

SKRIPSI RISET

KENYAMANAN TERMAL ADAPTIF PADA RUMAH SUSUN

(Studi kasus: Asrama Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin)



OLEH :

AFRILIYA RUMAIZHA AHMAD

D511 15 016

DEPARTEMEN ARSITEKTUR

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2020

HALAMAN PENGESAHAN

KENYAMANAN TERMAL ADAPTIF PADA RUMAH SUSUN (Studi Kasus : Asrama Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin)

Diajukan untuk memenuhi syarat kurikulum tingkat sarjana pada Program Studi S1 Arsitektur Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

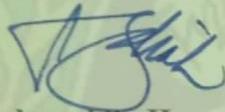
Penyusun

Afriliya Rumaizha Ahmad
D511 15 016

Gowa, 26 Nopember 2020

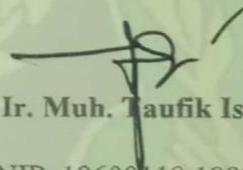
Menyetujui

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Ir. Muh. Taufik Ishak, MT
NIP. 19600119 198903 1 002

Mengetahui

Ketua Program Studi Arsitektur



Dr. H. Edward Syarif, MT.
NIP. 19690612 199802 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Afriliya Rumaizha Ahmad
Nim : D511 15 016
Program Studi : S1 Teknik Arsitektur

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

Makassar, 25 November 2020

Yang menyatakan,



Afriliya Rumaizha Ahmad

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas karunia dan hidayah-Nya berupa kekuatan, kesehatan, kesabaran, dan ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Kenyamanan Termal Adaptif pada Rumah Susun (Studi Kasus: Asrama Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin)”**. Shalawat serta salam tetap tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya.

Selama menyelesaikan skripsi ini, penulis menyadari banyak rintangan dan kesulitan yang dihadapi. Peneliti menyadari, bahwa skripsi ini dapat terselesaikan tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. A. Muhammad Arsyad Thaha, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta jajarannya.
2. Bapak Dr. H. Edward Syarif, ST., MT selaku Ketua Departemen Teknik Arsitektur Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Ir. Baharuddin, S.T., M.Arch., Ph.D selaku Wakil Dekan I sekaligus Dosen Pembimbing I, dan Bapak Ir. Muh. Taufik Ishak, M.T. selaku Dosen Pembimbing II atas segala bimbingan, ilmu, saran dan waktu yang telah diberikan.
4. Ibu Dr. Nurul Nadjmi, S.T., M.T. selaku Penasehat Akademik.

5. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu dan memberikan ilmunya selama penulis berada di Jurusan Arsitektur Universitas Hasanuddin.
6. Ibu Sufiah Munde dan Bapak Ahmad Abu yang telah memberikan limpahan kasih sayang, perhatian, dukungan, doa serta motivasi.
7. Sahabat penulis Asni, Nunu, Lady dan Rini. Terima kasih atas semangat dan bantuan yang selalu diberikan kepada penulis selama ini.
8. Teman-teman GRAVIITASI yang tidak dapat disebutkan Namanya satu persatu.
9. Teman-teman PRES15I khususnya Rani, Mude, Dinul dan Shelin yang telah menemani dan membantu penulis selama menempuh Pendidikan di kampus tercinta.
10. Kakak-kakak dari SMA 5 Kak Nunu dan Kak Widya yang telah memberi dukungan dan saran.
11. Responden yang bersedia meluangkan waktunya sehingga penelitian ini dapat terlaksana.
12. Wildan, Eno dan keluarga besar yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Terima kasih atas dukungan, doa dan motivasinya.
13. Serta seluruh pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan Skripsi ini.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyelesaian skripsi ini. Dalam penyusunan skripsi ini penulis

menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan dari pembaca sekalian. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan dan penerapan dilapangan serta bisa dikembangkan lagi lebih lanjut.

Sekian dan terima kasih.

Gowa, 25 November 2020

Afriliya Rumaizha Ahmad

ABSTRAK

AFRILIYA RUMAIZHA AHMAD (D511 15 016) “Kenyamanan Termal Adaptif Pada Rumah Susun (Studi kasus: Asrama Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin)”. Di bawah bimbingan Bapak Baharuddin selaku Pembimbing I dan Bapak Muh. Taufik Ishak selaku Pembimbing II.

Kenyamanan termal sangat dibutuhkan manusia agar dapat beraktifitas dengan baik. Standar kenyamanan termal yang digunakan di Indonesia yaitu SNI 03-6572-2001. Pendekatan metode penelitian yang digunakan adalah metode modeling adaptif. Pendekatan kenyamanan termal model adaptif merupakan kemampuan beradaptasi individu terhadap kondisi termal disekitarnya baik di dalam maupun di luar bangunan. Prinsip dari kenyamanan adaptif adalah ketika terjadi ketidaknyamanan termal manusia akan bereaksi cenderung untuk mendapatkan kembali kenyamanan. Asrama Mahasiswa Teknik Universitas Hasanuddin merupakan tempat yang kurang nyaman secara termal pada siang hari dikarenakan suhu ruangan terasa sangat panas. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif. Data diambil menggunakan *Hobo Data Logger* kemudian disimulasikan menggunakan *Ecotect Analysis 2011* lalu diuji menggunakan SPSS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penghuni Asrama Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dapat beradaptasi dengan kondisi termal ruangan yang berada di atas ambang batas kenyamanan. Adapun adaptasi yang dilakukan oleh penghuni jika merasa kurang nyaman dengan keadaan termal disekitarnya adalah menyalakan kipas dan membuka jendela.

Kata kunci: (*Asrama Mahasiswa, Kenyamanan Termal, Adaptif, Temperatur*)

ABSTRACT

AFRILIYA RUMAIZHA AHMAD (D511 15 016) “Adaptive Thermal Comfort In Flat (Case study: Hasanuddin University Faculty of Engineering Student Dormitory)”. Under direction of Mr. Baharuddin as First Supervisor and Mr. Muh. Taufik Ishak as Second Supervisor.

Thermal comfort is needed by people in order to be able to carry out activities properly. The standard of thermal comfort used in Indonesia was SNI 03-6572-2001. The research method approach was adaptive modeling method. The adaptive model of thermal comfort approach is the ability of an individual for adapting to around thermal conditions, both inside and outside the building. The principle of adaptive comfort, if there is thermal discomfort, people will react to regain their comfort. Hasanuddin University Engineering Student Dormitory is a thermally uncomfortable place during the day because the room temperature is very hot. The research method used is descriptive quantitative. Data was collected using the Hobo Data Logger then simulated using Ecotect Analysis 2011 and data processing by SPSS. The results showed that residents of the Hasanuddin University Faculty of Engineering Student Dormitory can adapt to the thermal conditions of the room when the temperature was high. When residents felt uncomfortable, they usually turn on the fan and open the window for adapting with the thermal conditions of their room.

Keywords: *(Student Dormitory, Thermal Comfort, Adaptive, Temperature)*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Penelitian.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Iklim Tropis	6
2.2. Kenyamanan Termal.....	9
2.3. Pendekatan Kenyamanan Termal	26
2.4. Kenyamanan Termal Adaptif	26
2.5. Rumah Susun.....	37
2.6. Simulasi	40
2.7. <i>Paired t-test</i>	43
2.8. Penelitian Terdahulu.....	45
2.9. Kerangka Konsep.....	47
BAB 3 METODE PENELITIAN	48
3.1. Lokasi Penelitian	48
3.2. Waktu penelitian.....	48
3.3. Populasi dan Sampel.....	49
3.4. Jenis Penelitian	49
3.5. Variabel Penelitian.....	50
3.6. Instrumen Penelitian	51
3.7. Teknik Pengambilan Data.....	55
3.8. Teknik Analisis Data	55
3.9. Alur Penelitian	57
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	58
4.1. Kondisi Lokasi Penelitian.....	58

4.2.	Kondisi Temperatur dan Kelembaban Terhadap Kenyamanan Termal pada Asrama Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin	61
4.3.	Perbandingan Berdasarkan Orientasi Kamar.....	83
4.4.	Perilaku Adaptasi yang Memungkinkan Dilakukan oleh Penghuni Asrama Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.....	85
4.5.	Analisis Temperatur dan Pilihan Perilaku Adaptasi Penghuni Terhadap Kenyamanan Termal Berdasarkan Skala Sensasi Kenyamanan Termal oleh ASHRAE dan Bedford serta SNI 03-6572-2001	88
4.6.	Simulasi Kenyamanan Termal.....	90
	4.5.1. Hasil Simulasi <i>Existing</i>	90
	4.5.2. Hasil Simulasi <i>Improvement</i>	92
4.7.	Perbandingan Simulasi <i>Existing</i> dan <i>Improvement</i>	97
4.8.	Rekomendasi Material Bangunan.....	101
BAB 5 PENUTUP		102
5.1.	Kesimpulan.....	102
5.2.	Saran	102
DAFTAR PUSTAKA.....		104
LAMPIRAN		106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Berbagai metode pengeluaran panas yang tidak terpakai dari badan makhluk hidup.....	12
Gambar 2.2 Kerangka konsep	47
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian "Asrama Mahasiswa Teknik Universitas Hasanuddin"	48
Gambar 3.2 Denah Lantai Dasar Asrama Mahasiswa Teknik Universitas Hasanuddin.....	49
Gambar 3.3 Denah Lantai Tipikal Asrama Mahasiswa Teknik Universitas Hasanuddin.....	49
Gambar 3.4 <i>Onset hobo data logger</i>	52
Gambar 3.5 Aplikasi Ecotect	53
Gambar 3.6 Aplikasi SPSS	54
Gambar 3.7 Alur penelitian.....	57
Gambar 4.1 Tampak dalam ruang kamar	61
Gambar 4.2 Letak kamar 102 pada denah lantai dasar	62
Gambar 4.3 Grafik hasil pengukuran temperatur dan kelembaban kamar 102 pada tanggal 28 September 2019	64
Gambar 4.4 Letak kamar 111 pada denah lantai dasar	65
Gambar 4.5 Grafik hasil pengukuran temperatur dan kelembaban kamar 111 pada tanggal 28 September 2019	67
Gambar 4.6 Letak kamar 203 pada denah lantai 1	68
Gambar 4.7 Grafik hasil pengukuran temperatur dan kelembaban kamar 203 pada tanggal 28 September 2019.....	70
Gambar 4.8 Letak kamar 212 pada denah lantai 1	71

Gambar 4.9 Grafik hasil pengukuran temperatur dan kelembaban kamar 212 pada tanggal 28 September 2019.....	73
Gambar 4.10 Letak kamar 305 pada denah lantai 2.....	74
Gambar 4.11 Grafik hasil pengukuran temperatur dan kelembaban kamar 305 pada tanggal 29 September 2019.....	76
Gambar 4.12 Letak kamar 308 pada denah lantai 2.....	77
Gambar 4.13 Grafik hasil pengukuran temperatur dan kelembaban kamar 308 pada tanggal 29 September 2019.....	79
Gambar 4.14 Letak kamar 401 pada denah lantai 3.....	80
Gambar 4.15 Grafik hasil pengukuran temperatur dan kelembaban kamar 401 pada tanggal 29 September 2019.....	82
Gambar 4.16 Grafik hasil perbandingan berdasarkan arah orientasi antara kamar 102 dan 111.....	83
Gambar 4.17 Grafik hasil perbandingan berdasarkan arah orientasi antara kamar 203 dan 212.....	84
Gambar 4.18 Grafik hasil perbandingan berdasarkan arah orientasi kamar antara kamar 305 dan 308.....	84
Gambar 4. 19 Grafik hasil kuesioner yang diisi oleh responden	86
Gambar 4. 20 Grafik hasil kuesioner yang diisi oleh responden	86
Gambar 4. 21 Grafik hasil kuesioner yang diisi oleh responden	87
Gambar 4. 22 Grafik hasil kuesioner yang diisi oleh responden	87
Gambar 4. 23 Grafik hasil kuesioner yang diisi oleh responden	88
Gambar 4.24 Model <i>Ecotect Analysis</i> 2011 Bangunan Asrama Mahasiswa Fakultas Teknik	91
Gambar 4.25 Garfik Temperatur Hasil Simulasi <i>Eksisting</i>	91

