	Dingin	100

PMV (*Predicted Mean Vote*) merupakan kombinasi dari transfer panas fisik dan pemahaman empiris tentang sensasi. PMV digunakan untuk mengevaluasi ketidaknyamanan termal dengan mempertimbangkan transfer panas dalam kondisi *steady-state* antara tubuh manusia dan lingkungannya, dan menentukan tingkat kenyamanan dengan memberikan suara (*vote*) pada suatu tingkat ketidaknyamanan. Apabilai nilai PMV mengalami perubahan dari nilai 0 ke arah yang berlainan, tingkat ketidaknyamanan yang dirasakan, yang disebut sebagai *Predicted Percentage Dissatisfied* (PPD), meningkat. Oleh karena itu, penting untuk menjaga PMV tetap mendekati angka 0.



Gambar 2.3 Zona Nyaman termal oleh Fanger (ASHRAE, 1999)

Menurut Sugini (2014), zona nyaman berada pada rentang PMV antara -0,5 sampai +0,5. Titik -0,5 menggambarkan situasi di mana suhu berada di bawah titik netral atau tingkat kesejukan yang masih dianggap nyaman. Sementara titik +0,5 mengindikasikan situasi ketika suhu berada di atas titik netral atau tingkat kehangatan yang masih dianggap nyaman.

Indikator merupakan variable-variabel yang digunakan sebagai ukuran untuk menilai atau mengevaluasi suatu hal. Terdapat beberapa variabel yang menjadi indikator dalam menilai kenyamanan termal, baik dari segi lingkungan fisik (eksternal) maupun aspek personal (internal). Faktor lingkungan diantaranya adalah temperatur udara, temperatur radiasi, kecepatan angin, dan kelembaban udara. Sementara itu, faktor personal meliputi insulasi pakaian dan tingkat metabolisme (ASHRAE-55-2017).

2.7.1 Faktor Eksternal

Adapun indikator yang termasuk dalam faktor eksternal sebagai berikut:

a. Temperatur Udara

Salah satu faktor yang signifikan untuk menilai tingkat kenyamanan termal di suatu lingkungan adalah temperatur udara. Temperatur udara bisa diukur dalam berbagai skala termometer seperti Celsius, Fahrenheit, Reamur, dan Kelvin. Variabilitas temperatur udara sangat berbeda pada setiap tempat, namun manusia dianggap merasa nyaman ketika suhu tubuhnya berada sekitar 27°C. Faktor-faktor tertentu termasuk arah datangnya cahaya matahari, elevasi wilayah, arah angin, pola

arus laut, keberadaan awan serta jangka waktu penyinaran matahari dapat memengaruhi temperatur udara.

Temperatur udara di lingkungan sekitar berpengaruh pada pertukaran panas yang terjadi pada udara dan permukaan kulit tubuh. Ketika suhu tubuh lebih tinggi dari temperatur udara, maka tubuh akan melepaskan panas, dan ketika suhu tubuh lebih rendah, tubuh akan menerima panas. Tubuh dapat langsung merasakan efek dari perubahan temperatur udara, karena kenaikan atau penurunan suhu selalu menyebabkan perubahan dalam sensasi termal. Berikut ini standar kenyamanan termal daerah tropis berdasarkan SNI 6390:2011, yaitu:

Tabel 2.6 Standar Kenyamanan Untuk Orang Indonesia (SNI 6390, 2011)

Kategori	Temperatur Efektif
Sejuk Nyaman	20.5°C - 22.8°C
Nyaman Optimal	22.8°C - 25.8°C
Hangat Nyaman	25.8°C - 27.1°C

Ketika udara kering dan panas, penguapan cairan dari permukaan tubuh akan lebih cepat, karena udara yang lebih hangat memiliki kapasitas yang lebih tinggi untuk menyerap kelembaban. Selain itu, dalam kondisi udara kering yang panas, konveksi juga berperan penting dalam proses pertukaran panas. Udara panas yang bergerak dapat membawa panas dari permukaan tubuh dan menggantikannya dengan udara yang lebih sejuk. Sebaliknya, saat udara kering dan dingin, penguapan dan konveksi menjadi lebih lambat, sehingga tubuh mengalami kesulitan dalam melepaskan panas.

b. Kelembaban Udara

Kelembaban udara relatif didefinisikan sebagai perbandingan antara konsentrasi uap air di udara dalam ruangan dengan konsentrasi uap air maksimum yang dapat ditampung oleh udara pada suhu yang sama. Kadar kelembaban udara mempengaruhi pelepasan panas pada tubuh. Tingginya kelembaban udara bisa membuat proses pengeluaran panas dari tubuh menjadi lebih sulit, sehingga menyebabkan ketidaknyamanan. Di sisi lain, kelembaban rendah dapat

mengakibatkan pengambilan panas yang berlebihan dari tubuh dan dapat menimbulkan potensi kulit menjadi kering (Purnomo dan Rizal, 2000).

Terdapat dua tipe kelembaban udara, yaitu kelembaban absolut (AH) dan kelembaban relatif (RH). Kelembaban absolut (AH) mengukur jumlah absolut air yang terdapat dalam udara, diukur dalam gram per kilogram udara kering. Di sisi lain, kelembaban relatif (RH) adalah perbandingan antara konsentrasi air di dalam udara terhadap konsentrasi air paling tinggi yang bisa diserap udara terhadap suatu suhu. Kelembaban udara menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan kenyamanan termal, dengan idealnya kelembaban udara di dalam ruangan berkisar antara 40-60% selama musim panas, atau tidak kurang dari 30% pada hari-hari biasa. Di daerah tropis, suhu yang nyaman berkisar antara 22-28°C dengan kelembaban udara sekitar 70-80% (Sujatmiko & Sugiarto, 2011). Kelembaban udara memiliki dampak signifikan terhadap kenyamanan termal, di mana semakin tinggi kelembaban udara, semakin sulit bagi keringat untuk menguap, sehingga menghambat pelepasan panas dari tubuh. Lingga dalam Mufida (2021), untuk mencapai kenyamanan termal di Indonesia, kondisi cuaca yang diinginkan adalah dengan kelembaban udara antara 40% hingga 60%.

Udara akan menjadi sangat tidak nyaman apabila terdapat kelembaban di wilayah tropis dengan tingkat yang tinggi, sehingga butuh perhatian lebih. Standar kelembaban udara menurut beberapa sumber adalah sebagai berikut.

1. Lippsmeir dalam Riskillah (2019) menerangkan untuk kelembaban relatif di daerah tropis berkisar antara 20% - 50%.
2. Menurut MENKES (2002) tentang persyaratan dan tata cara penyelenggaraan Kesehatan lingkungan kerja industri, kelembaban udara yang sehat yaitu berkisar 65% - 95%.
3. Kenyamanan untuk kelembaban relatif di Indonesia menurut SNI (2001), pada wilayah tropis, kelembaban udara yang direkomendasikan berkisar 40% sampai 50%. Namun, untuk ruang yang sering dipakai orang banyak sebagaimana ruang pertemuan, rentang kelembaban udara 55% hingga 60% masih diperbolehkan.

c. Kecepatan Angin

Angin merupakan hasil dari pergerakan udara karena dipicu oleh variasi pada suhu dan tekanan (Satwiko, 2009:5). Untuk wilayah iklim tropis yang lembab, angin biasanya lebih sedikit, dengan hanya beberapa hembusan yang kuat terjadi di siang hari atau selama musim peralihan. Pada wilayah tropis-lembab, kenyamanan diperoleh melalui cukupnya aliran angin mengenai tubuh manusia.

Kecepatan angin sangat tergantung pada sifat permukaan yang dilaluinya. Beberapa faktor bisa memberikan pengaruh terhadap kecepatan angin, sebagaimana dijelaskan oleh Resmi (2010), seperti perbedaan tekanan atmosfer, lokasi geografis suatu wilayah, elevasi lokasi tersebut, serta durasi waktu tertentu. Standar SNI 03-6572-2001 menetapkan tiga kategori kecepatan angin, dengan kecepatan angin rendah berada dalam kisaran 0,2 m/s hingga 0,5 m/s, kecepatan angin sedang berada antara 1 m/s hingga 1,5 m/s, dan kecepatan angin tinggi 1,5 m/s hingga 2 m/s.

d. Temperatur Radian

Temperatur radian, menurut Idham (2016), merujuk pada sumber panas di lingkungan yang dapat mempengaruhi suhu ruangan. Panas radian terjadi ketika ada sumber panas di sekitar lingkungan. Sumber-sumber panas ini dapat berupa api, tungku, kompor listrik, ketel uap, oven, dan berbagai jenis lainnya.

Temperatur radian dapat memengaruhi suhu di dalam ruangan. Suhu di dalam bangunan dapat meningkat akibat radiasi langsung dari sinar matahari yang menyentuh sisi luar bangunan. Oleh karena itu, diperlukan penggunaan isolasi untuk mengurangi penyebaran panas dan penggunaan bahan yang dapat memantulkan atau menyerap panas. Menurut Walikewitz (2015), seperti dikutip dalam Salhabsyie (2021), penilaian rata-rata radiasi tidak terlalu berpengaruh pada kenyamanan termal manusia. Hal ini disebabkan oleh kesamaan suhu radiasi rata-rata dengan suhu udara, keduanya diukur dalam satuan Celcius ($^{\circ}\text{C}$).

2.7.2 Faktor Internal

Adapun indikator yang termasuk dalam faktor internal sebagai berikut:

a. Insulasi Pakaian

Jenis pakaian yang dipilih memiliki dampak yang signifikan pada

kenyamanan termal seseorang di dalam ruangan. Pakaian tersebut memengaruhi sejauh mana panas tubuh dilepaskan, di mana pakaian tipis akan memungkinkan lebih banyak pelepasan panas, sementara pakaian tebal akan membatasi pelepasan panas. Menurut standar ANSI/ASHRAE (2017), nilai insulasi pakaian memiliki pengaruh terhadap kenyamanan termal. Satuan clo digunakan untuk mengukur tingkat insulasi pakaian, dengan pedoman insulasi pakaian yang direkomendasikan adalah sama dengan atau kurang dari 0,5 Clo. (Susanti & Aulia, 2013).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal pakaian mencakup sejauh mana pakaian tersebut ketat atau longgar dan sejauh mana pakaian tersebut dapat meloloskan udara. Satuan "clo" digunakan untuk mengukur tingkat insulasi pakaian, nilai 1 clo mempunyai nilai 0,155 m²K/W, yang dapat dibandingkan dengan penggunaan satu set pakaian jas lengkap dengan dasi. Jika suhu terlalu tinggi, seseorang akan mengeluarkan keringat. Sebaliknya, jika suhu terlalu rendah, seseorang akan merasa kedinginan (Idham, 2016).

Tabel 2.7 Nilai Insulasi Pakaian (ASHRAE 55, 2017)

Jenis Pakaian	Clo	Jenis Pakaian	Clo
Pakaian Dalam		Pakaian dan Rok	
Bra	0.01	Rok tipis	0.14
Celana dalam Wanita	0.03	Rok tebal	0.23
Celana dalam pria	0.04	Atasan tipis tanpa lengan	0.23
Kaos Oblong	0.08	Atasan tebal tanpa lengan	0.27
Rok dalam Wanita	0.14	Baju kemeja Wanita lengan pendek (tipis)	0.29
Celana dalam Panjang pria	0.15	Baju kemeja Wanita lengan panjang (tipis)	0.33
Pakaian dalam tipis Wanita	0.16	Baju kemeja Wanita lengan panjang (tebal)	0.47
Kaos dalam panjang	0.20		
Alas Kaki		Sweater	
Kaos kaki panjang	0.02	Rompi tanpa lengan (tipis)	0.13
Stocking	0.02	Rompi tanpa lengan (tebal)	0.22
Sandal jepit	0.02	Rompi lengan Panjang (tipis)	0.25
Sepatu	0.02	Rompi lengan Panjang (tebal)	0.26
Sandal rumah	0.03	Jas	

Tabel 2.7 Lanjutan (ASHRAE 55, 2017)

Jenis Pakaian	Clo	Jenis Pakaian	Clo
Kaos kaki	0.03	Rompi tanpa lengan (tipis)	0.10
Kaos kaki tebal selutut	0.06	Rompi tanpa lengan (tebal)	0.17
Sepatu bot	0.10	Jas satu lapis (tipis)	0.36
Pakaian Luar		Jas satu lapis (tebal)	0.44
Kaus tak berlengan		Jas dua lapis (tipis)	0.42
Kaus berkerah lengan pendek	0.17	Jas dua lapis (tebal)	0.48
Baju kemeja lengan pendek	0.19	Pakaian Tidur	
Baju kemeja lengan Panjang	0.25	Gaun pendek tanpa lengan (tipis)	0.18
Kemeja kain (flanel) lengan Panjang	0.34	Gaun pendek tanpa lengan (tebal)	0.20
Kaus berkerah lengan panjang	0.34	Gaun rumah sakit lengan pendek	0.31
Celana Panjang dan Baju Panjang		Jubah pendek lengan (tipis)	0.34
Celana lie pendek	0.06	Piyama lengan pendek (tipis)	0.42
Celana Ponggol (selutut)	0.08	Gaun Panjang lengan Panjang (tebal)	0.46
Celana Panjang tipis	0.15	Jubah Panjang lengan pendek (tebal)	0.48
Celana Panjang tebal	0.24	Piyama lengan Panjang (tebal)	0.57
Celana olahraga panjang	0.28	Jubah Panjang lengan panjang	0.69
Celana/baju kodok	0.30		
Baju terusan dengan celana	0.49		

Insulasi termal dari pakaian diukur menggunakan satuan "clo" (*clothing*), dengan nilai 1 clo setara dengan 0,155 meter persegi kelvin per watt (m².K/Watt). Untuk menghitung total nilai Clo dari semua pakaian yang dikenakan, digunakan rumus yang tertera dalam standar (SNI 03-6572-2001: 15):

Pada laki-laki, nilai Clo = 0,727 x (jumlah nilai Clo per jenis pakaian) + 0,113

Pada perempuan, nilai Clo = 0,770 x (jumlah nilai Clo per jenis pakaian) + 0,050

b. Metabolisme

Kenyamanan termal terjadi ketika tubuh mencapai keseimbangan panas. Tubuh akan menjaga suhu tubuh pada kondisi sekitar 37°C ±2°C. Oleh karena itu,

harus ada keseimbangan antara jumlah panas pada tubuh yang dihasilkan dan dikeluarkan. Produksi panas tubuh terjadi sebagai hasil dari proses metabolisme, di mana energi mekanik dihasilkan dengan mengubah energi kimia dari makanan yang digunakan tubuh untuk melakukan fungsi tertentu. Produksi panas dalam tubuh akan meningkat seiring dengan metabolisme yang lebih tinggi dan cepat (Moore, 1993 dalam Sugini, 2014). Aktivitas tubuh dapat menunjukkan kecepatan metabolisme. Dalam hal ini, pengukuran dilakukan dengan dua satuan, yaitu tingkat metabolisme dan w/m^2 met.

Tabel 2.8 Nilai Tingkat Metabolisme Berdasarkan Aktivitas (ASHRAE 55, 2017)

Jenis Kegiatan	<i>Metabolic Rate</i>
Istirahat	
Tidur	0.7
Berbaring	0.8
Duduk, tenang	0.1
Berdiri, santai	1.2
Berjalan Pada Permukaan Datar	
0,9 m/s, 3,2 km/jam, 2,0 mph	2.0
1,2 m/s, 4,3 km/jam, 2,7 mph	2.6
1,8 m/s, 6,8 km/jam, 4,2 mph	3.8
Aktivitas Kantor	
Membaca, duduk	1.0
Menulis	1.0
Mengetik	1.1
Pengarsipan, duduk	1.2
Pengarsipan, berdiri	1.4
Berjalan sekitar	1.7
Mengangkat/mengemas	2.1
Menyetir/Menerbangkan	
Mobil	1.0 – 2.0
Pesawat, rutin	1.2
Pesawat, pendaratan instrumen	1.8
Pesawat, tempur	2.4
Kendaraan berat	3.2
Berbagai Kegiatan Pekerjaan	
Memasak	1.6 – 2.0
Membersihkan Rumah	2.0 – 3.4
Duduk, Gerakan berat	2.2

Tabel 2.8 Lanjutan (ASHRAE 55, 2017)

Jenis Kegiatan	Metabolic Rate
Pekerjaan Mesin	
Gergaji	1.8
Ringan (industri listrik)	2.0 – 3.4
Berat	4.0
Penanganan 50 kg (100 lb) tas	4.0
Menyekop	4.0 – 4.8
Berbagai Kegiatan Senggang	
Menari	2.4 – 4.4
Senam/olahraga	3.0 – 4.0
Tenis, single	3.6 – 4.0
Basket	5.0 – 7.6
Gulat, kompetitif	7.0 – 8.7

Pakaian yang tebal dan tertutup serta kelembaban kulit yang rendah akan memberikan kenyamanan ketika temperatur udara rendah. Namun apabila suhu ruangan yang melebihi 25°C, memakai pakaian yang lebih ringan dan menjaga kulit tetap lembap akan lebih nyaman. Ketika suhu naik melebihi 30°C, kebutuhan untuk sirkulasi udara akan meningkat, terutama jika kelembaban udara tinggi. Meskipun suhu udara bisa tinggi atau rendah, tingkat metabolisme tubuh tetap konstan (Idham, 2016).

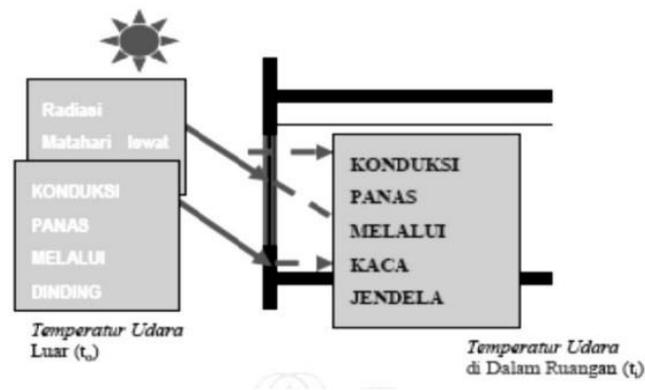
2.8 Elemen Bangunan Yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal suatu ruangan dipengaruhi kombinasi faktor-faktor eksternal serta elemen internal bangunan. Dalam mengelola faktor-faktor iklim dan menjaga kondisi termal ruangan pada zona kenyamanan, ada beberapa elemen-elemen bangunan yang harus diperhatikan. Beberapa elemen tersebut meliputi:

2.8.1 Material

Material bangunan berfungsi sebagai penghubung antara temperatur dalam ruang dan radiasi matahari. Pertimbangan iklim memengaruhi pemilihan material bangunan yang akan digunakan. Karakteristik, ketebalan, dan warna permukaan luar material adalah komponen yang harus diperhatikan. Nilai transmisi panas (juga dikenal sebagai *u-value*) dan ketahanan panas adalah faktor karakteristik material

yang paling penting. Fasad bangunan dapat mempengaruhi jumlah radiasi matahari yang ditransmisikan melalui selubungnya. Ini termasuk jenis kaca yang digunakan dan tebal kaca, serta perbandingan luas dinding keseluruhan dan luas kaca.



