

TESIS

**ANALISIS KENYAMANAN TERMAL BANGUNAN PERKANTORAN
(Studi Kasus: Gedung Rektorat Universitas Hasanuddin)**

*Thermal Comfort Analysis of Office Buildings
(Case Study: Hasanuddin University Rectorate Building)*

**NURHAYATI KAMARUDDIN
D042192004**



**MAGISTER ARSITEKTUR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

TESIS

**ANALISIS KENYAMANAN TERMAL BANGUNAN PERKANTORAN
(Studi Kasus: Gedung Rektorat Universitas Hasanuddin)**

*Thermal Comfort Analysis of Office Buildings
(Case Study: Hasanuddin University Rectorate Building)*

**NURHAYATI KAMARUDDIN
D042192004**



**MAGISTER ARSITEKTUR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**ANALISIS KENYAMANAN TERMAL BANGUNAN PERKANTORAN
(Studi Kasus: Gedung Rektorat Universitas Hasanuddin)**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi
Teknik Arsitektur

Disusun dan diajukan oleh

NURHAYATI KAMARUDDIN

Kepada

**MAGISTER ARSITEKTUR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

TESIS

**ANALISIS KENYAMANAN TERMAL BANGUNAN PERKANTORAN
(Studi Kasus: Gedung Rektorat Universitas Hasanuddin)**

Disusun dan diajukan oleh

**NURHAYATI KAMARUDDIN
D042192004**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 19 April 2022
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

Prof. Ir. Baharuddin, ST., M.Arch., Ph. D
NIP. 19690308 199512 1 001

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Nurul Jamala B, MT
NIP. 19640904 199412 2 001

Plt. Ketua Program Studi
Magister Teknik Arsitektur,



Prof. Ir. Baharuddin, ST., M.Arch., Ph. D
NIP. 19690308 199512 1 001

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin,



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT
NIP. 19730926 200012 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurhayati Kamaruddin

Nomor Mahasiswa : D042192004

Program Studi : Teknik Arsitektur

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 19 April 2022

Yang menyatakan,


NURHAYATI KAMARUDDIN

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Alhamdulillah puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul: “**Analisis Kenyamanan Termal Bangunan Perkantoran (Studi Kasus: Gedung Rektorat Universitas Hasanuddin)**” dalam program Magister Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Shalawat dan salam tak lupa pula peneliti kirimkan kepada baginda Rasulullah SAW sebagai suri tauladan untuk kita semua. Tesis ini disusun sebagai langkah penulis untuk menyelesaikan pendidikan Magister Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar. Pada kesempatan ini, penulis dengan rasa hormat ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Almarhum Ayahanda **Kamaruddin Syam, SH., M. Si** Ibunda tercinta **Dra. Irmatriani** yang telah memberikan kasih sayang, dukungan dan do'a dalam perjalanan penulis menempuh pendidikan Magister Arsitektur. Adik-adik tersayang **Muthmainnah, S. KM, Muhammad Zulkarnain, SH, Abdul Hakim, S.E** dan adik iparku **Dewi Rizkiyah Anugrahini, S. Ked** yang selalu mendukung, mendo'akan dan menemani perjalanan akademik kakak.
2. Bapak **Dr. Ir. H. Edward Syarif, ST., MT** selaku Ketua Departemen Teknik Arsitektur Universitas Hasanuddin.

3. Bapak **Prof. Ir. Baharuddin Hamzah, ST., M. Arch, Ph. D** selaku Dosen Pembimbing I, dan Ibu **Dr. Ir. Nurul Jamala B, MT** selaku Dosen Pembimbing II atas segala bimbingan, ilmu dan saran kepada penulis dalam proses penyusunan tesis ini.
4. Bapak **Dr. Eng. Ir. Rosady Mulyadi, ST., MT**, ibu **Dr. Eng. Ir. Asniawaty, ST., MT** dan Ibu **Afifah Harisah, ST., MT., Ph. D** selaku Tim penguji yang telah memberikan saran dan masukan untuk tesis ini.
5. **Seluruh Dosen dan Staf** Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Kakak **Andi Wirdhani Pettalolo, S. Si., M. Si** yang tiada hentinya memberi semangat adiknya untuk menyelesaikan tesis secepatnya.
7. Support system **Muh. Rahmansyah Alfian, S. Ars** yang selalu membantu, mendukung dan memberi semangat penulis dalam menyelesaikan tesis.
8. Teman-teman **Magister Arsitektur UNHAS 2019 (2)** Nurhasanah, Ibu Andi Nur Musbawati, Andi Ayurita dan Kurniawan yang selalu memberikan semangat kepada penulis.
9. Sahabatku Ayu Sehani, S. Math, Kartika Amd. Kes, Minarty Yulianti, SH, Ade Safitri, A. Md. Ak dan Resa Aulia Salsabila selalu mendukung penulis dalam situasi apapun.
10. Seperjuanganku **Ulats** Fitrah akbar, S. Ars, Egy Wulandari, S. Ars, Ismi Korompot, S. Ars, Elvira Maharani, S. Ars, Nurfadilah, S. Ars, Akbar Lawenga, S. Ars, Dean Tri Putra, S. Ars, Tri Fita Anggraini, S. Ars dan Muh. Rezky Rahmansyah, S. Ars yang selalu mendukung.

11. Teman-teman alumni **Arsitektur 14 UNTAD** yang selalu memberikan dukungan kepada penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.
12. Om **Thamz** Btn taman sari toddopuli raya makassar, om boss, kaka ical, om Aubil, om ompeng, om ewi, om hendra dsb atas dukungannya selama di makassar.
13. Serta seluruh pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tesis ini.

Dengan teriring do'a yang tulus, ungkapan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak. Dan penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tesis ini masih terdapat berbagai kekurangan, sehingga penulis tetap mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak guna untuk perbaikan di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga tesis ini dapat membawa manfaat terutama dalam bidang keahlian Arsitektur. Aamiin ya rabbal alamin.

Makassar, 19 April 2022

NURHAYATI KAMARUDDIN

ABSTRAK

NURHAYATI KAMARUDDIN. Analisis Kenyamanan Termal Bangunan Perkantoran (Studi Kasus: Gedung Rektorat Universitas Hasanuddin). (Dibimbing oleh Baharuddin Hamzah dan Nurul Jamala).

Kenyamanan termal merupakan aspek fundamental yang sangat dibutuhkan tubuh agar manusia dapat beraktifitas dengan baik entah di rumah, sekolah ataupun di kantor. Gedung rektorat sebagai pusat akademik dan administrasi universitas sangat berpengaruh penting dalam kemajuan dan perkembangan sebuah universitas. Lingkungan kerja yang nyaman sangat dibutuhkan oleh pekerja untuk dapat bekerja secara optimal dan produktif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi termal ruangan pada penghawaan alami dan penghawaan buatan (AC). Adapun ruangan yang diukur pada Lt. 2 bidang kemahasiswaan (Ruang Minat & Bakat dan Ruang Rapat D) dan Lt. 7 bidang akademik & pendidikan (Ruang Rapat Akademik A, Ruang Registrasi Akademik dan Ruang Kabag Pendidikan & Evaluasi) gedung rektorat Universitas Hasanuddin. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan cara survey, yaitu peneliti menanyakan ke beberapa orang (responden) tentang tingkat kenyamanan termal pengguna ruang saat penghawaan buatan (AC) di naikkan secara bertahap setiap harinya, seperti pada termostat 18 °C, 22 °C dan 27 °C. Selain itu, dilakukan pengukuran menggunakan HOBO dari pukul 08.00 – 17.00 untuk mendapatkan data berupa: temperatur udara, kelembaban udara dan kecepatan udara di dalam ruangan. Pada saat bersamaan responden diminta mengisi kuesioner yang menanyakan tingkat kenyamanan yang dirasakan penghuni ruang saat itu. Hasil penelitian adalah persepsi dan perilaku adaptif pengguna ruang terhadap kondisi ruangan yang didapatkan yaitu pada kondisi udara yang berkisar 24,0 °C sekitar (56,8%) merasakan sensasi nyaman – sangat nyaman dan pada kondisi udara 26,0 °C sekitar (43,2%) responden merasa netral. Sehingga setting termostat AC 22 °C dapat dijadikan rujukan dalam penggunaan temperatur AC didalam ruangan.

Kata Kunci: Kenyamanan termal, Gedung rektorat, Penghawaan alami, Penghawaan buatan (AC), Temperatur, Kelembaban dan Kecepatan udara

ABSTRACT

NURHAYATI KAMARUDDIN. Thermal Comfort Analysis of Office Buildings (Case Study: Hasanuddin University Rectorate Building). (Supervised by Baharuddin Hamzah and Nurul Jamala).

Thermal comfort is a fundamental aspect that is needed by the body so that humans can carry out activities properly whether at home, school, or at the office. The rectorate building, as the academic and administrative center of the university, is very important in the progress and development of a university. A comfortable work environment is needed by workers to be able to work optimally and productively. The objective of this research was to analyze the thermal conditions of the room on natural ventilation and artificial ventilation (AC). The measured rooms are on the second floor for student affairs (Interest & Talent room and Meeting D room) and on the seventh floor in academics & education (Academic Meeting A Room, Academic Registration Room, and Head of Education & Evaluation room) of Hasanuddin University rectorate building. This study used a quantitative method using a survey, where the researcher asked several respondents about the level of thermal comfort of room occupants when the air conditioner (AC) is increased gradually every day at 18 °C, 22 °C, and 27 °C. In addition, measurements were conducted using HOBO from 08.00 – 17.00 WITA to obtain data in the form of air thermostat, humidity, and air velocity in the room. At the same time, respondents were asked to fill out a questionnaire that asked the level of comfort felt by the room occupants at that time. The results of the study are the perception and adaptive behavior of room users to the room conditions obtained, that in the room air at 24.0 °C (56.8%), the respondents feel a comfortable to a very comfortable sensation. Meanwhile, in the room air at 26.0 °C (43.2%), the respondents feel neutral. Thus, the AC thermostat setting of 22 °C can be used as a reference in using the AC thermostat in the room.