Gambar 4.26 Detail Material <i>Reverse Brick Veneer</i>	92
Gambar 4.27 Garfik Temperatur Hasil Simulasi <i>Improvement</i> dengan Perubahan Material Dinding	93
Gambar 4.28 Garfik Temperatur Hasil Simulasi <i>Improvement</i> dengan Perubahan Material Kusen	94
Gambar 4.29 Jendela <i>Existing</i>	95
Gambar 4.30 Jendela <i>Improvement</i>	95
Gambar 4.31 Garfik Temperatur Hasil Simulasi <i>Improvement</i> dengan Penambahan Jumlah Bukaannya	96
Gambar 4.32 Garfik Temperatur Hasil Simulasi <i>Improvement</i> dengan Perubahan Ketinggian Plafon.....	97

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batas kenyamanan dalam Temperatur Efektif/TE	12
Tabel 2.2 Skala Sensasi Kenyamanan Termal oleh ASHRAE dan Bedford	15
Tabel 2.3 Suhu Nyaman menurut Standar Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi pada Bangunan Gedung.....	17
Tabel 2.4 Kecepatan Udara dan Kesejukan	19
Tabel 2.5 Aktifitas dan Kecepatan Metabolisme	22
Tabel 2. 6 Pakaian dan <i>Clothing Value</i>	25
Tabel 2.7 Tabel Penelitian Terdahulu	45
Tabel 4.1 Data pengukuran temperatur dan kelembaban Asrama Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 20 Januari 2018.....	59
Tabel 4.2 Data pengukuran temperatur dan kelembaban Asrama Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 30 Januari 2018.....	60
Tabel 4.3 Data pengukuran temperatur dan kelembaban kamar 102 pada tanggal 28 September 2019.....	62
Tabel 4.4 Data pengukuran temperatur dan kelembaban kamar 111 pada tanggal 28 September 2019.....	66
Tabel 4.5 Data pengukuran temperatur dan kelembaban kamar 203 pada tanggal 28 September 2019.....	69
Tabel 4.6 Data pengukuran temperatur dan kelembaban kamar 212 pada tanggal 28 September 2019.....	72
Tabel 4.7 Data pengukuran temperatur dan kelembaban kamar 305 pada tanggal 29 September 2019.....	75
Tabel 4.8 Data pengukuran temperatur dan kelembaban kamar 308 pada tanggal 29 September 2019.....	77
Tabel 4.9 Data pengukuran temperatur dan kelembaban kamar 401 pada tanggal 29 September 2019.....	81

Tabel 4.10 Tabel Hasil <i>Paired T-test</i>	98
Tabel 4.11 Tabel Hasil <i>Paired T-test</i>	99
Tabel 4.12 Tabel Hasil <i>Paired T-test</i>	100
Tabel 4.13 Tabel Hasil <i>Paired T-test</i>	100
Tabel 4. 14 Tabel Rekomendasi Material	101

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Secara geografis Indonesia berada dalam garis khatulistiwa atau tropis, namun secara *thermal* (suhu) tidak semua wilayah Indonesia merupakan daerah tropis. Daerah tropis menurut pengukuran suhu adalah daerah tropis dengan suhu rata-rata 20 °C, sedangkan rata-rata suhu di wilayah Indonesia umumnya dapat mencapai 35 °C dengan tingkat kelembaban yang tinggi, dapat mencapai 85% (iklim tropis panas lembab). Keadaan ini terjadi antara lain akibat posisi Indonesia yang berada pada pertemuan dua iklim ekstrim (akibat posisi antara 2 benua dan 2 samudra), perbandingan luas daratan dan lautannya, dan lain-lain. Kondisi ini kurang menguntungkan bagi manusia dalam melakukan aktifitasnya sebab produktifitas kerja manusia cenderung menurun atau rendah pada kondisi udara yang tidak nyaman seperti halnya terlalu dingin atau terlalu panas. Suhu nyaman *thermal* untuk orang Indonesia berada pada rentang suhu 22,8 °C - 25,8 °C dengan kelembaban 70%.

Provinsi Sulawesi Selatan merupakan salah satu Provinsi yang ada di Indonesia. Menurut data Badan Pusat Statistik, suhu rata-rata di Sulawesi Selatan pada tahun 2015 adalah 27,5 °C, dimana suhu tertingginya mencapai 35 °C dan suhu terendahnya 22,1 °C. Berdasarkan data tersebut, Provinsi Sulawesi Selatan termasuk daerah dengan iklim tropis. Kabupaten Gowa merupakan daerah yang terletak di Sulawesi Selatan. Seperti halnya daerah lain di Sulawesi Selatan,

Kabupaten Gowa juga merupakan daerah beriklim tropis dengan suhu rata-rata 27,125 °C

Tingkat kenyamanan termal adalah hal yang penting pada suatu ruang dalam bangunan karena bangunan adalah tempat bernaung manusia yang seharusnya dapat memberikan kenyamanan terhadap penghuninya. Kenyamanan bangunan adalah kondisi dimana bangunan dapat menciptakan rasa nyaman dan menyenangkan bagi penghuninya. Banyak bangunan dirancang dengan tidak mempertimbangkan iklim sekitar sehingga tingkat kenyamanan penghuni bangunan sangat rendah.

Kenyamanan termal sangat dibutuhkan manusia agar dapat beraktifitas dengan baik (di rumah, sekolah ataupun di kantor/tempat bekerja). Standar kenyamanan termal yang digunakan di Indonesia yaitu SNI 03-6572-2001. Szokolay (1973) dalam '*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, untuk mengatasi hal tersebut perlu adanya telaah iklim makro dan iklim mikro agar kenyamanan ruang rumah tinggal dapat dirasakan.

Ada dua pendekatan metode penelitian untuk menentukan parameter kenyamanan termal, yaitu dengan metode modeling statis dan metode modeling adaptif. Pendekatan kenyamanan termal model adaptif merupakan kemampuan beradaptasi individu terhadap kondisi termal disekitarnya baik di dalam maupun

di luar bangunan. Prinsip dari kenyamanan adaptif adalah ketika terjadi ketidaknyamanan termal orang akan bereaksi cenderung untuk mendapatkan kembali kenyamanan.

Untuk mendapatkan kenyamanan tentu didalamnya harus ada kepuasan dari penghuni suatu ruang karena kenyamanan termal sangat mempengaruhi betah atau tidaknya penghuni suatu ruangan tersebut. Sesuai dengan judul yang diteliti, objek yang penulis pilih untuk diteliti adalah Asrama Mahasiswa Teknik Universitas Hasanuddin. Secara subjektif, objek penelitian merupakan tempat yang kurang nyaman secara termal pada siang hari dikarenakan suhu ruangan terasa sangat panas sehingga penulis memilih Asrama Mahasiswa Teknik Universitas Hasanuddin sebagai studi kasus penelitian, bagaimana cara penghuni beradaptasi dengan tempat tinggal yang kurang nyaman secara termal hingga dapat sesuai dengan apa yang penghuni inginkan.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi temperatur dan kelembaban pada Asrama Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin kampus Gowa?
2. Perilaku adaptasi apa yang dilakukan oleh penghuni Asrama Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin kampus Gowa agar merasa nyaman?

1.3. Batasan Penelitian

1. Penelitian ini dilakukan pada Asrama Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin kampus Gowa.

2. Penelitian ini dilakukan selama 24 jam perkamar, sebanyak dua kamar setiap lantai.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kondisi temperatur dan kelembaban pada Asrama Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin kampus Gowa.
2. Mengetahui perilaku adaptasi apa yang dilakukan oleh penghuni Asrama Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin kampus Gowa agar merasa nyaman.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi manfaat:

1. Dalam konteks ilmiah, memberikan informasi mengenai kondisi termal ruang Asrama Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin kampus Gowa
2. Dalam konteks paktis, menjadi bahan rujukan bagi peneliti lain yang tertarik pada kajian kenyamanan termal Rumah susun.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian awal, bagian isi dan bagian akhir. Pada bagian awal meliputi halaman judul, kata pengantar, halaman abstrak, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar dan daftar lampiran. Pada bagian isi terdiri dari beberapa bab yang masing-masing menguraikan tentang :

BAB 1 : PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan penelitian, tujuan dan manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori yang penulis gunakan sebagai landasan atas topik yang dibahas dalam penyusunan tugas akhir ini.

BAB 3 : METODE PENELITIAN

Pada bab ini penulis menjelaskan tentang metodologi penelitian yang digunakan selama penelitian.

BAB 4 : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini penulis membahas tentang hasil penelitian.

BAB 5 : PENUTUP

Pada bab ini penulis membahas kesimpulan penelitian dan saran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Iklim Tropis

Awalnya kata tropis dipakai pada zaman Yunani kuno dengan sebutan *tropikos* yang berarti garis balik. Sekarang ini pengertian tersebut berlaku untuk daerah antara kedua garis balik ini yang meliputi sekitar 40% dari luas seluruh permukaan bumi. Daerah tersebut adalah daerah yang beriklim tropis, yang didefinisikan sebagai daerah yang terletak di antara garis isotherm 20 °C di sebelah bumi utara dan selatan. Sedangkan kedua garis balik yang dimaksud adalah garis lintang 23° utara dan 27° selatan oleh Lippsmeier (1994). Iklim tropis lembab merupakan suatu kondisi di daerah tropika basah yang terletak di antara 15° garis LU dan 15° garis LS. Daerah iklim tropis lembab ditandai dengan kelembaban udara yang relatif tinggi, berkisar antara 75-90% curah hujan yang tinggi serta temperatur udara yang rata-rata tahunan berkisar antara 23 °C di sebelah bumi utara dan selatan.

Menurut Wijaya (dalam Santoso, 2012), Indonesia, Malaysia dan Singapura merupakan bagian negara yang beriklim tropis lembab, dengan posisi antara 1 sampai 11° Lintang Utara. Suhu rata-rata tahunan mencapai 26-27 °C dan suhu siang hari tertinggi mencapai 34 °C sedangkan kelembaban relatif antara 70–90 % (Sabarinah dan Ahmad, 2006). Sementara itu di Indonesia pada daerah-daerah tertentu (Surabaya-Indonesia misalnya) suhu udara maksimal dapat mencapai 36,4 °C dengan kelembaban mencapai 85%.