Gambar 2.4 Proses Masuknya Panas ke dalam Bangunan (Talarosha, 2005)

Disamping itu, material dinding memiliki waktu tunda untuk pemindahan panas ke dalam bangunan. Efek penundaan, atau *time lag*, terjadi ketika panas mengenai permukaan dinding, dan partikel dilapisan awal akan menyerap panas sebelum panas dipindahkan ke lapisan selanjutnya. Akibatnya, suhu puncak di dalam ruangan baru akan dirasakan setelah beberapa waktu.

2.8.2 Ventilasi

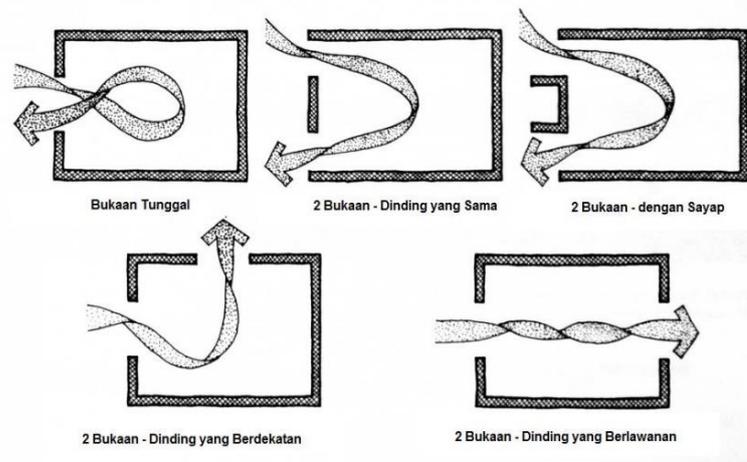
Ventilasi merupakan proses untuk mencatu udara segar ke dalam bangunan gedung dalam jumlah yang sesuai kebutuhan (SNI 03-6572-2001). Jika terdapat perbedaan tekanan udara, ruangan akan menerima udara dari luar melalui bukaan. Menurut Gunawan, B., dkk. (2012) ada beberapa jenis ventilasi, namun pada umumnya terdapat dua jenis ventilasi yaitu ventilasi alami dan ventilasi mekanik. Ventilasi alami merupakan proses alami dimana udara dialirkan atau digantikan secara alami melalui pertukaran udara antara suatu ruangan dengan udara luar. Proses ini mencakup tiga hal yaitu memenuhi kebutuhan udara bagi penghuni, meningkatkan pelepasan panas yang cukup dan proses penguapan dari tubuh, dan menyejukkan lingkungan dalam ruangan dengan menggantikan udara dalam ruangan dengan udara luar.

Selanjutnya ventilasi mekanik, merupakan proses pengadaan atau pergantian udara di antara ruang tertentu dengan menggunakan udara yang telah diolah dengan bantuan peralatan HVAC (*heating, ventilation, air conditioning* atau pemanasan, ventilasi, dan pendingin udara). Penggunaan ventilasi mekanik memiliki banyak tujuan yang harus dijaga, seperti menjaga suhu yang sesuai, menjaga tingkat kelembaban yang nyaman, mengurangi jumlah partikel debu sekecil mungkin, menjaga bau di bawah ambang batas tertentu, dan mendistribusikan udara dengan merata.

Ventilasi mempunyai tiga fungsi yaitu:

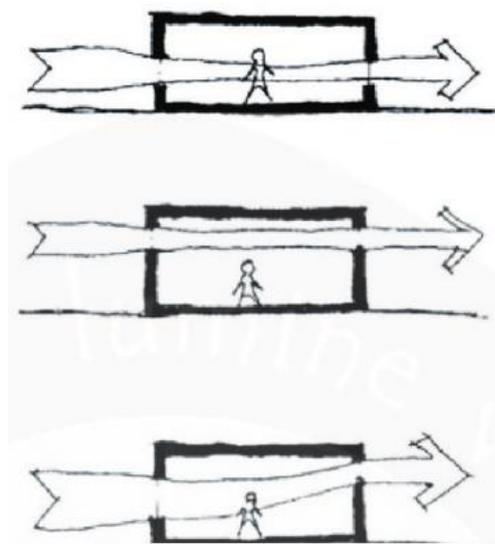
1. Menjaga kualitas udara dalam bangunan dengan menggantikan udara dalam bangunan dengan udara luar yang segar (*health ventilation*).
2. Menciptakan kenyamanan termal dengan meningkatkan pengeluaran panas dari tubuh dan menghindari rasa tidak nyaman yang disebabkan oleh kulit lembab (*thermal comfort ventilation*).
3. Menyediakan pendinginan bagi struktur bangunan (ventilasi pendinginan struktural). Terutama di daerah beriklim panas dan lembab, fungsi utama ventilasi yaitu menciptakan kenyamanan termal di dalam bangunan dengan sirkulasi udara, yang menyediakan pendinginan yang cukup. Ventilasi berfungsi dalam menciptakan kenyamanan termal yakni dengan memperhatikan kecepatan aliran udara di dalam ruang-ruang tempat aktivitas dilakukan.

Orientasi lubang ventilasi harus diposisikan menghadap arah angin utama yang mengalir ke arah bangunan. Untuk memaksimalkan aliran udara di dalam bangunan, arah bukaan *inlet* ditempatkan pada zona bertekanan positif dan arah bukaan *outlet* ditempatkan pada zona bertekanan negatif. Lokasi *outlet* hanya memberikan pengaruh pada pola aliran dan kecepatan udara dalam ruangan, tetapi pengaruh perletakan dan arah bukaan *inlet* sangat kecil. Penempatan bukaan ventilasi dengan tujuan untuk memasok udara sebaiknya diposisikan pada ketinggian yang sesuai dengan tinggi manusia ketika sedang beraktivitas. Salah satu persyaratan penting untuk lubang ventilasi yang efektif adalah adanya *cross ventilation*.



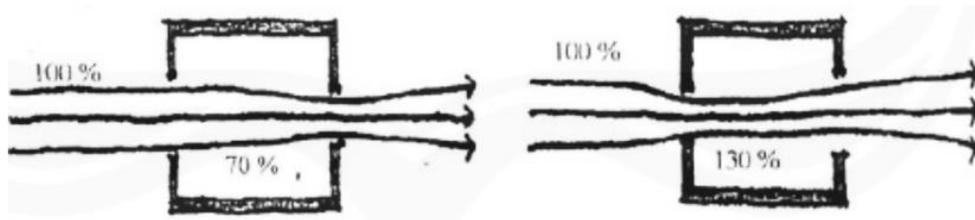
Gambar 2.5 Ventilasi Silang Lebih Efektif (Brown. Dekay, 2000)

Dengan menyediakan bukaan ventilasi di kedua sisi ruangan, aliran udara dapat bertukar. Bukaan ventilasi sebagai tempat udara keluar, lebih baik ditempatkan sedikit lebih tinggi dari tinggi aktivitas manusia. Ini dilakukan untuk memungkinkan pengeluaran udara panas di dalam ruangan secara efisien tanpa adanya pencampuran Kembali dengan udara segar yang masuk melalui bukaan masuk, yang juga dikenal sebagai bukaan masuk.



Gambar 2.6 Posisi *Inlet* dan *Outlet* Berpegaruh Terhadap Arah Angin Di Dalam Ruangan/ Bangunan (Mediastika, 2005)

Jika bukaan ventilasi lebih besar, semakin banyak udara yang dapat masuk ke bangunan, dan karenanya, peran ventilasi dalam bangunan semakin besar. Selain itu, perbandingan ukuran antara *inlet* dan *outlet* juga memiliki dampak besar pada proses sirkulasi.



Gambar 2.7 Perbedaan Dimensi *Inlet* dan *Outlet* Mempengaruhi Kecepatan Angin Pada Bangunan (Mediastika, 2005)

Pergerakan angin yang kencang dan kuat diperlukan untuk menurunkan temperatur udara di dalam ruangan. Perbedaan ukuran antara bukaan *inlet* dan *outlet*, menyebabkan perubahan tekanan udara, memungkinkan ruangan menerima udara dari luar. Dengan mengurangi aliran udara dari luar, maka jumlah udara yang memasuki ruangan dapat diminimalkan, sehingga suhu di dalamnya tidak akan naik terlalu tinggi.

2.9 Kawasan Industri

Menurut Peraturan Pemerintah No. 24 tahun 2009, industri merujuk pada aktivitas ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, atau bahan setengah jadi menjadi barang dengan nilai tambah yang lebih tinggi. Industri juga mencakup aktivitas perancangan dan rekayasa industri. Industri memiliki dampak ekonomi yang signifikan, baik bagi wilayah maupun negara, karena dapat menghasilkan pendapatan yang substansial. Klasifikasi industri dapat dilakukan berdasarkan berbagai kriteria seperti sumber daya bahan baku, tenaga kerja, pangsa pasar, modal, atau teknologi yang digunakan. Menurut Surat Keputusan Menteri Perindustrian No. 19/M/I/1986, terdapat empat kategori kegiatan industri, yaitu industri kimia dasar (seperti produksi pupuk dan kertas), industri mesin dan logam dasar (contohnya pembuatan kendaraan bermotor dan tekstil), industri kecil

(termasuk pengolahan minyak goreng dan makanan ringan), serta industri beragam (seperti produksi makanan dan pakaian). Kawasan industri merujuk pada area yang digunakan sebagai pusat kegiatan industri, lengkap dengan infrastruktur dan fasilitas yang dikelola.

Peraturan Pemerintah No. 24 tahun 2009 mengatur tujuan pembangunan kawasan industri. Tujuan tersebut mencakup pengendalian penggunaan lahan, pengembangan wilayah industri yang ramah lingkungan, percepatan pertumbuhan industri lokal, peningkatan daya saing sektor industri, peningkatan daya tarik investasi, dan memberikan kepastian lokasi untuk perencanaan serta pembangunan infrastruktur yang terintegrasi dengan sektor-sektor terkait.

2.9.1 Bangunan Industri

Jolyon Drury (1981) dalam bukunya yang berjudul "*Factories: Planning, Design, and Modernisation*" menggambarkan bahwa bangunan industri adalah struktur yang digunakan untuk berbagai tujuan, yang meliputi:

- a. Pembuatan barang atau komponen barang.
- b. Transformasi, perbaikan, peningkatan estetika, penyelesaian, pembersihan, pencucian, pengepakan, penyaduran untuk tujuan penjualan, peningkatan mutu, atau penghancuran barang.
- c. Penggunaan minyak atau pengolahan mineral untuk proses di dalam lingkup perdagangan dan bisnis, kecuali dalam sektor pertanian. Dalam konteks ini, barang mencakup segala jenis produk yang dapat dijelaskan, termasuk barang berukuran besar seperti kapal atau pesawat.

2.10 Hubungan Bangunan Industri dengan Kenyamanan Termal

Panas berlebih dalam tubuh bisa disebabkan oleh proses metabolisme tubuh atau paparan panas di lingkungan kerja salah satunya adalah di lingkungan kerja industri, ini dapat menyebabkan masalah kesehatan mulai dari yang ringan seperti ruam panas hingga yang serius seperti stroke panas. Paparan dari suhu yang tinggi dapat terjadi ketika tubuh menerima atau menghasilkan panas dalam jumlah yang melebihi kapasitas regulasi termal tubuh. Kondisi ruang, mesin, dan sinar matahari

dapat menyebabkan suhu tinggi di ruang kerja yaitu ketika sinar matahari memanasi atap pabrik dan memancarkan panas ke ruang produksi. Penelitian menunjukkan bahwa ventilasi yang baik sangat penting dalam lingkungan bangunan di daerah tropis untuk menciptakan kenyamanan termal dan meningkatkan produktivitas kerja. Jika kecepatan angin di dalam ruangan kurang, jumlah ventilasi yang direkomendasikan antara 10% hingga 20% persen hingga 50% persen dari luas lantai dengan menggunakan jenis jendela atau bukaan yang meningkatkan kecepatan aliran udara atau memfasilitasi pergerakan udara.

Namun, disektor industri di Indonesia mencakup bebatuan, industri logam, dan pengolahan kertas, seringkali kondisi ventilasi kurang memadai, seperti yang terjadi di ruang percetakan pabrik pembuatan koran. Ruang percetakan tersebut memiliki suhu yang tidak nyaman karena panas yang dihasilkan dari proses produksi, panas yang ditimbulkan oleh mesin, dan kurangnya ventilasi. Kurangnya ventilasi menyebabkan akumulasi dan penahanan panas di dalam ruangan, yang membuat pekerja merasa tidak nyaman. Walaupun upaya telah dilakukan untuk memanfaatkan sistem ventilasi dengan bukaan, selama penelitian berlangsung, suhu rata-rata di ruang produksi tetap berada pada 33.5°C dan para pekerja terus mengalami paparan terhadap panas yang dihasilkan.

2.11 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai isu kenyamanan termal telah banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu, sehingga didapatkan bahwa temuan dari peneliti-peneliti sebelumnya memberi pemahaman bagaimana variabel dapat mempengaruhi kenyamanan penghuni.

Tabel 2.9 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Tujuan	Hasil
1	Lutfi (2020)	Evaluasi Kenyamanan Termal Di Sekolah Menengah	Mengevaluasi kondisi serta mengidentifikasi potensi peningkatan	PMV, PPD dan Kuisisioner yang disebarkan kepada murid-murid menunjukkan hasil

		Pertama Muhammadiyah 5 Yogyakarta	kenyamanan termal	yang sama, dengan lebih dari 10% murid merasa tidak nyaman.
2	Ridho (2015)	Kajian Kenyamanan Termal Ruang Gambar Paket Keahlian Teknik Gambar Bangunan Smk Negeri 2 Pengasih	Mengetahui kenyamanan termal ruang gambar Paket Keahlian Teknik Gambar Bangunan SMK Negeri 2 Pengasih dengan memanfaatkan persamaan PMV	Ventilasi di ruang gambar SMK Negeri 2 Pengasih memenuhi standar, namun kondisi termal di ruang tersebut tidak nyaman sepanjang hari. Terdapat perbedaan yang signifikan antara jendela terbuka dan tertutup terhadap suhu udara, kecepatan angin, dan kelembaban udara.
3	Putera (2020)	Evaluasi Kenyamanan Termal Di Ruang Kuliah Prodi Teknik Lingkungan Gedung Mohammad Natsir FTSP UII	Menilai tingkat kenyamanan termal dan memberikan saran perbaikan kenyamanan termal di ruang kuliah	Kondisi termal berada dalam kategori "slightly warm". Pada siang hari, kondisi termal memburuk menjadi "warm". Hasil kuisisioner, PMV, dan PPD menunjukkan bahwa kondisi termal ruangan tidak

				nyaman untuk aktivitas.
4	Mufida (2021)	Pengaruh Orientasi Bangunan Terhadap Kenyamanan Termal	Mengetahui perbedaan tingkat kenyamanan termal pada unit rumah Griya Putri Grand Panggoi II dengan orientasi berbeda	Rumah dengan orientasi Selatan memiliki nilai PMV dan PPD yang lebih rendah daripada orientasi lainnya. Sebaliknya, orientasi Barat Laut memiliki nilai PMV dan PPD yang paling tinggi
5	Pandiangan dkk. (2021)	Analisis Perancangan Sistem Ventilasi Dalam Meningkatkan Kenyamanan Termal Pekerja Di Ruang Formulasi PT XYZ	Mengamati kondisi termal yang disebabkan oleh paparan panas dalam ruangan dan melakukan pengendalian teknik melalui desain sistem ventilasi	Sebelum istirahat, 100% operator merasa kelelahan, 40% mengalami rasa kantuk, dan 70% mengalami ketidakstabilan akibat kondisi termal. Setelah istirahat, 90% operator masih merasa lelah, 70% mengantuk, dan 60% menjadi tidak stabil.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian mengenai evaluasi kenyamanan termal ruang produksi Serambi Indonesia *Daily* bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis tingkat kenyamanan termal yang terdapat di ruang pabrik, terutama dalam lingkup ruang produksi di Serambi Indonesia *Daily*, serta menilai sejauh mana tingkat kenyamanan tersebut memenuhi standar kenyamanan termal yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, metode penelitian deskriptif evaluatif dengan pendekatan kuantitatif digunakan dalam penelitian ini. Metode ini memungkinkan untuk mendapatkan gambaran yang sistematis dan obyektif mengenai kondisi kenyamanan termal di ruang produksi Serambi Indonesia *Daily*.

Penelitian deskriptif adalah jenis penelitian yang dilaksanakan dengan tujuan memperoleh pemahaman mengenai variabel yang ada secara mandiri tanpa perlu membandingkannya atau mengaitkannya dengan variabel lainnya (Sugiyono, 2003:11). Seperti yang dinyatakan oleh Rakhmat (2001:22), tujuan dari metode deskriptif ini adalah untuk memberikan gambaran sistematis tentang fakta atau ciri-ciri kelompok atau suatu bidang melalui cara yang akurat dan obyektif.

Penelitian evaluatif terdiri dari dua bagian utama, menurut Diah (2011). Yang pertama adalah mengumpulkan data atau melakukan pengukuran; yang kedua adalah membandingkan hasil pengukuran tersebut dengan standar yang telah ditetapkan. Dengan melakukan perbandingan ini, kita dapat mengetahui apakah kegiatan yang dievaluasi tersebut layak, relevan, efisien, dan efektif.

3.2 Sumber Data dan Jenis Penelitian

Merupakan informasi atau keterangan yang digunakan sebagai pendukung hipotesis, menjawab pertanyaan penelitian, atau mencapai tujuan dalam penelitian. Adapun sebagai berikut:

3.2.1 Sumber Data

Berikut ini adalah dua sumber data yang akan digunakan dalam penelitian:

a. Data Primer

Data pada penelitian diperoleh melalui pengukuran secara langsung yang dilakukan oleh peneliti dengan alat ukur. Peneliti bekerja sama dengan koordinator dan karyawan percetakan di ruang percetakan sebagai responden, dan tujuan kerja sama ini adalah untuk mendapatkan data yang diperlukan secara langsung di lapangan.

b. Data Sekunder

Perolehan data dalam penelitian menggunakan berbagai sumber untuk melakukan pengkajian teori. Sumber-sumber ini termasuk buku-buku di perpustakaan, jurnal-jurnal ilmiah, dan artikel-artikel yang ditemukan di *website* yang terkait dengan topik penelitian.

3.2.2 Objek Penelitian

Objek penelitian mengacu pada karakteristik, ciri, atau elemen dari individu, objek, atau aktivitas yang mengalami variasi yang telah ditentukan oleh peneliti untuk diinvestigasi dan kemudian dianalisis untuk mencapai kesimpulan (Sugiyono, 2017). Dalam hal ini, objek penelitian adalah kenyamanan termal di ruang produksi Serambi Indonesia *Daily* di Lhokseumawe.

3.2.3 Subyek Penelitian

Subjek penelitian mengacu pada orang, tempat, atau benda yang diamati dengan tujuan pengumpulan data sebagai target penelitian. Dalam konteks penelitian ini, subjek penelitian adalah karyawan Serambi Indonesia *Daily* yang bekerja di ruang produksi.