Keywords: Thermal comfort, Rectorate building, Natural ventilation, Artificial air conditioning (AC), Temperature, Humidity and Air speed

DAFTAR ISI

TESIS	1
LEMBAR PENGESAHAN	3
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	4
KATA PENGANTAR	5
ABSTRAK	8
ABSTRACT	9
DAFTAR ISI	10
DAFTAR GAMBAR	13
DAFTAR TABEL	16
BAB I	20
PENDAHULUAN	20
A. Latar Belakang	20
B. Rumusan Masalah	24
C. Tujuan Penelitian.....	25
D. Manfaat Penelitian.....	25
E. Batasan dan Lingkup Penelitian	25
F. Sistematika Penulisan	26
BAB II	27
KAJIAN PUSTAKA	27
A. Kenyamanan Termal	27
B. Penghawaan Alami	33
C. Penghawaan Buatan (AC).....	34
D. Bangunan Tinggi (Perkantoran).....	40
E. Energi pada Bangunan.....	42
E. Penelitian Terdahulu	44
F. Kerangka Pikir.....	51

BAB III.....	52
METODE PENELITIAN	52
A. Rancangan Penelitian	52
B. Waktu dan Lokasi Penelitian	53
C. Instrumen Penelitian.....	57
D. Populasi dan Sampel.....	58
E. Teknik Pengumpulan Data	59
F. Variabel Penelitian	64
G. Teknik Analisis Data.....	64
H. Definisi Operasional	65
I. Uji Validitas dan Reliabilitas.....	66
J. Kerangka Alur Penelitian	68
BAB IV	69
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	69
A. Kondisi Termal Ruang Saat Penghawaan Buatan (AC).....	69
1. Bidang Kemahasiswaan	69
2. Bidang Akademik & Pendidikan.....	77
3. Analisis Hasil Rata-Rata Kondisi Termal.....	89
B. Persepsi dan Perilaku Adaptif Pengguna Ruang	92
1. Karakteristik Responden.....	92
2. Karakteristik Termal Responden.....	95
3. Perilaku Adaptif	107
4. Analisis Persepsi dan Perilaku Adaptif.....	120
C. Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas.....	131
1. Termostat 18 °C.....	131
2. Termostat 22 °C.....	133
3. Termostat 27 °C.....	135

BAB V	137
PENUTUP	137
A. Kesimpulan	137
B. Saran	137
DAFTAR PUSTAKA.....	139
LAMPIRAN 1 DOKUMENTASI PENELITIAN	145
LAMPIRAN 2 KUESIONER PENELITIAN.....	147
LAMPIRAN 3 JAWABAN RESPONDEN VARIABEL X	150
LAMPIRAN 4 JAWABAN RESPONDEN VARIABEL Y	153
LAMPIRAN 5 HASIL UJI VALIDITAS DAN RELIABILITAS	156
JADWAL PELAKSANAAN PENELITIAN	162

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Air Conditioner (AC)	37
Gambar 2. Cara kerja Air Conditioner (AC).....	37
Gambar 3. Diagram Alur Air Conditioner (AC)	38
Gambar 4. Diagram Aliran Refrigeran.....	39
Gambar 5. Formulasi ruangan sebelum dan setelah perbaikan sistem ventilasi.....	45
Gambar 6. Interior ruang kantor Pasca Sarjana ITATS (sampel penelitian).....	45
Gambar 7. Kondisi survei dan pengukuran pada kelas (kiri) dan laboratorium (kanan) (Sumber: Hamzah, dkk 2019)	46
Gambar 8. Lima gedung perkantoran (objek penelitian) di kota kepulauan tropis ternate (Sumber: Hamzah, dkk., 2018)	46
Gambar 9. Kampus ITSB dan Skema pengukuran termal survey kuesioner	47
Gambar 10. Kampus Unhas arah timur dan Ruang dalam perpustakaan	47
Gambar 11. Situasi pengukuran di ruang kelas dan penempatan instrumen pengukuran (Sumber: Baharuddin Hamzah, dkk 2020).....	48
Gambar 12. Kerangka Konsep Penelitian	51
Gambar 13. Peta Makro dan Mikro Lokasi Penelitian	53
Gambar 14. Lokasi Penelitian (a) dan Rektorat Universitas Hasanuddin (b)	54
Gambar 15. Papan Kepala Biro Kemahasiswaan Lt. 2.....	55
Gambar 16. Ruang Kabag Minat & Bakat dan Ruang Rapat D Lt. 2.....	55
Gambar 17. Ruang Rapat Senat Kemahasiswaan Lt. 2	55
Gambar 18. Papan Kepala Biro Akademik Lt. 7	55
Gambar 19. Ruang Registrasi Akademik Lt. 7	56
Gambar 20. Ruangan Kabag Pendidikan & Evaluasi Lt. 7	56
Gambar 21. Layout titik pengukuran Lt. 2 Rektorat UNHAS.....	56
Gambar 22. Layout titik pengukuran lt. 7 rektorat UNHAS	57
Gambar 23. Letak alat pengukur Ruang Kabag Minat & Bakat (a) dan Ruang Rapat D (b)	61

Gambar 24. Tata letak alat pengukuran pada Ruang Rapat Senat.....	61
Gambar 25. Tata letak alat pengukur Ruang Rapat Akademik A (a) dan Ruang Registrasi (b).....	62
Gambar 26. Tata letak alat pengukuran pada Ruang Kabag Pendidikan & Evaluasi	62
Gambar 27. Kerangka Alur Penelitian.....	68
Gambar 28. Denah Ruang Kabag Minat & Bakat	69
Gambar 29. Ruang Kabag Minat & Bakat Lt. 2 Rektorat UNHAS.....	70
Gambar 30. Hasil pengukuran (Hobo-2) pada termostat 18 °C di Ruang Kabag Minat & Bakat	70
Gambar 31. Hasil pengukuran (Hobo-2) pada termostat 22 °C di Ruang Kabag Minat & Bakat	71
Gambar 32. Hasil pengukuran (Hobo-2) pada termostat 27 °C di Ruang Kabag Minat & Bakat	72
Gambar 33. Denah Ruang Rapat D	73
Gambar 34. Ruang Rapat D Lt. 2 Rektorat UNHAS	73
Gambar 35. Hasil pengukuran (Hobo-2) pada termostat 18 °C di Ruang Rapat D	74
Gambar 36. Hasil pengukuran (Hobo-2) pada termostat 22 °C di Ruang Rapat D	75
Gambar 37. Hasil pengukuran (Hobo-2) pada termostat 27 °C di Ruang Rapat D	76
Gambar 38. Denah Ruang Rapat Akademik A	77
Gambar 39. Ruang Rapat Akademik A Lt. 7 Rektorat UNHAS.....	77
Gambar 40. Hasil pengukuran (Hobo-2) pada termostat 18 °C di Ruang Rapat Akademik A.....	78
Gambar 41. Hasil pengukuran (Hobo-2) pada termostat 22 °C di Ruang Rapat Akademik A.....	79
Gambar 42. Hasil pengukuran (Hobo-2) pada termostat 27 °C di Ruang Rapat Akademik A.....	80
Gambar 43. Denah Ruang Registrasi (Akademik)	81
Gambar 44. Ruang Registrasi (Akademik) Lt. 7 Rektorat UNHAS	81
Gambar 45. Hasil pengukuran (Hobo-2) pada termostat 18 °C di Ruang Registrasi (Akademik)	82

Gambar 46. Hasil pengukuran (Hobo-2) pada termostat 22 °C di Ruang Registrasi (Akademik)	83
Gambar 47. Hasil pengukuran (Hobo-2) pada termostat 27 °C di Ruang Registrasi (Akademik)	84
Gambar 48. Denah Ruang Kabag Pendidikan & Evaluasi.....	85
Gambar 49. Ruang Kabag Pendidikan & Evaluasi Lt. 7 Rektorat UNHAS	85
Gambar 50. Hasil pengukuran (Hobo-2) pada termostat 18 °C di Ruang Kabag Pendidikan.....	86
Gambar 51. Hasil pengukuran (Hobo-2) pada termostat 22 °C di Ruang Kabag Pendidikan.....	87
Gambar 52. Hasil pengukuran (Hobo-2) pada termostat 27 °C di Ruang Kabag Pendidikan.....	88
Gambar 53. Nilai rata-rata suhu udara pada ruang penelitian	89
Gambar 54. Nilai rata-rata kelembaban udara pada ruang penelitian	90
Gambar 55. Nilai rata-rata kecepatan udara pada ruang penelitian	91
Gambar 56. Hasil rata-rata jawaban responden pada variabel X di termostat 18 °C ...	120
Gambar 57. Hasil rata-rata jawaban responden pada variabel X di termostat 22 °C ...	122
Gambar 58. Hasil rata-rata jawaban responden pada variabel X di termostat 27 °C ...	124
Gambar 59. Hasil rata-rata jawaban responden pada variabel Y di termostat 18 °C ...	126
Gambar 60. Hasil rata-rata jawaban responden pada variabel Y di termostat 22 °C ...	127
Gambar 61. Hasil rata-rata jawaban responden pada variabel Y di termostat 27 °C ...	129