Ciri-ciri iklim tropis lembab dan pengaruhnya pada masalah umum mengenai bangunan yang dihadapi seperti dikatakan oleh Lippsmeier adalah sebagai berikut:

- a) Gambaran *landscape* merupakan daerah hutan hujan di dataran rendah.
- b) Permukaan tanah: *landscape* hijau. Tanah biasanya merah atau coklat.
- c) Vegetasi : lebat, sangat kaya dan bermacam-macam sepanjang tahun.
- d) Musim: perbedaan musim kecil. Bulan terpanas, panas lembab sampai basah. Bulan terdingin, panas sedang dan lembab sampai basah.
- e) Kondisi awan: berawan dan berkabut sepanjang tahun.
- f) Presipitasi: curah hujan tahunan 500-1250 mm. Selama musim kering tidak ada atau sedikit hujan. Selama musim hujan berbeda-beda setiap tempat.
- g) Kelembaban: kelembaban absolut (tekanan uap) cukup tinggi, sampai 15 mm selama musim kering, pada musim hujan sampai 20 mm. Kelembaban relatif berkisar 20 – 85%, tergantung musim.
- h) Gerakan udara: angin kuat dan konstan. Di daerah hutan rimba lebih lambat, bertambah cepat bila turun hujan. Biasanya terdapat satu atau dua arah angin utama.

Berdasarkan ciri-ciri iklim tropis lembab di atas dan berdasarkan pengetahuan tentang masalah umum dan masalah bangunan, dapat disimpulkan bahwa kenyamanan termal bangunan untuk hunian di dataran rendah tidaklah dapat diartikan sebagai suatu besaran tetap, tetapi merupakan suatu ambang batas relatif yang menunjukkan bahwa pada kondisi tersebut terasa nyaman. Hal

tersebut tergantung pada beberapa sejumlah faktor, seperti faktor lingkungan sekitar, kondisi iklim tertentu, kelompok usia, jenis kelamin, dan seterusnya.

Ciri-ciri iklim tropis lembab sebagaimana yang ada di Indonesia adalah “kelembaban udara yang tinggi dan temperatur udara yang relatif panas sepanjang tahun”. Kelembaban udara rata-rata sekitar 80%. Mencapai angka maksimal sekitar pukul 06.00 WIB, berada pada angka minimal sekitar pukul 14.00 WIB. Kelembaban ini hampir sama baik untuk dataran rendah maupun dataran tinggi.

Di daerah pantai dan dataran rendah, temperatur maksimal rata-rata 32 °C. Semakin tinggi letak suatu tempat dari muka laut, semakin berkurang temperatur udaranya. Ukuran rata-rata 0,6 °C untuk setiap kenaikan 100 m. Ciri lainnya adalah curah hujan yang tinggi dengan rata-rata sekitar 1500-2500 mm setahun. Radiasi matahari global horisontal rata-rata harian adalah sekitar 400 watt/m³ dan tidak banyak berbeda sepanjang tahun. Keadaan langit pada umumnya selalu berawan. Pada keadaan awan tipis menutupi langit, luminasi langit dapat mencapai 1.500 kandela/m³.

Iklim tropis lembab dilandasi dengan perbedaan suhu udara yang kecil antara siang hari dan malam hari, kelembaban udara yang tinggi pada waktu tengah malam serta cukup rendah pada waktu tengah hari. Kecepatan angin rata-rata pada waktu siang hari dapat digambarkan sebagai memadai untuk kenyamanan, yaitu sekitar 1,0 m/det. Pada waktu musim hujan yaitu sekitar 2,0 m/det. Pada waktu musim panas akan memberikan gambaran tersendiri mengenai upaya pencapaian pendinginan pasif bangunan.

Sekalipun terdapat kondisi di luar batas kenyamanan termal manusia, sebenarnya terdapat potensi iklim natural yang dapat mewujudkan terciptanya kenyamanan dengan strategi lain. Kenyamanan tersebut tercapai dengan interaksi antara fungsi iklim baik dengan lingkungan maupun dengan pemanfaatan teknologi.

2.2. Kenyamanan Termal

2.2.1. Defenisi Kenyamanan Termal

Dalam konteks bangunan, kenyamanan didefinisikan sebagai suatu kondisi tertentu yang mampu memberikan sensasi menyenangkan bagi pengguna bangunan tersebut (Karyono, 2008). Manusia dinyatakan nyaman secara termal ketika ia tidak dapat menyatakan apakah ia menghendaki perubahan kondisi termal yang lebih panas atau lebih dingin dalam ruangan tersebut (McIntyre, 1980). Olgyay (1963) merumuskan suatu “daerah nyaman” sebagai suatu kondisi di mana manusia berhasil meminimalkan pengeluaran energi dari dalam tubuhnya dalam rangka menyesuaikan (mengadaptasi) terhadap lingkungan termal di sekitarnya (Kasmirah, 2015)

Menurut ASHRAE (*American society of heating, refrigerating and air conditioning engineers*, 1989), kenyamanan termal merupakan kondisi dimana seseorang merasa nyaman dengan keadaan temperatur lingkungannya, yang apabila digambarkan dalam konteks sensasi dimana seseorang tidak merasakan temperatur udara terlalu panas maupun terlalu dingin.

Kenyamanan termal yang didefinisikan oleh Standar ISO (*International Standard Organization*) 7770, adalah hubungan yang kompleks antara temperatur udara, kelembaban udara dan kecepatan aliran udara. Ditambah lagi dengan jenis pakaian dan aktivitas serta tingkat metabolisme penghuni yang menghadirkan ungkapan perasaan kepuasan terhadap kondisi udara di dalam suatu lingkungan. Kondisi kenyamanan juga diartikan sebagai kenetralan termal, yang berarti bahwa seorang merasa tidak terlalu dingin atau terlalu panas (Kasmirah, 2015).

Menurut Satwiko (2009), kenyamanan dan perasaan nyaman adalah penilaian komperhensif seseorang terhadap lingkungannya. Oleh karena itu, kenyamanan tidak dapat diwakili oleh satu angka tunggal. Kita menilai kondisi lingkungan berdasarkan rangsangan yang masuk ke dalam tubuh melalui indera yang oleh syaraf dibawa ke otak dan dinilai. Kenyamanan termal adalah suatu proses yang melibatkan fisik, fisiologis dan psikologis. Sehingga kenyamanan termal adalah kondisi pikir seseorang yang mengekspresikan kepuasan dirinya terhadap lingkungan termalnya (Sugini, 2004).

Kenyamanan termal adalah suatu kondisi termal yang dirasakan oleh manusia yang dikondisikan oleh lingkungan dan benda-benda disekitar arsitekturnya atau kondisi pikir seseorang yang mengekspresikan kepuasan dirinya terhadap lingkungan termalnya. Definisi lain menyebutkan sebagai lingkungan indoor dan faktor pribadi yang menghasilkan kondisi lingkungan termal yang dapat diterima sampai 80% atau lebih dari penghuni

dalam sebuah ruang, namun tidak pernah tepat di definisikan oleh standar, secara umum disepakati dalam komunitas riset kenyamanan termal yang diterima adalah identik dengan “kepuasan”, dan kepuasana dikaitkan dengan sensasi panas ‘sedikit hangat’, ‘netral’, dan ‘sedikit dingin’ (Kasmirah, 2015).

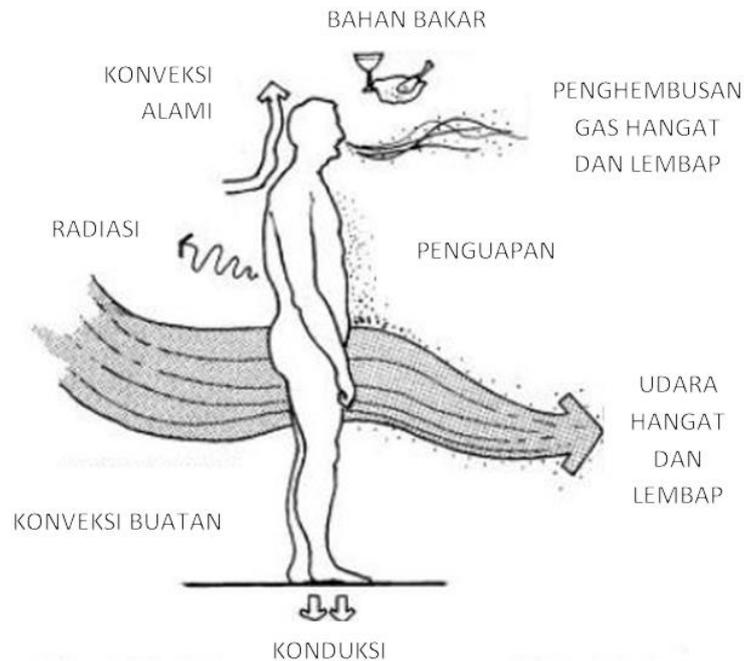
Dengan pemaknaan kenyamanan termal sebagai kondisi pikir yang mengekspresikan tingkat kepuasan seseorang terhadap lingkungan termalnya maka berarti kenyamanan termal akan melibatkan tiga aspek yang meliputi fisik, fisiologis dan psikologis sehingga pemaknaan kenyamanan termal berdasarkan pendekatan psikologis adalah pemaknaan yang paling lengkap.

Kenyamanan termal adalah suatu kondisi termal yang dirasakan oleh manusia tetapi dikondisikan oleh lingkungan dan benda-benda di sekitar arsitekturnya. Menurut Lipsmeier (1994) menunjukkan beberapa penelitian yang membuktikan batas kenyamanan (dalam Temperatur Efektif/TE) berbeda-beda tergantung kepada lokasi geografis dan subyek manusia (suku bangsa) yang diteliti seperti pada tabel di berikut ini :

Tabel 2.1 Batas kenyamanan dalam Temperatur Efektif/TE

Pengarang	Tempat Kelompok	Manusia	Batas Kenyamanan
ASHRAE	USA Selatan (30° LU)	Peneliti India	20,5 °C -24,5 °C TE
Rao	Calcutta (22°LU)	Malaysia	20 °C -24,5 °C TE
Webb	Singapura Khatulistiwa	Cina	25 °C - 27 °C TE
Mom	Jakarta (6°LS)	Indonesia	20 °C - 26 °C TE
Ellis	Singapura Khatulistiwa	Eropa	22 °C - 26 °C TE

Sumber: *Bangunan Tropis, Georg. Lippsmeier (dalam Talarosha, 2009).*



Gambar 2.1 Berbagai metode pengeluaran panas yang tidak terpakai dari badan makhluk hidup.

Sumber: *Lecnher, 2007 (dalam Kasmirah, 2015).*

2.2.2. Pemaknaan Kenyamanan Termal

Menurut Hoppe (dalam Sugini, 2004), terdapat tiga pemaknaan kenyamanan termal yaitu:

- a) *Thermophysiological* yaitu nyaman dan tidaknya suatu lingkungan termal akan tergantung pada nyala dan matinya signal syaraf reseptor termal yang terdapat pada kulit dan otak.

- b) *Heat balance* yaitu keseimbangan temperatur kulit serta tingkat berkeringat tubuh ada dalam range yang nyaman dengan kenyamanan termal dapat tercapai bila aliran panas ke tubuh manusia.
- c) Psikologis yaitu kenyamanan termal merupakan kondisi pikiran yang mengekspresikan tingkat kepuasan individu terhadap lingkungan termalnya.

Pemaknaan kenyamanan termal terdiri dari tiga aspek yang yaitu fisik, fisiologis dan psikologis. Dengan demikian pemaknaan kenyamanan termal berdasarkan pendekatan psikologis adalah pemaknaan yang paling lengkap (Sugini, 2004).

2.2.3. Variabel Kenyamanan Termal

Menurut Fanger dalam Sugini (2004) dalam teori persamaan Fanger dan Menurut Markus dan Morris dalam teori persamaan Gagge serta Koenigsberger dkk (1973) variabel yang mempengaruhi kenyamanan termal adalah sebagai berikut:

- a) Tingkat metabolisme yaitu variabel aktivitas
- b) Tingkat insulasi pakaian yaitu variabel cara berpakaian
- c) Variabel iklim yaitu suhu udara, suhu radiasi rata-rata, kelembaban
- d) Pergerakan udara atau kecepatan angin.

