

# SKRIPSI

## ANALISIS KINERJA BANGUNAN GEDUNG *CENTER OF TECHNOLOGY* (COT) FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN

Disusun dan diajukan oleh:

ALTAN BULI

D021 20 1095



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024



**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI****ANALISIS KINERJA BANGUNAN *GEDUNG CENTER OF TECHNOLOGY (COT)* FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN****ALTAN BULI****D021 20 1095**

Telah dipertahankan dihadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal Februari 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Prof. Dr. Eng. Andi Erwin Eka Putra..ST..MT

NIP 19711221 199802 1 002

Pembimbing Pendamping,

Dr. Eng. Novriany Amaliyah. ST. MT

NIP 1979111 200812 2 002

Ketua Program Studi

Prof. Dr. Eng. Ir. Jalaluddin..ST..MT

NIP 19720825 200003 1 001



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Altan Buli  
NIM : D021 20 1095  
Program Studi : Teknik Mesin  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

“Analisis Kinerja Bangunan Gedung *Center Of Technology* (COT) Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 19 Maret 2024

Yang membuat pernyataan,

  
Altan Buli



### ABSTRAK

**ALTAN BULI.** *ANALISIS KINERJA BANGUNAN GEDUNG CENTER OF TECHNOLOGY (COT) FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN* (dibimbing oleh Prof. Dr.Eng.Andi Erwin Eka Putra.,ST.,MT dan Dr. Eng. Novriany Amaliyah, ST, MT)

Gedung *Center of Technology* (COT) merupakan gedung yang dirancang untuk menjadi pusat kegiatan dan inovasi teknologi di lingkungan kampus teknik Universitas Hasanuddin. Namun, setelah beberapa tahun beroperasi, diperlukan sebuah analisis kinerja bangunan untuk mengevaluasi sejauh mana keberhasilan dan efektivitas penggunaan gedung ini sesuai dengan konsep bangunan hijau. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi sistem utilitas bangunan gedung *Center of Technology* (COT) agar dapat dioptimalkan untuk mengurangi konsumsi energi dan menjaga kualitas udara, dan untuk mengetahui konsep penerapan bangunan hijau pada gedung *Center of Technology* (COT) Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Adapun metode penelitian yang digunakan ialah dengan melakukan wawancara kepada pihak pengelola gedung, studi literatur dan pengambilan data di lapangan disertai dengan dokumentasi. Setelah pengambilan data dilakukan penulis mengolah data kemudian membandingkan dengan Standar Nasional Indonesia dan perangkat penilaian *greenship* untuk Bangunan Baru versi 1.2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi sistem utilitas bangunan pada sistem plambing, sistem proteksi kebakaran dan sistem elevator telah sesuai dengan standar kebutuhan penghuni dan pengunjung pada gedung, akan tetapi sistem pencahayaan dan sistem pengkondisian udara didalam gedung belum sesuai dengan standar kebutuhan penghuni dan pengunjung pada gedung. Konsep penilaian penerapan bangunan hijau pada gedung *Center of Technology* (COT) Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dari penilaian *greenship* pada gedung yang telah dilakukan terdapat enam bagian syarat utama kriteria *greenship* yaitu tepat guna lahan (ASD), efisiensi dan konservasi energi (EEC), konservasi air (WAC), sumber siklus material (MRC), Kesehatan dan kenyamanan dalam ruang (IHC), manajemen lingkungan bangunan (BEM). Hasil penilaian akhir menunjukkan bahwa gedung *Center of Technology* (COT) Fakultas

Universitas Hasanuddin belum bisa dikategorikan bangunan hijau karena dari syarat utama diatas tidak ada yang memenuhi kriteria. Sedangkan untuk



penilaian kriteria bangunan hijau di dapatkan total poin 66 dari total 101 poin *greenship* yang mana memenuhi poin untuk mendapatkan predikat perunggu.

**Kata Kunci:** Gedung *Center of Technology* Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Utilitas Bnagunan, Kinerja Bangunan, Bangunan Hijau



## ABSTRACT

ALTAN BULI. *PERFORMANCE ANALYSIS OF THE CENTER OF TECHNOLOGY (COT) BUILDING FACULTY OF ENGINEERING HASANUDDIN* (supervised by Prof. Dr. Eng. Andi Erwin Eka Putra., ST., MT and Dr. Eng. Novriany Amaliyah, ST, MT)