3.2.4 Tahapan Persiapan

Ada beberapa hal yang dipersiapkan sebelum memulai penelitian, yakni sebagai berikut:

a. Perumusan masalah, tujuan dan sasaran

Pada tahap awal persiapan penelitian yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja bangunan terhadap kenyamanan termal, dilakukan kegiatan perumusan permasalahan, tujuan, dan sasaran penelitian yang telah diidentifikasi.

b. Penentuan lokasi penelitian

Lokasi penelitian terletak di Desa Meunasah Masjid, Cunda, Jl. Medan Banda Aceh, Kecamatan Muara Dua, Kota Lhokseumawe, Aceh., Kota Lhokseumawe, Provinsi Aceh.

c. Inventarisasi data

Informasi mengenai teori kenyamanan termal dan standar-standar yang digunakan sebagai patokan dalam membandingkan data hasil pengukuran lapangan dengan standar kenyamanan termal yang telah ditetapkan untuk menilai kesesuaian data tersebut.

d. Pengumpulan kajian literatur

Kajian literatur menjadi sumber acuan yang membantu peneliti dalam menganalisis masalah dan menemukan solusi untuk permasalahan yang sedang diteliti.

e. Pengumpulan penelitian pustaka

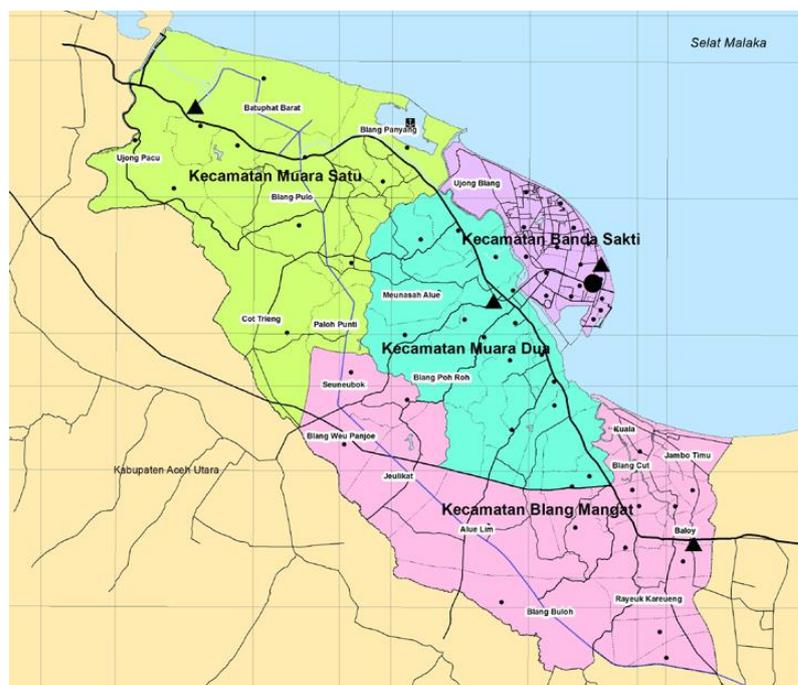
Penelitian pustaka merupakan langkah yang dilakukan dalam menyusun metode penelitian. Tujuannya adalah untuk membandingkan dengan penelitian sebelumnya dan mencegah adanya tindakan plagiarisme.

f. Penyusunan teknis pelaksanaan pengumpulan data

Pada tahap ini, merumuskan secara menyeluruh prosedur pengumpulan data, pengambilan sampel, dan format-format survei yang diperlukan termasuk dalamnya.

3.2.5 Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian

Menurut Suwama (2015), lokasi penelitian adalah tempat untuk mengumpulkan informasi untuk mengenai data yang diperlukan. Peneliti berharap menemukan hal-hal baru dan signifikan dengan memilih lokasi ini. Lokasi penelitian berada di Desa Meunasah Masjid, Cunda, Jl. Medan Banda Aceh, Kecamatan Muara Dua, Kota Lhokseumawe, Aceh. Penelitian dengan judul “Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Produksi Serambi Indonesia *Daily*” ini dilakukan di Serambi Indonesia *Daily* Lhoskeumawe, tepatnya di ruang produksi pabrik Serambi Indonesia *Daily*. Pelaksanaan penelitian dilakukan selama 30 hari yaitu pada tanggal 10 Juni hingga 10 Juli 2023.



Gambar 3.1 Peta Kota Lhokseumawe, Aceh (Dokumentasi Penulis, 2023)



Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian (Dokumentasi Penulis, 2023)

3.3 Sampel Penelitian

Penelitian ini akan menitikberatkan pada penilaian tingkat kenyamanan termal di dalam ruang cetak Pabrik Koran Serambi Indonesia *Daily*, yang dapat dijadikan sebagai gambaran dari seluruh populasi yang lebih besar. Penggunaan ruang cetak sebagai sampel penelitian dipilih karena ruang tersebut merupakan bagian penting dari proses produksi koran yang mempengaruhi kondisi kerja dan kenyamanan para pekerja. Adapun sampel subjek adalah sebanyak 7 dari 33 karyawan yang dipilih sebagai responden yakni karyawan yang bekerja di ruang percetakan.

a. Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan selama 30 hari, dimulai dari tanggal 10 Juni hingga 10 Juli 2023. Pengukuran dan analisis kenyamanan termal ruang dilakukan dalam rentang waktu yang sesuai dengan jadwal kerja karyawan. Jadwal tersebut terbagi mengikuti tiga sesi kerja, yaitu sesi 1 pada jam 23.00-00:00 WIB, sesi 2 pada jam 00.00-01:00 WIB, dan sesi 3 pada jam 01.00-02:00 WIB. Pemilihan durasi dan jadwal waktu ini didasarkan pada pertimbangan dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan.

b. Variabel Penelitian

Sugiono (1997) mengemukakan bahwa variabel penelitian merujuk pada atribut yang memiliki variasi di antara objek yang diteliti dalam kelompok tersebut.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian (Analisa Penulis, 2023)

Teori	Variabel	Kebutuhan data	Sumber
ASHRAE, <i>Handbook of Fundamental,</i> 2017	Kecepatan Angin	Denah Bangunan	Data primer dan sekunder
	Kelembaban Udara		
	Temperatur Radian		
	Temperatur Udara		
	Insulasi Pakaian	Karyawan	
	Metabolisme		

Menurut Walikewitz dalam Salhabsyie (2021), penilaian temperatur radian tidak terlalu berpengaruh pada kenyamanan termal manusia. Hal ini disebabkan oleh kesamaan temperatur radian dengan temperatur udara yang dimana keduanya diukur dalam satuan Celcius (°C).

3.4 Metode Pengumpulan Data

Ada dua teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer merupakan informasi pada penelitian yang diperoleh secara langsung dari sumber pertama selama penelitian. Berikut adalah metode dalam mengumpulkan data primer:

- a. Observasi lapangan (Pengamatan)
- b. Dokumentasi
- c. Pengukuran
- d. Wawancara

Dalam proses pengumpulan data, terdapat beberapa instrumen penelitian yang digunakan terhadap indikator kenyamanan termal yang berbeda.

Tabel 3.2 Metode Pengumpulan Data (Analisa Penulis, 2023)

Obyek Penelitian	Data	Metode	Instrumen Penelitian
Indikator Kenyamanan Termal	Temperatur Udara	Pengukuran	<i>Environment Meter</i>
	Kelembaban Udara	Pengukuran	<i>Environment Meter</i>
	Kecepatan Angin	Pengukuran	Anemometer
	Insulasi Pakaian	Pengamatan dan Dokumentasi	Kamera HP
	Nilai Metabolisme	Pengamatan dan Dokumentasi	Kamera HP

Data sekunder merupakan data penelitian yang didapat melalui studi literatur. Tujuan penggunaan data sekunder adalah untuk memperluas pemahaman tentang topik penelitian. Jenis data sekunder dapat berupa publikasi pemerintah, sumber-sumber online, buku-buku, artikel jurnal, dan catatan-catatan internal yang relevan dengan penelitian ini.

3.4.1 Observasi

Pengamatan (observasi), merupakan teknik pengumpulan data dengan cara mengamati obyek penelitian secara langsung. Menurut Sugiyono 2008: 2003). Untuk mendapatkan data, peneliti melakukan observasi dengan cara mengamati langsung operasional pabrik di lokasi agar memungkinkan peneliti untuk mendapatkan informasi yang tepat dan akurat serta mendalam tentang situasi yang sedang diteliti.

3.4.2 Pengukuran

Untuk mendapatkan data di lapangan, dilakukan 6 titik pengukuran temperatur, kecepatan, dan kelembaban udara. Nilai rata-rata secara keseluruhan akan digunakan sebagai sumber data. Pengukuran dilakukan dengan menyesuaikan waktu kerja pabrik yakni sesi 1,2 dan 3 dengan interval waktu pengukuran yakni 3 menit pada setiap titik.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:



(a) Anemometer , (b) *Environment Meter*

Gambar 3.3 Alat-alat Penelitian (Dokumentasi Penulis, 2023)

- a. Anemometer, merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin dengan satuan pengukuran menggunakan (m/s) dan rentang pengukuran mulai dari 0 hingga 30 m/s. Anemometer memiliki

resolusi sebesar 0.1 m/s, yang memungkinkan untuk mengukur dengan ketelitian hingga 0.1 m/s, dan memiliki ambang batas sebesar 0.1 m/s, artinya angin di bawah nilai ini dianggap sebagai "tidak terdeteksi" atau "nol." Akurasi anemometer ini adalah $\pm 5\%$, yang berarti pembacaan anemometer dapat memiliki kesalahan hingga 5% dari nilai sebenarnya

- b. *Environment Meter*, merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur dan memantau berbagai parameter lingkungan dalam sebuah ruangan atau area tertentu. Parameter yang umum diukur meliputi suhu, kelembaban, aliran udara, kualitas udara, cahaya, kebisingan, tekanan udara, dan sebagainya. Adapun tingkat kesalahan pada instrument ini adalah sebagai berikut:

Untuk kelembaban, akurasi alat adalah $\pm 5\%RH$, yang berarti hasil pengukuran alat dapat memiliki kesalahan hingga 5% dari nilai sebenarnya. Selanjutnya pada temperatur udara, akurasi alat untuk pengukuran adalah $\pm 3,5\%$ dari nilai yang dibaca, ditambah atau dikurangi dengan 2 derajat. Artinya, hasil pengukuran alat dapat memiliki kesalahan sebesar 3,5% dari nilai yang dibaca, dengan tambahan atau pengurangan 2 derajat.

- c. Kamera HP Poco M4 dengan fitur *main camera* bersensor 64 MP.

3.4.3 Dokumentasi

Menurut Moleong (2001), dokumentasi mengacu pada semua bahan tertulis atau film yang dapat digunakan sebagai sumber data dalam penelitian karena mereka dapat digunakan untuk menguji, menafsirkan, atau meramalkan. Data yang diperoleh melalui pengamatan, penggambaran, pengukuran, dan pemetaan dilengkapi dan diperkuat dengan dokumentasi.

3.4.4 Wawancara

Wawancara penelitian mengenai kenyamanan termal bertujuan untuk mengumpulkan pendapat para pekerja tentang tingkat sensasi kenyamanan termal di dalam ruang produksi.

3.5 Teknik Analisis Data

Analisis data pada penelitian menggunakan analisis kuantitatif yang melibatkan pengumpulan, pengukuran dan menganalisis dalam data numerik atau dalam bentuk angka yang dapat diukur, dihitung serta dibandingkan sehingga hasil dapat dinilai secara objektif.

3.5.1 Kenyamanan Termal

Data hasil pengukuran yang diperoleh dalam penelitian ini akan dilakukan proses analisis kuantitatif dengan memanfaatkan perhitungan PMV (*Predicted Mean Vote*) dan PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*). Metode yang digunakan dalam menghitung PMV mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Sugini tentang kenyamanan termal, di mana perhitungan PMV dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Microsoft Excel* yang telah diprogram dengan formula persamaan PMV. Selain itu, untuk mengkalkulasi PMV dan PPD, mengakses kalkulator termal yang tersedia secara online di <https://comfort.cbe.berkeley.edu/>.



Gambar 3.4 *Software CBE Thermal Comfort Tool* (Dokumentasi Penulis, 2023)

Software CBE Thermal Comfort Tool For ASHRAE-55 digunakan untuk memperoleh nilai PMV (*Predicted Mean Vote*) dan PPD (*Predicted Percentage of*

Dissatisfied) dengan memasukkan data pengukuran seperti suhu udara, suhu radiasi, kecepatan udara, kelembaban udara, nilai metabolik penghuni, dan insulasi pakaian penghuni.

Terdapat beberapa langkah analisis data sebagai berikut:

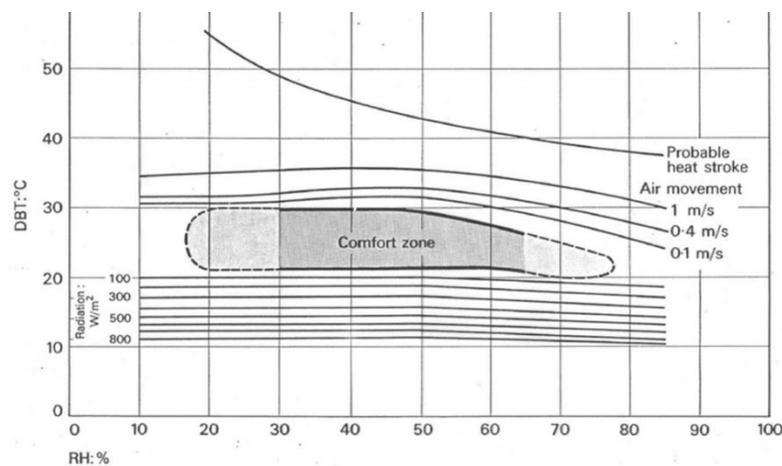
1. Pemeriksaan data, Tujuan utama dari pemeriksaan data ini adalah memastikan bahwa semua data yang telah terkumpul, termasuk data dari observasi, wawancara, dan dokumentasi terkait Kinerja Kenyamanan Termal, dapat digunakan secara efektif oleh peneliti. Dalam tahap ini, fokus utama adalah menjaga integritas dan kualitas data agar analisis yang dilakukan dapat menghasilkan hasil yang valid dan akurat.
2. Memberikan tanda atau kode, bertujuan untuk memberi identifikasi pada setiap data, sehingga memudahkan pengorganisasian dan analisis data. Dengan memberikan tanda atau kode, peneliti dapat mengelompokkan data yang relevan dan membuatnya lebih mudah diakses selama proses analisis.
3. Tabulasi data, di mana semua data yang telah diperiksa dan diberi tanda akan dimasukkan ke dalam tabel-tabel. Ini dilakukan untuk merapikan data dan menyusunnya dalam format yang lebih terstruktur. Dengan tabulasi data, peneliti dapat dengan mudah melihat pola, hubungan, dan statistik yang terkandung dalam dataset tersebut.

3.5.2 Survey Kenyamanan Termal

Sebanyak 7 karyawan dari total keseluruhan karyawan Serambi Indonesia *Daily* yang bekerja di ruang percetakan dipilih sebagai responden karena dianggap mewakili karakteristik kenyamanan termal pada ruang produksi pabrik. Proses wawancara dilakukan secara simultan dengan pengukuran untuk menilai persepsi pengguna ruangan terhadap sensasi termal yang mereka alami, mengacu pada pedoman dari ASHRAE (2017). Pilihan jawaban terdiri dari 7 kategori yang mencakup tingkat sensasi termal, yaitu sensasi dingin (-3), sedikit sejuk (-2), agak sejuk (-1), netral (0), agak hangat (+1), hangat (+2), dan panas (+3). Ruang percetakan akan dianggap nyaman jika persentase sensasi termal yang mengindikasikan ketidaknyamanan berada di bawah 20%.

3.5.3 Perbaikan Kenyamanan Termal

Perbaikan kenyamanan termal dilakukan apabila tingkat kondisi kenyamanan termal berada diluar rentang nyaman yang telah ditetapkan. Olgyay (1963) dalam *bioclimatic chart*-nya antara elemen iklim dengan kenyamanan, menghubungkan antara tingkat temperatur udara dengan kelembaban udara, jika grafik menggambarkan kondisi termal berada di atas zona kenyamanan, langkah-langkah perbaikan dan korektif diperlukan untuk mengembalikan kenyamanan.



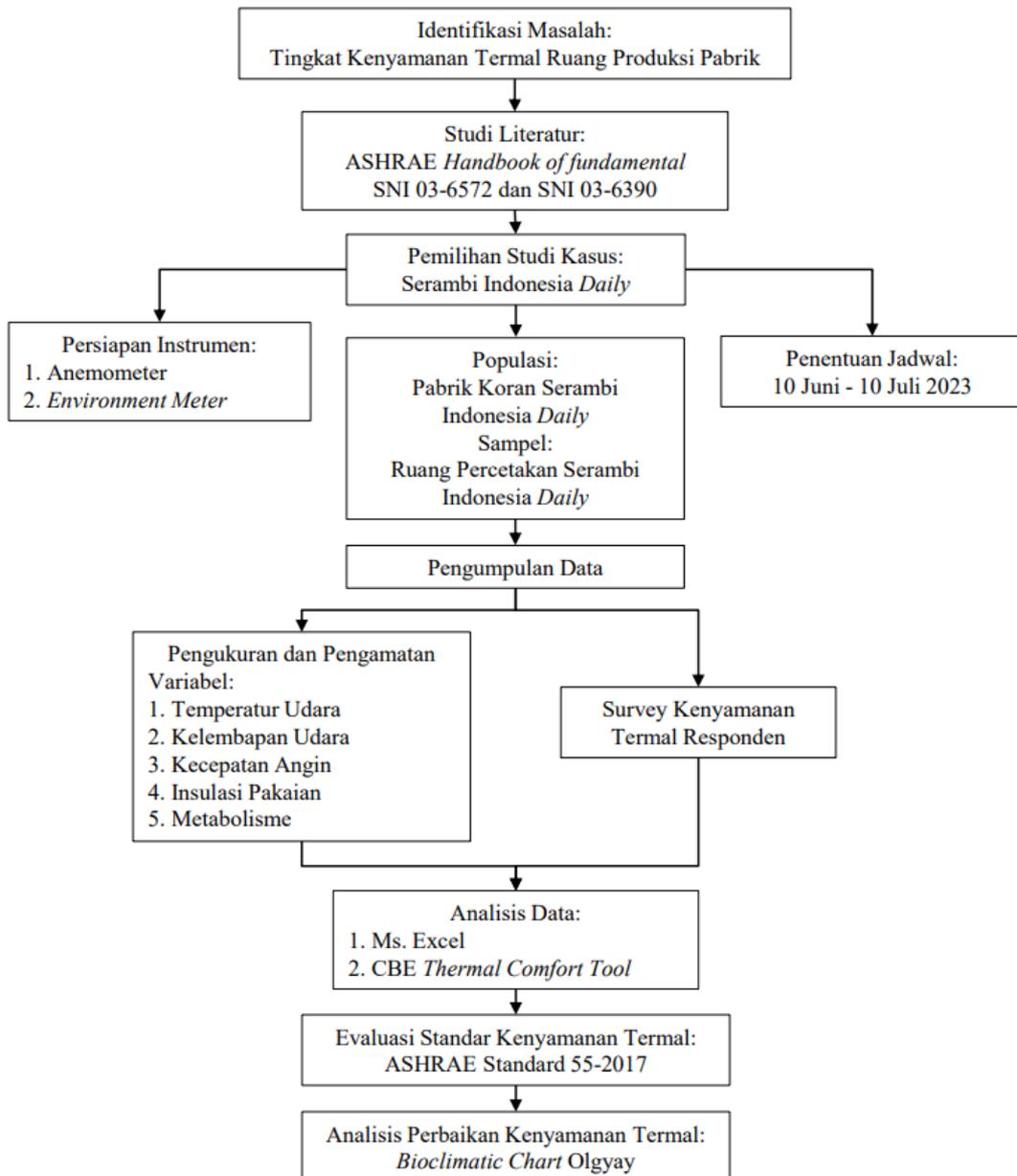
Gambar 3.5 Schematic bioclimotic index (Olgyay, 1963)

Apabila suhu ruangan berada di atas zona nyaman, tindakan untuk menjaga kenyamanan termal yang dilakukan adalah dengan penambahan atau meningkatkan kecepatan aliran udara dalam ruangan, dengan rentang sekitar 0,4 hingga 1 m/s. Hal tersebut dapat dicapai dengan meningkatkan efektifitas sistem ventilasi alami atau memanfaatkan penghawaan buatan. Adapun ketika kondisi termal ruangan berada di bawah zona kenyamanan, perlu diberikan radiasi panas sekitar 100 hingga 800 W/m². Radiasi ini dapat berupa pemanasan lantai, penggunaan peralatan pemanas, atau bahkan pemanfaatan sinar matahari untuk memberikan pemanasan tambahan.