Berdasarkan teori persamaan tersebut, maka pemaknaan mengenai kualitas kenyamanan termal akan berkaitan dengan empat variabel tersebut.

Dengan demikian maka empat variabel ini akan ditawarkan kepada responden untuk dipilih sebagai alternatif pemaknaan pada istilah-istilah kualitas kenyamanan termal (Sugini, 2004).

Menurut Frick, dkk. (2008), Kenyamanan termal dipengaruhi oleh angin dan pengudaraan. Udara yang bergerak menghasilkan penyegaran terbaik karena dengan penyegaran tersebut terjadi proses penguapan yang dapat menurunkan suhu pada kulit dengan demikian angin juga dapat digunakan untuk mengatur kenyamanan di dalam ruang.

Menurut Szokolay (1980) kenyamanan termal dipengaruhi oleh variabel iklim yaitu radiasi matahari, suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin dan beberapa faktor subyektif seperti aklimatisasi, usia, jenis kelamin, pakaian, tingkat kesehatan, tingkat kegemukan, warna kulit serta jenis makanan dan minuman yang dikonsumsi untuk mengatasi hal tersebut perlu adanya kajian iklim makro dan iklim mikro agar kenyamanan ruang rumah tinggal dapat dirasakan.

2.2.4. Skala Kenyamanan Termal

Skala sensasi termal yang paling banyak digunakan sekarang adalah skala tujuh-poin ASHRAE, yang merupakan perkembangan dari skala tujuh-poin asal Bedford. Humphreys dan Nicol (1970) juga menggunakan skala tujuh-poin tetapi mengubah sedikit persepsi skala Bedford dalam penyelidikannya. Tabel 2.2. menunjukkan perbandingan skala-skala tujuh poin yang paling populer digunakan oleh para penyelidik kenyamanan termal.

Tabel 2.2 Skala Sensasi Kenyamanan Termal oleh ASHRAE dan Bedford

No	Skala ASHRAE	Skala penyetaraan	Bedford	Skala penyetaraan
7	Panas (<i>Hot</i>)	3	Sangat terlalu panas (<i>Much too hot</i>)	7
6	Hangat (<i>Warm</i>)	2	Terlalu panas (<i>Too hot</i>)	6
5	Agak hangat (<i>Slightly warm</i>)	1	Hangat nyaman (<i>Comfortably Warm</i>)	5
4	Netral (<i>Neutral</i>)	0	Nyaman (<i>Comfortable</i>)	4
3	Agak sejuk (<i>Slightly cool</i>)	-1	Sejuk nyaman (<i>Comfortably cool</i>)	3
2	Sejuk (<i>Cool</i>)	-2	Terlalu sejuk	2
1	Dingin (<i>Cold</i>)	-3	Sangat terlalu sejuk	1

Sumber: Nicol & Humphreys, 2002 dan Mc Intyre, 1980 dalam Sugini, (2004).

Istilah-istilah kualitas kenyamanan termal yang terkenal tentunya mempunyai hubungan makna dengan variabel iklim ruang suhu udara, suhu radiasi, kelembaban dan kecepatan angin serta polusi udara (Sugini, 2004).

2.2.5. Persepsi Kenyamanan Termal

Terminologi persepsi dalam ilmu psikologi mengalami perkembangan dari pandangan yang konvensional sampai yang non konvensional. Bell, Fisher dan Loomis, 1978 menguraikan dua pendekatan konvensional dan non konvensional sebagai berikut. Pada pendekatan konvensional, persepsi adalah proses penginderaan dan pengumpulan hasil stimulus oleh syaraf ke otak. Dalam hal ini persepsi adalah proses pengkonstruksian stimuli fisiologis oleh jaringan syaraf menuju ke otak. Pada pendekatan nonkonvensional, disadari bahwa dalam diri manusia

proses persepsi tidak dapat terpisahkan dengan proses kognitif. Dalam hal ini proses persepsi tidak hanya merupakan proses mengkonstruksikan stimuli di otak, tetapi akan melibatkan proses aktiv otak untuk mengingat kembali stimuli yang lampau untuk dibandingkan. Stimuli lampau akan berujud memori informasi dan atau pengetahuan yang terkumpul dan terbentuk bersama waktu dalam lingkungannya.

Wirawan (1992), menyimpulkan bahwa proses persepsi tidak hanya proses otak, tetapi proses mental atau proses koginisi yang tidak hanya menggabungkan kumpulan memori tetapi juga melibatkan proses menilai dan memaknai. Dengan demikian dapat dilihat bahwa pemaknaan adalah bagian dari proses persepsi. Hal ini berarti proses pemaknaan istilah-istilah kualitas termal ruang merupakan bagian proses seseorang dalam mempersepsi kualitas kenyamanan termal ruang. Hal ini berarti faktor-faktor yang mempengaruhi persepsi tentunya akan mempengaruhi proses pemaknaan. Proses persepsi akan ditentukan oleh pengalaman. Pengalaman akan dibentuk oleh lingkungan budayanya. Lingkungan budaya apa yang akan mempengaruhinya tentunya akan berkaitan dengan lama waktu lingkungan itu terlibat. Dengan demikian, lingkungan budaya dengan waktu terlama akan lebih menentukan proses pemaknaan seseorang terhadap istilah-istilah kenyamanan termal ruang. Selain hal tersebut, lingkungan sosial tentunya akan juga menentukan proses pemaknaan orang tersebut. Dalam hal ini lingkungan sosial yang dimaksud adalah lingkungan sosial yang berhubungan dengan pengetahuan kognitifnya. Proses bersosialisasi

yang berhubungan dengan kognisi dapat dilihat pada lingkungan pekerjaan dan aktivitas terbesar dalam kesehariannya. Dengan demikian yang dimaksud pekerjaan dalam hal ini termasuk di dalamnya adalah status pekerjaan sebagai mahasiswa dan jenis-jenis pekerjaan lainnya termasuk pengelompokan pekerjaan seperti akademisi, administrasi dan praktisi dilapangan.

Sebagaimana disebutkan di atas bahwa persepsi akan ditentukan oleh kumpulan pengetahuan yang dimiliki. Kumpulan pengetahuan tentunya akan terbentuk dalam proses perkembangan pendidikan. Dengan demikian jenjang pendidikan tentunya akan menentukan pemaknaan. Dalam kaitan dengan pemaknaan kenyamanan termal, seseorang dengan kumpulan kognisi pengetahuan kenyamanan termal yang berbeda tentunya akan mempunyai pemaknaan yang berbeda terhadap istilah-istilah kenyamanan termal ruang.

Standar Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi pada Bangunan Gedung yang diterbitkan oleh Yayasan LPMB-PU membagi suhu nyaman untuk orang Indonesia atas tiga bagian sebagai berikut:

Tabel 2.3 Suhu Nyaman menurut Standar Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi pada Bangunan Gedung

	Temperetur Efektif (TE)	Kelembaban (RH)
Sejuk Nyaman	20,5 °C - 22,8 °C	50 %
Ambang atas	24 °C	80%
Nyaman Optimal	22,8 °C - 25,8 °C	70%
Ambang atas	28 °C	
Hangat Nyaman	25,8C – 27,1 °C	60%
Ambang atas	31 °C	

Sumber: Lippsmeier (1994).

2.2.6. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal

A. Faktor Objektif

1) Temperatur udara kering

Temperatur udara kering memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap besar kecilnya kalor yang dilepas melalui penguapan (evaporasi) dan melalui konveksi. Kenyamanan termal untuk kawasan tropis dapat dibagi menjadi :

- a) Sejuk nyaman (temperatur efektif $20,5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 22,8\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- b) Nyaman optimal (temperatur efektif $22,8\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 25,8\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- c) Hangat nyaman (temperatur efektif $25,8\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 27,1\text{ }^{\circ}\text{C}$).

(SNI 03-6572-2001)

2) Kelembaban udara relatif

- a) Kelembaban udara relatif dalam ruangan adalah perbandingan antara jumlah uap air yang dikandung oleh udara tersebut dibandingkan dengan jumlah kandungan uap air pada keadaan jenuh pada temperatur udara ruangan tersebut.
- b) Untuk daerah tropis, kelembaban udara relatif yang dianjurkan antara $40\% \sim 50\%$, tetapi untuk ruangan yang jumlah orangnya padat seperti ruang meeting/pertemuan, maka kelembaban udara relatif yang masih diperbolehkan adalah berkisar antara $55\% \sim 60\%$ (SNI 03-6572-2001).

3) Kecepatan udara

- a) Untuk mempertahankan kondisi nyaman, maka kecepatan udara yang dirasakan di atas kepala tidak boleh lebih tinggi dari 0,25 m/detik dan lebih baik atau lebih rendah dari kecepatan 0,15 meter/detik.
- b) Kecepatan udara ini dapat lebih cepat dari 0,25 meter/detik hal ini tergantung dari temperatur udara kering rancangan (Tabel 2.4).

Tabel 2.4 Kecepatan Udara dan Kesejukan

Kecepatan udara (m/s)	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35
Temperatur udara kering (°C)	25	26,8	26,9	27,1	27,2

Sumber : SNI 03-6572-2001

Tabel 2.4. menunjukkan kebutuhan peningkatan kecepatan udara untuk mengkompensasi kenaikan temperatur udara kering agar tingkat kenyamanannya tetap terpelihara. (SNI 03-6572-2001)

4) Radiasi Permukaan

- a) Apabila di dalam suatu ruangan dinding - dinding sekitarnya terasa panas, maka hal ini juga akan mempengaruhi kenyamanan seorang individu di dalam ruangan tersebut, walaupun temperatur udara disekitarnya sesuai dengan tingkat kenyamannya (misalnya di dekat oven atau dapur).

- b) Temperatur radiasi rata-rata sama dengan temperatur udara kering ruangan.
- c) Jika temperatur radiasi rata-rata lebih tinggi dari temperatur udara kering ruangan, maka temperatur udara di dalam ruangan yang dirancang dibuat lebih rendah dari temperatur rancangan biasanya.

B. Faktor Subjektif

Menurut Szokolay (1980) ada beberapa faktor subyektif yang mempengaruhi kenyamanan termal individu seperti aklimatisasi, usia, jenis kelamin, pakaian, tingkat kesehatan, tingkat kegemukan, warna kulit serta jenis makanan dan minuman yang dikonsumsi.

Menurut Humphreys (1981) bahwa suhu nyaman sangat diperlukan agar produktifitas maksimal, dengan suhu tubuh konstan $+37^{\circ}\text{C}$ (tubuh tidak melakukan usaha apapun, seperti : menggigil atau berpeluh untuk mencapai 37°C). Sekali lagi untuk memenuhi prinsip sustainable design, lebih baik memakai cara yang alami yaitu, mengalirkan udara dalam ruangan sehingga tercapai kenyamanan yang diinginkan.

Kenyamanan dan perasaan nyaman adalah penilaian komprehensif seseorang terhadap lingkungannya. Oleh karena itu kenyamanan tidak dapat diwakili oleh satu angka tunggal. Kita menilai kondisi lingkungan berdasarkan rangsangan yang masuk ke diri kita melalui keenam indera kita yang oleh saraf dibawa ke otak dan dinilai.