*The Center of Technology (COT) building is one of the buildings designed to be a center for technological activities and innovation within the Hasanuddin University engineering campus. However, after several years of operation, a building performance analysis is needed to evaluate the extent to which the success and effectiveness of using this building is in accordance with the green building concept. The aim of this research is to determine the condition of the utility system of the Center of Technology (COT) building so that it can be optimized to reduce energy consumption and maintain air quality, and to determine the concept of implementing green buildings in the Center of Technology (COT) building, Faculty of Engineering, Hasanuddin University. The research methods used were conducting interviews with building managers, literature studies and data collection in the field accompanied by documentation. After data collection, the author processed the data and then compared it with the Indonesian National Standards and the greenship assessment tool for New Buildings version 1.2. The research results show that the condition of the building utility system in the plumbing system, fire protection system and elevator system is in accordance with the standard needs of residents and visitors in the building, however the lighting system and air conditioning system in the building are not in accordance with the standard needs of residents and visitors in the building. The concept of assessing the application of green buildings in the Center of Technology (COT) building, Faculty of Engineering, Hasanuddin University. From the greenship assessment of buildings that has been carried out, there are six main requirements for greenship criteria, namely appropriate land use (ASD), energy efficiency and conservation (EEC), water conservation. (WAC), material cycle conservation (MRC), Indoor health and comfort (IHC), building environmental quality (BEM). The final assessment results show that the Center of Technology building at the Faculty of Engineering, Hasanuddin University cannot be*



*categorized as a green building because none of the six main requirements above meet the criteria. Meanwhile, for the assessment of green building criteria, a total of 24 points (31.16%) were obtained from a total of 77 greenhip points, which did not meet the points required to obtain the bronze title.*

***Keywords: Center of Technology Building, Faculty of Engineering, Hasanuddin University, Building Utilities, Building Performance, Green Buildings***



## DAFTAR ISI

SKRIPSI .....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
KATA PENGANTAR .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB 2 LANDASAN TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1 Definisi Kinerja Bangunan .....	5
2.2 Indikator Kinerja Bangunan .....	5
2.3 Sistem Utilitas Bangunan .....	9
2.4 Jenis-Jenis Sistem Utilitas Bangunan .....	9
2.5 Daftar Simak .....	25
2.6 Diagram Psikometrik dan Perhitungan Beban Kalor Pendingin .....	26
2.7 Bangunan Hijau pada Gedung .....	32
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>34</b>
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	34
3.2 Metode Penelitian Sistem Plambing .....	35
Penelitian Sistem Proteksi Kebakaran .....	35
Penelitian Sistem Pencahayaan .....	36
Penelitian Sistem Elevator .....	37





3.6. Metode Penelitian Sistem Pengkondisian Udara.....	38
3.7 Metode Penelitian Bangunan Hijau .....	39
3.8 Diagram Alir ( <i>Flowchart</i> ) .....	41
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	42
4.1 Sistem Utilitas Bangunan Gedung COT FT-UH.....	42
4.2 Sistem Plumbing.....	42
4.3 Sistem Proteksi Kebakaran.....	49
4.4 Sistem Pencahayaan .....	59
4.5 Sistem Elevator.....	64
4.6 Sistem Pengkondisian Udara.....	70
4.7 Konsep Penerapan Bangunan pada Gedung COT FT-UH.....	110
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	131
5.1 Kesimpulan.....	131
5.2 Saran.....	133
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	134
<b>LAMPIRAN</b> .....	136



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sistem Ekspansi Langsung .....	21
Gambar 2. Sistem Air Penuh .....	22
Gambar 3. Sistem Udara Penuh.....	22
Gambar 4. Pembagian Daerah .....	23
Gambar 5. Sistem Unit Setiap Tingkat.....	23
Gambar 6. Sistem Air-Udara .....	24
Gambar 7. Diagram Psikometrik .....	26
Gambar 8. Lokasi Penelitian (Google Earth) .....	34
Gambar 9. Gedung <i>Center of Technology</i> (COT) .....	34
Gambar 10. Sumber Air .....	51
Gambar 11. Kondisi Jalan di Depan Gedung .....	51
Gambar 12. Kondisi Jalan Sebelah Kiri Gedung.....	52
Gambar 13. Hidran Halaman.....	52
Gambar 14: Kondisi <i>Siamis Connection</i> .....	55
Gambar 15: Alat Pemadam Api Ringan .....	55
Gambar 16: Ceklist Pemeriksaan APAR.....	56
Gambar 17. Kondisi Tangga Darurat .....	56
Gambar 18. Kondisi Jalan Keluar Tangga Darurat .....	57
Gambar 19. Denah <i>First Floor</i> .....	59
Gambar 20. Denah <i>Second Floor</i> .....	59
Gambar 21. Denah <i>Third Floor</i> .....	60
Gambar 22. Kondisi Sistem Elevator .....	67
Gambar 23. Kondisi <i>Hoistway</i> (Ruang Luncur Elevator) .....	67
Gambar 24. Kereta elevator.....	68
Gambar 25. Data Perawatan Elevator Gedung COT FT-UH.....	68