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Suhu nyaman menurut standar tata cara perencanaan energi pada bangunan (Sumber: Talarosha, 2005)	33
Tabel 2. Penelitian Terdahulu.....	50
Tabel 3. Instrumen Penelitian.....	58
Tabel 4. Skoring untuk jawaban Kuesioner	63
Tabel 5. Definisi Operasional Variabel Penelitian	65
Tabel 6. Karakteristik Responden dalam Deskriptif Frekuensi (Data Primer diolah SPSS, 2022)	92
Tabel 7. Karakteristik Responden berdasarkan jenis kelamin (Data Primer diolah SPSS, 2022)	92
Tabel 8. Karakteristik Responden berdasarkan usia (Data Primer diolah SPSS, 2022).....	93
Tabel 9. Karakteristik Responden berdasarkan pekerjaan (Data Primer diolah SPSS, 2022)	93
Tabel 10. Karakteristik Responden penggunaan ruang (Data Primer diolah SPSS, 2022)	93
Tabel 11. Karakteristik Responden berdasarkan jenis pakaian (Data Primer diolah SPSS, 2022)	94
Tabel 12. Karakteristik Responden dalam Statistik Deskriptif (Data Primer diolah SPSS, 2022)	94
Tabel 13. Deskriptif Frekuensi responden pada termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	95
Tabel 14. Statistik termal X1 pada termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022) ..	95
Tabel 15. Statistik termal X2 pada termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022) ..	96
Tabel 16. Statistik termal X3 pada termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022) ..	96
Tabel 17. Statistik termal X4 pada termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022) ..	96
Tabel 18. Statistik termal X6 pada termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022) ..	97
Tabel 19. Statistik termal X7 pada termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022) ..	97
Tabel 20. Statistik Deskriptif pada termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)...	98
Tabel 21. Deskriptif Frekuensi responden pada termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	98
Tabel 22. Statistik termal X1 pada termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022) ..	99
Tabel 23. Statistik termal X2 pada termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022) ..	99

Tabel 24. Statistik termal X3 pada termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022) ..	99
Tabel 25. Statistik termal X4 pada termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	100
Tabel 26. Statistik termal X5 pada termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	100
Tabel 27. Statistik termal X6 pada termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	100
Tabel 28. Statistik termal X7 pada termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	101
Tabel 29. Statistik termal X8 pada termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	101
Tabel 30. Statistik Deskriptif pada termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022) .	102
Tabel 31. Deskriptif Frekuensi responden pada termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	103
Tabel 32. Statistik termal X1 pada termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	103
Tabel 33. Statistik termal X2 pada termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	103
Tabel 34. Statistik termal X3 pada termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	104
Tabel 35. Statistik termal X4 pada termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	104
Tabel 36. Statistik termal X5 pada termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	104
Tabel 37. Statistik termal X6 pada termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	105
Tabel 38. Statistik termal X7 pada termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	105
Tabel 39. Statistik termal X8 pada termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	106
Tabel 40. Statistik deskriptif pada termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022) .	106
Tabel 41. Deskriptif Frekuensi perilaku adaptif termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	107
Tabel 42. Statistik Y1 perilaku adaptif termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	108
Tabel 43. Statistik Y2 perilaku adaptif termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	108
Tabel 44. Statistik Y3 perilaku adaptif termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	108
Tabel 45. Statistik Y4 perilaku adaptif termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	109
Tabel 46. Statistik Y5 perilaku adaptif termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	109
Tabel 47. Statistik Y6 perilaku adaptif termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	110

Tabel 48. Statistik Y7 perilaku adaptif termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	110
Tabel 49. Deskriptif perilaku adaptif termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	111
Tabel 50. Deskriptif Frekuensi perilaku adaptif termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	111
Tabel 51. Statistik Y1 perilaku adaptif termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	112
Tabel 52. Statistik Y2 perilaku adaptif termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	112
Tabel 53. Statistik Y3 perilaku adaptif termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	113
Tabel 54. Statistik Y4 perilaku adaptif termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	113
Tabel 55. Statistik Y5 perilaku adaptif termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	113
Tabel 56. Statistik Y6 perilaku adaptif termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	114
Tabel 57. Statistik Y7 perilaku adaptif termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	114
Tabel 58. Deskriptif perilaku adaptif termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	115
Tabel 59. Deskriptif Frekuensi perilaku adaptif termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	115
Tabel 60. Statistik Y1 perilaku adaptif termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	116
Tabel 61. Statistik Y2 perilaku adaptif termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	116
Tabel 62. Statistik Y3 perilaku adaptif termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	117
Tabel 63. Statistik Y4 perilaku adaptif termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	117
Tabel 64. Statistik Y5 perilaku adaptif termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	117
Tabel 65. Statistik Y6 perilaku adaptif termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	118
Tabel 66. Statistik Y7 perilaku adaptif termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	118

Tabel 67. Deskriptif perilaku adaptif termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	119
Tabel 68. Hasil Uji Validitas variabel X pada termostat 18 °C (Karakteristik Termal) ...	131
Tabel 69. Hasil Uji Validitas variabel Y pada termostat 18 °C (Perilaku Adaptif)	132
Tabel 70. Hasil Uji Validitas variabel X pada termostat 22 °C (Karakteristik Termal) ...	133
Tabel 71. Hasil Uji Validitas variabel Y pada termostat 22 °C (Perilaku Adaptif)	134
Tabel 72. Hasil Uji Validitas variabel X pada termostat 27 °C (Karakteristik Termal) ...	135
Tabel 73. Hasil Uji Validitas variabel Y pada termostat 27 °C (Perilaku Adaptif)	136
Tabel 74. Uji Validitas angket variabel X termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	156
Tabel 75. Uji Reliabilitas angket variabel X termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	156
Tabel 76. Uji Validitas angket variabel Y termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	157
Tabel 77. Uji Reliabilitas angket variabel Y termostat 18 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	157
Tabel 78. Uji Validitas angket variabel X termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	158
Tabel 79. Uji Reliabilitas angket variabel X termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	158
Tabel 80. Hasil Uji Validitas angket variabel Y termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	159
Tabel 81. Uji Reliabilitas angket variabel Y termostat 22 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	159
Tabel 82. Uji Validitas angket variabel X termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	160
Tabel 83. Uji Reliabilitas angket variabel X termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	160
Tabel 84. Uji Validitas angket variabel Y termostat 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022)	161
Tabel 85. Uji Reliabilitas angket variabel Y 27 °C (Data Primer diolah SPSS, 2022) ...	161

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kenyamanan termal merupakan salah satu aspek fundamental dari kualitas lingkungan dalam ruangan dan hal ini sangat terkait dengan kepuasan penghuni dan penggunaan energi dalam gedung. Menjaga kenyamanan termal bagi penghuni gedung merupakan tujuan utama HVAC/*Heating Ventilation and Air Conditioning* (pemanas, ventilasi dan AC) insinyur desain, arsitek dan bangunan. Sebab manusia membutuhkan udara ruang yang nyaman (*thermal comfort*) untuk melakukan aktivitas secara optimal (Schiavon, Hoyt, and Piccioli, 2014).

Kenyamanan termal adalah sebuah kondisi pemikiran yang mengekspresikan kepuasan atas lingkungan termalnya, sehingga kondisi atau situasi lingkungan itu dikatakan nyaman apabila tidak kurang dari 90% responden yang diukur mengatakan nyaman secara termal (Liaison dkk, 2004). Adapun istilah-istilah kenyamanan termal yaitu mulai dari gerah, nyaman, panas, segar, dingin, sejuk dan pengap (Sugini, 2004). Kenyamanan termal sangat dibutuhkan manusia agar dapat beraktifitas dengan lancar, baik dirumah, sekolah atau kantor.

Penelitian Szokolay pada 'Manual of Tropical Housing and Building' menyebutkan kenyamanan tergantung pada variabel iklim (matahari/radiasinya, suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin) dan beberapa faktor individual/subyektif seperti pakaian, aklimatisasi, usia dan jenis kelamin, tingkat kegemukan, tingkat kesehatan,

jenis makanan dan minuman yang dikonsumsi, serta warna kulit (Szokolay S.V, dkk (1973). Kenyamanan termal juga merupakan salah satu faktor lingkungan penting bagi penghuni gedung untuk bekerja secara produktif dan hidup dengan baik (Paper dkk, 2016).

Gedung perkantoran merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan fasilitas dalam bidang infrastruktur sehingga dapat mendorong roda perekonomian menjadi lebih baik, pekerjaan utama dalam bangunan perkantoran adalah kegiatan penanganan informasi dan kegiatan manajemen dimana pengambilan keputusan berdasarkan informasi yang telah tersedia (Pandelaki, Diponegoro, dan Kenyamanan, 2020). Maka dari itu, kenyamanan termal didalam ruang perkantoran perlu diperhatikan dengan baik.

Gedung rektorat adalah jantung dari sebuah perguruan tinggi, selain itu gedung rektorat juga sebagai pusat akademik dan administrasi universitas yang sangat berpengaruh penting dalam kemajuan dan perkembangan sebuah universitas karna memiliki hirarki tertinggi dalam sebuah kampus. Gedung rektorat Universitas Hasanuddin adalah salah satu gedung perkantoran yang berada di kota Makassar tepatnya di jalan Perintis Kemerdekaan No. KM.10 Tamalanrea Indah.

Bangunan ini memiliki bentuk berbeda dari bangunan lainnya yang ada di lingkungan Universitas Hasanuddin. Selain itu gedung rektorat Universitas Hasanuddin juga memiliki keunikan dibagian fasad bangunannya yaitu bagian entrance bangunan terdapat segitiga atap

dengan ukuran cukup panjang yang terlihat seperti gerbang menuju pintu masuk kedalam gedung rektorat.