Dalam hal ini yang terlibat tidak hanya masalah fisik biologis, namun juga perasaan. Suara, cahaya, bau, suhu, dan lain-lain rangsangan ditangkap sekaligus, kemudian diolah oleh otak. Kemudian otak akan memberikan penilaian relatif apakah kondisi itu nyaman atau tidak. Kekurangan (ketidak-nyamanan) di satu faktor dapat ditutupi oleh faktor lain. Jadi jelaslah di siang hari yang panas dan gerah, kita lebih suka mendengar musik yang lembut, tenang serta pelan, dilingkupi cahaya yang agak redup, warna warna sekeliling hijau alami, memakai pakaian tipis santai, dan bergerak pelan. Dan sebaliknya dengan situasi gerah dilengkapi dengan musik cadas keras, warna-warna cerah merangasang, serta gerak yang semrawut berlebihan. Suasana akan menjadi tambah panas dan mengandung stres. Semakin aktif gerak tubuh maka panas yang dipancarkan akan semakin besar (Satwiko, 2008).

Tubuh manusia hangat oleh pembakaran makanan. Hanya 20% dari energi yang kita peroleh dari makanan dijadikan gerak, sedangkan yang 80% dijadikan panas untuk mempertahankan agar kita tetap hidup. Tubuh memerlukan mekanisme pembuangan agar tidak kelebihan panas. Ketika manusia bergerak aktif, dia memancarkan lebih banyak panas. Dalam keadaan berbaring tenang dikatakan mempunyai nilai $met = 0,8$. Sebaliknya ketika berolahraga lari 15km/jam, nilai met menjadi 9,5 seperti yang terlihat pada tabel 2.5 (Satwiko, 2008).

Tabel 2.5 Aktifitas dan Kecepatan Metabolisme

No.	Aktifitas	Met	Watt/m ²
1	Berbaring	0,8	46
2	Duduk tenang	1,0	58
3	Tukang jam	1,1	65
4	Berdiri santai	1,2	70
5	Aktifitas biasa (Kantor, rumah tangga, sekolah, lab)	1,2	70
6	Menyetir mobil	1,4	80
7	Pekerja grafis – tukang jilid	1,5	85
8	Berdiri, aktifitas ringan (belanja, lab, industry ringan)	1,6	93
9	Guru, mengajar di depan kelas	1,6	95
10	Kerja rumah tangga (mencukur, mencuci, berpakaian)	1,7	100
11	Berjalan di dataran, 2km/jam	1,9	110
12	Berdiri, aktifitas sedang (penjaga took, rumah tangga)	2,0	116
13	Industri bangunan, memasang bata (bata 15,3kg)	2,2	125
14	Berdiri mencuci piring	2,5	145
15	Kerja rumah tangga – mengumpulkan daun di halaman	2,9	170
16	Kerja rumah tangga – mencuci tangan dan menyetrika (120-220 W/m ²)	2,9	170
17	Besi dan baja – menuang, mencetak	3,0	175
18	Industry bangunan – membentuk cetakan	3,1	180
19	Berjalan di dataran 5 km/jam	3,4	200
20	Kehutanan – memotong dengan gergaji satu tangan	3,5	205
21	Pertanian – membajak dengan kuda	4,0	235
22	Industry bangunan – mengisi pencampur semen dengan spesi dan batu	4,7	275
23	Olahraga – meluncur di atas es. 18 km/jam	6,2	360
24	Pertanian – menggali dengan cangkul (24 angkatan/menit)	6,5	380
25	Olahraga – ski di dataran 8 km/jam	7,0	405
26	Kehutanan – bekerja dengan kampak (2 kg, 33 ayunan/menit)	8,6	500
27	Olahraga – lari 15 km/jam	9,5	550

Sumber: www.innova.dk (Satwiko, 2008)

Selain keringat, nafas dan kulit, darah juga berperan aktif dalam proses perpindahan panas. Pada saat kepanasan, darah akan mendekati kulit untuk membuang panas. Karena itu kulit orang yang terang akan kelihatan merah apabila terkena panas matahari. Sebaliknya, dalam keadaan dingin, misalnya kita berendam di air dingin, kulit akan memucat. Rupanya darah menjauh dari kulit agar tidak lebih banyak panas yang hilang (Satwiko, 2008).

Kulit merasakan panas atau dingin berdasarkan kecepatan panas yang melaluinya. Jika kita menyentuh benda yang lebih dingin dari kulit kita maka akan terjadi perpindahan panas dari kulit ke benda tadi. Semakin besar kecepatan perpindahan panas ke benda tadi, semakin dinginlah benda tadi kita rasakan. Namun apabila benda tadi bersifat isolator panas, seperti kayu atau styrofoam, perpindahan panas dari kulit tidak lancar (atau bahkan tidak terjadi). Akibat, kita merasakan benda tadi tidak dingin. Sebaliknya apabila kita menyentuh benda logam yang bersuhu sama dengan kayu tadi, kita merasakannya lebih dingin karena terjadi perpindahan panas dari kulit ke logam tadi (Satwiko, 2008).

Pakaian mempengaruhi proses perpindahan panas. Pada iklim dingin kita memakai pakaian tebal dan rapat agar panas tubuh tidak terbangun ke udara. Dalam keadaan kedinginan, tubuh akan bereaksi dengan cara menggigil. Sebenarnya proses menggigil ini merupakan upaya tubuh untuk memperoleh panas secara mekanis (kontraksi otot).

Sebaliknya di iklim panas, kita memakai pakaian tipis, ringan, dan terbuka agar panas tubuh tidak tertimbun dan segera bisa dibuang ke udara di sekitar kita. Jadi sebenarnya sungguh tidak masuk akal apabila kita di negara tropis ini memakai jas. Jas baik untuk di kenakan di daerah beriklim dingin, tetapi tidak tepat untuk dikenakan di daerah beriklim panas. Alasan bahwa jas adalah pakaian resmi mengembangkan pakaian resmi yang khas iklim tropis dan tetap percaya diri bersanding dengan jas hasil budaya barat. Nilai clo pakaian dapat di lihat pada Tabel 2.5 (Satwiko, 2008).

Tabel 2. 6 Pakaian dan *Clothing Value*

Deskripsi	Clo	Resistan m ² degC/W
1 Pakaian dalam, celana	Celana dalam pendek sekali	0,02 0,003
	Celana dalam pendek	0,03 0,005
	Celana dalam	0,04 0,006
	Celana kaki ½ wol	0,06 0,009
	Celana kaki panjang	0,10 0,016
2 Pakaian dalam, baju	Bra	0,01 0,002
	Baju tanpa lengan	0,06 0,009
	Oblong	0,09 0,014
	Baju lengan panjang	0,12 0,019
	Half-slip, nylon	0,14 0,022
3 Baju	Tube top	0,06 0,009
	Lengan pendek	0,09 0,029
	Blus ringan, lengan panjang	0,15 0,023
	Baju ringan lengan panjang	0,20 0,031
	Baju normal, lengan panjang	0,25 0,039
	Baju flannel, lengan panjang	0,30 0,047
	Lengan panjang, blus kerah tinggi	0,34 0,053
4 Celana	Celana pendek	0,06 0,009
	Celana pendek selutut	0,11 0,017
	Celana pendek ringan	0,20 0,031
	Celana panjang normal	0,25 0,039
	Celana panjang flanel	0,28 0,043
	Celana terusan	0,28 0,043
5 Baju bengkel terusan	Harian, dengan sabuk	0,49 0,076
	Kerja	0,50 0,078
6 Baju bengkel dengan isolator panas	Terdiri dari beberapa komponen, berisi fiber-pelt	1,03 0,160
		1,13 0,175
7 Sweater	Tanpa lengan	0,12 0,019
	Sweater tipis	0,20 0,031
	Lengan panjang, berkerah (tipis)	0,26 0,040
	Sweater	0,28 0,043
	Sweater tebal	0,35 0,054
	Lengan panjang, berkerah (tebal)	0,37 0,057

Sumber *www.innova.dk (Satwiko, 2008)*

Catatan: untuk memperoleh nilai clo gabungan dapat dilakukan dengan menjumlahkan komponen pakaian.

2.3. Pendekatan Kenyamanan Termal

Ada dua pendekatan metode penelitian untuk menentukan parameter kenyamanan termal, yaitu dengan metode modeling statis dan metode modeling adaptif.

- 1) Kenyamanan termal model statis adalah metode modeling pencarian parameter kenyamanan termal yang dikembangkan dengan asumsi kondisi termal di sebuah ruangan adalah tetap. Kenyamanan termal model statis ini tidak mempedulikan kondisi dan perubahan iklim luar bangunan serta perbedaan kemampuan dan perilaku adaptasi orang terhadap lingkungan termal.
- 2) Kenyamanan termal model adaptif dilandasi prinsip bahwa kondisi termal di luar bangunan berpengaruh terhadap kondisi termal dalam bangunan dan manusia memiliki kemampuan berinteraksi dan beradaptasi dengan beragam kondisi termal. Kenyamanan termal model adaptif didasari oleh ekspektasi seseorang terhadap kondisi termal lingkungan yang didasari ingatan masa lalu, pola perilaku, kondisi termal di lingkungan tersebut. Perilaku seseorang dalam beradaptasi dan berinteraksi terhadap lingkungan termal, seperti membuka menutup jendela, menghidupkan pendingin atau pemanas ruangan, memakai baju tebal atau tipis, dan lain sebagainya.

2.4. Kenyamanan Termal Adaptif

Humphreys (1976), Aulciems (1981) dan de Dear (1997) mengembangkan model kenyamanan termal adaptif (*Adaptive Comfort Standard*, ACS) sebagai alternatif untuk mengatasi keterbatasan model PMV (Humphreys, 2013). Prinsip

dari kenyamanan adaptif adalah ketika terjadi ketidaknyamanan termal orang akan bereaksi cenderung untuk mendapatkan kembali kenyamanan. Keseimbangan termal konvensional berdasarkan teori kenyamanan termal difokuskan pada lingkungan yang terkontrol dengan baik mempunyai keterbatasan dalam mengakses lingkungan dimana penghuni bebas untuk beradaptasi (Nicol dan Humphreys, 2002).

Konsep kenyamanan termal adaptif memperkenalkan adaptasi termal penghuni terhadap lingkungan yang diklasifikasikan dalam penyesuaian fisiologi, psikologi dan adaptasi perilaku (Brager dan de Dear, 1998). Adaptasi fisiologi biasanya dipertimbangkan sebagai regulasi termal dari tubuh manusia. Kategori ini dapat dibagi menjadi dua sub kategori, yaitu adaptasi genetik dan aklimatisasi (Brager dan de Dear, 1998). Dibandingkan dengan adaptasi yang lain, adaptasi perilaku merupakan salah satu yang banyak diobservasi dalam lingkungan nyata sehingga dapat dipelajari secara intensif. Adaptasi perilaku termasuk perilaku yang disadari atau tidak disadari yang dilakukan. Adaptasi perilaku dapat dikategorikan dalam tiga sub-kategori, yaitu: personal (misalnya membuka satu item pakaian), teknologi (misal: menghidupkan AC) dan respon secara budaya (Brager dan de Dear, 1998). Adaptasi perilaku dalam upaya mempertahankan kenyamanan termal dilakukan dengan memakai/membuka pakaian, menghidupkan/mematikan kipas angin, menghidupkan/mematikan AC, minum air panas/dingin, dan lain-lain (Brager, et al. 2004; Feriadi, 2004; dan Wong, 2003). Ketersediaan dan keragaman fasilitas kontrol lingkungan mencerminkan sejauh-mana penghuni dapat menyesuaikan kondisi lingkungan termal ruang hunian. Kondisi ini dapat disebut

sebagai peluang adaptasi (*adaptive opportunities*) dan keterbatasan adaptasi (*adaptive constrains*).