Hasil analisis data yang telah diolah akan dijelaskan sesuai dengan realitas dan fakta yang ada. Penjelasan ini membantu dalam mengembangkan pemahaman yang mendalam tentang data. Analisis ini kemudian dapat direvisi dan diperluas untuk mencapai kesimpulan yang menjawab permasalahan yang sedang diteliti.

3.6 Alur Penelitian

Diagram alur penelitian dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 3.6 Diagram Alur Penelitian (Analisa Penulis, 2023)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Penelitian

Pabrik koran Serambi *Daily* Indonesia Biro Lhokseumawe berlokasi di Desa Meunasah Masjid, Cunda, Jl. Medan Banda Aceh, Kecamatan Muara Dua, Aceh. Secara keseluruhan, bangunan Serambi Indonesia *Daily* Biro Lhokseumawe ini menghadap ke Timur dan memiliki dua jenis fungsi bangunan yakni bangunan kantor dan bangunan pabrik. Di bagian kantor, terdapat beberapa ruangan seperti ruang psdm, ruang tamu, mushola, ruang redaksi, ruang kepala biro, dan ruang sirkulasi ekspedisi. Sementara itu, di bagian pabrik, terdapat ruang kertas, ruang pra-cetak, gudang bahan baku, ruang genset, ruang operator, ruang loker, ruang koran bekas, dan ruang percetakan yang merupakan ruang produksi menjadi objek penelitian ini.



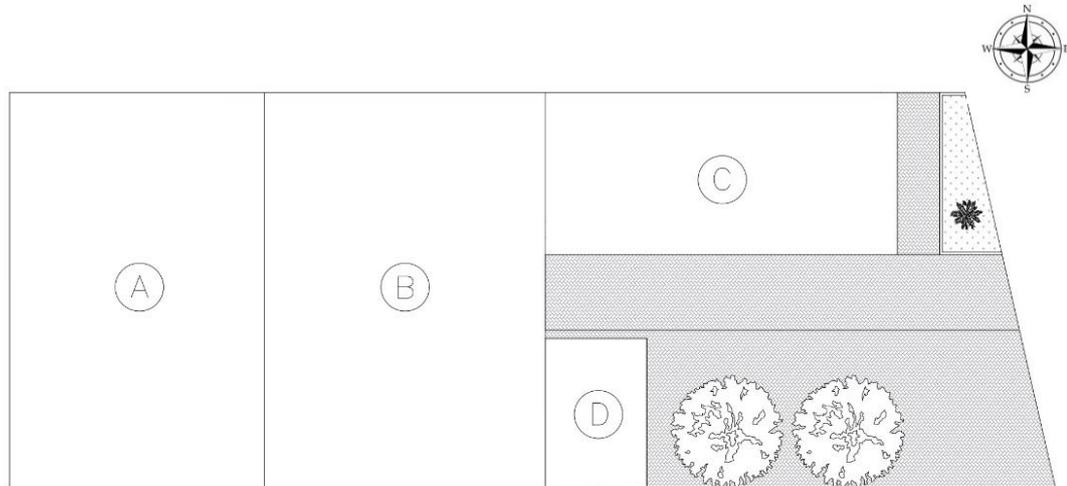
Gambar 4.1 Kondisi Ruang Percetakan Serambi *Daily* Indonesia (Dokumentasi Penulis, 2023)

Dalam proses penelitian, dari total keseluruhan karyawan Serambi *Daily* Indonesia Biro Lhokseumawe, sebanyak 7 karyawan yang bekerja di ruang percetakan dipilih sebagai responden karena dianggap mewakili karakteristik kenyamanan termal pada ruang produksi pabrik.

Dalam penelitian ini, analisis kenyamanan termal dilakukan melalui dua pendekatan yang berbeda. Pendekatan fisik digunakan untuk secara obyektif menilai tingkat kenyamanan termal di ruang pabrik (Putera, 2020 *Predicted Percentage Dissatisfied* (PPD) dan *Predicted Mean Vote* (PMV) digunakan sebagai metode dalam penelitian, sebagaimana dijelaskan dalam ASHRAE Standar 55-2017 mengenai kondisi termal lingkungan untuk manusia dan SNI 03-6572-2001 yang mengatur perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara dalam bangunan gedung. Di sisi lain, pendekatan psikologis digunakan untuk mengevaluasi persepsi karyawan terhadap kenyamanan termal melalui survei kepuasan mereka terhadap kondisi termal di ruangan.

4.1.1 Siteplan Serambi Indonesia *Daily* Lhokseumawe

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan, didapati bahwa bangunan ini menempati areal terpadu seluas 1.290 m² dengan dua fungsi bangunan berbeda yakni bangunan kantor dan pabrik.



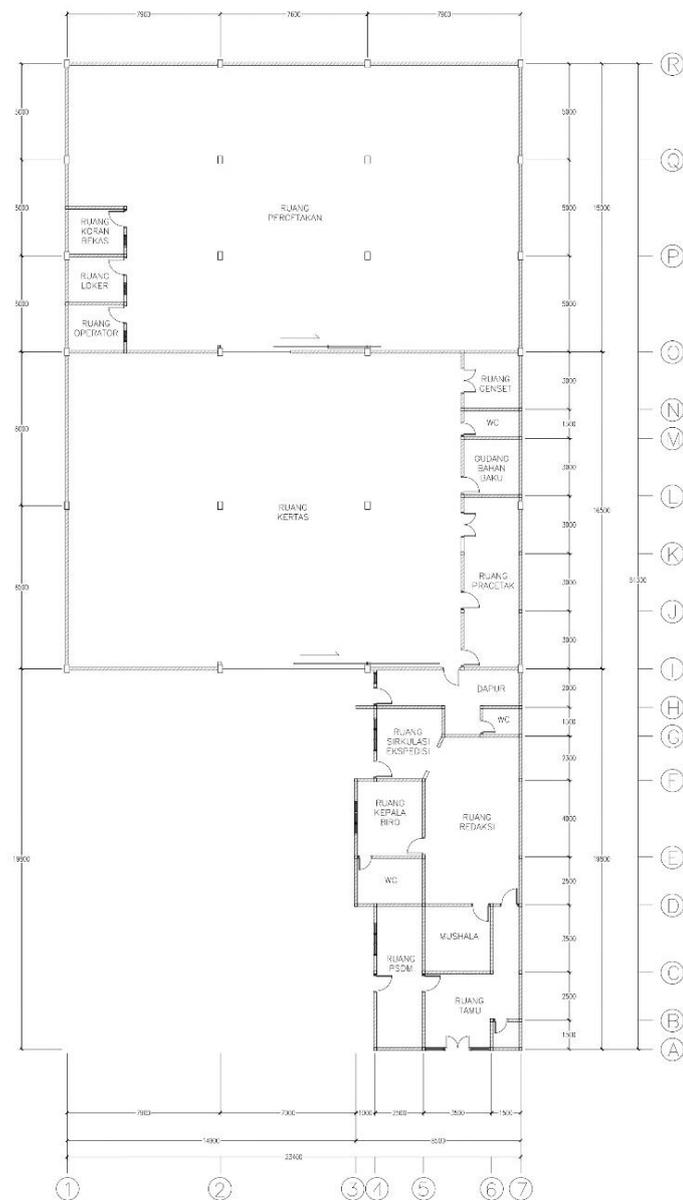
(A) Ruang Percetakan, (B) Ruang Pra-cetak, (C) Kantor, (D) Parkir

Gambar 4.2 *Site Plan* Serambi Indonesia *Daily* (Data Penulis, 2023)

Dapat dilihat pada gambar 4.2, eksisting pabrik menunjukkan bahwa orientasi bangunan menghadap ke arah timur. Berdasarkan lokasi ruang percetakan dan arah terbit dan terbenamnya matahari, maka sisi dinding ruang percetakan akan terkena sinar matahari mulai dari siang hingga sore hari.

4.1.2 Denah Serambi Indonesia *Daily*

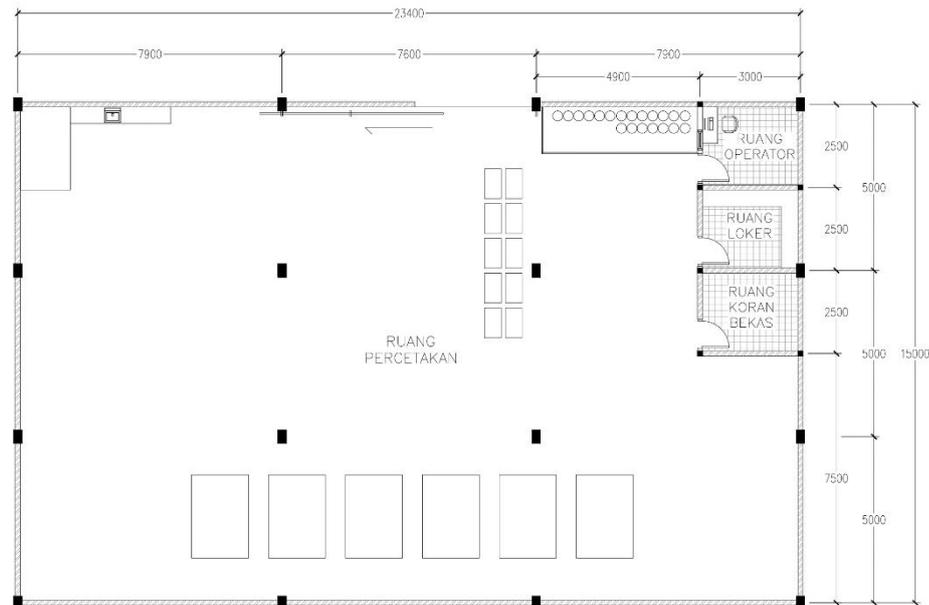
Terdapat beberapa bagian ruang pada pabrik koran Serambi Indonesia *Daily*, yaitu kantor sebagai pendukung operasional produksi dan manajemen keseluruhan dengan luas 155 m², ruang pra-cetak dengan luas 386 m² sebagai tempat proses persiapan materi cetak dan ruang percetakan sebagai ruang produksi koran dengan luas 351 m².



Gambar 4.3 Denah Serambi Indonesia *Daily* (Data Penulis, 2023)

4.1.3 Denah Ruang Percetakan Serambi *Daily* Indonesia

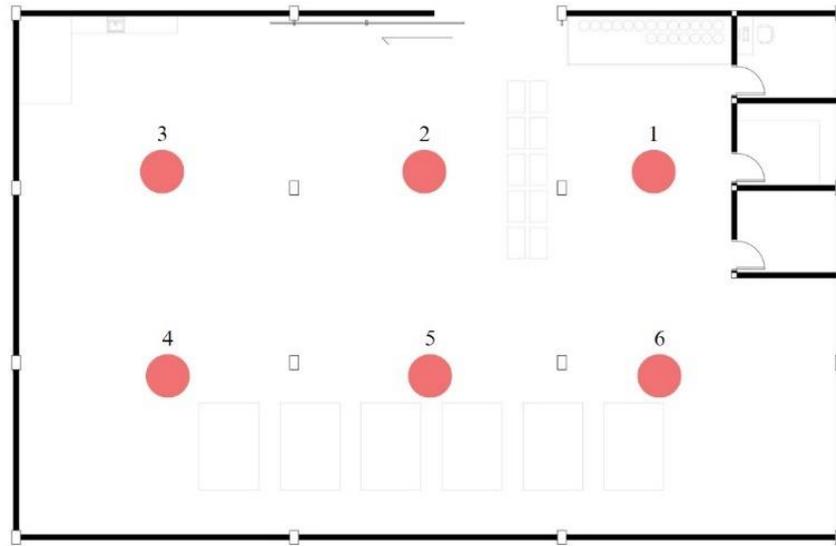
Ruang percetakan dipilih sebagai sampel penelitian karena keberadaannya memiliki signifikansi besar dalam proses produksi koran, yang secara langsung memengaruhi kondisi kerja dan kenyamanan para pekerja.



Gambar 4.4 Denah Ruang Percetakan Serambi *Daily* Indonesia (Data Penulis, 2023)

4.1.4 Titik Pengukuran

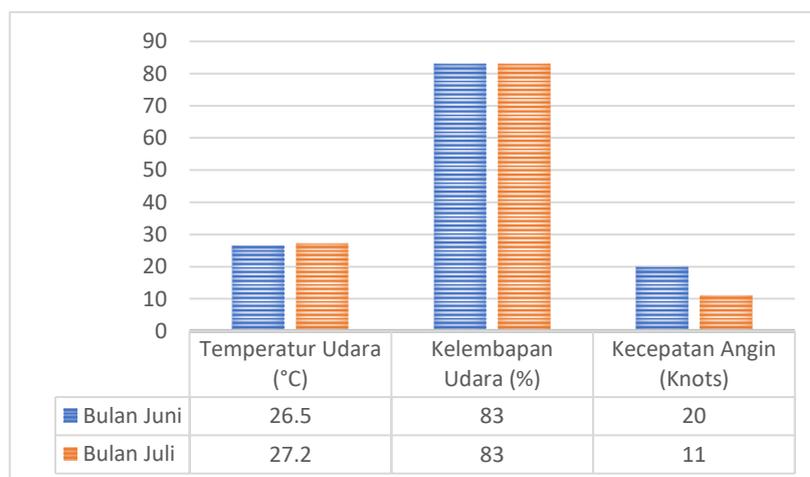
Pengukuran dilaksanakan di ruang percetakan Serambi *Daily* Indonesia pada 6 titik, dimana masing-masing titik merupakan area yang banyak digunakan oleh pengguna ruang. Perbedaan titik pengukuran juga didasari atas nilai MET aktivitas karyawan dimana pada titik 1,2 dan 3 memiliki aktivitas mengemas/mengangkat dengan nilai MET 2, sedangkan pada titik pengukuran 4,5 dan 6, aktivitasnya berupa pekerjaan mesin dengan nilai MET 2,1. Hasil pengukuran akan dicari rata-ratanya agar data yang didapat lebih spesifik. Adapun variabel yang diukur pada titik ini adalah temperatur udara, kelembaban udara dan kecepatan angin.



Gambar 4.5 Titik Pengukuran Dalam Ruang (Data Penulis, 2023)

4.2 Keadaan Lingkungan Termal Kota Lhokseumawe

Berdasarkan informasi yang dikutip dari Pusat Statistika, dengan merujuk pada data yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika Kota Lhokseumawe dalam Angka Tahun 2022, dapat diidentifikasi bahwa suhu rata-rata selama bulan Juni mencapai puncaknya pada 31.4°C dan turun menjadi 23.2°C pada titik terendah. Pada saat yang sama, tingkat kelembaban udara rata-rata berkisar antara 51% hingga 98%. Ketika memasuki bulan Juli, catatan suhu menunjukkan angka tertinggi mencapai 32°C dan angka terendah 23.8°C , dengan rentang kelembaban udara yang rata-rata berkisar antara 51% hingga 98%.



Gambar 4.6 Rata-rata Data Iklim BPS (Data Penulis, 2023)

Tujuan dari pengumpulan data ini adalah untuk membandingkan suhu udara di luar dan di dalam ruangan, dan juga sebagai bahan pendukung dalam penelitian. Dapat dilihat bahwa terdapat perubahan temperatur yang signifikan dari bulan tiap bulan, namun kelembaban maksimalnya masih sama yakni sebesar 83%. Selain itu dari data pengukuran yang dilakukan pada 3 sesi waktu produksi yang berbeda, temperatur udara cenderung menurun dan tingkat kelembaban udara meningkat. Mulanya pada sesi 1 produksi, temperatur udara di dalam ruangan sebesar 32,4°C dengan tingkat kelembaban 68,7%. Lalu pada sesi 3, temperatur udara turun menjadi 32,2°C dan kelembaban udara mengalami peningkatan menjadi 71,3%. Hal ini terjadi karena pada malam hari, temperatur udara menurun karena radiasi matahari yang memanaskan bumi perlahan mulai menurun. Ketika temperatur udara turun, udara memiliki kapasitas yang lebih rendah untuk menampung uap air, yang pada gilirannya dapat menyebabkan kelembaban relatif (RH) meningkat.

4.4 Analisis Data Parameter Kenyamanan Termal

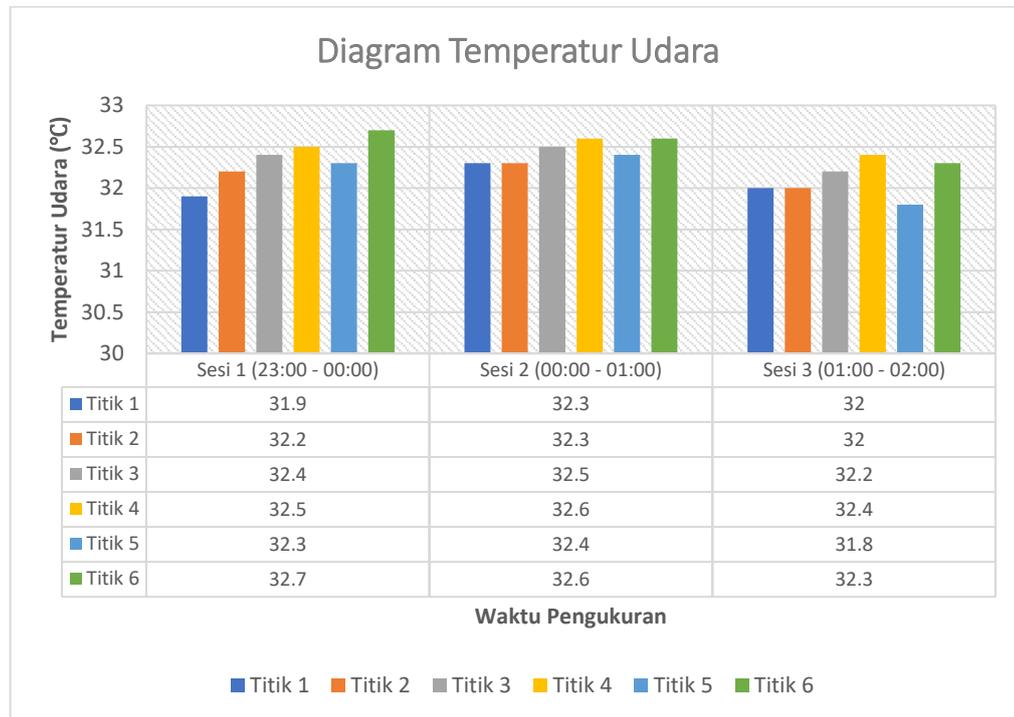
Data yang dianalisis berdasarkan ASHRAE Standart 55-2017 adalah kecepatan angin, temperatur udara, kelembaban serta insulasi pakaian dan nilai metabolisme.