Berdasarkan eksisting, gedung rektorat Universitas Hasanuddin terdiri atas 8 lantai. Bukaan pada sisi bangunannya menampilkan detail yang diselubungi oleh panel beton berwarna putih bersih. Bangunan ini juga memiliki sudut-sudut yang jelas pada setiap sisinya. Jika dilihat dari luar bangunan, gedung rektorat banyak menggunakan penghawaan buatan atau *Air Conditioning* (AC) disetiap lantai bangunannya, artinya dapat dikatakan kondisi udara pada penghawaan alami ruangan gedung rektorat tidak bekerja dengan baik.

Menurut (Fadhly dan Risnandar, 2019) menyatakan bahwa terdapat dua pendekatan yang dapat dilakukan untuk memenuhi standar kenyamanan termal ruangan, yaitu melalui pemanfaatan perangkat aktif, dan pemanfaatan desain pasif. Pemanfaatan perangkat aktif merupakan cara untuk mempertahankan kenyamanan ruang dalam melalui pengkondisian buatan, seperti penerapan solar panel aktif pada bangunan hingga penggunaan *Air Conditioning* (AC).

Sedangkan pemanfaatan desain pasif pada bangunan dipengaruhi oleh beberapa parameter, dimana selain pengaruh iklim juga dipengaruhi oleh desain fasad dan psikologis atau lingkungan sosial. Faktanya AC dapat membuat ruangan menjadi lebih kedap udara. *Air Conditioning* atau AC yang digunakan didalam gedung rektorat adalah jenis AC Split Wall, dimana sistem kerja AC split ini terdiri atas dua bagian yaitu unit luar *outdoor* dan unit dalam *indoor*. Unit dalam terdiri dari evaporator atau kumparan

pendingin dan kipas pendingin, sedangkan unit luar dipasang untuk mawadahi beberapa komponen seperti kompresor, kondensor dan katup ekspansi. Selain itu untuk proses pemasangan juga lebih fleksibel (Iqbal 2015).

AC atau *Air Conditioning* adalah konsumen energi tinggi pada bangunan sehingga berdampak terhadap emisi karbon dioksida dan kebutuhan listrik yang tinggi. Selain itu AC juga merupakan suatu cara untuk mengatur udara yang biasa kita gunakan untuk beraktifitas atau yang ada di sekitar kita, sehingga udara yang digunakan memberikan kenyamanan dan keuntungan dalam beraktifitas. Fungsi AC yaitu sebagai pengatur (pendingin/pemanas) suhu ruang sesuai dengan yang dikehendaki, sehingga tercipta kondisi udara yang nyaman. Hal ini bisa menjadi masalah terhadap pengguna ruang yang mengharapkan kondisi udara didalam menjadi sejuk dan nyaman. Selain itu, penggunaan AC yang terlalu banyak pasti akan mengkonsumsi energi yang besar pula (Marthenia 2007).

Hasil wawancara singkat penulis kepada informan yaitu sekretaris kepala biro administrasi rektorat UNHAS, beliau mengatakan bahwa hampir semua ruangan bersifat publik kecuali Lt. 8 yang sifatnya privat karena merupakan ruangan rektor. Akan tetapi ruangan yang sering di kunjungi mahasiswa untuk mengurus kegiatan kampus adalah Lt. 2 yaitu bidang kemahasiswaan dan Lt.7 pada bidang akademik. Selain itu, kedua lantai ini dapat mewakili titik pengukuran kenyamanan termal gedung rektorat sebagai bangunan atau perkantoran tinggi. Lt. 2 dapat mewakili empat lantai terbawah bangunan dan Lt. 7 untuk mewakili empat lantai teratas

bangunan. Penulis memperhatikan bahwa ruangan yang ada pada lantai tersebut rata-rata menggunakan AC atau penghawaan buatan.

Menurut security yang berada di Lt. 2 dan 3 bahwa pada saat menjelang jam 12 keatas atau ba'da dzuhur, ruangan mulai terasa panas dan menyebabkan gerah jika AC tidak dinyalakan. Selain itu, pada selubung bangunan khususnya bukaan disetiap lantai bangunannya hanya dominan pada satu sisi saja yaitu arah barat atau bagian fasad bangunan. Hal ini menjadi salah satu yang menyebabkan aliran angin didalam ruangan tidak bekerja dengan baik, akibatnya suhu udara didalam ruangan pun menjadi panas dan tidak nyaman.

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis kondisi termal ruangan saat AC disetting termostatnya dan ukur secara bertahap untuk menganalisis persepsi pengguna ruang terhadap kenyamanan termal ruangan. Objek penelitian akan dilakukan pada Lt. 2 dan Lt. 7 gedung rektorat Universitas Hasanuddin dimana ruangan tersebut bersifat publik dan mudah dalam aksesibilitas. Kedepannya di harapkan penelitian ini dapat memberi solusi terhadap kenyamanan termal pengguna ruang dalam bangunan perkantoran.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi termal yang nyaman saat penghawaan buatan (AC) dinyalakan secara bertahap pada Lt. 2 dan Lt. 7 rektorat?
2. Bagaimana persepsi dan perilaku adaptif pengguna ruang terhadap kondisi termal ruangan saat termostat AC di naikkan secara bertahap?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengevaluasi kondisi termal yang nyaman saat penghawaan buatan (AC) dinyalakan secara bertahap pada Lt. 2 dan Lt. 7 rektorat.
2. Menganalisis persepsi dan perilaku adaptif pengguna ruang terhadap kondisi termal ruangan saat termostat AC di naikkan secara bertahap.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan literatur yang memperkaya ilmu pengetahuan maupun kajian pustaka, serta penelitian lebih lanjut yang berhubungan dengan kependidikan.

2. Manfaat Praktis

Dapat dijadikan sebagai informasi dan bahan evaluasi mengenai kenyamanan termal pada gedung perkantoran berlantai banyak, terutama faktor yang menyebabkan banyaknya penggunaan AC sehingga dapat diketahui hal yang perlu di perbaiki untuk gedung rektorat Universitas Hasanuddin.

E. Batasan dan Lingkup Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada pengukuran suhu, kelembaban, temperatur dan bagaimana kenyamanan termal pengguna ruangan bangunan rektorat pada Lt.2 dan Lt.7 saat termostat AC dinaikkan dan diatur pada tiga termostat gedung rektorat, persepsi responden terhadap kenyamanan termal ruang dalam bangunan, melakukan uji pengukuran (termal) pada bangunan menggunakan HOB0.

F. Sistematika Penulisan

BAB I: Pendahuluan

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan dan lingkup penelitian, sistematika penulisan dan alur pikir penelitian.

BAB II: Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang kajian pustaka, literatur mengenai teori-teori kenyamanan termal, penghawaan buatan, bangunan tinggi (perkantoran), energi pada bangunan, penelitian terdahulu serta kerangka konsep penelitian.

BAB III: Metode Penelitian

Bab ini membahas tentang metode penelitian, lokasi penelitian, populasi dan Teknik sampling, teknik analisis data, jenis dan sumber data, teknik keabsahan data dan kerangka alur penelitian.

BAB IV: Hasil Penelitian dan Pembahasan.

Bab ini berisi tentang hasil penelitian studi lapangan, mulai dari pembahasan data hingga hasil yang telah dianalisis.

BAB V: Kesimpulan dan Saran

Bab ini membahas tentang kesimpulan serta saran dari hasil akhir penelitian.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kenyamanan Termal

Kenyamanan adalah bagian dari salah satu sasaran karya arsitektur. Kenyamanan terdiri atas kenyamanan psikis dan kenyamanan fisik. Kenyamanan psikis yaitu kenyamanan kejiwaan rasa aman, tenang, gembira, dll yang terukur secara subyektif (kualitatif) sedangkan kenyamanan fisik dapat terukur secara obyektif (kuantitatif) yang meliputi kenyamanan spasial, visual, auditorial dan termal. Manusia dikatakan nyaman secara termal ketika ia tidak dapat menyatakan apakah ia menghendaki perubahan suhu yang lebih panas atau lebih dingin dalam suatu ruangan (Rilatupa, 2008). Kenyamanan termal sangat dibutuhkan tubuh agar manusia dapat beraktifitas dengan baik entah dirumah, sekolah ataupun dikantor (Talarosha, 2005).

Dalam konteks bangunan, kenyamanan didefinisikan sebagai suatu kondisi tertentu yang mampu memberikan sensasi menyenangkan bagi pengguna bangunan tersebut. Untuk menyelenggarakan aktifitasnya agar terlaksana secara baik, manusia memerlukan kondisi fisik tertentu di sekitarnya yang dianggap nyaman. Dia juga memerlukan intensitas cahaya dengan baik dan salah satu persyaratan yang tidak kalah pentingnya adalah persyaratan akan 'suhu nyaman', yaitu suatu kondisi termal udara di dalam ruang di mana ia berada, yang 'tidak mengganggu' tubuhnya (Karyono, 2010).

Standard ASHRAE 55-56, 1992 mendefinisikan kenyamanan termal sebagai perasaan dalam pikiran manusia yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan termalnya. Dalam standard ini juga disyaratkan bahwa suatu kondisi dinyatakan nyaman apabila tidak kurang dari 90% responden yang diukur menyatakan nyaman secara termal. Sementara Standar Internasional Kenyamanan Termal, ISO - 7730 juga mensyaratkan kondisi yang sama, yakni tidak lebih dari 10% responden yang diukur diperkenankan berada dalam kondisi tidak nyaman. Lingkungan kerja merupakan salah satu kajian dalam bidang ergonomi industri, dimana lingkungan kerja memperhatikan interaksi yang terjadi antara manusia (man), tugas/pekerjaan (task), dan lingkungan (environment).

Lingkungan kerja yang nyaman sangat dibutuhkan oleh pekerja untuk dapat bekerja secara optimal dan produktif. Oleh karena itu, lingkungan kerja harus di tangani atau didesain sedemikian rupa sehingga menjadi kondusif terhadap pekerja untuk melaksanakan kegiatan dalam suasana yang aman dan nyaman (Nurlaili dan Nofirza, 2013).