Adaptasi psikologi tidak dapat diobservasi secara langsung. Karakteristik tak terlihat tidak mudah digambarkan dan dievaluasi. Kehilangan sensitifitas termal dapat terbentuk karena terjadi paparan pada kondisi termal tertentu secara berulang (Auliciems, 1981). Saat ini, masih sedikit studi yang meneliti berapa lama adaptasi psikologi akan terjadi. Hal ini mungkin karena perbedaan ras, kondisi gaya hidup, dan lain-lain yang dapat menyebabkan terjadi penyimpangan kriteria persepsi termal dan proses kognitif.

Pendekatan adaptif dalam kenyamanan termal didasarkan pada survei lapangan kenyamanan termal, yang difokuskan pada pengumpulan data termal dan pada saat bersamaan mengukur juga respon termal responden pada situasi nyata, dengan intervensi peneliti yang minimum (Nicol dan Humphreys, 2002). Dalam beberapa tahun terakhir, model kenyamanan termal adaptif digunakan untuk menentukan suhu netral sebagai fungsi suhu *indoor*, suhu *outdoor* dan suhu keduanya. (Orosa dan Garcia-Bustelo, 2009)

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adaptif adalah mudah menyesuaikan (diri) dengan keadaan. Perilaku adaptif merupakan suatu tingkat dimana individu mampu berperilaku sesuai standar kebebasan personal dan standar dalam merespon lingkungan seperti yang diterapkan oleh kelompok budaya tertentu. Perilaku adaptif merupakan performansi tipikal seseorang dalam aktivitasnya sehari-hari yang memerlukan kecakapan social dan personal (Markusic, 2012).

Perilaku adaptif adalah kematangan diri dan sosial seseorang dalam melakukan kegiatan umum sehari-hari sesuai dengan usia dan berkaitan dengan budaya kelompoknya (Kelly,1978 ; Patton, 1986 ; Reynolds, 1987). Perilaku adaptif adalah tingkat kemampuan/keefektifan seseorang dalam memenuhi standar kemandirian pribadi dan tanggung jawab sosial yang diharapkan untuk usia dan budaya kelompoknya (American Association on Mental Deficiency/AAMD, 1983).

Perilaku adaptif didefinisikan sebagai suatu tingkat dimana seseorang mampu berperilaku sesuai dengan standar kebebasan personal dan standar cara merespon lingkungan seperti yang diharapkan oleh kelompok budaya dan kelompok usia tertentu. Jadi standard tersebut dibuat dengan mengacu pada usia dan budaya (Sattler, 1997). Seseorang dikatakan normal jika ia mampu berperilaku sesuai dengan *standard* tersebut. Dalam *setting* sekolah, perilaku adaptif didefinisikan sebagai kemampuan untuk menerapkan keterampilan belajar dalam kelas. Anak harus mampu mengembangkan penalaran, pernyataan dan keterampilan sosial yang tepat sehingga mampu mengarah pada hubungan interpersonal yang positif dengan teman-teman seusianya (Hardman dkk, 1987).

Menurut Rahayu (2010) perilaku adaptif merupakan kemampuan seseorang untuk mampu menyesuaikan diri dengan norma atau standar yang berlaku di lingkungannya. Jika seseorang mampu berperilaku sesuai dengan norma yang berlaku di lingkungannya, maka dapat dikatakan bahwa individu tersebut mempunyai perilaku adaptif yang baik.

Sensasi manusia terhadap suhu (termal) di sekitarnya menurut Standar Internasional ISO-7730 merupakan fungsi dari empat faktor iklim yaitu, suhu udara, suhu radiasi, kelembaban udara, dan kecepatan angin, serta dua faktor individu yakni, tingkat kegiatan yang berkaitan dengan tingkat metabolisme tubuh, serta jenis pakaian yang dikenakan. Secara teori kenyamanan termal tidak dipengaruhi oleh hal-hal seperti jenis kelamin, usia, tingkat kegemukan, tempat tinggal geografis, suku bangsa, adaptasi, kepadatan, warna, dan lainnya. Secara teori sekelompok manusia Indonesia dan sekelompok manusia dari bangsa lain akan memperoleh tingkat kenyamanan termal yang sama ketika mereka ditempatkan di ruang sama, melakukan aktifitas sama dan mengenakan pakaian sama.

Humphreys dan Nicol mengeluarkan teori adaptasi (*the adaptive model*), yang menyangkal keberlakuan Standar Internasional, *ISO*. Menurut Humphreys dan Nicol kenyamanan termal dipengaruhi oleh adaptasi dari masing-masing individu terhadap suhu luar di sekitarnya. Analisis Humphreys terhadap sejumlah penelitian kenyamanan termal di sejumlah tempat di dunia ditemukan bahwa Standar Internasional *ISO* tidak sejalan dengan sejumlah kesimpulan dari penelitian-penelitian tersebut. *ISO* cenderung memprediksi suhu nyaman lebih tinggi bagi mereka yang bermukim di iklim sedang atau iklim dingin. Sementara untuk mereka yang bermukim di iklim panas atau tropis *ISO* memprediksi sebaliknya, justru terlalu rendah. Dinyatakan oleh Humphreys bahwa suhu nyaman merupakan fungsi dari suhu udara luar rata-rata bulanan di suatu tempat. Suatu

formula dirumuskan oleh Humphreys untuk memprediksi suhu nyaman bagi manusia di tempat tertentu dengan iklim tertentu.

2.4.1. Aspek-Aspek Perilaku Adaptif

Menurut Sparrow S.S, Balla D. A dan Cicchetti D. V (1984) perilaku adaptif dapat dikelompokkan dalam empat ranah: komunikasi, keterampilan dalam kehidupan sehari-hari, sosialisasi, gerak. Masing-masing ranah masih dapat dibagi lagi, yaitu:

- a) Komunikasi, terbagi menjadi:
 - 1) Reseptif: kemampuan seseorang untuk memahami, mendengarkan dan mengikuti instruksi.
 - 2) Ekspresif: kemampuan seseorang untuk berbicara, memulai pembicaraan, berbicara interaktif, mengekspresikan ide-ide yang kompleks.
 - 3) Tertulis: kemampuan seseorang untuk membaca dan menulis.
- b) Keterampilan dalam kehidupan sehari-hari, terbagi menjadi:
 - 1) Personal: kemampuan seseorang dalam makan, berpakaian, dan merawat kesehatan.
 - 2) Domestik: kemampuan seseorang dalam membantu tugas-tugas rumah tangga.
 - 3) Masyarakat: kemampuan seseorang dalam menggunakan waktu, uang, telepon, orientasi kiri-kanan.
- c) Sosialisasi, terbagi menjadi:

- 1) Hubungan antar personil: kemampuan seseorang berinteraksi dengan orang lain.
- 2) Bermain dan waktu senggang: kemampuan seseorang memanfaatkan waktu.
- 3) Keterampilan mengatasi: kemampuan seseorang mengontrol dorongan, merespon dan mengikuti tugas.
- 4) Gerak, terbagi menjadi:
 - (a) Motorik kasar: kemampuan seseorang untuk duduk, berjalan, berlari.
 - (b) Motorik halus: kemampuan seseorang untuk memanipulasi obyek, menggambar dan menggunakan gunting.

Berdasarkan uraian tersebut diketahui bahwa aspek-aspek perilaku adaptif adalah komunikasi, keterampilan dalam kehidupan sehari-hari, sosialisasi, gerak.

2.4.2. Konsep Perilaku Adaptif

- a) Kemampuan seseorang untuk mengatasi secara efektif terhadap keadaan-keadaan yang tengah terjadi dalam masyarakat lingkungannya.
- b) Merupakan kemampuan seseorang untuk dapat melakukan: kebebasan pribadi (*personal independence*) dan kemampuan beradaptasi secara pribadi (*personal adaption*) --- (Nihira, 1969)
- c) Merupakan kemampuan untuk melakukan: fungsi otonomi (*funcutional autonomy*); tanggung jawab sosial (*sosial responsibility*); kemampuan

penyesuaian terhadap orang-perorang (*interpersonal adjustment*) ---
(Lambert & Nicoll,1976)

- d) Merupakan bentuk kemampuan seseorang yang berkaitan dengan: fungsi kemandirian (*independent functioning*) untuk mencapai keberhasilan melaksanakan tugas sesuai dengan usia dan harapan masyarakat sekitar. Seperti membersihkan diri, menggunakan toilet, makan, berpakaian, bepergian dan sebagainya. Dan tanggung jawab pribadi (*personal responsibility*). Serta mampu memantau perilaku pribadinya dan dapat menerima semua resiko/tanggung jawab atas pengambilan suatu keputusan: tercermin dalam pembuatan keputusan dan pemilihan tingkah laku. Tanggung jawab sosial (*social responsibility*) seperti menerima tanggung jawab sebagai anggota kelompok/masyarakat dan melaksanakan tingkah laku yang sesuai dengan harapan kelompok/masyarakat: penyesuaian sosial terhadap lingkungan, perkembangan emosional, kemandirian ekonomi, tanggungjawab sebagai warganegara --- (Leland, 1978)

2.4.3. Pengukuran perilaku adaptif

Tidak mudah melakukan pengukuran perilaku adaptif; Grossman (1983) mengakui kesulitan dalam mengukur perilaku adaptif dan menekankan bahwa mengukur perilaku adaptif tidak bisa diadministrasikan secara langsung di kantor namun harus ditentukan terlebih dahulu dasar dari rangkaian observasi pada beberapa tempat selama beberapa waktu. Belum ada pengukuran yang dapat mengukur

semua variabel komplis dalam maladaptif sosial. Dalam penelitian AAMD *Adaptive Behavior Scale-School Edition* (ABS-SE) \Rightarrow merupakan alat terbaik yang ada/dimiliki, untuk mengembangkan skala penilaian perilaku dengan mengevaluasi bagaimana beradaptasi dengan lingkungannya.

Konsep kemampuan sosial tingkah laku adaptif dapat diartikan sebagai kemampuan seseorang untuk menguasai tuntutan sosial dilingkungan mereka. Untuk mengukur perilaku adaptif digunakan skala penilaian perilaku adaptif. Salah satu contoh alat pengukuran perilaku adaptif, yaitu *adaptive behavior scale* yang disingkat ABS. ABS ini dipersiapkan oleh AAMD dan digunakan untuk mengakses perilaku adaptif anak-anak usia 3-6 tahun (ASHMAN, 1994;445). Bidang-bidang perilaku adaptif yang di ases meliputi dua bagian, yaitu:

a) *Personal independence* dan *dailiy living*

Meliputi fungsi kemandirian yang mencakup makan, menggunakan toilet, keberhasilan, penampilan, memelihara pakaian, berpakaian dan pemeliharaannya, bepergian, serta fungsi kemandirian umum lainnya.

Perkembangan fisik mencakup perkembangan sensori dan perkembangan motorik, aktivitas ekonomi yang mencakup penggunaan dan pengelolaan uang, dan berbelanja, perkembangan bahasa, misalnya ekspresi dan percakapan, aktivitas *pre-vocational*, *self-direction*, tanggung jawab dan sosialisasi.

b) *Personality dan behavior disorders*

Meliputi fungsi: *aggressiveness, antisocial v. Sosial behavior, mannerisms, dan interpersonal manners.*

Asesmen perilaku adaptif ini merupakan salah satu dasar kegiatan dalam upaya membina dan mengembangkan perilaku adaptif pada anak tunagrahita, khususnya dalam menggunakan pendekatan psikologi sosial.