4.4.1 Temperatur Udara

Pengukuran temperatur udara dilakukan di enam titik berbeda di dalam ruangan selama periode tiga puluh hari. Waktu pengukuran menyesuaikan sesi kerja percetakan yakni 3 sesi yang dimulai dari pukul 23:00 - 02:00 WIB.

Tabel 4.1 Data Pengukuran Temperatur Udara (Data Penulis, 2023)

TEMPERATUR UDARA	TITIK PENGUKURAN	TANGGAL (JUNI – JULI)																														RATA - RATA
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SESI 1 (23:00 – 00:00)	1	31.5	31.7	32.5	32.7	33.0	31.5	31.5	32.1	31.6	32.0	32.7	32.1	31.9	32.6	29.7	31.2	32.2	32.8	33.1	31.8	32.3	32.6	31.5	31.7	30.4	31.3	31.6	32.0	32.7	32.1	31.9
	2	31.9	32.1	32.9	32.7	33.0	31.9	31.6	32.2	31.8	32.3	32.8	32.4	32.1	32.4	30.2	32.4	33.1	33.1	32.1	32.6	33.0	31.7	32.1	30.7	31.5	32.1	31.8	32.3	32.8	32.4	32.2
	3	32.0	32.5	33.5	33.0	33.0	32.0	31.9	32.0	32	32.4	32.7	32.9	32.6	32.2	32.6	30.7	31.3	32.5	33.4	33.4	32.4	33	33.2	32	32.3	31.1	31.9	32.4	32.7	32.9	32.4
	4	32.5	34.1	33.9	33.2	33.6	32.5	32.3	32.1	32.2	32.5	32.6	32.3	32.2	32.6	31	31.6	32.7	33.7	33.5	32.6	33.3	33.5	32	32.2	31.3	32.1	32.2	32.5	32.6	32.3	32.5
	5	32.0	34.1	33.3	33.0	32.6	32.0	32.0	32.3	32.2	33.5	32	32.6	30.8	32	32.1	33.3	33.3	32.2	33.4	33.3	32	31.7	31.0	31.9	32.2	33.5	32	32.6	30.8	32	32.3
	6	32.6	33.7	33.5	33.3	33.6	32.6	32.2	32.2	32.5	32.8	33.6	32.6	32.3	32.6	31.2	32.3	32.7	33.5	33.6	32.5	33.7	33.6	32.2	32.3	31.7	32.3	32.6	32.3	32.6	33.2	32.7
	RATA - RATA																															
SESI 2 (00:00 – 01:00)	1	31.1	31.7	33.2	33.5	32.4	32.1	32.0	33.1	32.9	32.6	32.2	33.0	32.7	30.2	32.2	32.3	33.4	32.8	32.9	33.1	32.2	32.2	31.2	30.6	32.3	32.4	32.1	32.0	33.1	32.9	32.3
	2	31.0	32.0	33.1	33.4	32.6	32.0	31.9	33	32.9	32.8	32.2	32.4	32.5	31.0	31.3	32.0	32.6	33.4	33.4	32.8	33.1	32.9	32.3	31.7	31.3	32.1	32.6	32.0	31.9	33	32.3
	3	31.5	32.1	33.5	33.5	32.9	32	32.0	32.8	33.1	33.1	32.1	32.4	32.3	31.1	31.8	32.7	33.4	33.5	32.9	33.4	33.6	32.3	31.8	31.3	32.1	31.1	31.8	32.7	33.4	33.5	32.5
	4	32.2	32.4	33.5	33.3	33	32.3	32	32.8	33.4	33.2	32.1	32.5	32.3	31.3	31.7	32.7	33.4	33.6	33.8	33	33.3	33.7	32.3	32	31.5	32.2	31.3	31.7	32.7	33.4	32.6
	5	31.7	32.6	32.9	32.7	32.2	32	32.5	31.9	33	31.5	32.3	32	30.7	31	32.3	33.5	33.4	32.4	32.8	33.8	32.1	31.5	31.6	32	31.0	32.3	33.5	33.4	32.4	32.8	32.3
	6	32.3	32.6	33.7	33.2	33.3	32.6	32.5	32.8	33.4	33.2	31.9	32.7	32.2	31.3	31.7	32.9	33.8	33.7	32.7	33.1	34.1	32.3	32.5	32.3	32.4	32.7	32.2	31.3	31.7	32.9	32.6
	RATA RATA																															
SESI 3 (01:00 – 02:00)	1	29.2	32.1	33.0	32.7	32.2	31.8	31.7	33.1	32.3	31.9	33.1	32.1	29.5	31.7	32.1	32.5	33.1	31.9	31.4	34.7	31.1	30.5	31.8	32.5	31.8	31.7	33.1	32.3	31.9	32.8	
	2	30.6	32.7	32.7	33	32.2	31.8	31.7	32.9	32.3	32	32.5	32.1	30.0	31.5	32.2	32.4	33.3	31.9	31.5	33.3	31.3	30.8	31.9	31.7	32.9	32.3	32	32.5	32.1	30.0	32.0
	3	30.5	33.4	32.4	32.6	33.2	32.2	31.8	32.9	32.4	32.2	32.2	32.2	30.2	31.4	32.7	32.8	33.6	31.9	32.1	34.4	31.3	31.5	32.2	31.8	32.9	32.4	32.2	32.2	32.2	30.2	32.2
	4	31.1	33.5	33.3	32.2	33.0	32.3	32.4	31.9	32.8	32.5	32.5	32.3	32.3	30.5	31.7	32.8	32.8	33.9	32.6	32.4	33.9	31.6	31.8	32.1	32.6	32.4	31.9	32.8	32.5	32.5	32.4
	5	31.4	32.3	32.7	32.2	31.9	31.6	32.4	30.9	31.3	30	31.1	32.3	32.5	33.2	32.3	32.2	33.6	31.6	31.3	31.9	32.1	31.6	32.4	30.9	31.3	30	31.1	32.3	32.5	32.2	31.8
	6	31.7	33.2	33.2	33.2	32.6	32.2	32.1	32.9	31.9	31.8	32.1	30.5	31.8	32.9	32.8	33.5	32.6	32.5	34.1	31.8	32	32.1	32.4	32.1	32.9	31.9	31.8	32.1	30.5	32.1	32.3
	RATA - RATA																															



Gambar 4.7 Diagram Rata-Rata Pengukuran Temperatur Udara (Data Penulis, 2023)

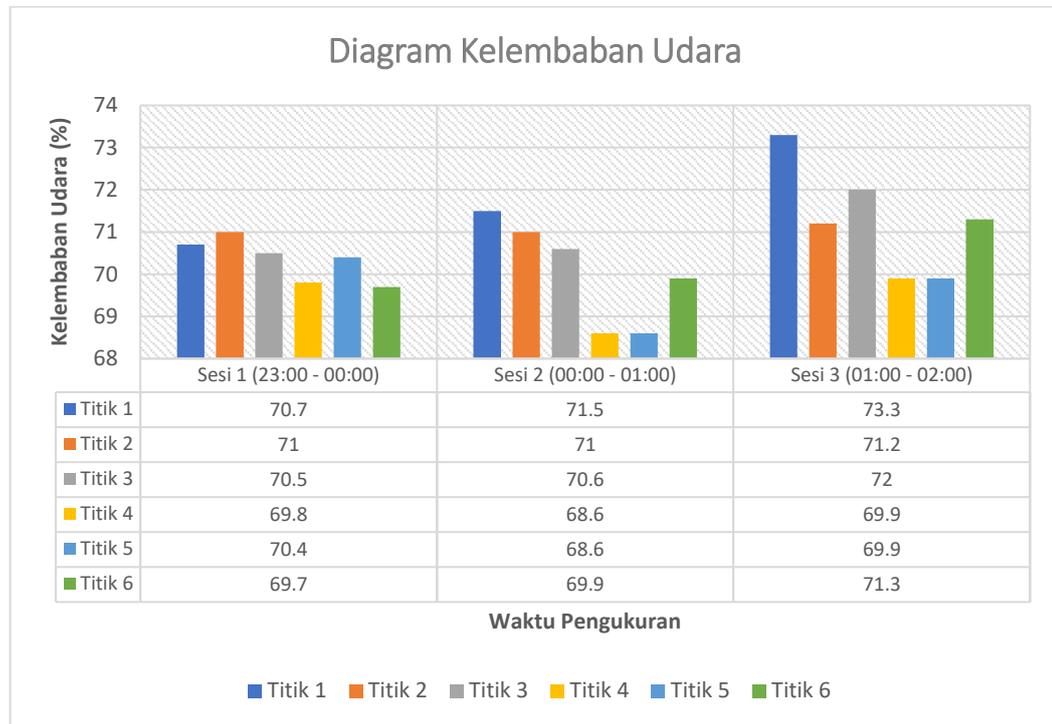
Analisis data pengukuran temperatur udara pada tiga sesi yang dilaksanakan menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan di berbagai titik pengukuran. Pada sesi 1, terlihat bahwa titik 6 memiliki suhu rata-rata tertinggi, mencapai 32,7°C, sementara titik 1 memiliki suhu terendah yakni 31,9°C. Suhu rata-rata keseluruhan di titik 1 adalah 32,3°C. Pada sesi 2 menampilkan grafik yang relatif serupa dengan sesi pertama, yaitu suhu udara yang tidak stabil, terlihat bahwa titik 4 dan 6 konsisten memiliki suhu tertinggi, keduanya 32,6°C. Sementara itu, titik 1 dan 2 tetap memiliki suhu terendah pada 32,3°C. Rata-rata suhu udara ruang percetakan pada sesi 2 mengalami peningkatan sedikit, mencapai 32,4°C. Adapun pada sesi 3, titik 4 kembali menjadi titik dengan suhu tertinggi, yakni 32,6°C. Titik 1 dan 2 memiliki suhu terendah pada 32°C. Secara keseluruhan, rata-rata suhu udara ruang percetakan pada sesi 3 mengalami penurunan menjadi 32,1°C. Temperatur udara pada titik 4, 5, dan 6 cenderung lebih tinggi karena dinding ruangan menyerap panas dari sinar matahari yang terpancar pada malam hari. Selain itu, lokasi ketiga titik ini berdekatan dengan mesin cetak yang dilengkapi dengan sejumlah lampu di sekitarnya, yang dapat berkontribusi pada peningkatan temperatur udara.

4.4.2 Kelembaban Udara

Pengukuran kelembaban udara dilakukan di enam titik berbeda di dalam ruangan selama periode tiga puluh hari. Waktu pengukuran menyesuaikan sesi kerja percetakan yakni 3 sesi yang dimulai dari pukul 23:00 - 02:00 WIB.

Tabel 4.2 Data Pengukuran Kelembaban Udara (Data Penulis, 2023)

KELEMBAPAN UDARA	TITIK PENGUKURAN	TANGGAL (JUNI – JULI)																														RATA RATA
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SESI 1 (23:00 – 00:00)	1	71.6	72.5	71.7	70.4	68.8	72.3	71.5	71.6	70.3	63.5	67.3	77.0	69.5	67.2	71.1	72.5	69.9	72.6	70.7	70.4	66.4	73.8	70.4	70.8	76.8	67.5	72.3	71.5	71.6	70.3	70.7
	2	74.4	72.3	71.4	71.3	67.5	71.3	69.4	74.4	69.4	64.7	68.9	73.1	69.4	67.7	72.0	73.1	68.8	73.4	71.8	70.1	68.9	73.9	71.3	72.1	75.8	69.4	71.2	69.4	74.4	69.4	71.0
	3	71.9	71.5	68.8	69.5	68.2	70.6	69.5	71.9	68.1	65.5	68.4	74.2	69.2	68.0	71.7	74.3	69.8	74.5	71.7	70.8	67.5	73.0	71.0	70.4	76	68.7	71.0	70.5	72.9	68.1	70.5
	4	75.2	69.8	68.5	69.4	65.3	70.0	69.8	75.2	66.2	64.3	66.7	71.2	67.7	67.1	71.3	73.3	67.7	73.7	64.8	73.5	65.3	75.0	69.4	70.4	74.1	68.5	70.2	71.8	75.2	66.2	69.8
	5	70.3	71.6	71.2	70.6	67.6	71.6	71.5	73.3	67.8	69.2	68.7	72.4	69.1	69.8	70.8	73.5	70.3	70.1	73.9	71.6	69.7	69.8	70.6	68.2	71.6	68.2	71.5	71.3	67.8	69.2	70.4
	6	73.5	70.8	67.5	66.9	67.9	69.3	67.7	73.5	68.5	69.7	67.3	70.2	67.6	68.4	70.2	71.2	70.9	71.3	71.4	69.9	71.2	71.5	69.9	74.4	68.3	70.8	69.3	67.7	73.5	68.5	69.7
	RATA - RATA																															
SESI 2 (00:00 – 01:00)	1	72.1	74.5	60.4	70.0	69.5	71.3	72	71.9	66.4	71.8	76.2	72.1	76.1	73.3	76.5	72.7	71.8	65.7	71.5	72.1	74.8	70	73	75.9	71.7	71.3	72	71.9	66.4	71.8	71.5
	2	71.7	73	67.5	72.6	67	69.9	71.3	71.9	67.3	68.5	74.2	75	73.4	72.3	76.1	71.3	73	63.4	70.8	71.7	73.3	72.6	72	75.5	73.1	69.9	71.3	71.9	67.3	68.5	71.2
	3	70.5	74	64.6	71.1	69.5	68.7	70.9	72.8	64.9	67.7	73.7	71.4	72.5	72.1	75	72.5	72.4	63.5	69.8	70.5	73.1	71.1	72.1	75.7	73.3	68.7	70.9	72.8	64.9	67.7	70.6
	4	73.2	71.5	64.2	73.4	68.3	71	69.4	70.4	64.5	70.7	72.7	69.9	73.4	71.2	74	71.1	74.2	63.4	67	73.2	70.6	73	70.5	73.6	70.8	71	69.4	70.4	64.5	70.7	70.3
	5	70.9	70.5	62	68.3	68.5	70.8	61.5	68.3	70	71.1	69.3	71.2	69.5	73.2	65.6	71.9	57.2	67.4	68.4	70.9	69.2	68.3	72.8	71.7	70.8	61.5	68.3	70.0	71.1	69.3	68.6
	6	70.6	69.4	62.8	71.1	69	68.7	70	71.6	65	69.3	72.5	69.5	73.6	70.6	71.9	69.7	72.7	63.6	67.2	70.6	72.2	71.1	74.3	76.1	71.8	68.7	70	71.6	65	69.3	69.9
	RATA RATA																															
SESI 3 (01:00 – 02:00)	1	75.0	62.0	78.3	72.7	74.1	72.4	73.7	65.8	71.2	76.0	76	77.7	79.6	76.7	75.7	76	64.3	69.7	73.1	76.8	76.5	73.9	78.3	74	72.4	73.7	65.8	71.2	76.0	72.4	73.3
	2	76.1	69	71.1	67.8	74.8	71	73	67.5	72.7	76.4	71.6	73.6	77	76	75.2	73.1	76.3	65.4	67.5	72.5	74.3	75.8	71.1	78.1	72.5	71.0	73.0	67.5	72.7	76.4	72.6
	3	76.4	70.5	75.3	73.6	72.5	70.5	72.1	63.3	71.1	76.2	70.8	73.8	76.6	74.3	71.6	76.5	63.7	66.7	72.5	76.8	73.6	70.4	75.3	72	70.5	72.1	63.3	71.1	76.2	73.5	72.0
	4	73.5	65.5	74.1	68.4	75.1	69.8	69.2	65.7	71.3	74.5	70.7	73.3	77	74	72.6	72.3	65.1	67.1	70	76.2	72.3	69.7	74.1	71.2	69.8	69.2	65.7	71.3	74.5	72.8	71.2
	5	69.5	70.1	69.4	65.6	69	67.8	65.1	68.9	70.7	74.4	73.6	74.3	69.4	71.4	68.9	62.6	69.3	68.7	73.5	70.7	67.5	73.3	69.4	67.8	65.1	68.9	70.7	74.4	73.6	74.3	69.9
	6	69.3	65.2	70.5	69	70.6	70.4	69.7	72	69.7	71.5	75.6	70.5	75.8	74	74.6	70.5	72	66.5	69.1	70.9	74.9	72.6	70.5	77.4	69.5	69.7	72.0	69.7	71.5	75.6	71.3
	RATA - RATA																															



Gambar 4.8 Diagram Rata-Rata Pengukuran Kelembaban Udara (Data Penulis, 2023)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Koerniawan et al. (2020), tentang kenyamanan termal pekerja iklim tropis-lembab Indonesia yang dilakukan di Universitas Pendidikan Indonesia, didapati bahwa antara suhu dan kelembaban udara memiliki pola yang berbanding terbalik atau bertolak belakang satu sama lain, dimana tingkat kelembaban udara akan menurun jika temperatur udara meningkat, dan sebaliknya. Peneliti menemukan hal yang sama dan sesuai pada hasil pengukuran. Pada sesi pertama rata-rata kelembaban tertinggi ada pada titik 2 yang mencapai 71% dan rata rata kelembaban terendah pada titik 6 yang hanya mencapai 69.7%, rata-rata keseluruhan sesi 1 sebesar 70,4% dengan temperatur udara 32,3°C. Adapun pada sesi 2, rata-rata kelembaban tertinggi ada pada titik 1 yang mencapai 71,5% dan rata rata kelembaban terendah pada titik 5 yang hanya mencapai 68,6%, rata-rata keseluruhan sesi 2 adalah sebesar 70,3% dengan temperatur udara 32,4°C. Lalu pada sesi 3, rata-rata kelembaban tertinggi ada pada titik 1 yang mencapai 73,3% dan rata rata kelembaban terendah pada titik 5 yang hanya mencapai 69,9%, dimana rata-rata keseluruhan sesi 3 sebesar 71,7% dengan temperatur udara 32,1°C.

Rata-rata keseluruhan sesi atau rata-rata kelembaban udara ruang dalam adalah sebesar 70,8% dimana kelembaban udara di dalam lebih rendah daripada kelembaban udara di luar ruang berdasarkan data BPS yang mencapai 83%.

4.4.3 Kecepatan Angin

Sirkulasi udara di ruang percetakan yang berfungsi sebagai pusat produksi utama koran dalam pabrik merupakan aspek kritis yang mempengaruhi kenyamanan dan efisiensi kerja. Untuk mencapai lingkungan kerja yang baik dan produktivitas yang optimal, sirkulasi udara yang memadai menjadi sebuah keperluan.

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni hingga Juli, yang merupakan periode dimana arah angin dominan berdasarkan data BPS adalah dari Utara dan Tenggara. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, ditemukan bahwa orientasi bangunan menghadap ke arah timur, dengan satu-satunya bukaan bangunan terletak pada pintu gerbang yang juga menghadap ke arah timur. Oleh karena itu, udara yang masuk ke dalam bangunan hanya dapat diperoleh melalui bukaan pintu gerbang. Orientasi *inlet* yang tidak mengarah ke arah angin dominan memiliki implikasi signifikan terhadap kondisi sirkulasi udara di dalam ruangan selama periode tersebut.