Salah satu indikator yang bisa diperhitungkan dalam upaya mendapatkan kenyamanan dalam bekerja adalah kondisi termal dari ruang kerja. Banyak faktor yang mempengaruhi kondisi thermal dalam ruang kerja, antara lain termostat dan kelembaban udara. Rata-rata ruangan perkantoran di Indonesia sudah menggunakan pendingin ruangan (AC), yang menggunakan energi listrik untuk mengurangi efek panas yang ekstrim ketika bekerja. Faktanya suhu yang terlalu panas dan suhu yang

terlalu dingin akan memberikan efek yang sama-sama tidak baik bagi kesehatan dan produktivitas pekerja. Secara teori ada enam faktor yang mempengaruhi tingkat kenyamanan manusia, yakni 4 faktor iklim: suhu udara, suhu radiasi, kelembaban udara, kecepatan angin. Serta 2 faktor individual (personal): jenis aktifitas seperti laju metabolisme tubuh dan jenis pakaian yang dikenakan terkait dengan tahanan panas pakaian (Karyono, 2010).

Meskipun demikian, teori adaptasi (Humphreys, 1992) menyatakan bahwa ada faktor lain yang mempengaruhi kenyamanan, yakni 'adaptasi' terkait dengan proses penyesuaian tubuh manusia terhadap kondisi termal lingkungan di sekitarnya. Menurut Karyono (1999), sebuah karya arsitektur harus memenuhi tiga sasaran, yaitu bangunan merupakan produk dari suatu karya seni (work of art), bangunan harus memberikan kenyamanan fisik maupun psikis terhadap pengguna atau penghuni, dan bangunan harus hemat dalam penggunaan energi. Kenyamanan fisik terdiri dari kenyamanan ruang, kenyamanan penglihatan, kenyamanan pendengaran, dan kenyamanan termal. Kenyamanan thermal didefinisikan perasaan yang berkaitan erat dengan lingkungan termalnya dimana perasaan tersebut menunjukkan suatu lingkungan dengan keadaan mulai dari sangat dingin, dingin, panas, hingga perasaan lingkungan termal yang sangat panas.

Apabila suhu udara disekitar tubuh manusia lebih tinggi dari suhu yang diperlukan tubuh, aliran darah pada permukaan tubuh atau anggota badan akan meningkat dan ini akan meningkatkan suhu kulit dan bertujuan

untuk melepaskan panas dari dalam tubuh secara radiasi ke udara di sekitarnya. Pada tingkat selanjutnya hal ini akan diikuti oleh proses pengeluaran keringat sebagai upaya lebih lanjut dari tubuh untuk melepaskan lebih banyak panas atau kalor melalui proses penguapan (Karyono, 2015).

1. Faktor Yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal

ASHRAE (2013) menyebutkan terdapat enam parameter tingkat kenyamanan termal, yakni termostat udara, termostat radiasi, kelembaban udara, dan kecepatan angin sebagai elemen lingkungan termal, tingkat metabolisme tubuh manusia dan insulasi pakaian sebagai faktor fisik dan fisiologis manusia. Istiningrum dkk (2010) mengutip dari ASHRAE (2009) bahwa ada 6 faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal sebagai berikut:

a. Temperatur Udara

Temperatur udara merupakan salah satu faktor yang paling dominan dalam menentukan kenyamanan termal. Satuan yang digunakan untuk temperatur udara adalah Celcius, Fahrenheit, Reamur, dan Kelvin. Dry Bulb Temperature (Temperatur Udara Kering), yaitu suhu yang ditunjukkan dengan termometer bulb biasa dalam keadaan kering. Manusia dikatakan nyaman apabila suhu tubuhnya sekitar 37^o Celcius.

b. Temperatur Radiant

Temperatur radiant adalah panas yang beradiasi dari objek yang mengeluarkan panas. Temperatur radiant lebih besar dibandingkan temperatur udara dalam bagaimana kita melepas atau menerima panas

dari atau ke lingkungan. Setiap arah bangunan mempunyai besar radiasi berbeda-beda yang terbentuk oleh arah bangunan yang berbatasan dengan luar ruangan dan dengan sinar matahari yang datang.

c. Kecepatan Angin

Kecepatan angin adalah kecepatan aliran udara yang bergerak secara mendatar atau horizontal pada ketinggian di atas tanah. Kecepatan angin dipengaruhi oleh karakteristik permukaan yang dilaluinya. Udara yang tidak bergerak dalam ruangan tertutup akan menyebabkan pengguna ruangan merasa kaku ataupun berkeringat. Semakin tidak nyaman, kecepatan angin yang dibutuhkan semakin tinggi.

d. Kelembaban Udara

Kelembaban udara relatif adalah perbandingan antara jumlah uap air pada udara dengan jumlah maksimum uap air yang udara bisa tampung pada temperatur tersebut. Kelembaban udara di sebuah tempat akan mempengaruhi terjadinya perpindahan panas dari dan menuju tubuh. Lingkungan yang mempunyai kelembaban relatif tinggi mencegah penguapan keringat dari kulit. Di lingkungan yang panas, semakin sedikit keringat yang menguap karena kelembaban tinggi, sehingga kegerahan bagi individu yang berada di lingkungan tersebut.

e. Insulasi Pakaian

Kenyamanan termal sangat dipengaruhi oleh efek insulasi pakaian yang kita kenakan. Pakaian mengurangi pelepasan panas tubuh. Karena itu, pakaian diklasifikasikan berdasarkan pada nilai insulasinya. Satuan yang biasa digunakan untuk pengukuran insulasi pakaian adalah Clo. Batas

nyaman untuk pakaian adalah $n \leq 0,5$ Clo. Total nilai Clo bisa dihitung dengan menjumlahkan nilai Clo untuk setiap jenis pakaian.

f. Tingkat Metabolisme

Tingkat metabolisme merupakan panas yang dihasilkan di dalam tubuh sepanjang beraktivitas. Semakin banyak melakukan aktivitas fisik, semakin banyak panas yang dibuat. Semakin banyak panas yang dihasilkan tubuh, semakin banyak panas yang perlu dihilangkan agar tubuh tidak mengalami *overheat*. Metabolisme diukur dalam MET (1 MET = 58 W/m² permukaan tubuh). Manusia dewasa normal memiliki 1,7 m², dan orang dalam kenyamanan termal dengan tingkat aktivitas 1 MET akan memiliki *heat loss* kira-kira 100 W.

2. Batas Kenyamanan Termal Pengguna Ruang

Menurut standar nasional (SNI, 2001), dimana bangunan harus menyediakan lingkungan termal sebagai berikut.

- Sejuk nyaman, antara termostat efektif 20,5 °C – 22,8 °C
- Nyaman optimal, antara termostat efektif 22,8 °C – 25,8 °C
- Hangat nyaman, antara termostat efektif 25,8 °C – 27,1 °C

Untuk daerah tropis, kelembaban udara relatif yang dianjurkan antara 40% ~ 50%, tetapi untuk ruangan yang jumlah orangnya padat seperti ruang pertemuan, kelembaban udara relatif masih diperbolehkan berkisar antara 55% ~ 60%. Untuk mempertahankan kondisi nyaman, kecepatan udara yang jatuh diatas kepala tidak boleh lebih besar dari 0,25 m/detik dan sebaiknya lebih kecil dari 0,15 m/detik.

Menurut penelitian Lippsmeier, batas-batas kenyamanan manusia untuk daerah khatulistiwa adalah 19° C TE (batas bawah) – 26° C TE (batas atas). Pada termostat 26° C TE umumnya manusia sudah mulai berkeringat. Daya tahan dan kemampuan kerja manusia mulai menurun pada termostat 26° C TE – 30° C TE. Kondisi lingkungan yang sukar mulai dirasakan pada suhu 33,5° C TE – 35,5° C TE dan pada suhu 35° C TE – 36° C TE kondisi lingkungan tidak dapat ditolerir lagi. Menurut Talarosha (2005), Idealnya sebuah bangunan mempunyai nilai estetis, berfungsi sebagaimana tujuan bangunan tersebut dirancang, memberikan rasa aman dari gangguan alam dan manusia/makhluk lain serta memberikan kenyamanan termal, visual dan audio.

Tabel 1. Suhu nyaman menurut standar tata cara perencanaan energi pada bangunan (Sumber: Talarosha, 2005)

	Temperatur Efektif (TE)	Kelembaban (RH)
Sejuk nyaman ambang atas	20,5° C – 22,8° C 24° C	50% 80%
Nyaman optimal ambang atas	22,8° C – 25,8° C 28° C	70%
Hangat nyaman ambang atas	25,8° C – 27,1° C 31° C	60%

B. Penghawaan Alami

(Sudiarta, 2016) Penghawaan alami atau ventilasi alami adalah proses pertukaran udara di dalam bangunan melalui bantuan elemen-elemen bangunan yang terbuka. Sirkulasi udara yang baik di dalam bangunan dapat memberikan kenyamanan. Aliran udara dapat mempercepat proses penguapan di permukaan kulit sehingga dapat memberikan kesejukan bagi penghuni bangunan.

Adapun hal-hal yang sangat berkaitan dengan sistem penghawaan alami adalah sebagai berikut ini.

- a. Pencahayaan, yaitu kebutuhan penerangan pada suatu ruang yang kita buat, terutama untuk pemanfaatan penerangan dari cahaya alami, karena berhubungan dengan pembukaan.
- b. Kelembaban, yaitu banyaknya uap air pada udara dalam ruangan.
- c. Luas Bukaannya. Bukaannya pada ruangan yang memungkinkan adanya pergantian udara, dan masuknya cahaya. Bukaannya dapat berupa pintu, jendela, jalusi, lubang angin atau lostos atau lupangan, dan lubang-lubang lain yang mungkin ada pada suatu ruangan.