Pada tahun 1981 mengalami revisi dan menghasilkan ABS-SE (*Adaptive Behavior scale School Edition*), yang terdiri dari 2 bagian:

- 1) Mengevaluasi keterampilan individu pada perilaku adaptif yang berhubungan dengan *personal & community self-sufficiency & personal sosial responsibility* (tanggung jawab pribadi dan sosial).
- 2) Mengukur tipe perilaku maladaptif yang berhubungan dengan penyesuaian diri dan sosial.

GROSSMAN pada AAMD menyoroti ukuran perilaku adaptif dengan:

- 1) Mencoba untuk memperoleh sebuah petunjuk pola tingkah laku yang biasa dilakukan seseorang;
- 2) Ukuran perilaku adaptif, memilih sejumlah perbedaan area kehidupan setiap harinya;

- 3) Informasi perilaku adaptif biasanya didapat dari wawancara terhadap orang-orang yang mengetahui individu yang sedang diukur.

2.4.4. Area Spesifikasi Perilaku Adaptif

- a) Menolong diri (*self-help*) dan penampilan diri (*personal appearance*).
- b) Perkembangan fisik (*physical development*): keterampilan motorik kasar dan halus.
- c) Komunikasi (*communication*): bahasa reseptif dan ekspresif.
- d) Keterampilan personal dan sosial (*personal, sosial skills*): keterampilan bermain, berinteraksi, partisipasi dalam kelompok, dan sebagainya.
- e) Keberfungsian/fungsi kognitif (*cognitive functioning*): pra akademik (mengetahui warna, bentuk, dan sebagainya), membaca, menulis, fungsi angka, waktu, uang dan lain-lain.
- f) Merawat Kesehatan (*health care*) dan kesejahteraan personal (*personal welfare*).
- g) Kecakapan konsumen (*consumer skills*)
- h) Keterampilan domestik (*domestic skills*): merawat pakaian, keterampilan memasak, membersihkan rumah, dan sebagainya.
- i) Orientasi kemasyarakatan (*community orientation*): keterampilan bepergian, menggunakan telepon, dan sebagainya.
- j) Keterampilan vokasional (*vocational skills*): keselamatan kerja, kebiasaan dan sikap kerja.

2.5. Rumah Susun

Rumah susun adalah bangunan gedung bertingkat yang dibangun dalam suatu lingkungan yang terbagi dalam bagian-bagian yang distrukturkan secara fungsional, baik dalam arah horizontal maupun vertikal dan merupakan satuan-satuan yang masing-masing dapat dimiliki dan digunakan secara terpisah, terutama untuk tempat hunian yang dilengkapi dengan bagian bersama, benda bersama, dan tanah bersama (UUD Nomor 20 Tahun 2011 tentang Rumah Susun). Dalam buku “Panduan tentang Perumahan” yang dikeluarkan oleh Kantor Statistik Popinsi Sulawesi Selatan, rumah susun/flat adalah bangunan bertingkat, terdiri dari beberapa bagian yang masing-masing unitnya dihuni oleh satu rumah tangga. Pada rumah susun ini semua ruangan dalam bangunan sensus, biasanya satu lantai.

Rumah susun adalah bangunan gedung bertingkat yang dibangun dalam suatu lingkungan yang terbagi dalam bagian-bagian yang distrukturkan secara fungsional, baik dalam arah horizontal maupun vertikal dan merupakan satuan-satuan yang masing-masing dapat dimiliki dan digunakan secara terpisah, terutama untuk tempat hunian yang dilengkapi dengan bagian bersama, benda bersama, dan tanah bersama (UUD Nomor 20 Tahun 2011 tentang rumah susun). Dalam buku “Panduan tentang Perumahan” yang dikeluarkan oleh Kantor Statistik Popinsi Sulawesi Selatan, rumah susun/flat adalah bangunan bertingkat, terdiri dari beberapa bagian yang masing-masing unitnya dihuni oleh satu rumah tangga. Pada rumah susun ini semua ruangan dalam bangunan sensus, biasanya satu lantai.

Menurut *De Chiara* (1986), rumah susun adalah semua jenis unit tempat tinggal keluarga (*multiple familia dwelling untits*), kecuali rumah tinggal yang

berdiri sendiri bagi satu keluarga. Dari beberapa pengertian tersebut, maka rumah susun dapat diartikan sebagai suatu jenis unit hunian atau tempat tinggal keluarga yang dibangun secara bertingkat dan dibagi menjadi beberapa bagian yang distrukturkan baik dalam arah horizontal maupun vertikal yang dapat dimiliki dan digunakan secara terpisah, terutama tempat tinggal yang dilengkapi dengan kepemilikan bersama atas bagian, benda dan tanah.

Adapun landasan hukum rumah susun adalah sebagai berikut:

- 1) Undang-Undang Nomor 16 Tahun 1985 tentang Rumah Susun.
- 2) Undang-Undang Nomor 4 Tahun 1992 tentang Perumahan dan Permukiman.
- 3) Undang-Undang nomor 22 Tahun 1999 tentang Pemerintah Daerah.
- 4) Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 1988 tentang Rumah susun.
- 5) Keputusan Menteri Perumahan dan Permukiman Nomor 10KPTS/M/1999 tentang Kebijakan dan Strategi Pembangunan Rumah Susun.
- 6) Keputusan Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah Nomor 217/KPTS/M/2002 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Perumahan dan Permukiman.

Rumah susun menjadi jawaban atas terbatasnya lahan untuk permukiman di daerah perkotaan. Berdasarkan UU Rumah Susun, dapat diketahui ada empat macam rumah susun:

- 1) Rumah susun umum adalah rumah susun yang diselenggarakan untuk memenuhi kebutuhan rumah bagi masyarakat berpenghasilan rendah (Pasal 1 angka 7 UU Rumah Susun).
- 2) Rumah susun khusus adalah rumah susun yang diselenggarakan untuk memenuhi kebutuhan khusus (Pasal 1 angka 8 UU Rumah Susun).
- 3) Rumah susun negara adalah rumah susun yang dimiliki negara dan berfungsi sebagai tempat tinggal atau hunian, sarana pembinaan keluarga, serta penunjang pelaksanaan tugas pejabat dan/atau pegawai negeri (Pasal 1 angka 9 UU Rumah susun).
- 4) Rumah susun komersial adalah rumah susun yang diselenggarakan untuk mendapatkan keuntungan (Pasal 1 angka 10 UU Rumah susun).

Tujuan pembangunan Rumah susun adalah (Keputusan Menteri Negara Perumahan dan Permukiman No. 10/KPTS/M/1999) :

A. Umum

- 1) Memenuhi kebutuhan penduduk akan tempat tinggal
- 2) Mewujudkan rumah yang layak dan terjangkau dalam lingkungan yang sehat
- 3) Memperkenalkan masyarakat akan kebiasaan hidup di Rumah susun
- 4) Mengurangi dampak lingkungan akibat pembangunan pemukiman kota yang ekspansif.

B. Khusus

- 1) Menyediakan tempat tinggal dalam bentuk Rumah susun terutama di kota metropolitan dan kota besar, bagi masyarakat berpenghasilan menengah ke bawah.
- 2) Melaksanakan pembangunan permukiman yang berkelanjutan dan efisiensi lahan.
- 3) Tercipta lingkungan permukiman yang dapat menopang tumbuh dan berkembangnya kehipudan eksosbud keluarga
- 4) Mendorong pemerintah daerah untuk menyelenggarakan pembangunan permukiman secara vertical melalui pembangunan Rumah susun sederhana dan Rumah susun sewa sederhana.
- 5) Mendorong partisipasi masyarakat dan pihak swasta dalam penyediaan Rumah susun sederhana dan Rumah susun sewa sederhana.

2.6. Simulasi

Simulasi ialah suatu metodologi untuk melaksanakan percobaan dengan menggunakan model dari suatu sistem nyata (Siagian, 1987). Menurut Hasan (2002), simulasi merupakan suatu model pengambilan keputusan dengan mencontoh atau mempergunakan gambaran sebenarnya dari suatu sistem kehidupan dunia nyata tanpa harus mengalaminya pada keadaan yang sesungguhnya. Simulasi adalah suatu teknik yang dapat digunakan untuk memecahkan model – model dari golongan yang luas. Golongan atau kelas ini

sangat luasnya sehingga dapat dikatakan , “ Jika semua cara yang lain gagal, cobalah simulasi” (Schroeder, 1997).

Pada umumnya, untuk simulasi termal pada bangunan menggunakan software berbasis CFD (*Computational fluid Dynamic*). Ada beberapa jenis software yang biasa digunakan diantaranya *Fluent Ansys, Ecotect Autodesk, Solid Work*, dsb. Untuk penelitian kali ini, peneliti menggunakan *software Ecotect Autodesk* dengan pertimbangan, software ini telah banyak dipergunakan dalam simulasi kenyamanan termal. Beberapa simulasi yang bias dilakukan ecotect antara lain; simulasi pencahayaan, termal, angin, akustik, dan visual. Ecotect dapat dipakai sebagai alat desain model (*drafting*) sekaligus berkemampuan menganalisa dan simulasi. Ecotect dapat mengimpor model dari CAD sebagai acuan dasar desain yang ada dalam bentuk skema garis (*wiring*) dalam format DXF. Waktu simulasi dapat disimulasikan sepanjang tahun, ecotect mempunyai grafik yang cukup bersahabat dan informatif, sehingga hasil simulasi dan *modeling* dapat dimengerti dengan mudah. Visualisasi hasil simulasi dapat dilihat dalam bentuk grafik dan model tiga dimensi.

2.6.1. Karakteristik Ruang

Karakteristik ruang yang dimaksud dalam ecotect adalah kondisi ruangan yang berkaitan dengan kenyamanan termal. Hal ini dipengaruhi oleh pengaturan nilai *clo, humidity, air speed, lighting level, occupancy, activity, internal gain, infiltration rate, active system, thermostate range dan hours of operation*.

Pengaturan tipikal pakaian penghuni, jumlah orang yang menghuni dalam setiap ruangnya, jenis kegiatan yang dilakukan, waktu huni dan output panas dari lampu maupun peralatan elektronik akan mempengaruhi beban panas dalam satu ruangan dan selanjutnya mempengaruhi beban AC dalam mengonsumsi listrik atau disebut *cooling load*. Jenis pengondisian udara yang dipilih apakah *natural ventilation*, *cooling only* atau *mix mode* dan pengaturan *comfort band*-nya, tentu akan berpengaruh juga pada tingkat konsumsi listrik suatu ruangan.

2.6.2. Simulasi Ecotect

Simulasi-simulasi yang dapat dilakukan ecotect antara lain: *sun shading*, pencahayaan alami dan buatan, OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*), *mean radiant temperature*, *heat island*, periode kenyamanan termal, *cooling load*, dan EEI (*Energy Efficient Index*). Hasil simulasi akan ditampilkan dalam bentuk *analysis grid*, grafik maupun tabel. Untuk perhitungan OTTV dan EEI, ecotect hanya menyuplai simulasi untuk nilai dari variabel-variabelnya saja, misalnya luas, transmitted radiation, jam operasional setahun, total prediksi konsumsi listrik setahun dan total luas ruangan ber AC. Selanjutnya dengan bantuan ESP, variabel-variabel tersebut dimasukkan untuk didapatkan hasil akhirnya.