Gambar 4.9 Kondisi Bukaan Sebagai Ventilasi Alami (Dokumentasi Penulis, 2023)

Dalam situasi ini, terdapat kendala pada sirkulasi udara dimana tidak ada sistem ventilasi yang mendukung sirkulasi udara alami melalui sisi berlawanan dari tempat masuk udara (*inlet*), akibatnya sirkulasi udara alami terhambat. Dalam upaya untuk menjaga kondisi udara yang baik, saat ini ruang percetakan dilengkapi dengan sistem ventilasi mekanis berupa *exhaust fan*, kipas angin, dan turbin ventilator. Namun, saat ini *exhaust fan* telah tidak berfungsi, dan turbin ventilator juga tidak efektif dalam mengatasi kondisi panas yang terus meningkat di dalam ruangan.



(a)



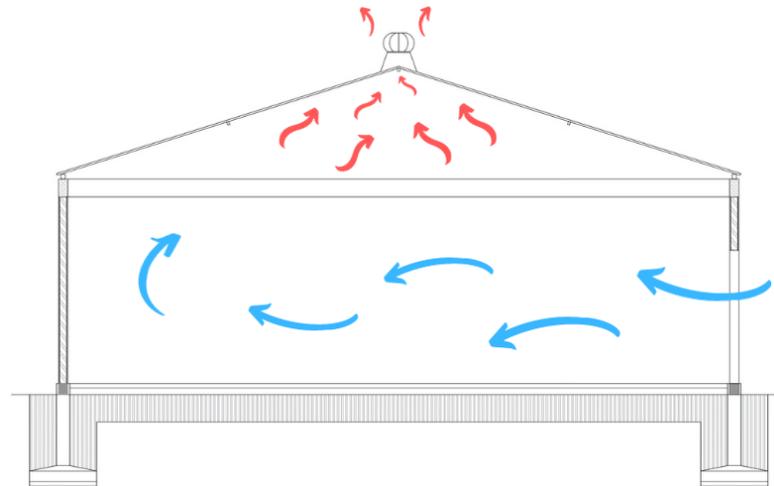
(b)



(c)

(a) *Exhaust fan*, (b) Kipas angin, (c) Turbin Ventilator
Gambar 4.10 Ventilasi Mekanis (Dokumentasi Penulis, 2023)

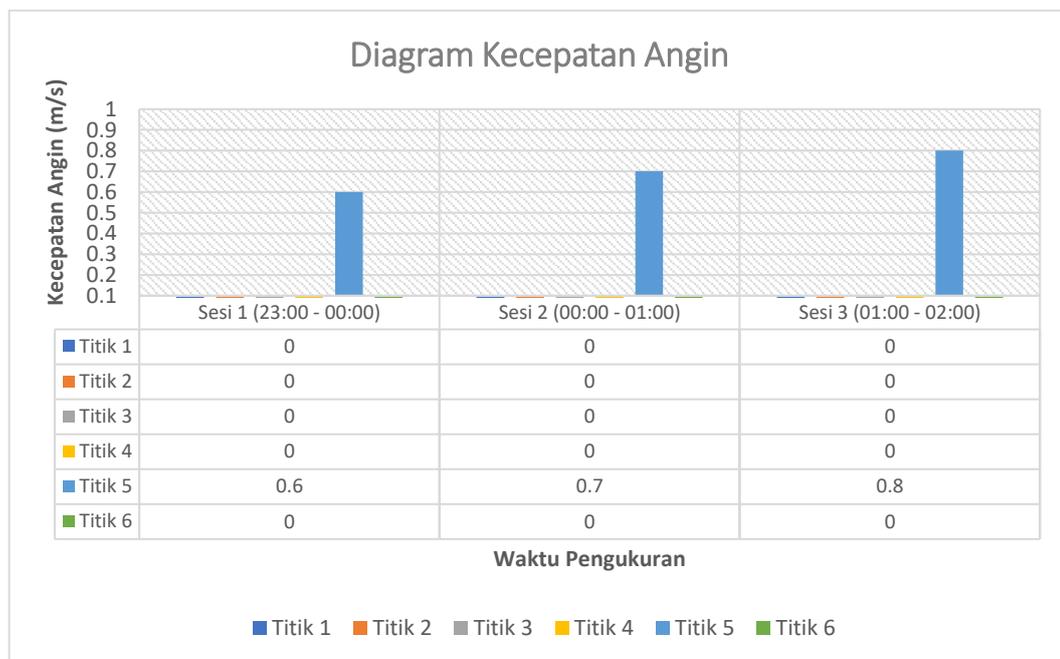
Ketika peneliti melakukan pengamatan dan merasakan langsung, didapatkan bahwa aliran udara tidak begitu terasa di dalam ruang percetakan. Oleh karena itu, turbin ventilator tidak berhasil memenuhi kebutuhan ventilasi yang memadai.



Gambar 4.11 Aliran Udara Pada Ruang Percetakan (Data Penulis, 2023)

Sebagai gantinya, kipas angin menjadi sarana utama untuk menciptakan sirkulasi udara, meskipun jumlah dan kapasitasnya tidak mencukupi sehingga beberapa area mengalami kekurangan aliran udara.

Sebanyak 6 titik berbeda digunakan untuk mengukur kecepatan angin di dalam ruangan selama periode tiga puluh hari. Waktu pengukuran menyesuaikan sesi kerja percetakan yakni 3 sesi yang dimulai dari pukul 23:00 - 02:00 WIB.



Gambar 4.12 Diagram Rata-Rata Pengukuran Kecepatan Angin (Data Penulis, 2023)

Menurut temuan dari hasil pengukuran kecepatan angin yang telah dilakukan, titik pengukuran 1,2,3,4 dan 6 memiliki rata-rata keseluruhan sebesar 0 m/s, sementara itu pada titik 5 kecepatan angin secara keseluruhan memiliki rata-rata mencapai 0,7 m/s. Angin dalam ruangan diperoleh melalui penggunaan kipas, peneliti berasumsi bahwa jarak antara kipas angin ke titik pengukuran mempengaruhi intensitas hembusan angin yang diterima. Oleh karena itu, perbedaan rata-rata ini disebabkan karena dari semua titik pengukuran hanya hembusan angin yang berasal dari kipas angin pada titik 5 yang dapat diukur. Saat pengukuran, peneliti juga merasakan sedikit hembusan angin pada titik 4 dan 6 yang juga berasal dari kipas angin, namun alat ukur yang digunakan tidak dapat mendeteksi hembusan angin dikarenakan intensitas kecepatannya yang rendah.

4.4.4 Nilai Insulasi Pakaian

Insulasi pakaian yang dikenakan oleh karyawan diperoleh melalui pengamatan langsung di dalam ruangan, dimana pakaian yang digunakan diidentifikasi dengan mengamati jenisnya secara visual.

Tabel 4.3 Nilai Insulasi Pakaian (Analisa Penulis, 2023)

No	Jenis Pakaian	Clo	Sumber
1	Pakaian Dalam	0,04	ASHRAE 55-2017 Dan SNI 03-6572-2001
2	Baju Kemeja Lengan Pendek	0,19	
3	Celana Panjang Tebal	0,24	
4	Kaos Kaki	0,03	
5	Sepatu	0,02	
Jumlah nilai clo setiap jenis pakaian		0,52	
Total Nilai clo = $(0,727 \times (0,52) + 0,113$		0,49	

Langkah berikutnya adalah membandingkan hasil temuan dengan peraturan yang mengatur tingkat insulasi yang harus diikuti oleh pakaian. Proses ini memastikan bahwa pakaian yang digunakan memenuhi persyaratan keamanan dan kenyamanan yang telah ditetapkan.

4.4.5 Nilai MET

Nilai metabolisme karyawan didapatkan melalui observasi langsung di dalam ruangan, dengan mengamati secara singkat aktivitas mereka, kemudian membandingkan temuan penelitian dengan standar yang digunakan untuk mengatur nilai metabolisme.

Tabel 4.4 Nilai Metabolisme (Analisa Penulis, 2023)

No	Aktivitas	MET	Sumber
1	Mengangkat/Mengemas	2,1	ASHRAE 55-2017
2	Pekerjaan Mesin (Ringan)	2,0	

Berdasarkan pengamatan di ruang percetakan, aktivitas pada titik 1,2 dan 3 berupa mengangkat/mengemas dengan nilai MET 2,1. Lalu, untuk aktivitas pekerjaan mesin(ringan) terdapat pada titik pengukuran 4,5 dan 6 dengan nilai MET 2,0.

4.5 Analisis Nilai PMV (*Predicted Mean Vote*)

Data dari hasil pengukuran dalam penelitian selama 30 hari yang meliputi pengukuran beberapa variabel yang menjadi indikator dalam menilai kenyamanan termal, baik dari segi lingkungan fisik (eksternal) maupun aspek personal (internal) karyawan di ruang produksi Serambi Indonesia *Daily*, mulai dari sesi 1 pukul 23:00 WIB sampai sesi 3 pada pukul 02:00 WIB, didapatkan nilai rata-rata pengukuran semua titik. Setelah itu, nilai rata-rata hasil pengukuran yang telah diperoleh akan diuji menggunakan perangkat lunak *CBE Thermal Comfort Tool* untuk mendapatkan nilai PMV dan PPD.

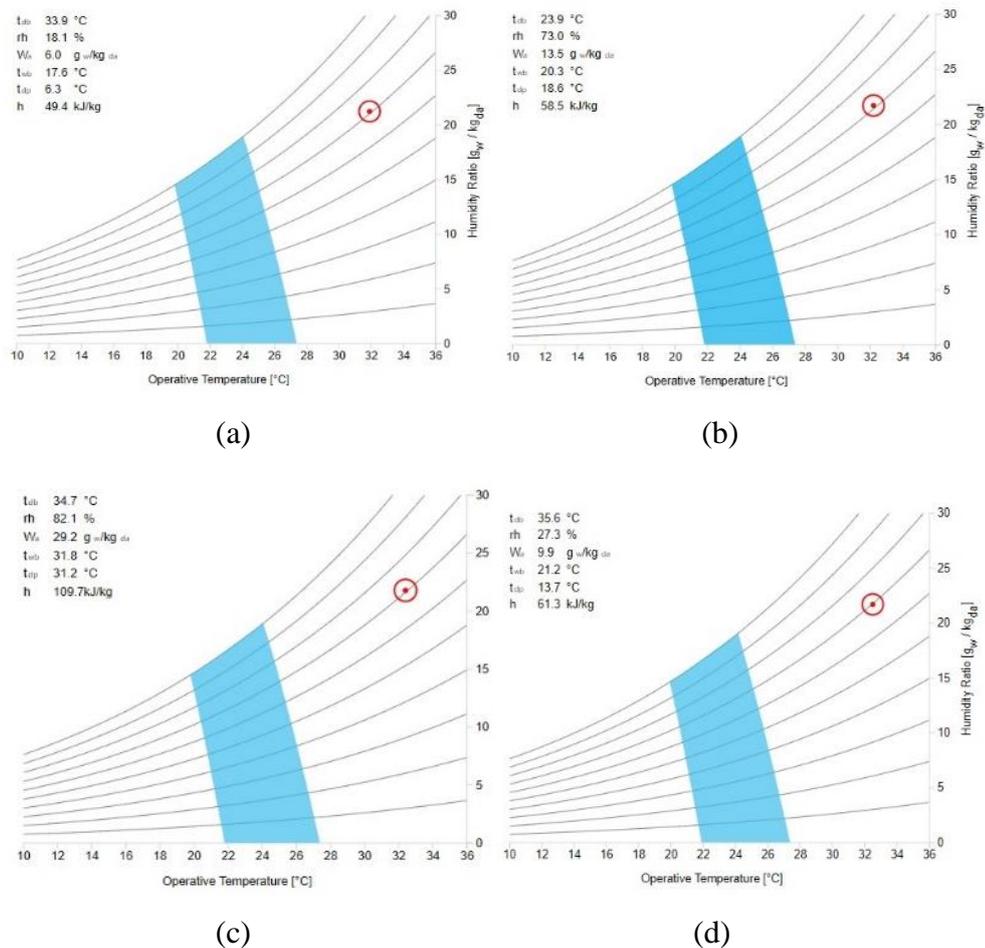
a. Pengukuran Sesi 1

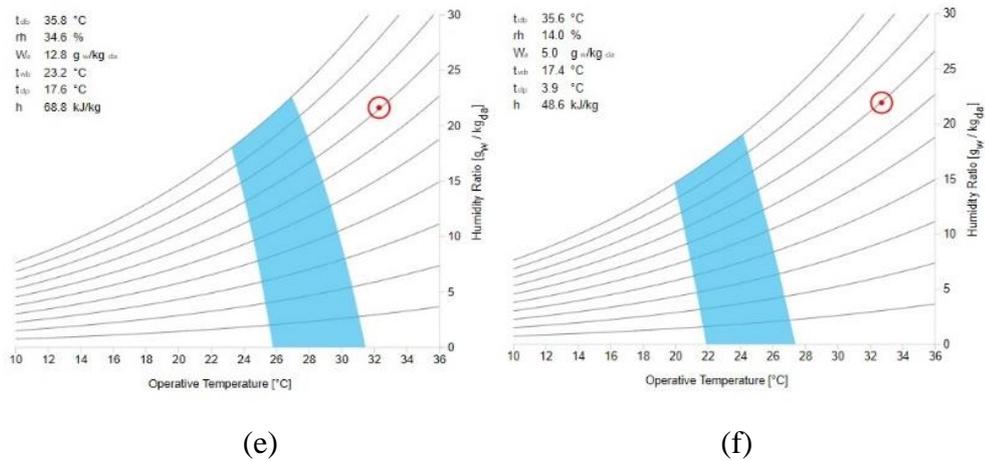
Berdasarkan data pengukuran dan pengamatan yang telah dilakukan di ruang percetakan, didapatkan rata-rata dari masing-masing variabel yang nantinya akan dikalkulasi menggunakan *CBE Thermal Comfort Tool*. Adapun rata-rata data pada sesi 1 sebagai berikut:

Tabel 4.5 Rata-Rata Parameter Kenyamanan Termal
Pada Sesi 1 (Analisa Penulis, 2023)

Titik	Temperatur Udara	Kelembaban Udara	Kecepatan Angin	Insulasi Pakaian	Nilai MET
1	31,9	70,7	-	0,49	2 dan 2,1
2	32,2	71	-		
3	32,4	70,5	-		
4	32,5	69,8	-		
5	32,3	70,4	0,6		
6	32,7	69,7	-		

Hasil dari simulasi *CBE Thermal Comfort Tool* pada sesi 1, menunjukkan bahwa kondisi termal ruang percetakan dari keseluruhan titik pengukuran berada di luar zona nyaman berdasarkan standar ASHRAE-55.





(a) Simulasi Titik 1, (b) Simulasi Titik 2, (c) Simulasi Titik 3,
(d) Simulasi Titik 4, (e) Simulasi Titik 5, (f) Simulasi Titik 6

Gambar 4.13 Simulasi CBE *Thermal Comfort Tool* Sesi 1 (Analisis Penulis, 2023)

Hasil pengukuran kenyamanan termal pada sesi 1 percetakan dengan nilai PMV (*Predicted Mean Vote*) dapat dilihat pada table 4.6 berikut.

Tabel 4.6 PMV dan PPD Pada Sesi 1 (Analisa Penulis, 2023)

Titik Pengukuran	Sensasi Termal	Nilai PMV
Titik 1	<i>Warm</i>	1,89
Titik 2	<i>Warm</i>	2,09
Titik 3	<i>Warm</i>	2,12
Titik 4	<i>Warm</i>	2,15
Titik 5	<i>Warm</i>	1,47
Titik 6	<i>Warm</i>	2,20
Rata-rata		1,98

Berdasarkan hasil analisis kenyamanan termal pada sesi 1 percetakan, didapatkan bahwa nilai PMV tertinggi berada pada di titik 6 yang mencapai nilai 2,20 , diikuti oleh titik 4 dengan nilai 2,15 , kemudian titik 3 dengan nilai 2,12 , titik 2 dengan nilai 2,09 , dan titik 1 dengan nilai 1,89. Sementara itu, nilai PMV terendah terdapat pada titik 5 dengan angka 1,47. Secara keseluruhan, sensasi

termal di semua titik pada sesi 1 ini dapat dikategorikan sebagai "warm" menurut standar ASHRAE-55. Standar ini mengindikasikan bahwa kondisi yang nyaman berada dalam rentang PMV antara -0,5 hingga +0,5. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa dalam sesi 1, karyawan yang menggunakan ruang percetakan tidak berada dalam kategori nyaman menurut standar ASHRAE-55, baik dalam melakukan aktivitas mengemas/mengangkat barang maupun pekerjaan mesin.

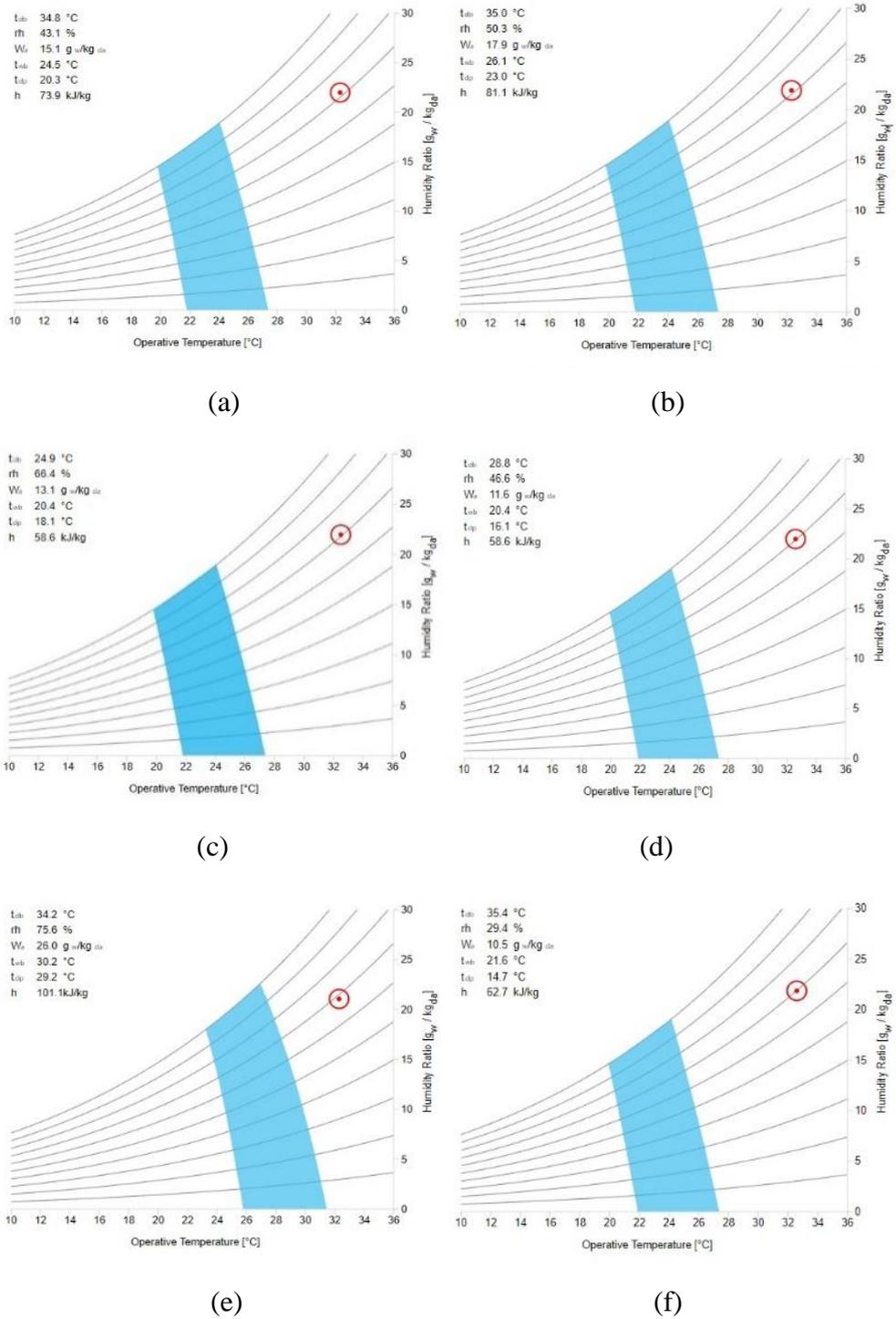
b. Pengukuran Sesi 2

Berdasarkan data pengukuran dan pengamatan yang telah dilakukan di ruang percetakan, didapatkan rata-rata dari masing-masing variabel yang nantinya akan dikalkulasi menggunakan *CBE Thermal Comfort Tool*. Adapun rata-rata data pada sesi 2 sebagai berikut:

Tabel 4.7 Rata-Rata Parameter Kenyamanan Termal Pada Sesi 2 (Analisa Penulis, 2023)

Titik	Temperatur Udara	Kelembaban Udara	Kecepatan Angin	Insulasi Pakaian	Nilai MET
1	32,3	71,5	-	0,49	2 dan 2,1
2	3,3	71,2	-		
3	32,5	70,6	-		
4	32,6	70,3	-		
5	32,3	68,6	0,7		
6	32,6	69,9	-		

Hal yang sama terjadi pada hasil dari simulasi *CBE Thermal Comfort Tool* sesi 2 yang menunjukkan bahwa kondisi termal ruang percetakan dari keseluruhan titik pengukuran berada di luar zona nyaman berdasarkan standar ASHRAE-55.