## DAFTAR TABEL

Tabel 1: Indikator Kinerja Gedung di Indonesia .....	7
Tabel 2: Penilaian Kelengkapan Tapak Keseluruhan Bangunan Gedung COT FT-UH .....	12
Tabel 3: Sarana Penyelamatan Bangunan gedung COT FT-UH.....	13
Tabel 4: Penilaian Sistem Proteksi Aktif Bangunan Gedung COT FT-UH.....	13
Tabel 5: Penilaian Sistem Proteksi Pasif Seluruh Bangunan COT FT-UH.....	14
Tabel 6: Rekapitulasi Hasil Penilaian Komponen Sistem Proteksi Kebakaran .....	14
Tabel 7: Tingkat pencahayaan rata-rata, renderansi dan temperatur warna yang direkomendasikan .....	17
Tabel 8: Beban Puncak Gedung .....	19
Tabel 9: Kepadatan Pengguna .....	19
Tabel 10: Waktu Penyinaran pada Jam Tertentu .....	28
Tabel 11: Perhitungan Unit Beban Alat Plambing dalam Gedung.....	42
Tabel 12: Hasil Perhitungan Sistem Plambing .....	47
Tabel 13: Hasil Penilaian Kelengkapan Tapak Keseluruhan Bangunan Gedung <i>Center of Technology</i> Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin .....	49
Tabel 14: Hasil Penilaian Sarana Penyelamatan Gedung <i>Center Of Technology</i> Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.....	53
Tabel 15: Hasil Penilaian Sistem Proteksi Aktif Gedung COT FT-UH.....	54
Tabel 16: Hasil Penilaian Sistem Proteksi Pasif Seluruh Bangunan gedung <i>Center Of</i> <i>Technology</i> Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin .....	58
Tabel 17: Waktu Tunggu Elevator.....	65
Tabel 18: Hasil Perhitungan Sistem Elevator.....	72
Tabel 19: Data Ruangan <i>Ground Floor</i> .....	71
Tabel 20: Data Ruangan <i>First Floor</i> .....	73
Tabel 21: Data Ruangan <i>Second Floor</i> .....	77
Tabel 22: Data Ruangan <i>Third Floor</i> .....	81
Tabel 23: Daftar Bahan, Struktur dan Konduktifitas Thermal Dinding Asbes .....	88
Tabel 24: Daftar Bahan, Struktur dan Konduktifitas Thermal Dinding Tembok.....	88
Tabel 25: Daftar Bahan, Struktur dan Konduktifitas Thermal Dinding Kaca.....	88



Tabel 26: Faktor Penggunaan Peralatan (Fn) .....	94
Tabel 27: Faktor Ballast (Fb) .....	95
Tabel 28: Jenis Lampu.....	95
Tabel 29: Jenis Peralatan pada Ruangan .....	95
Tabel 30: Aktivitas manusia .....	96
Tabel 31: Beban kalor pada <i>ground floor</i> .....	98
Tabel 32: Beban kalor pada <i>first floor</i> .....	99
Tabel 33: Beban kalor pada <i>second floor</i> .....	100
Tabel 34: Beban kalor pada <i>third floor</i> .....	101
Tabel 35: Beban Kalor pada Koridor .....	102
Tabel 36: Total Beban Pendingin Gedung .....	103
Tabel 37: Perbandingan total kapasitas pendinginan <i>Air Conditioner</i> (AC) dengan total beban pendinginan pada <i>Ground Floor</i> .....	104
Tabel 38: Perbandingan total kapasitas pendinginan <i>Air Conditioner</i> (AC) dengan total beban pendinginan pada <i>First Floor</i> .....	105
Tabel 39: Perbandingan total kapasitas pendinginan <i>Air Conditioner</i> (AC) dengan total beban pendinginan pada <i>Second Floor</i> .....	106
Tabel 40: Perbandingan total kapasitas pendinginan <i>Air Conditioner</i> (AC) dengan total beban pendinginan pada <i>Third Floor</i> .....	108
Tabel 41: Luasan lantai gedung <i>Center of Technology</i> .....	110
Tabel 42: Matriks Kelayakan Bangunan ( <i>Eligibility</i> ) .....	112
Tabel 43: Perolehan Poin Kategori Tepat Guna Lahan (ASD) pada Gedung .....	113
Tabel 44: Ringkasan Perolehan Poin Efisiensi dan Obervasi Energi (EEC).....	116
Tabel 45: Ringkasan Perolehan Poin Konservasi Air (WAC) .....	118
Tabel 46: Ringkasan Perolehan Poin Sumber Siklus Material (MRC) .....	120
Tabel 47: Ringkasan Perolehan Poin Kualitas Udara Dan Kenyamanan (IHC) .....	123
Tabel 48: Ringkasan Perolehan Poin Manajemen Lingkungan Bangunan (BEM) .....	126
Tabel 49: Total Nilai Hasil Penilaian Bangunan Hijau Gedung COT FT-UH.....	129



### DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

No.	Simbol	Keterangan	Satuan
1.	$Q_d$	Jumlah kebutuhan air/hari	$m^3/\text{hari}$
2.	$Q_s$	Kapasitas pipa pinas	$m^3/\text{jam}$
3.	T	Rata-rata pemakaian sehari	jam/hari
4.	$V_R$	Volume tangki air	$m^3$
5.	$V_E$	Kapasitas tangki atas	Liter
6.	$Q_P$	Kebutuhan puncak	L/menit
7.	$Q_{PU}$	Kapasista pompa pengisi	L/menit
8.	$T_{PU}$	Jangka waktu kerja pompa pengisi	Menit
9.	$T_P$	Jangka waktu kebutuhan	Menit
10.	$Q_h$	Pemakaian air rata-rata	$m^3/\text{jam}$
11.	$Q_m$	Pemakaian air	L/menit
12.	I	Waktu	Detik
13.	RT	Waktu perjalanan bolak-balik	Detik
14.	N	Jumlah elevator dalam gedung	Buah
15.	h	Tinggi lantai ke lantai	m
16.	m	Kapasitas elevator	orang
17.	s	Kecapatan elevator	m/s
18.	$a'$	Luas netto per orang	$m^2$
19.	$\dot{q}$	Beban kalor	Watt
	A	Luas permukaan benda yang tega lurus arah kalor	$m^2$



21.	$T_0$	Temperatur udara luar	K
22.	$T_{RM}$	Temperatur udara dalam ruang	K
23.	$R_{total}$	Tahanan termal dinding	K/W
24.	U	Koefisien perpindahan kalor total	W/ m <sup>2</sup> .K
25.	SHFG	Faktor perolehan kalor matahari maksimum	W/ m <sup>2</sup>
26.	CLF	<i>Cooling Load Factor</i>	-
27.	SC	Koefisien Peneduh	-
28.	$\dot{q}_{sensibel}$	Beban kalor sensibel	Watt
29.	$\dot{q}_{laten}$	Beban kalor laten	Watt
30.	Q	Laju aliran volumetric udara luar	L/detik
32.	V	Volume ruangan	m <sup>3</sup>
33.	N	Jumlah pergantian udara	-
34.	$v$	Kecepatan angin	m/s
35.	n	Jumlah lampu/manusia/peralatan elektronik	-
36.	D	Daya Lampu	Watt
37.	$F_n$	Faktor penggunaan lampu	-
38.	$F_b$	Faktor ballast	-
39.	$D_o$	Daya sensible perorangan	Watt
40.	CLTD	<i>Cooling Load Temperature Difference</i>	K
41.	$\phi$	Kelembaban relative	%
42.	$P_a$	Tekanan udara kering	kPa
	$P_s$	Tekanan uap air	kPa



44.	Pt	Tekanan udara atmosfer	kPa
45.	Twb	Temperatur bola basah	°C
46.	Tdb	Temperatur bola kering	°C
47.	ASD	<i>Appropriate Site Development</i>	-
48.	EEC	<i>Energy Efficiency and Conservation</i>	-
49.	WAC	<i>Water Conservation</i>	-
50.	MRC	<i>Material Resources and Cycle</i>	-
51.	HCI	<i>Indoor Health and Comfort</i>	-
52.	BEM	<i>Building Environment Manajement</i>	-



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Hambatan termal dari satuan luas permukaan bahan bangunan .....	136
Lampiran B. Faktor beban pendinginan dari penerangan (CLF).....	138
Lampiran C. Faktor-faktor beban pendingin kalor-sensibel dari orang (CLF) .....	138
Lampiran D. Faktor perolehan kalor matahari (SHGF) untuk kaca .....	139
Lampiran E. Koefisien Peneduhan (SC) .....	139
Lampiran F. Faktor-faktor beban pendinginan untuk kaca dengan peneduh dalam (CLF) .....	140
Lampiran G. Beda suhu beban-pendinginan (CLTD) untuk atap .....	140
Lampiran H. Beda suhu untuk beban-pendinginan (CLTD) untuk dinding.....	141
Lampiran I. Sifat-sifat cairan dan uap jenuh .....	142
Lampiran J. Sifat-sifat termodinamika udara jenuh pada tekanan atmosfir .....	143
Lampiran K. Penentuan Daftar Simak.....	144





## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi, dengan judul: “Analisis Kinerja Bangunan Gedung *Center Of Technology* (COT) Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin ” yang mana merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Selama proses pengerjaan skripsi ini penulis menerima begitu banyak bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kepada kedua orang tua penulis, Bapak Alm. Yusuf Kenang dan Ibu Martha yang selalu mendampingi, memberikan motivasi, dan selalu mendoakan penulis dalam setiap langkah penulis dalam menyelesaikan studi ini.
2. Kepada Prof. Dr. Eng. Jalauddin ST.,MT selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta seluruh staff Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuan dan kemudahan yang diberikan.
3. Kepada Prof. Dr. Eng. Ir Andi Erwin Eka Putra, ST.,MT selaku pembimbing pertama yang telah memberikan kritik saran serta arahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Kepada Dr. Eng. Novriany Amaliyah, ST., MT selaku pembimbing kedua atas segala bimbingan dan arahan serta masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Kepada Prof. Dr-Eng., Ir., Wahyu Haryadi Piarah, MSME selaku penguji yang telah memberikan masukan dan pengarahan guna penyempurnaan skripsi ini.
6. Kepada Prof. Dr. Ir., Zuryati Djafar, MT selaku penguji yang telah memberikan masukan dan pengarahan guna penyempurnaan skripsi ini.
7. Kepada kakak-kakak/saudara kandung penulis yang selalu meluangkan waktu untuk mendengarkan cerita keluh dan kesah penulis selama ini, terima kasih atas segala motivasi yang telah diberikan kepada penulis.



8. Kepada pengawai gedung *Center Of Technology* (COT) Fakultas Teknik Universitas Hasannuddin terima kasih atas segala kemudahan yang telah diberikan kepada saya agar saya dapat melakukan penelitian ini dengan baik tanpa kendala apapun.
9. Kepada teman-teman angkatan saya “**ZTATOR 2020**” terima kasih telah menemani penulis dalam suka maupun duka. Terima kasih atas solidaritas dan loyalitas yang ada sampai saat ini.



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Fenomena pemanasan global (*Global Warming*) dan isu-isu kerusakan lingkungan yang beraneka ragam semakin marak dikaji dan dipelajari. Salah satu efek dari global warming adalah peningkatan suhu rata-rata harian yaitu setidaknya 0,74 °C per tahun selama 2 *decade* terakhir dengan dampak yang paling terasa di daratan. Selain itu, krisis energi juga menjadi topik yang menarik perhatian mengingat kondisi persediaan energi tak terbarukan yang semakin lama semakin menipis. Berdasarkan data dari *World Green Building Council*, di seluruh dunia bangunan gedung setidaknya menyumbang 33% emisi CO<sub>2</sub>, mengkonsumsi 17% air bersih, 25% produk kayu, 30-40% penggunaan bahan mentah, dan 40-50% penggunaan energi untuk pembangunan operasionalnya (Sentagi et al, 2018).

Bangunan hijau merupakan bangunan yang dimana sejak awal mulai dalam tahap perencanaan, pembangunan, pengoperasian hingga dalam operasionalnya pemeliharannya memperlihatkan aspek-aspek dalam melindungi, menghemat, mengurangi penggunaan sumber daya alam, menjaga kualitas mutu udara di ruangan, dan memprioritaskan kesehatan penghuninya yang semuanya berpegang pada kaidah pembangunan yang berkelanjutan (*Green Building Council Indonesia*, 2012).

Masalah yang biasanya dihadapi dalam proses perancangan bangunan di antaranya adalah bahwa proses perancangan hanya melihat kebutuhan fungsi bangunan dan ruang serta jaringan utilitas dengan penekanan biaya konstruksi yang serendah mungkin. Sementara itu prinsip bangunan ramah lingkungan sangat jarang diterapkan dalam proses perancangan (Tanubrata & Gunawan, 2017).

Akibatnya muncul dampak lingkungan yang ditimbulkan dari bangunan seperti konsumsi energi yang tinggi dan mengakibatkan biaya operasional bangunan yang tinggi pula (Jamaludin et al., 2019). Sehingga perlu adanya pendekatan perencanaan bangunan yang dapat menekan konsumsi energi serta evaluasi perancangan

kan kriteria bangunan hijau (Permana & Arsandrie, 2021).



Utilitas bangunan didefinisikan sebagai suatu kelengkapan fasilitas yang digunakan untuk menunjang tercapainya unsur-unsur kenyamanan, kesehatan, keselamatan, kemudahan komunikasi, dan mobilitas dalam pembangunan (Fahirah, 2010). Perancangan bangunan harus selalu memperhatikan dan menyertakan fasilitas utilitas yang dikoordinasikan dengan perancangan lain (struktur, arsitektur, interior dan lain-lainnya) termasuk pada bangunan *Center of Technology* (COT) Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Gedung *Center of Technology* (COT) merupakan salah satu bangunan penting di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Gedung ini dirancang untuk menjadi pusat kegiatan dan inovasi teknologi di lingkungan kampus Universitas Hasanuddin. Namun, setelah beberapa tahun beroperasi, diperlukan sebuah analisis kinerja bangunan untuk mengevaluasi sejauh mana keberhasilan dan efektivitas penggunaan gedung ini. Berbagai aspek akan dianalisis, termasuk fungsi ruang, penggunaan energi, keamanan, dan kenyamanan pengguna. Selain untuk mengevaluasi kinerja bangunan ini, analisis yang dilakukan memiliki tujuan lain yaitu guna meminimalisir dampak dari bencana kebakaran dengan cara memperhitungkan sistem maupun jumlah dari alat pemadam kebakaran sesuai dengan takaran yang dibutuhkan pada Gedung *Center of Technology* (COT). Maka dari latar belakang inilah yang mendasari penulis melakukan penelitian dengan judul “**Analisis Kinerja Bangunan Gedung *Center Of Technology* (COT) Fakultas Teknik Universitas Hasannuddin**”