Bila menggunakan Ecotect, desain peneduh akan secara cepat kita ketahui kinerjanya pada setiap jam atau menitnya. Setelah diaktifkan maka diagram matahari dan bayangan akan segera muncul. Kita bisa mengevaluasi dan mengubah desain untuk mendapatkan peneduh yang efektif. Ecotect juga

memiliki fitur untuk mendesain peneduh secara otomatis dan juga bias membuat animasi bayangan dalam durasi tertentu.

Software Ecotect menjadi pilihan yang cukup signifikan dalam memberi ruang bagi pendekatan bioklimatik untuk lebih mudah diterapkan, karena software ini memiliki sejumlah fitur-fitur simulasi bioklimatik yang ramah-pengguna. Dr. Andrew Marsh (2008) sang penemu Ecotect mulanya prihatin atas proses desain yang tidak efektif. Dengan Ecotect diharapkan performa bangunan dapat dipertimbangkan lebih awal pada tahapan konseptual ketimbang di akhir proses desain, sehingga dapat menghemat waktu dan uang. Ecotect merupakan software analisa bangunan yang paling inovatif saat ini, yang mengintegrasikan pemodelan tiga dimensi dengan berbagai analisa dan simulasi performa bangunan. Berbagai fitur analisa dan simulasi diaplikasikan secara interaktif, setiap perubahan pada desain secara interaktif akan terbaca dampaknya.

2.7. *Paired t-test*

Paired t-test adalah pengujian yang digunakan untuk membandingkan selisih dua mean dari dua sampel yang berpasangan dengan asumsi data berdistribusi normal. Sampel berpasangan berasal dari subjek yang sama, setiap variabel diambil saat situasi dan keadaan yang berbeda. Uji ini juga disebut Uji T berpasangan. Untuk melakukan *Paired t-test*, data yang digunakan harus berdistribusi normal. Sehingga hipotesis yang dibuat dapat dilakukan analisis dengan *Paired t-test*.

Paired t-test menunjukkan apakah sampel berpasangan mengalami perubahan yang bermakna. Hasil uji dari *Paired t-test* ditentukan oleh nilai

signifikansinya. Nilai ini kemudian menentukan keputusan yang diambil dalam penelitian.

- Nilai signifikansi (2-tailed) < 0.05 menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara variabel awal dengan variabel akhir. Ini menunjukkan terdapat pengaruh yang bermakna terhadap perbedaan perlakuan yang diberikan pada masing-masing variabel.
- Nilai signifikansi (2-tailed) > 0.05 menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara variabel awal dengan variabel akhir. Ini menunjukkan tidak terdapat pengaruh yang bermakna terhadap perbedaan perlakuan yang diberikan pada masing-masing variabel.

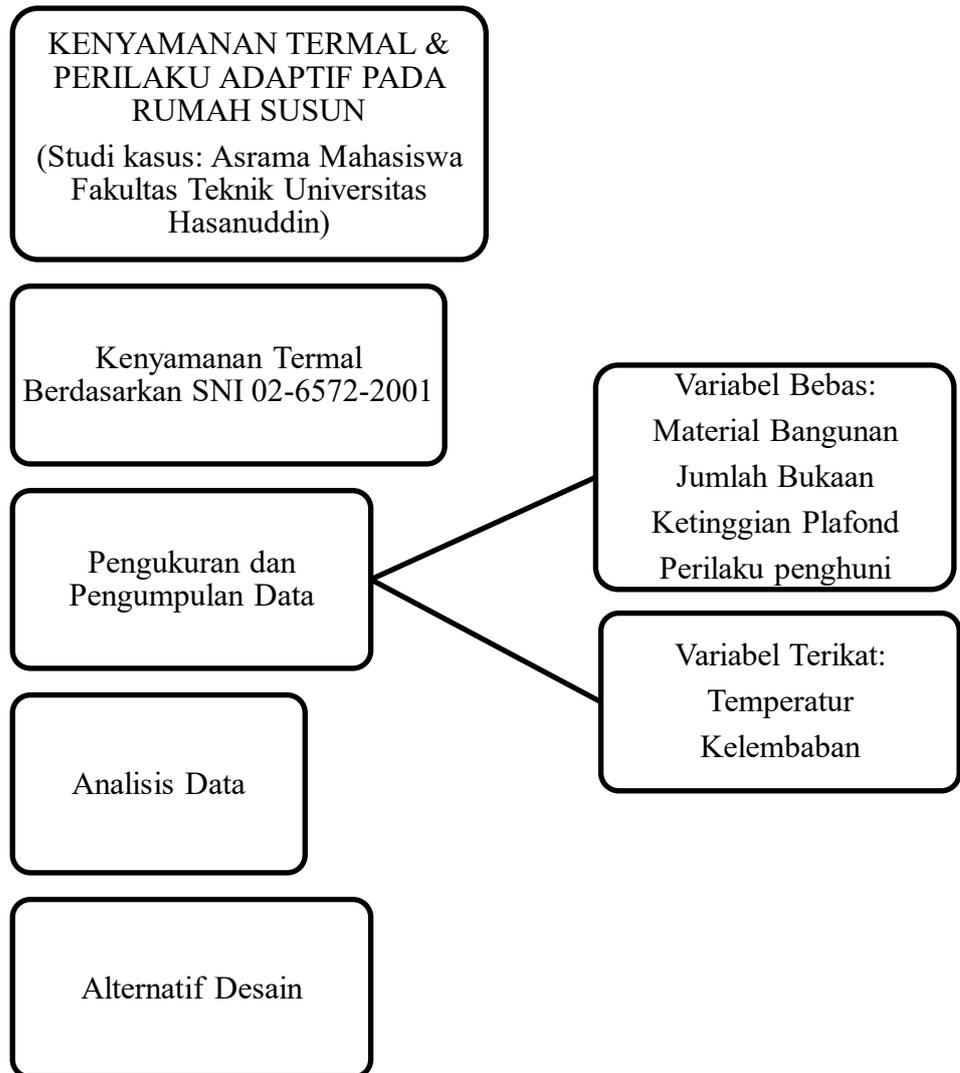
2.8. Penelitian Terdahulu

Tabel 2.7 Tabel Penelitian Terdahulu

Penulis/ Komponen	Penulis			
	Arief Sabaruddin, Rumiati R. Tobing, Tri Harso Karyono 2012	Muhammad Nurfa jri Alfata 2011	Wahyu Sujatmiko, Fanny Kusumawati, Aan Sugiarto 2011	Sella Ayu Darohma, Heru Sufianto
Judul Penelitian	Faktor-Faktor Disain Rumah susun Yang Berpengaruh Terhadap Kenyamanan Termal	Studi Kenyamanan Termal Adaptif Rumah Tinggal Di Kota Malang	Kenyamanan Termal Adaptif Hunian Kawasan Mangrove Centre-Batu Ampar-Balikpapan	Redesain Rusunawa Mahasiswa Pada Universitas Muhammadiyah Ponorogo Dengan Pendekatan Kenyamanan Termal
Lokasi Penelitian	Rumah susun Cigugur Tengah, Industri Dalam, dan Sarijadi	Perumahan Sawojajar, Malang	Perumahan Graha Indah Kawasan Mangrove Center Batu Ampar, Balikpapan	Rusunawa Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Ponorogo
Metode Penelitian	Studi literatur, observasi, pengukuran, kuesioner, analisis data.	Studi literatur, observasi, pengukuran, analisis data	Studi literatur, observasi, kuesioner, pengukuran, analisis data	Studi literature, kuesioner, analisis data, redesain
Kesimpulan Penelitian	Variabel dependen suhu, variabel kelembaban, dan variabel cahaya di-pengaruhi oleh orientasi dan posisi unit hunian, serta dipengaruhi oleh adanya interaksi antara orientasi dengan posisi baik pada arah vertikal maupun arah horizontal	Kenetralan termal yang dirasakan oleh penghuni rumah di Kota Malang adalah sekitar 27,8oC. Besarnya suhu netral tersebut sama dengan suhu bulanan rata-rata iklim mikro (micro-climate) sekitar rumah/hunian.	Hasil analisis data iklim memperlihatkan kondisi ekstrim minimum dan maksimum sepanjang tahun yang selalu di luar zona nyaman 80% ASHRAE.	Kenyamanan termal pada bangunan rusunawa belum dapat tercapai karena temperatur udara rata-rata CET sebesar 28,40C. Dimana 37,5% mahasiswa sudah merasa panas, 32,5% merasakan agak panas dan 20% merasakan sangat panas. Hal tersebut berarti mahasiswa mengatakan tidak merasa nyaman secara termal.

Penulis/ Komponen	Penulis			
	Sugini 2004	Susanto, Sigit Wijaksono, Albertus Galih Prawata	Eddy Imam, Santoso 2012	Muhammad Nur Fajri Alfata
Judul Penelitian	Pemaknaan Istilah- Istilah Kualitas Kenyamanan <i>Thermal</i> Ruang Dalam Kaitan Dengan Variabel Iklim Ruang	Kenyamanan Termal Pada Rumah Susun Di Jakarta Barat	Kenyamanan Termal <i>Indoor</i> Pada Bangunan Di Daerah Beriklim Tropis Lembab	Kinerja Sistem Termal pada Rumah susun Sederhana Sewa (RUSUNAWA) dengan Pendekatan Exergi
Lokasi Penelitian	Yogyakarta	Cengkareng, Jakarta Barat	Indonesia	Rusunawa Cigugur Tengah, Kota Cimahi
Metode Penelitian	Studi literatur, observasi, pengumpulan data, analisis data	Studi literatur, observasi, pengukuran, analisis data	Studi literatur	Studi literatur, observasi, analisis data
Kesimpulan Penelitian	Empat variabel iklim ruang pertama yang populer pada responden sama dengan empat variabel iklim yang diusulkan dalam konsep dan teori dari Fanger (1982), Gagge (dalam Morris, Markus, 1980), dan Koenigsberger dkk (1973). Empat variabel tersebut secara berurutan adalah Suhu Udara, Pergerakan Udara/ Kecepatan Angin, Suhu Radiasi, Kelembaban.	Dari analisa program <i>designbuilder</i> dan <i>Ecotect</i> dapat disimpulkan untuk level lantai <i>low zone</i> dan <i>mid zone</i> menggunakan bukaan jendela model B (20% dari luas lantai), sedangkan untuk level lantai <i>high zone</i> menggunakan model C (25% dari luas lantai) lalu ada <i>overhang</i> pada bukaan jendela unit Rumah susun yang menghasilkan angka kenyamanan termal yang paling dekat dengan kenyamanan termal menurut diagram Lipsmeier.	Pada bangunan- bangunan di daerah dengan iklim tropis lembab banyak mengalami kesulitan untuk memenuhi standar yang disyaratkan sesuai zona kenyamanan ASHRAE 55. Hal ini disebabkan karena variabel yang mem-pengaruhi kenyamanan termal kurang mendukung diantaranya suhu, udara, kelembaban relatif, radiasi sinar matahari dan kecepatan udara dalam ruang.	Metode exergi memberikan hasil yang berbeda dengan metode konservasi energi. Exergi yang dikonsumsi oleh selubung bangunan relatif rendah. Beberapa bagian selubung bangunan mengonsumsi exergi lebih tinggi daripada bagian lain sehingga efisiensi termal selubung bangunan relatif rendah.

2.9. Kerangka Konsep



Gambar 2.2 Kerangka konsep