(a) Simulasi Titik 1, (b) Simulasi Titik 2, (c) Simulasi Titik 3,
 (d) Simulasi Titik 4, (e) Simulasi Titik 5, (f) Simulasi Titik 6

Gambar 4.14 Simulasi CBE *Thermal Comfort Tool* Sesi 2 (Analisa Penulis, 2023)

Hasil pengukuran kenyamanan termal pada sesi 2 percetakan dengan nilai PMV (*Predicted Mean Vote*) ditunjukkan pada table 4.8 berikut.

Tabel 4.8 PMV dan PPD Pada Sesi 2 (Analisa Penulis, 2023)

Titik Pengukuran	Sensasi Termal	Nilai PMV
Titik 1	<i>Warm</i>	2,12
Titik 2	<i>Warm</i>	1,98
Titik 3	<i>Warm</i>	2,16
Titik 4	<i>Warm</i>	2,19
Titik 5	<i>Warm</i>	1,43
Titik 6	<i>Warm</i>	2,18
Rata-rata		2,01

Hasil PMV untuk sesi 2 percetakan, didapatkan bahwa nilai PMV tertinggi berbeda dari sesi 1 yaitu berada pada di titik 4 yang mencapai nilai 2,19 , diikuti oleh titik 6 dengan nilai 2,18 , kemudian titik 3 dengan nilai 2,16 , titik 1 dengan nilai 2,12 , dan titik 2 dengan nilai 1,98. Sementara itu, nilai PMV terendah terdapat pada titik 5 dengan angka 1,47. Secara keseluruhan, sensasi termal di semua titik pada sesi 2 ini juga dikategorikan sebagai "*warm*" menurut standar ASHRAE-55 seperti pada sesi 1. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa ruang percetakan saat sesi 2 tidak termasuk ke dalam kategori nyaman untuk karyawan pengguna ruang dalam melakukan pekerjaan industri baik aktivitas mengemas/mengangkat maupun pekerjaan mesin. Hal ini berdasarkan pada standar ashre-55 yang menyatakan bahwa kondisi nyaman berada dalam skala pmv -0,5 sampai dengan +0,5.

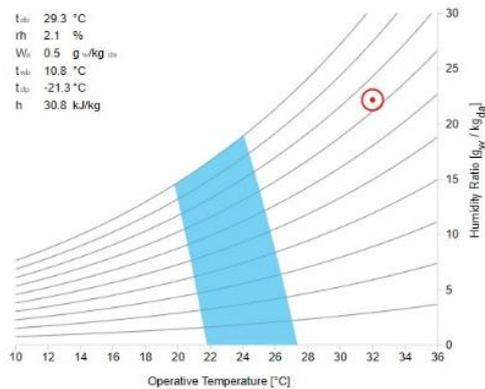
c. Pengukuran Sesi 3

Berdasarkan data pengukuran dan pengamatan yang telah dilakukan di ruang percetakan, didapatkan rata-rata dari masing-masing variabel yang nantinya akan dikalkulasi menggunakan *CBE Thermal Comfort Tool*. Adapun rata-rata data pada sesi 3 sebagai berikut:

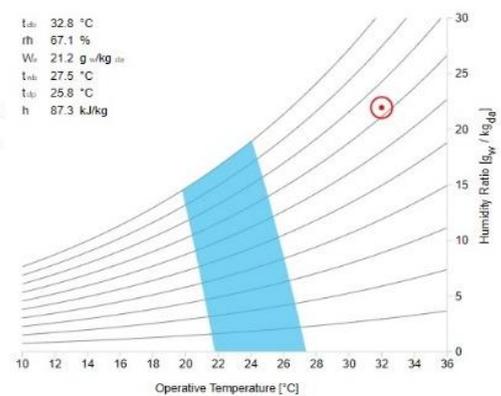
Tabel 4.9 Rata-Rata Parameter Kenyamanan Termal
Pada Sesi 3 (Analisa Penulis, 2023)

Titik	Temperatur Udara	Kelembaban Udara	Kecepatan Angin	Insulasi Pakaian	Nilai MET
1	32	73,3	-	0,49	2 dan 2,1
2	32	72,6	-		
3	32,2	72	-		
4	32,4	71,2	-		
5	31,8	69,9	0,8		
6	32,3	71,3	-		

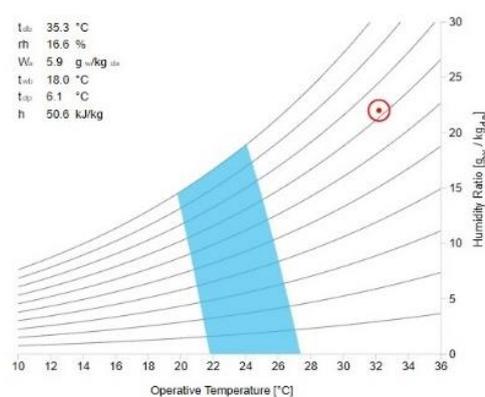
Begitu juga pada hasil dari simulasi *CBE Thermal Comfort Tool* pada sesi 3, menunjukkan bahwa kondisi termal ruang percetakan dari keseluruhan titik pengukuran berada di luar zona nyaman berdasarkan standar ASHRAE-55.



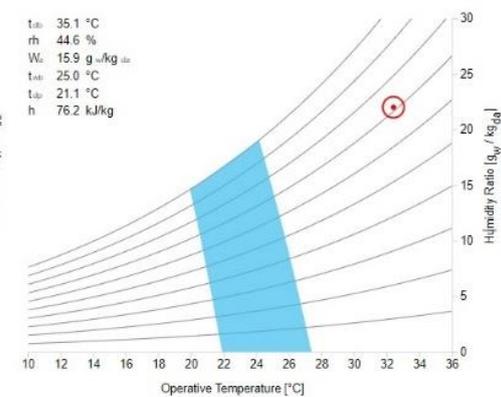
(a)



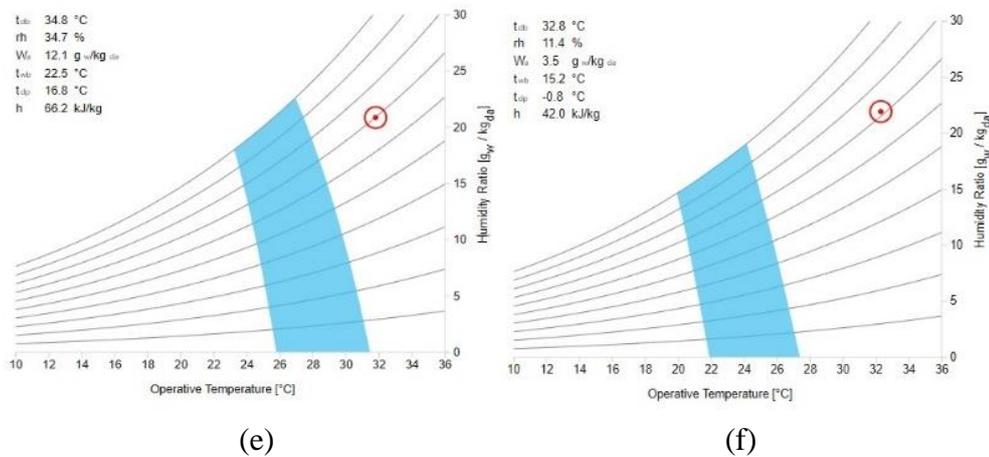
(b)



(c)



(d)



(a) Simulasi Titik 1, (b) Simulasi Titik 2, (c) Simulasi Titik 3,
(d) Simulasi Titik 4, (e) Simulasi Titik 5, (f) Simulasi Titik 6

Gambar 4.15 Simulasi CBE *Thermal Comfort Tool* Sesi 3 (Analisa Penulis, 2023)

Hasil pengukuran kenyamanan termal pada sesi 3 percetakan dengan nilai PMV (*Predicted Mean Vote*) ditunjukkan pada table 4.10 berikut.

Tabel 4.10 PMV dan PPD Pada Sesi 3 (Analisa Penulis, 2023)

Titik Pengukuran	Sensasi Termal	Nilai PMV
Titik 1	<i>Warm</i>	2,07
Titik 2	<i>Warm</i>	2,06
Titik 3	<i>Warm</i>	2,11
Titik 4	<i>Warm</i>	2,01
Titik 5	<i>Warm</i>	1,33
Titik 6	<i>Warm</i>	2,12
Rata-rata		1,95

Dari tabel diatas, terlihat bahwa nilai PMV tertinggi kembali sama seperti pada saat sesi 1 yaitu pada di titik 6 yang mencapai nilai 2,12 , diikuti oleh titik 3 dengan nilai 2,11 , kemudian titik 1 dengan nilai 2,07 , titik 2 dengan nilai 2,06 , dan titik 2 dengan nilai 2,06. Sementara itu, nilai PMV terendah terdapat pada titik

5 dengan angka 1,33. Secara keseluruhan, sensasi termal di semua titik pada sesi 2 ini juga dikategorikan sebagai "*warm*" menurut standar ASHRAE-55 seperti pada sesi 1. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa saat sesi 3, karyawan yang menggunakan ruang percetakan tidak mengalami tingkat kenyamanan yang diinginkan saat menjalankan pekerjaan industri, termasuk aktivitas seperti mengemas, mengangkat barang, dan pekerjaan mesin. Ini berdasarkan pada standar ASHRAE-55 yang menetapkan bahwa kenyamanan berada dalam rentang PMV antara -0.5 hingga +0.5, dan kondisi di ruang tersebut berada di luar rentang ini.

Tabel 4.11 Rekapitulasi Nilai PMV

Sesi	Sensasi Termal	Nilai PMV
1	<i>Warm</i>	1,98
2	<i>Warm</i>	2,01
3	<i>Warm</i>	1,95
Rata - rata		1,98

Berdasarkan analisis nilai PMV pada ruang percetakan, rata-rata nilai PMV adalah 1,98 dengan sensasi termal "*warm*", hasil analisis keseluruhan sesi menunjukkan bahwa kenyamanan termal tidak sesuai atau bahkan melebihi standar yang telah ditetapkan oleh ASHRAE-55 yaitu antara rentang -0,5 hingga +0,5.

4.6 Analisis Survey Kenyamanan Termal dan PPD

Dalam Sugini (2014), dijelaskan bahwa individu yang sudah lama berada di wilayah panas cenderung lebih tahan terhadap temperatur udara yang tinggi, sementara individu yang sudah lama berada di wilayah yang memiliki iklim dingin lebih mampu bertoleransi terhadap kondisi dingin. Penjelasan ini mengindikasikan bahwa kenyamanan termal juga dipengaruhi oleh kemampuan individu untuk beradaptasi dengan lingkungan sekitarnya. Dengan alasan tersebut, peneliti berupaya untuk memahami tingkatan kenyamanan termal di ruang percetakan Serambi *Daily* Indonesia dengan menggunakan pendekatan wawancara kepada karyawan yang bekerja di ruang tersebut. Wawancara ini dilakukan bersamaan

dengan pengukuran untuk mendapatkan persepsi pengguna ruangan terhadap kondisi termal yang mereka rasakan dengan mengacu pada standar ASHRAE-55, yang mencakup tingkat sensasi termal, yaitu dingin (-3), sejuk (-2), agak sejuk (-1), netral (0), agak hangat (+1), hangat (+2), dan panas (+3).



Gambar 4.16 Grafik Persepsi Tingkat Kenyamanan Ruang Berdasarkan Wawancara (Data Penulis, 2023)

Berdasarkan hasil penelitian di ruang percetakan mengenai tingkat kenyamanan termal yang diperoleh melalui wawancara dengan responden yang dapat dilihat pada gambar 4.16, ditemukan bahwa pada sesi 1, indeks kenyamanan termal PMV mengindikasikan bahwa kondisinya masuk dalam kategori panas dan berada di luar zona nyaman. Pada sesi 2, juga tercatat bahwa indeks kenyamanan termal PMV menunjukkan kondisi yang masuk dalam kategori panas dan tidak nyaman. Hal serupa juga terjadi pada sesi 3, dimana responden menganggap bahwa sensasi termal berdasarkan indeks kenyamanan termal PMV masuk dalam kategori panas yang juga berada diluar zona nyaman. Secara keseluruhan, selama seluruh sesi kerja, tingkat kenyamanan termal di ruang percetakan berada di luar zona nyaman. Meskipun demikian, beberapa titik diidentifikasi oleh responden sebagai sedikit lebih nyaman, penyebabnya karena adanya penghawaan buatan berupa kipas angin yang membuat udara terasa lebih sejuk pada titik-titik tertentu. Selain itu,

menurut responden, ruangan hanya akan terasa lebih nyaman jika terjadi hujan terus menerus sehingga suhu luar ruangan yang turun juga akan mempengaruhi suhu dalam ruangan.

Tabel 4.12 Rekapitulasi Persepsi Responden dan PPD (Analisa Penulis, 2023)

Sesi Pengukuran	Persepsi Responden	PPD Titik Pengukuran (%)						Rata-Rata
		1	2	3	4	5	6	
1	Tidak Nyaman	72	81	82	83	49	85	75,3%
2	Tidak Nyaman	82	76	83	84	47	84	76%
3	Tidak Nyaman	80	80	81	77	42	82	73,6%
Rata-rata								75%

Standar ASHRAE 55-2017 menyatakan bahwa kenyamanan termal dicapai apabila nilai PMV memiliki nilai antara -0,5 sampai +0,5. Di luar rentang tersebut, kondisi termal dianggap tidak nyaman. Ketika PMV memiliki nilai $\pm 0,5$, sekitar 90% populasi akan merasa nyaman, sehingga persentase diperkirakan tidak puas (PPD) sebesar 10%. Tetapi, dalam sebagian besar gedung, mencapai tingkat kepuasan sebanyak 90% tersebut jarang terjadi, dan kepuasan maksimum biasanya hanya sekitar 80%. Diperkirakan bahwa dampak ketidaknyamanan di bagian lokal tubuh akan menambahkan 10% PPD tambahan ke tingkat ketidaknyamanan yang telah diprediksi oleh PMV. Jadi, total PPD yang diharapkan dengan PMV $\pm 0,5$ akan mencapai 20%.

Dari hasil rekapitulasi, terlihat bahwa pada ketiga sesi, persepsi semua responden terhadap kondisi termal ruang percetakan adalah panas, yang mengindikasikan ketidaknyamanan. Berdasarkan data PPD hasil simulasi, menunjukkan bahwa pada sesi 1, sekitar 75,3% dari 7 karyawan mengalami ketidakpuasan terhadap kenyamanan termal. Sesi 2 juga menunjukkan hasil serupa, di mana sekitar 76% dari 7 karyawan merasakan ketidakpuasan terhadap kondisi termal ruang. Selanjutnya, pada sesi 3, sekitar 73% dari 7 karyawan juga melaporkan ketidakpuasan terhadap kenyamanan termal.

4.7 Kesimpulan Analisis Kenyamanan Termal Ruang Produksi

Berdasarkan analisis yang mengacu pada hasil evaluasi kenyamanan termal berdasarkan standar ASHRAE-55 yang terdapat dalam tabel 4.13, terlihat bahwa hasil pengukuran dari semua sesi kerja menunjukkan bahwa dalam evaluasi ini, hasil perhitungan rata-rata *Predicted Mean Vote* (PMV) dan *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD) menunjukkan ketiga sesi kerja yang diamati tidak memenuhi standar kenyamanan termal yang diharapkan. Nilai PMV berada di luar rentang -0,5 hingga +0,5, sedangkan nilai PPD melebihi 20%. Selain itu, parameter-parameter kenyamanan termal juga melewati batas standar nilai-nilai yang telah direkomendasikan oleh ASHRAE Standard 55-2017.

Tabel 4.13 Rekapitulasi Hasil Evaluasi Kenyamanan Termal Berdasarkan ASHRAE Standart 55-2017 (Analisa Penulis, 2023)

Parameter	Standar ASHRAE-55 2017	Rata - Rata		
		Sesi 1	Sesi 2	Sesi 3
Temperatur Udara (°C)	23°C - 26°C	32,3	32,4	32,1
Kelembaban Udara (%)	30% - 70%	70,4	70,3	71,7
Kecepatan Angin (m/s)	>0,2m/s	0,01	0,11	0,13
Temperatur Radiasi	23°C - 26°C	-		
Nilai Insulasi Pakaian (clo)		0,49		
Nilai MET		2 dan 2,1		
Nilai PMV	-0,5 - +0,5	1,98	2,01	1,95
Skala PMV	Agak Sejuk – Agak Hangat	Hangat	Hangat	Hangat
PPD (%)	0% - 20%	75,3	76	73,6

Keterangan:

Sesi 1 : Pukul 23:00 – 00:00

Sesi 2 : Pukul 00:00 – 01:00

Sesi 3 : Pukul 01:00 – 02:00

: Tidak Sesuai Standar ASHRAE-55

Rekapitulasi hasil penelitian menunjukkan dengan jelas, dimana sesi kerja kedua berada pada tingkat kenyamanan termal yang paling rendah dibandingkan dengan dua sesi kerja lainnya yang berlangsung di ruang percetakan. Namun demikian, sesi kerja ketiga menunjukkan peningkatan sedikit dalam tingkat kenyamanan termal jika dibandingkan dengan dua sesi kerja sebelumnya. Berdasarkan hasil nilai PMV dan PPD serta tanggapan yang diperoleh dari wawancara dengan karyawan, dapat disimpulkan tidak ada satupun parameter kenyamanan termal pada sesi kerja yang memenuhi standar kenyamanan yang diinginkan, hal ini menunjukkan bahwa ruang percetakan tidak nyaman digunakan untuk aktivitas industri.