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun beberapa rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanan sistem utilitas bangunan gedung *Center of Technology* (COT) Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dapat dioptimalkan untuk mengurangi konsumsi energi dan menjaga kualitas udara?
2. Bagaimana konsep penerapan bangunan hijau pada gedung *Center of Technology* (COT) Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin?



### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis kondisi sistem utilitas bangunan gedung di *Center of Technology* (COT) Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin agar dioptimalkan untuk mengurangi konsumsi energi dan menjaga kualitas udara.
2. Untuk menganalisis konsep penerapan bangunan hijau pada gedung *Center of Technology* (COT) Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi Mahasiswa
  - a. Sebagai persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana di Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
  - b. Sebagai bahan referensi untuk memberikan gambaran mengenai sistem kinerja bangunan Gedung *Center of Technology* (COT) Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bagi Akademik
  - a. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya dilingkup Departemen Teknik Mesin
  - b. Merupakan pustaka tambahan untuk menunjang proses perkuliahan.



### 1.5 Batasan Masalah

Untuk memudahkan pelaksanaan penelitian sehingga tujuan dari penelitian dapat dicapai perlu adanya batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengambilan data dimulai pada pukul 07.00 sampai pukul 18.00 WITA.
2. Pengambilan data pada dilakukan pada lingkup dan ruangan yang diizinkan oleh pengelola gedung *Center of Technology* (COT) Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Pengambilan data meliputi sistem utilitas bangunan gedung *Center of Technology* (COT) Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Pengambilan data sistem utilitas bangunan gedung meliputi sistem plambing, sistem proteksi kebakaran, sistem pencahayaan, sistem elevator, dan sistem pengkondisian udara.
5. Pengambilan data sistem plambing meliputi sistem penyediaan air bersih, perhitungan kapasitas tangki air, dan penentuan laju aliran air.
6. Pengambilan data sistem proteksi kebakaran meliputi data jumlah alat proteksi kebakaran, sarana jalan keluar, pemeriksaan sistem proteksi kebakaran, pemeliharaan sistem proteksi kabakaran.
7. Pengambilan daya sistem pencahayaan meliputi nilai tingkat pencahayaan alami kondisi eksisting pada gedung *Center of Technology* (COT) Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Pengambilan data sistem elevator meliputi jumlah kebutuhan elevator, beban puncak elevator, waktu perjalanan bolak-balik elevator, waktu tunggu elevator dan system perawatan elevator pada gedung.
9. Perhitungan pada sistem pengkondisian udara yang hitung meliputi beban kalor infiltrasi, internal, transmisi dan radiasi pada gedung.
10. Penentuan penerapan bangunan hijau pada gedung mengacu pada *GreenShip New Building* Versi 1.2.



## BAB 2 LANDASAN TEORI

### 2.1 Definisi Kinerja Bangunan

Bangunan merupakan bagian dari bidang infrastruktur yang berkaitan dengan perumahan dan sarana umum. Kinerja sistem bangunan meliputi kinerja pada komponen perumahan, kualitas sarana umum, *inklusivitas* dan keberlanjutan. Bangunan merupakan komponen penting dalam perkembangan kota. Menciptakan bangunan yang layak huni dan dapat diakses oleh seluruh masyarakat menjadi tolak ukur kinerja infrastruktur yang berkualitas. Dalam komponen bangunan, terdapat sub-komponen akses terhadap hunian layak dan kualitas bangunan. Akses terhadap hunian layak meliputi persentase masyarakat yang memiliki akses terhadap hunian layak, persentase populasi yang tinggal di daerah rawan bencana. Sementara itu, sub komponen kualitas bangunan meliputi persentase kawasan kumuh, bangunan layak huni, persentase bangunan yang dilengkapi sarana prasarana, dan jumlah bangunan sehat. Kualitas bangunan tidak hanya ditinjau dari jumlah bangunan yang tersedia, namun lebih kepada keterjangkauan masyarakat untuk mengakses bangunan dan kualitas bangunan maupun lingkungan perumahan. (Ardinugroho et al., 2019).

### 2.2 Indikator Kinerja Bangunan

Di Indonesia ketentuan yang mengatur tentang Bangunan Gedung diatur dalam beberapa peraturan perundang-undangan sebagai berikut:

1. Undang-Undang RI Nomor 28 Tahun 2002 mengatur tentang Bangunan Gedung (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2002 Nomor 134 Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia No.4274).
2. Permen PU Nomor 24/PRT/M/2008 mengatur Tentang Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung.
3. Permen PU Nomor 45/PRT/M/2007 mengatur Tentang Pedoman Teknis Pembangunan Bangunan Gedung Negara.
4. Permen PU Nomor 05/PRT/M/2007 mengatur tentang Pedoman Teknis Rumah Sederhana Bertingkat Tinggi.