Pada dasarnya penghawaan alami dalam bangunan merupakan jaminan akan adanya aliran udara yang baik dan sehat dengan kesejukan yang sewajarnya. Untuk mendapatkan penghawaan yang baik perlu dirancang bentuk, elemen dan detail arsitektur yang bertujuan mengoptimalkan aliran udara sejuk.

C. Penghawaan Buatan (AC)

Penghawaan buatan (AC) adalah suatu proses mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan yang dipersyaratkan terhadap kondisi udara dari suatu ruangan tertentu. Sistem pengkondisian udara dapat dibedakan atau diklasifikasikan atas bentuk dan tipenya. Dari klasifikasi bentuk dan tipe, serta faktor kenyamanan, faktor ekonomis, faktor operasi dan perawatan dapat dijadikan dasar pemilihan sistem yang sesuai dengan kapasitas pendingin (Deboran, N, 2009). *Air Conditioning* (AC) adalah ilmu dan praktek untuk

mengontrol iklim dalam ruang atau area kerja dalam upaya mencapai kenyamanan termal manusia atau hewan atau performa yang baik pada beberapa industri dan proses keilmuan/penelitian.

Selain itu, AC (*Air Conditioner*) merupakan suatu peralatan atau komponen yang berfungsi untuk mendinginkan udara didalam kabin agar penumpang dapat merasa segar dan nyaman (Iqbal, 2015). Tata udara (*Air Conditioning*) dapat didefinisikan sebagai pengontrolan secara simultan semua faktor yang dapat berpengaruh terhadap kondisi fisik dan kimiawi udara dalam struktur tertentu. Faktor-faktor meliputi suhu udara, tingkat kelembabab udara, pergerakan udara, distribusi dan polutan udara. Di mana sebagian besar dari faktor tersebut di atas dapat berpengaruh terhadap kesehatan tubuh dan kenyamanan.

Air Conditioning (AC) atau alat pengkondisi udara merupakan modifikasi pengembangan dari teknologi mesin pendingin. Alat ini bertujuan untuk memberikan udara yang sejuk dan menyediakan uap air yang dibutuhkan tubuh. Penggunaan AC ini sering ditemui di daerah tropis yang terkenal dengan musim panas. Suhu udara pada musim panas bisa sangat tinggi dapat mengakibatkan dehidrasi cairan tubuh dan dapat mengakibatkan kematian. Selain itu, AC dimanfaatkan sebagai pemberi kenyamanan. Di lingkungan tempat kerja AC juga sebagai salah satu cara dalam upaya peningkatan produktivitas kerja (Hartoyo, 2009).

Fungsi sistem tata udara adalah untuk mempertahankan suhu dan kelembaban dengan cara menyerap suhu dan kelembaban udara dalam

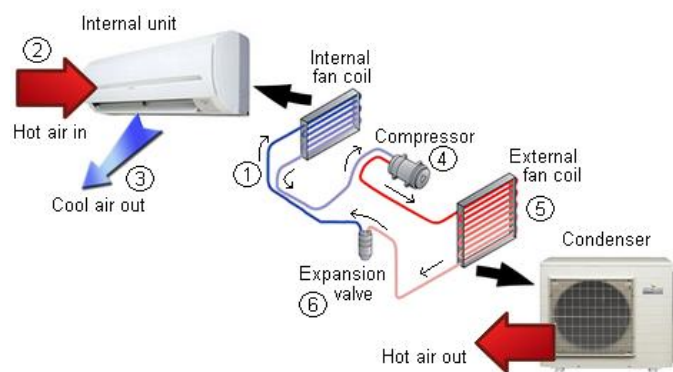
ruangan. Agar terjadi proses penyerapan panas dalam ruangan, maka harus terjadi penguapan. Mesin pengkondisian udara atau sistem tata udara yang dipusatkan menggunakan Unit Penghantar Udara (Air Handling Unit–AHU) yang banyak digunakan pada bangunan tinggi. Penggunaan sistem tata udara ini sejalan dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan manusia untuk mendapatkan kenyamanan di dalam bangunan (Susanta, 2010). Salah satu fasilitas yang diterapkan atau dipasang pada bangunan perkantoran adalah alat pendingin udara (tata udara) atau lebih familiar dengan istilah *air conditioning (AC)*. Sistem tata udara adalah suatu proses mendinginkan/memanaskan udara sehingga dapat mencapai suhu dan kelembaban yang diinginkan. Selain itu, mengatur aliran udara dan kebersihannya (Hasan dan Rakhman, 2010).

1. Prinsip Cara Kerja *Air Conditioning (AC)*

Air Conditioner (AC) dirancang dengan mempergunakan bahan atau unsur pendingin (Refrigeran) yang mempunyai sifat mekanis yang dimasukkan ke dalam suatu sistem peredaran udara untuk diedarkan melalui komponen-komponen utama penyebar yang telah dibuat sedemikian rupa sehingga dapat menghisap atau menyerap suhu panas udara di dalam suatu ruangan dan memindahkan suhu panas udara tersebut keluar ruangan, sehingga tercapailah suatu penyebar udara yang ideal (Hartoyo, 2009).



Gambar 1. Air Conditioner (AC)
(Sumber: Google Gambar, di akses 2021)



Gambar 2. Cara kerja Air Conditioner (AC)
(Sumber: Google Gambar, di akses 2021)

Penyegar udara yang baik harus mempunyai syarat-syarat sebagai berikut:

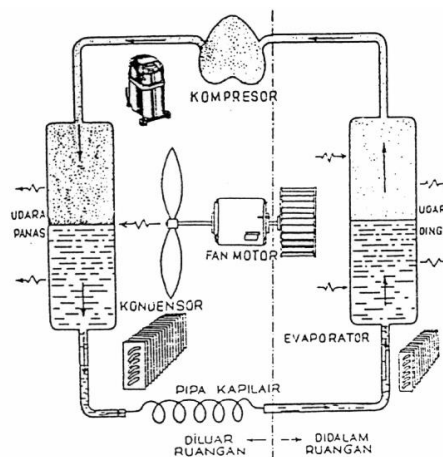
- a. Dapat mengatur dan menyesuaikan suhu didalam ruangan.
- b. Dapat menjaga dan mengatur kelembaban udara.
- c. Memperlengkapi penukaran udara dengan baik.
- d. Dapat mengedarkan kembali udara yang telah ada di dalam ruang yang sudah diberikan pengaturan udara.
- e. Dapat menyaring dan membersihkan udara.

Prinsip kerja AC tidak berbeda jauh dengan prinsip pada Kulkas, hanya saja pada AC pemindahan panas diperlukan energi tambahan yang ekstra besar karena yang udara didinginkan skalanya lebih besar

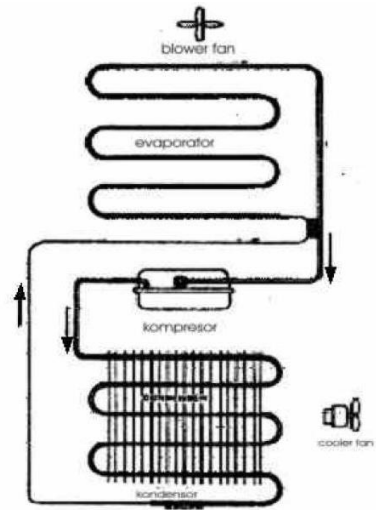
dan banyak. Di dalam mesin Air Conditioner (AC) bentuk refrigeran berubah-ubah bentuk dari bentuk gas ke bentuk cairan. Pada kompresor refrigeran masih berupa uap, tekanan dan panasnya dinaikkan dengan cara dimampatkan oleh piston dalam silinder kompresor. Kemudian uap panas tersebut didinginkan pada saluran pipa kondensor agar menjadi cairan.

Pada saluran pipa kondenser diberi kipas untuk mempercepat proses pendinginan. Proses pelapasan panas ini disebut teknik pengembunan. Selanjutnya cairan refrigeran dimasukkan ke dalam evaporator dan dikurangi tekanannya sehingga menguap dan menyerap panas udara sekitar.

Di dalam AC bagian dalam ruangan, udara dingin disebarakan menggunakan kipas blower. Dalam bentuk uap (gas) refrigeran dihisap lagi oleh kompresor. Demikian proses tersebut berulang terus sampai gas habis terpakai dan harus diisi kembali (Hartoyo, 2009).



Gambar 3. Diagram Alur Air Conditioner (AC)
(Sumber: Hartoyo, 2009)



Gambar 4. Diagram Aliran Refrigeran
(Sumber: Hartoyo, 2009)

2. Jenis – Jenis Sistem AC

- a. **Self Contained Unit.** Digunakan pada ruang kecil atau terbatas, semua unit berada pada satu bagian.
- b. **Split (terpisah).** Digunakan pada ruang-ruang yang terpisah lokasinya atau mempunyai lokasi penghunian terpisah. Dapat terdiri dari dua bagian atau lebih (kondensor unit atau sisi panas terpisah dengan evaporator unit atau sisi dalam).
- c. **Central.** Digunakan untuk ruang besar atau bangunan tinggi dan bangunan yang memerlukan pengkondisian udara dalam jumlah besar. Kapasitas mesin lebih besar dari 3 pk, terdiri dari: mesin pendingin (refrigerator unit) atau chiller: unit pengolah udara (A.H.U): cerobong udara (ducting) dan diffuser.

D. Bangunan Tinggi (Perkantoran)

Pada bangunan tinggi, ventilasi dan orientasi matahari adalah dua faktor utama yang terkait dengan kepedulian perancangan terhadap lingkungan, karena secara langsung berhubungan dengan tingkat kenyamanan, kesehatan dan kenikmatan penghuni atau pengguna bangunan. Suatu bangunan tinggi yang modern diharapkan dapat mendukung kebutuhan aktivitas manusia yang berada di dalam bangunan.