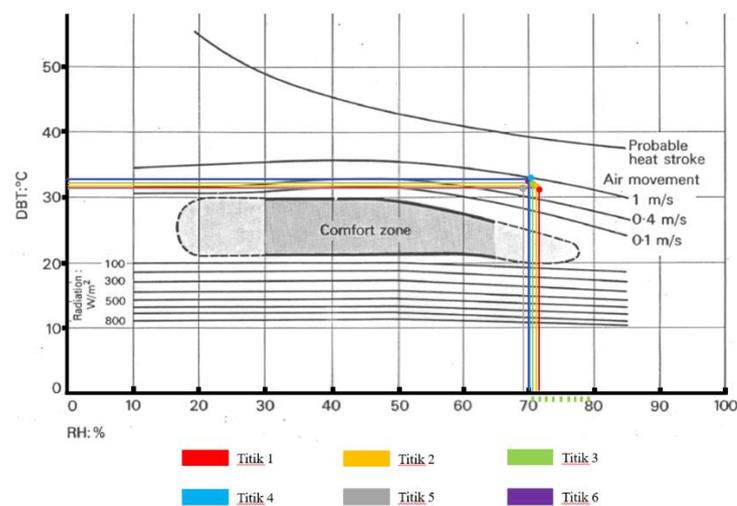
Tabel 4.14 Rekapitulasi Hasil Pengukuran dan Persepsi

Pengukuran	Nilai Rata-Rata	Persepsi
+1,98	PMV	+3
Hangat	Sensasi Termal	Panas
75%	PPD	100%

Menurut Humphreys dan Nicol dalam Kaharu dkk. (2016), terdapat kecenderungan adanya bias yang cukup signifikan pada pengukuran PMV (*Predicted Mean Vote*) di lapangan, terutama pada kondisi iklim ruangan dengan temperatur udara di atas 27°C, kecepatan angin di atas 0,2 m/s, dan kelembaban udara di atas 60%. Pada tabel 4.14 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan nilai antara hasil pengukuran dan persepsi, penulis berasumsi bahwa perbedaan tersebut disebabkan oleh panas yang terakumulasi di dalam ruang akibat sirkulasi udara yang tidak memadai, hal tersebut memberikan efek subyektif terhadap persepsi kenyamanan dimana kondisi tersebut tidak sepenuhnya direpresentasikan dalam simulasi. Meskipun terdapat perbedaan pada hasil pengukuran dan persepsi, keduanya menunjukkan bahwa kondisi termal ruang percetakan berada di luar zona nyaman. Hal ini mengindikasikan bahwa ruang tersebut tidak nyaman secara termal.

4.8 Analisis Perbaikan Kenyamanan Termal

Dari analisis yang dilakukan terhadap kenyamanan termal di ruang pabrik, ditemukan bahwa kondisi termal di ruang percetakan tidak sesuai dengan standar kenyamanan termal yang telah ditetapkan oleh ASHRAE. Olgyay (1963) dalam *bioclimatic chart*-nya antara hubungan elemen iklim dengan kenyamanan, jika grafik menggambarkan kondisi termal berada di atas zona kenyamanan, langkah-langkah perbaikan dan korektif diperlukan untuk mengembalikan kenyamanan.



Gambar 4.17 Grafik Zona Nyaman Titik Pengukuran Pada 3 Sesi (Analisa Penulis, 2023)

Berdasarkan data pengukuran temperatur udara dan kelembaban yang dianalisis menggunakan *bioclimatic chart*, keseluruhan titik pengukuran berada di atas zona nyaman, dimana untuk mengembalikan kenyamanan dibutuhkan angin dengan kecepatan 1 m/s. Menurut Olgyay (1963), perbaikan bisa diupayakan dilakukan melalui metode alami, yang melibatkan penggunaan elemen-elemen iklim seperti sirkulasi udara. Namun, ada situasi tertentu di mana solusi alami tidak memungkinkan atau kurang efektif. Pada survei yang peneliti lakukan di area sekitar pabrik, didapati bahwa sebagian besar area di sekitar pabrik digunakan sebagai pemukiman masyarakat. Karena jaraknya yang cukup dekat, pemukiman masyarakat secara langsung terkena dampak dari operasional pabrik berupa suara mesin yang menghasilkan kebisingan. Dalam kasus ini, solusi mekanis seperti

penggunaan sistem pengkondisian udara dapat menjadi pilihan yang diperlukan untuk menciptakan kondisi termal yang sesuai dengan standar kenyamanan.

Tabel 4.15 Hasil Simulasi *CBE Thermal Comfort Tool*
Pada Kondisi Kecepatan Angin 1 m/s (Analisa Penulis, 2023)

Titik Pengukuran	Nilai PPD (%)		Selisih Nilai
	Sebelum 1 m/s	Sesudah 1 m/s	
1	80 %	41 %	39 %
2	81 %	42 %	39 %
3	82 %	44 %	38 %
4	84 %	49 %	35 %
5	48 %	42 %	6 %
6	84 %	48 %	32 %

Pada tabel 4.15 dapat dilihat bahwa penambahan angin pada ruangan dengan kecepatan 1 m/s mengakibatkan penurunan yang signifikan pada tingkat ketidaknyamanan termal (PPD). Ketika angin bergerak dengan kecepatan tersebut, efek pendinginan evaporatif terjadi pada kulit manusia. Hal ini mengartikan bahwa tubuh manusia mulai mengeluarkan keringat dan menciptakan perasaan dingin, karena keringat lebih cepat menguap dari kulit. Meskipun perasaan ini memberikan kesan sejuk atau nyaman, suhu udara sebenarnya di dalam ruangan tidak mengalami penurunan yang signifikan. Sebaliknya, perasaan kenyamanan manusia lebih terkait dengan efek pendinginan evaporatif yang dihasilkan oleh kecepatan angin tersebut.

Kenyamanan dalam ruang percetakan dapat ditingkatkan secara signifikan dengan memungkinkan aliran udara atau angin masuk ke dalam ruangan. Solusi untuk mencapai hal ini adalah dengan mengaplikasikan sistem penghawaan buatan, seperti penggunaan kipas angin, untuk meningkatkan sirkulasi udara secara merata di seluruh bangunan yakni menggunakan kipas angin 3 bilah dengan daya 60 watt dimana kecepatan anginnya berada pada rentang 0,5 m/s hingga 1,5 m/s. Meskipun saat ini beberapa kipas angin telah terpasang di berbagai lokasi dalam ruang percetakan, diperlukan lebih banyak kipas angin di tempat-tempat yang belum mendapatkan aliran udara. Perluasan sirkulasi udara dalam ruangan akan lebih baik, sehingga menciptakan lingkungan yang lebih nyaman untuk pengguna ruang.

4.9 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal

Dari data hasil penelitian yang dibandingkan dengan standar kenyamanan termal yang ditetapkan oleh ASHRAE sebagai parameter dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor yang umumnya memengaruhi kenyamanan termal di lingkungan ruang produksi adalah temperatur udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin.

Orientasi pabrik memiliki dampak signifikan pada temperatur udara dalam ruangan tersebut. Hal itu dikarenakan penyerapan panas oleh dinding ruangan dari sinar matahari langsung, yang dapat meningkatkan temperatur udara di dalam ruangan pada malam hari. Dinding ruangan yang terkena sinar matahari langsung dari arah Barat memiliki potensi untuk memiliki temperatur radiasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan ruangan yang tidak terkena paparan sinar matahari. Selain itu, panas radiasi juga berasal dari mesin yang sedang beroperasi dan dari penggunaan lampu dalam jumlah yang cukup banyak di area sekitar mesin, sehingga area-area di sekitar sumber panas ini cenderung memiliki temperatur udara yang lebih tinggi.

Hal tersebut juga berlaku untuk faktor kelembaban dimana ada beberapa indikator yang memengaruhi tingkat kelembaban udara, seperti radiasi matahari, tekanan udara, ketinggian geografis, kondisi angin. Kelembaban udara memiliki karakteristik yang berbeda dari faktor-faktor lainnya, karena mengalami fluktuasi tinggi dan dipengaruhi oleh perubahan temperatur udara.

Sementara itu pada kecepatan angin dipengaruhi oleh kualitas sirkulasi udara dalam ruangan pabrik. Namun, sirkulasi udara pada ruang produksi ditemukan tidak memadai. Beberapa faktor yang berkontribusi terhadap masalah ini adalah orientasi bangunan, jarak sumber aliran udara ke ruangan, kurangnya ventilasi udara yang cukup, dan kinerja ventilasi mekanik yang tidak efektif. Hembusan angin dalam ruangan pada umumnya hanya berasal dari kipas angin yang ditempatkan pada beberapa titik tertentu. Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan penambahan jumlah kipas angin untuk memastikan aliran udara yang lebih merata dan mencapai seluruh area aktivitas dalam pabrik. Semakin kuat angin berhembus, semakin meningkatkan kenyamanan ruangan tersebut karena dapat

membantu mengurangi dampak dari temperature udara yang tinggi dan kelembaban rendah yang dapat membuat individu merasa tidak nyaman.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa kenyamanan termal pada ruang percetakan pabrik, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

Hasil pengolahan data dan uji software ASHRAE *Thermal Comfort Tool*, terdapat perbedaan signifikan dalam nilai PMV di ruang percetakan antara tiga sesi pengukuran. Nilai PMV sesi pertama sebesar 1,98, sesi kedua 2,01, dan sesi ketiga 1,95, semuanya dikategorikan sebagai "hangat" oleh standar ASHRAE. Tingkat ketidakpuasan berdasarkan nilai *Predicted Percentage of Dissatisfied* mencapai 76%, menandakan banyak karyawan merasa tidak nyaman secara termal. Hasil wawancara juga mengungkapkan bahwa sensasi termal berdasarkan PMV termasuk dalam kategori "panas". Kondisi kenyamanan termal di ruang percetakan Serambi Daily Indonesia dinilai tidak memadai berdasarkan persepsi dan preferensi pengguna sehingga menyebabkan ketidaknyamanan bagi semua karyawan.

Evaluasi terhadap kenyamanan termal di ruang percetakan berdasarkan pedoman ASHRAE Standar 55-2017, perhitungan rata-rata *Predicted Mean Vote* (PMV) dan *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD) menunjukkan ketiga sesi kerja yang diamati tidak memenuhi kriteria kenyamanan termal yang oleh penggunanya. Nilai PMV berada di luar rentang -0,5 hingga +0,5, sementara nilai PPD melebihi 20%. Selain itu, hasil pengukuran parameter-parameter kenyamanan termal keseluruhan sesi kerja menunjukkan bahwa nilai-nilai ini melebihi batas yang telah ditetapkan dalam ASHRAE Standar 55-2017. Dapat disimpulkan bahwa suhu dan kondisi termal di dalam ruang percetakan sangat jauh dari kondisi yang dianggap nyaman oleh standar tersebut.

Kenyamanan termal ruang produksi dipengaruhi oleh beberapa faktor-faktor utama, yaitu temperatur udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin. Orientasi pabrik memiliki dampak signifikan pada temperatur radiasi dalam ruangan, terutama dari sinar matahari langsung dan sumber panas internal seperti mesin dan lampu. Kelembaban udara dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk

radiasi matahari, tekanan udara, ketinggian geografis, angin, dan temperatur udara. Sirkulasi udara yang tidak memadai di dalam ruang produksi juga menjadi masalah, dimana dapat diatasi dengan peningkatan jumlah kipas angin untuk menyebarkan udara lebih merata.

5.2 Saran

1. Penelitian ini dilaksanakan selama bulan Juni-Juli tahun 2023, periode di mana curah hujan rendah dan angin paling dominan bertiup dari arah utara dan tenggara. Untuk penelitian berikutnya, disarankan untuk mengeksplorasi kondisi ruangan pada bulan Desember-Januari ketika curah hujan tinggi dan arah angin paling banyak berasal dari arah Timur, sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang kondisi ruangan dengan temperatur udara yang lebih rendah.
2. Mengoptimalkan solusi mekanis dengan menggunakan sistem pengkondisian udara atau penghawaan buatan untuk meningkatkan sirkulasi udara. Hal ini dapat dilakukan dengan mengaktifkan kembali *exhaust fan* serta menambahkan beberapa kipas angin di tempat-tempat yang belum mendapatkan aliran udara.

DAFTAR PUSTAKA

- ANSI/ASHRAE. (2017). ANSI/ASHRAE Standard 55-2017: *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. ASHRAE Inc., 66. <https://doi.org/ISSN 1041-2336>.
- Duapadang, N. (2020). Analisis Kenyamanan Termal Ruang Studio Desain Gedung Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Skripsi. Makassar. Universitas Hasanuddin.
- Fanger, P. O. (1982). *Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering*. Danish Technical Press.
- Hadinata, T. (2019). Kinerja Kenyamanan Termal Lingkungan Kampung Lerengan Semarang. Semarang. Tesis. Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.
- Idham, N. C. (2016). Arsitektur dan Kenyamanan Termal (2016th ed.). ANDii
- Karyono, T.H. (1996). Arsitektur, Kenyamanan Termal dan Energi. Jurnal. Semarang. Universitas Soegijapranata.
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 Tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran Dan Industri.
- Lippsmeir, G. (1994). *Bangunan Tropis*. Erlangga, Jakarta.
- Lutfi, M.A. (2020). Evaluasi Kenyamanan Termal Di Sekolah Menengah Pertama Muhammadiyah 5 Yogyakarta. Skripsi. Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia.
- Mediastika, C.E. (2003). Menuju Rumah Ideal Nyaman Dan Sehat. Yogyakarta. Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- Mufida, R. (2021). Pengaruh Orientasi Bangunan Terhadap Kenyamanan Termal. Lhokseumawe. Universitas Malikussaleh.
- Olgay, V. (1963). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton. Princeton University Press.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 29/PRT/M/2006 Tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung.

- Putera, A.C. (2020). Evaluasi Kenyamanan Termal Di Ruang Kuliah Prodi Teknik Lingkungan Gedung Mohammad Natsir FTSP UII. Skripsi. Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Ridho, M.R. (2015). Kajian Kenyamanan Termal Ruang Gambar Paket Keahlian Teknik Gambar Bangunan SMK Negeri 2 Pengasih. Skripsi. Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sangkertadi. (2013). Kenyaman Termis di Ruang Luar Beriklim Tropis Lembab. Bandung: Alfabeta.
- Sekatia, A. Efektivitas Ventilasi Bawah Terhadap Kenyamanan Dan PMV Pada Gereja Katedral Semarang. Jurnal. Semarang. AGORA.
- Talarosha, B. (2005). Menciptakan Kenyamanan Thermal Dalam Bangunan. Sumatera Utara.
- SNI 03-6572-2001. Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-6390-2011. Konservasi Energi Sistem Tata Udara Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sugini. (2014). Kenyaman Termal Ruang (Konsep Penerapan pada Desain). Yogyakarta. Graha Ilmu.
- Susanti, L. (2013). Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Sekolah SMA Negeri Kota Padang. Padang. Jurnal. Universitas Andalas.
- Ulfa, R. Tanpa Tahun. Variabel Penelitian Dalam Pendidikan. Batu Bara. Jurnal Sekolah Tinggi Ilmu Tarbiyah Batubara.
- Wibowo, H. (2015). Evaluasi Kenyamanan Termal Masjid Ar-Rauddah Kota Medan. Medan. Tesis. Universitas Sumatera Utara.
- Winarsih, S. (2019). Seri Sains Iklim. Semarang. ALPRIN

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat *Accepted* Jurnal



LETTER OF ACCEPTANCE

Date: 01 November 2023

Articles ID: 1579

Dear authors,

Fajar Pramono¹⁾, Adi Safyan²⁾, Yenny Novianti³⁾

1. 2. 3) Prodi Arsitektur, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Aceh, Indonesia
Jl. Samudera 1, Lancang Garam, Banda Sakti, Kota Lhokseumawe

Email: fajar.190160040@mhs.unimal.ac.id¹⁾, yenny.novianti@unimal.ac.id³⁾

We congratulate you that, after peer review your paper "Evaluasi Keyamanan Termal Ruang Produksi Di Serambi Indonesia Daily" we confirm that your manuscript has been **ACCEPTED** for publication in Proceeding "Seminar Nasional Teknik Sipil dan Arsitektur" **SENASTESIA 1 2023**. This will be published in Regular Edition Volume 1 Number 1, Maret 2023. We believe that our collaboration will help accelerate global knowledge creation and sharing one step further. Please don't hesitate to contact us if you have any further questions.

Thank you for your interest in Senastesia
Sincerely Yours

Prof. Dr. Ir. Wesli, MT
Conference Manager

Lampiran 2. Biodata Mahasiswa

BIODATA MAHASISWA



1. Personal

Nama : Fajar Pramono
 Nim : 190160040
 Tempat/Tanggal Lahir : Duri/17 Maret 2001
 Alamat : Jl. Utama Gg. Rawa Sari
 No. HP/Telepon : 082171743501
 Email : fajar.190160040@mhs.unimal.ac.id

2. Orang Tua

Nama Ayah : Nanang Luciana
 Pekerjaan : Driver
 Tempat/Tanggal Lahir : Duri/20 September 1969
 Alamat : Jl. Utama Gg. Rawa Sari
 Pendidikan : SMA/Sederajat

Nama Ibu : Ade Irma
 Pekerjaan : Ibu Rumah Tangga
 Tempat/Tanggal Lahir : Tabek Panjang/4 Desember 1969
 Alamat : Jl. Utama Gg. Rawa Sari
 Pendidikan : SMA/Sederajat

3. Pendidikan Formal

Asal SLTA (Tahun) : SMA Negeri 1 Mandau (2016-2019)
 Asal SLTP (Tahun) : SMP Negeri 2 Mandau (2013-2016)
 Asal SD (Tahun) : SD Negeri 5 Talang Mandi (2007-2013)

4. *Software* Komputer yang dikuasai

Jenis <i>Software</i>	: <i>Ms. Office Word</i>
Tingkat Penguasaan	: <i>Intermediate</i>
Jenis <i>Software</i>	: <i>Ms. Power Point</i>
Tingkat Penguasaan	: <i>Intermediate</i>
Jenis <i>Software</i>	: <i>Canva</i>
Tingkat Penguasaan	: <i>Intermediate</i>
Jenis <i>Software</i>	: <i>Autodesk AutoCAD</i>
Tingkat Penguasaan	: <i>Intermediate</i>
Jenis <i>Software</i>	: <i>Rhinoceros</i>
Tingkat Penguasaan	: <i>Intermediate</i>
Jenis <i>Software</i>	: <i>Sketchup</i>
Tingkat Penguasaan	: <i>Intermediate</i>
Jenis <i>Software</i>	: <i>ArcGIS</i>
Tingkat Penguasaan	: <i>Intermediate</i>
Jenis <i>Software</i>	: <i>Global Mapper</i>
Tingkat Penguasaan	: <i>Intermediate</i>
Jenis <i>Software</i>	: <i>Autodesk Revit</i>
Tingkat Penguasaan	: <i>Basic</i>
Jenis <i>Software</i>	: <i>Photoshop</i>
Tingkat Penguasaan	: <i>Basic</i>