Permen PU Nomor 30/PRT/M/2006 mengatur Tentang Pedoman Teknis Fasilitas



dan Aksesibilitas Pada Bangunan Gedung dan Lingkungan, Permen PU Nomor 29/PRT/M/2006 mengatur Tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung.

6. Permen PUPR RI Nomor 27/PRT/M/2018 mengatur Tentang Sertifikat Laik Fungsi Bangunan Gedung.

Dalam mengukur kinerja infrastruktur gedung, terdapat banyak indikator yang bisa digunakan dari berbagai studi literatur. Namun pada penelitian ini hanya menggunakan Permen PUPR RI No.27/PRT/M/2018 karena peraturan ini adalah peraturan terbaru yang dikeluarkan oleh Kementerian PUPR sebagai satu pedoman dalam mengatur kinerja bangunan gedung. Di antara sub indikator yang akan digunakan dipastikan terdapat sub indikator yang hampir sama, jika terdapat hal yang demikian maka akan diringkas menjadi satu sub indikator yang dianggap mewakili. Dengan mempertimbangkan penelitian sebelumnya, maka pada bagian ini diuraikan mengenai indikator dan sub indikator yang relevan untuk diterapkan di Indonesia seperti yang terlihat pada tabel 1:





Tabel 1. Indikator Kinerja Gedung di Indonesia

No.	Indikator	Sub Indikator	Sumber
1	Peruntukan bangunan Gedung	Kesesuaian fungsi bangunan Gedung dengan peruntukan dalam rencana tata ruang wilayah atau rencana tata bangunan dan lingkungan.	Permen PUPR RI Nomor: 27/PRT/M/2018
2	Intensitas bangunan Gedung	Kepadatan bangunan Gedung	Permen PUPR RI Nomor: 27/PRT/M/2018
		Ketinggian bangunan Gedung	
		Jarak bebas bangunan Gedung	
3	Arsitektur bangunan Gedung	Penampilan bangunan Gedung	Permen PUPR RI Nomor: 27/PRT/M/2018
		Tata ruang dalam	
		Keseimbangan Kecerahan	
		Keselarasan bangunan gedung dengan lingkungannya	
4	Pengendalian dampak lingkungan	Izin lingkungan untuk bangunan Gedung sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan	Permen PUPR RI Nomor: 27/PRT/M/2018
5	Keselamatan	Struktur bangunan Gedung	Permen PUPR RI Nomor: 27/PRT/M/2018
		Proteksi bahaya kebakaran	
		Penangkal petir	
		Keamanan dan keandalan instalasi listrik untuk bangunan gedung yang dilengkapi instalasi listrik	
		Pengamanan bencana gedung kepentingan umum	
6	Kesehatan	Sistem penghawaan Permen	PUPR RI Nomor: 27/PRT/M/2018
		Sistem air bersih	



No	Indikator	Sub Indikator	Sumber
		Sistem pembuangan air kotor dan/atau air limbah.	
		Sistem pembuangan kotoran dan sampah	
		Sistem penyaluran air hujan	
		Sistem pembuangan kotoran	
		Sampah sistem penyaluran air hujan	
		Penggunaan bahan bangunan Gedung	
7	Kenyamanan	Kenyamanan ruang gerak	Permen PUPR RI Nomor: 27/PRT/M/2018
		Kenyamanan kondisi udara dalam ruang	
		Kenyamanan pandangan	
		Kenyamanan getaran dan kebisingan	
8	Kemudahan	Kemudahan hubungan ke, dari, dan di dalam bangunan gedung (sarana hubungan horisontal antar ruang/antar bangunan	Permen PUPR RI Nomor: 27/PRT/M/2018
		Sarana hubungan vertikal antar lantai dalam bangunan gedung dan sarana evakuasi)	
		Kelengkapan prasarana dan sarana pemanfaatan bangunan Gedung	



### 2.3 Sistem Utilitas Bangunan

Utilitas bangunan gedung merupakan suatu kelengkapan konstruksi bangunan yang ditujukan untuk mendukung aktifitas penghuni di dalamnya hingga penghuni dapat merasa nyaman dan aman. Untuk merancang sebuah sistem utilitas yang baik pada bangunan, pada awalnya kita harus mengetahui jenis bangunan yang akan dibuat, bangunan dikelompokkan menjadi bangunan bertingkat rendah (*low rise building*), adalah bangunan dengan ketinggian 2-4 lantai, bangunan bertingkat sedang (*medium rise building*) adalah bangunan dengan ketinggian antara 5 – 8 lantai dan bangunan bertingkat tinggi (*high rise building*) adalah bangunan dengan ketinggian lebih dari 8 lantai (Zuhri, 2011).