Untuk itu didalam bangunan perlu disediakan segala sesuatu yang dibutuhkan bagi metabolisme manusia, seperti udara dan air bersih,

pengolah limbah, pengendalian suhu dan kelembaban udara, privasi, keamanan, dan kenyamanan lainnya, baik yang berkaitan dengan aspek visual maupun pendengaran (Juwana 2005).

(Ronald Simanjuntak dan Sinta Suawa, 2014), Bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan di dalam tanah atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial dan budaya, dan lainnya. Bangunan gedung perkantoran memiliki beberapa perbedaan pokok dengan fungsi bangunan gedung lainnya yaitu:

- a. Bangunan gedung perkantoran memiliki kesan dan sifat yang formal, sedangkan pada bangunan lain adalah sebaliknya.
- b. Bangunan gedung perkantoran harus menempati lokasi tertentu yang diperuntukkan bagi bangunan perkantoran (daerah perkantoran) dan tidak dapat diletakkan pada daerah-daerah pemukiman padat penduduk, kecuali jenis kantor pemerintahan, organisasi sosial, dan jenis tertentu.

Kantor merupakan bangunan komersial dengan fungsi utama menyediakan ruang usaha bagi kegiatan perkantoran maupun bisnis di kota-kota dengan tingkat perekonomian yang cukup tinggi. Kebutuhan

terhadap perkantoran atau office building identik dengan prestise dan perkembangan dari sebuah perusahaan (Fauzi dan Aqli, 2020). Sebuah kantor pada umumnya adalah ruangan atau area dimana didalamnya terdapat orang-orang yang bekerja. Para pekerja tersebut memiliki jabatan dan peran-peran tertentu dalam bekerja. Kantor lahir seiring dengan semakin bertambahnya kebutuhan yang berasal dari profesi manusia yang formal, sehingga manusia memulai untuk membangun fasilitas yang di dalamnya terdapat ruang-ruang perkantoran (Simanjuntak & Dhira, 2012).

Gedung rektorat sebagai pusat akademik dan administrasi universitas sangat berpengaruh penting dalam kemajuan dan perkembangan sebuah universitas. Perguruan tinggi adalah satuan pendidikan yang menyelenggarakan pendidikan tinggi. Sedangkan pendidikan tinggi adalah jenjang pendidikan setelah pendidikan menengah yang mencakup program diploma, program sarjana, program magister, program doktor, dan mencakup program profesi serta program spesialis yang diselenggarakan oleh perguruan tinggi berdasarkan kebudayaan bangsa indonesia.

E. Energi pada Bangunan

Salah satu efek dari pemanasan global adalah meningkatnya suhu bumi, yang berakibat pada meningkatnya suhu di dalam ruangan bangunan. Peningkatan suhu ini menyebabkan kenyamanan termal di dalam ruangan menjadi lebih sulit dipenuhi dengan penghawaan alami, terutama ditengah-tengah perkotaan, sedangkan energi yang dibutuhkan

untuk menciptakan penghawaan buatan akan semakin meningkat. Padahal semakin banyak energi yang digunakan, maka semakin besar pula pengaruhnya terhadap pemanasan global yang terjadi. Karenanya perlu diperhatikan khusus terhadap penggunaan energi untuk penghawaan dalam bangunan (Saleh dan Sirajuddin 2019).

Menurut Campbell, dkk (2008) yang dikutip dalam (Wibowo, 2017), Energi adalah sebuah kemampuan untuk mengatur ulang materi. Dengan kata lain mereka mengartikan energi sebagai kemampuan atau kapasitas untuk melakukan sebuah pekerjaan. Energi merupakan sesuatu yang amat dibutuhkan oleh tubuh manusia supaya dapat melakukan suatu pekerjaan bisnis, karena pada kenyataannya usaha yang dilakukan selalu nampak perubahan.

(Prasetyo & Kusumarini, 2016) mengatakan bahwa, krisis energi telah menjadi isu yang semakin penting seiring dengan kemajuan jaman. Memasuki abad ke-20 kebutuhan akan energi semakin besar dalam berbagai bidang. Hampir tidak ada satupun bidang yang tidak membutuhkan energi dalam menjalankan kegiatan. Sebagai contohnya, penggunaan energi dalam bangunan adalah untuk pencahayaan, pemanas dan pendingin ruangan (AC), dan berbagai alat elektronik. Namun, kebutuhan akan energi yang semakin besar tidak diimbangi oleh persediaan energi yang mencukupi. Sebagian besar kebutuhan energi dunia dipenuhi oleh sumber energi dari material yang tidak dapat diperbaharui seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Ketersediaan sumber energi ini akan habis apabila terus diambil karena pembentukannya

yang membutuhkan waktu ribuan tahun. Penggunaan peralatan untuk pemanasan, pendinginan, pengudaraan dan kontrol kelembaban meningkatkan jumlah energi yang dibutuhkan untuk menciptakan kenyamanan ruang dalam bangunan.

Sementara itu, Taylor dalam bukunya *Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy* (Performance & Directive, 2020), menyatakan bahwa penggunaan energi dari bangunan di dominasi oleh pengaruh iklim karena panas yang diperoleh dari konduksi langsung dari sumber panas atau infiltrasi/ekfiltrasi udara melalui permukaan bangunan mencapai 50-80% dari energi yang dikonsumsi. Melakukan penghematan terhadap energi (efisiensi energi) bukan berarti mengurangi segala aktifitas terkait penggunaan energi yang berdampak pada pengurangan kualitas hidup, seperti kenyamanan dan produktifitas kerja. Melainkan melakukan penghematan energi dengan mengoptimalkan penggunaan energi sesuai dengan tingkat kebutuhan.

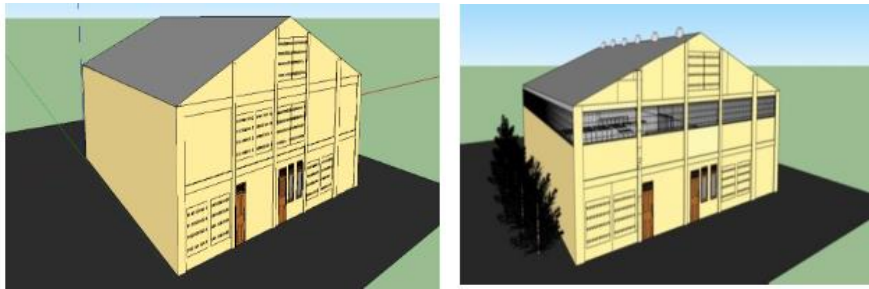
E. Penelitian Terdahulu

Kenyamanan termal di Indonesia sudah sejak dulu banyak dilakukan oleh peneliti. Beberapa penelitian yang telah dilakukan diantaranya sebagai berikut:

1. Listiani Nurul Huda, dkk. (2011)

Dalam penelitiannya yang berjudul "Kajian Termal Akibat Paparan Panas dan Perbaikan Lingkungan Kerja". Penelitian ini mengulas tentang kondisi termal di tempat kerja yang dipengaruhi oleh beberapa aspek lingkungan kerja fisik. Objek penelitian dilakukan pada salah satu

lingkungan kerja yaitu pabrik pembuatan anti nyamuk bakar yang berada di kota Medan.



Gambar 5. Formulasi ruangan sebelum dan setelah perbaikan sistem ventilasi
(Sumber: Huda & Pandiangan, 2011)

2. Yunita A Sabtalistia, dkk (2014)

Dalam penelitiannya yang berjudul “Perbandingan Kenyamanan Termal dalam Ruang Kantor yang menggunakan sistem *Ceiling Air Condition (CAC)* *Floor Air Conditioning (FAC)* dan *Celing Fan*. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan kenyamanan termal tertinggi dan terendah dalam ruangan kantor yang menggunakan sistem *CAC*, sistem *FAC*, dan *Ceiling Fan*.



Gambar 6. Interior ruang kantor Pasca Sarjana ITATS (sampel penelitian)
(Sumber: Yunita A Sabtalistia, dkk 2014)

3. Hamzah, dkk (2019)

Dalam penelitiannya yang berjudul “Design of energy efficient and thermally comfortable air-conditioned university classrooms in the tropics”. Penelitian ini bertujuan untuk merancang AC yang hemat energi dan nyaman secara termal di ruang kelas kampus. Dengan

menggunakan dua langkah. Yang pertama melakukan survei di ruangan kelas ber-AC dan mengumpulkan 175 kuesioner dari 92 siswa. Yang kedua menghitung pendingin konsumsi energi menggunakan perangkat lunak *energyplus*.



Gambar 7. Kondisi survei dan pengukuran pada kelas (kiri) dan laboratorium (kanan) (Sumber: Hamzah, dkk 2019)

4. Rahim dan Hamzah (2018)

Dalam penelitiannya yang berjudul “Lingkungan Termal dalam Ruangan di Kota Kepulauan Tropis”. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kenyamanan termal dalam ruangan gedung perkantoran di kota kepulauan tropis ternate, Indonesia.



Gambar 8. Lima gedung perkantoran (objek penelitian) di kota kepulauan tropis ternate (Sumber: Hamzah, dkk., 2018)

5. Firman Fadhly Adhi Risnandar (2019)

Penelitiannya yang berjudul “Kenyamanan Termal dan Kepuasan Pengguna Ruang Kelas di Gedung Kampus ITSB”. Objek penelitian ini berada di gedung kampus ITSB, yaitu salah satu gedung kampus di indonesia yang sudah memenuhi kriteria hijau dengan predikat “*Gold*”

dari Green Building Council Indonesia (GBCI). Tujuan penelitian untuk mengukur kinerja desain pasif gedung kampus ITSB.



Gambar 9. Kampus ITSB dan Skema pengukuran termal survey kuesioner (Sumber: Risnandar, 2019)

6. Arinda Wahyuni (2019)

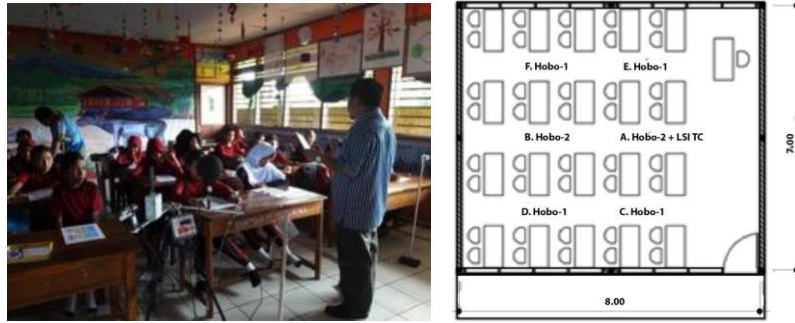
Dalam penelitiannya yang berjudul “Kenyamanan termal pengguna pada ruang baca yang menggunakan material kaca dan material bata pada dinding (studi kasus: ruang baca perpustakaan fakultas teknik UNHAS)”. Objek penelitian dilakukan di kampus Unhas Gowa tepatnya di perpustakaan fakultas teknik arsitektur, seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 10. Kampus Unhas arah timur dan Ruang dalam perpustakaan (Sumber: Wahyuni, Arianda. 2019)

7. Baharuddin Hamzah, dkk (2020)

Dalam penelitiannya yang berjudul “Faktor yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal Siswa Sekolah Dasar di Makassar”. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor lingkungan termal yang paling mempengaruhi kenyamanan termal siswa di sekolah dasar.



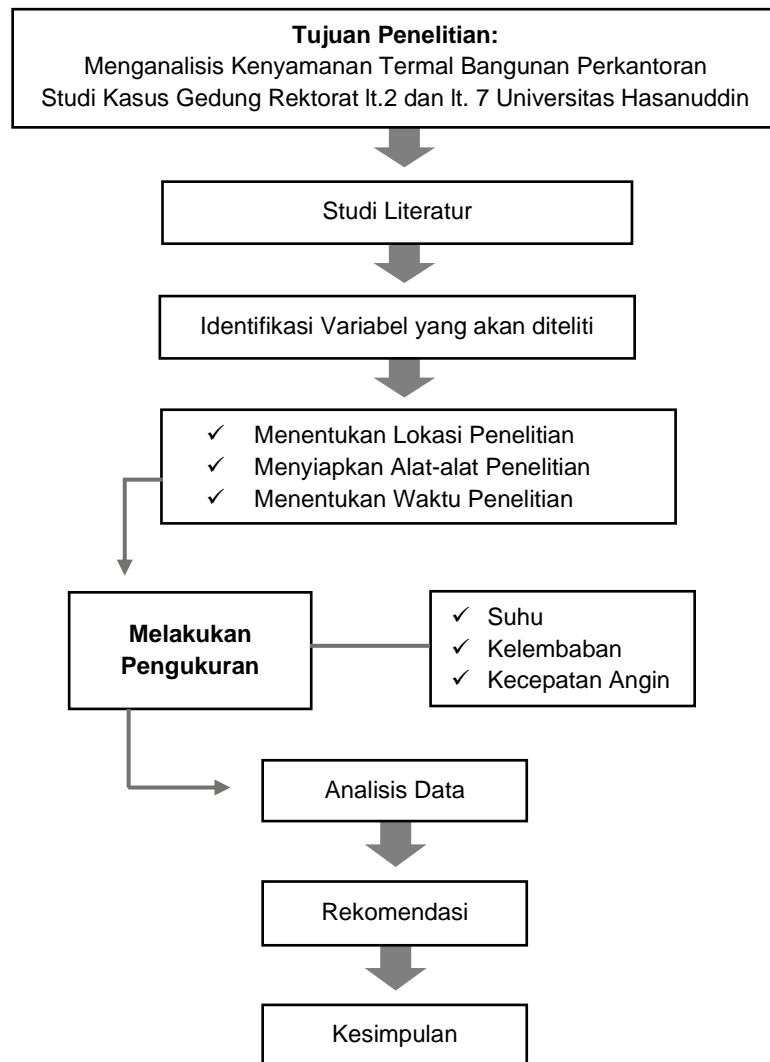
Gambar 11. Situasi pengukuran di ruang kelas dan penempatan instrumen pengukuran (Sumber: Baharuddin Hamzah, dkk 2020)

No	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Kesimpulan
1.	Kajian Termal Akibat Paparan Panas dan Perbaikan Lingkungan Kerja	Listiani Nurul Huda, dkk (2011)	Menganalisis kondisi temal dan lingkungan kerja dan kaitannya dengan aspek psikologis.	Penelitian ini fokus untuk memperbaiki lingkungan kerja dengan merancang sistem ventilasi karena dapat meningkatkan sirkulasi udara dan mengurangi paparan panas, sehingga pekerja merasa lebih nyaman bekerja.
2.	Perbandingan Kenyamanan Termal dalam Ruangan Kantor yang menggunakan sistem <i>Ceiling Air Condition (CAC)</i> <i>Floor Air Conditioning (FAC)</i> dan <i>Celing Fan</i>	Yunita A Sabtalistia, dkk (2014)	Membandingkan kenyamanan termal tertinggi dan terendah dalam ruangan kantor yang menggunakan sistem CAC, sistem FAC, dan <i>Ceiling Fan</i> .	Sistem FAC terbukti lebih hemat energi dan lebih nyaman daripada sistem CAC karena pada penelitian ini termostat udara pada sistem FAC yang diatur 1 °C lebih tinggi daripada sistem CAC tetapi nilai ADPI pada sistem FAC lebih tinggi daripada sistem CAC.
3.	Design of energy efficient and thermally comfortable air-conditioned university classrooms in the tropics	Hamzah, dkk (2019)	Merancang AC yang hemat energi dan nyaman secara termal di ruang kelas kampus. Dengan menggunakan dua langkah. Pertama melakukan survei di ruangan kelas ber-AC dan mengumpulkan 175 kuesioner dari 92 siswa. Kedua menghitung pendingin konsumsi energi menggunakan perangkat lunak <i>energyplus</i> .	Penelitian ini menemukan bahwa suhu udara yang disediakan di ruang kelas ber-AC adalah lebih dingin dari preferensi termal siswa. Suhu berkisar antara 23,0 hingga 27,0 °C dengan rata-rata 25.0°C. Di lingkungan termal ini, sekitar 53% responden merasa tidak nyaman. meja (dingin atau dingin). Analisis regresi menemukan bahwa suhu netral siswa di AC ini (AC) ruang kelas adalah 27,0 °C. Bukti ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu udara adalah diperlukan untuk mengakomodasi preferensi termal siswa sekaligus mengurangi energi pendinginan

4.	Lingkungan Termal dalam Ruang di Kota Kepulauan Tropis	Rahim dan Hamzah (2018)	Untuk mengevaluasi kenyamanan termal dalam ruangan gedung perkantoran di kota kepulauan tropis ternate, Indonesia.	Penelitian ini fokuskan untuk mengevaluasi kenyamanan termal dalam ruangan beberapa gedung perkantoran di kota Ternate (kota kepulauan) dengan kondisi termal dalam ruangan adalah tingkat yang tidak nyaman yaitu suhu rata-rata melebihi 29°C, kelembaban relatif lebih dari 70% dimana 60% karyawan merasakan kondisi hangat di timbangan TCV dan TSV. Namun sebagian besar 67% masih menerima kondisi tersebut untuk bekerja didalam ruangan.
5.	Kenyamanan Termal dan Kepuasan Pengguna Ruang Kelas di Gedung Kampus ITSB	Firman Fadhly Adhi Risnandar (2019)	Mengukur dan mengevaluasi kinerja desain pasif gedung kampus ITSB.	Penelitian ini fokus terhadap pengukuran untuk mengetahui bagaimana efektifitas tipe bukaan bangunan dalam mengontrol kondisi termal ruangan dan pengaruhnya terhadap persepsi pengguna ruang dengan melakukan simulasi pengukuran termal dan survey kuesioner.
6.	Kenyamanan Termal Pengguna Pada Ruang Baca Yang menggunakan Material Bata Pada Dinding (Studi Kasus: Ruang Baca Perpustakaan Fakultas Teknik UNHAS)	Arinda Wahyuni (2019)	Menganalisis tingkat kenyamanan termal dan perilaku adaptif pengguna ruang baca ber dinding kaca dan ruang baca ber dinding bata.	Penelitian ini fokus terhadap pengukuran dan menganalisis kenyamanan termal pada ruang baca ber dinding kaca dan baca perpustakaan fakultas teknik UNHAS.
7.	Faktor yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal Siswa Sekolah Dasar di Makassar	Baharuddin Hamzah, dkk (2020)	Menganalisis faktor lingkungan termal yang paling mempengaruhi kenyamanan termal siswa di sekolah dasar Makassar.	Penelitian ini fokus terhadap hasil dan pembahasan bahwa faktor kenyamanan termal siswa yang paling berpengaruh adalah suhu operasi (suhu udara dan suhu pancaran). Berdasarkan siswa sensasi termal dinilai, suhu operasi berkisar antara 29,1 – 30,0° C direkomendasikan untuk memberikan kondisi yang nyaman bagi siswa untuk belajar di sekolah dasar yang berventilasi alami.

Tabel 2. Penelitian Terdahulu

F. Kerangka Pikir



Gambar 12. Kerangka Konsep Penelitian