### 2.4 Jenis-Jenis Sistem Utilitas Bangunan

#### 2.4.1 Sistem Plambing

Plambing merupakan segala sesuatu yang berhubungan dengan instalasi pipa beserta peralatannya pada gedung atau gedung yang berdampingan dan bersangkutan dengan air hujan, air buangan, dan air minum, yang dihubungkan dengan sistem kota atau sistem lain. Plambing didefinisikan sebagai seni dan ilmu pemasangan pipa dan peralatan saniter. Fungsi pertama dari instalasi plambing adalah untuk menyediakan air bersih ke tempat-tempat yang dikehendaki dengan tekanan yang cukup. Fungsi keduanya adalah untuk menyalurkan air bekas pakai (air kotor) dari peralatan saniter ke tempat yang ditentukan agar tidak mencemari bagian-bagian penting gedung atau lingkungannya (Simangunsong dan Daryanto, 2003).

##### 2.4.1.1 Sistem Penyediaan Air Bersih

Sistem penyediaan air bersih dikelompokkan menjadi beberapa jenis, yaitu sistem sambungan langsung, sistem tangki atap, dan sistem tangka tekan. Pada gedung *Center of Technology* Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin di gunakan sistem tangka atap. Sistem tangki atap bekerja dengan menampung terlebih dahulu air yang akan disalurkan dalam reservoir bawah untuk dipompakan menuju tangki atas dan terinstalasi di lantai teratas bangunan (Morimura & Noerbambang, 1993).



### 2.4.1.2 Perhitungan Kapasitas Tangki Air

Perhitungan kapasitas tangki air disesuaikan dengan metode yang tertera pada buku Perencanaan dan Pemeliharaan sistem Plambing. Perhitungan kapasitas tangki air mencakup kapasitas tangki air bawah dan kapasitas tangki air atas (Noerbambang & Morimura, 1993).

#### 1. Kapasitas tangki bawah

Tangki bawah untuk bangunan gedung sebaiknya diletakkan diatas tanah dengan ketinggian antara 45 hingga 60 cm. Rumus penghubung antara kapasitas tangki bawah dengan kapasitas pipa dinas:

$$Qd = Qs \cdot T$$

Persamaan 1: Kapasitas Tangki Bawah

Dimana:

$Qd$  = Jumlah kebutuhan air per hari ( $m^3$ /hari)

$Qs$  = Kapasitas pipa dinas ( $m^3$ /jam)

$T$  = Rata-rata pemakaian sehari (jam/hari)

Kapasitas tangki air yang digunakan dapat dihitung dengan rumus:

$$VR = Qd - Qs \cdot T$$

Persamaan 2: Kapasitas Tangki Air

Dimana:

$VR$  = volume tangki air minum ( $m^3$ )

#### 2. Kapasitas tangki atap

Kapasitas tangki atap dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Q_{pu} \frac{Q_s}{60}$$

Persamaan 3: Kapasitas Tangki Atap

Dimana:

$Q_{pu}$  = Kapasitas pompa pengisi (liter/menit)

$Qs$  = Kapasitas pipa dinas ( $m^3$ /jam)



### 2.4.1.3 Penentuan Laju Aliran Air

$$Q_h = \frac{\text{Jumlah Kapasitas Tangki}}{\text{Lama Pemakaian Air}}$$

Persamaan 4: Penentuan Laju Aliran Air

Untuk mengatasi kebocoran, tambahan air untuk pemanas gedung dan penyiraman tanaman diperlukan penambahan sebesar 20% pada kebutuhan air total ( $Q_h$  total), sehingga:

$$Q_{h \text{ total}} = Q_h + Q_{\text{tambahan}} (20\% \times Q_h)$$

Persamaan 5: Kebutuhan Air Total

### 2.4.1.4 Volume Tangki Air

$$V_R = \{Q_d - (Q_s \times t) \times T\}$$

Persamaan 6: Volume Tangki Air

## 2.4.2 Sistem Proteksi Kebakaran

Sistem proteksi kebakaran pada bangunan gedung dan lingkungan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 26/PRT/M/2008 tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan adalah sistem yang terdiri atas peralatan, kelengkapan dan sarana, yang terpasang pada bangunan yang digunakan baik untuk tujuan sistem proteksi aktif, sistem proteksi pasif, maupun cara-cara pengelolaan dalam rangka melindungi bangunan dan lingkungannya terhadap bahaya kebakaran. Sistem proteksi kebakaran digunakan untuk mendeteksi dan memadamkan kebakaran sedini mungkin dengan menggunakan peralatan yang digerakkan secara manual dan otomatis.

### 2.4.2.1 Skala Likert

Skala *likert* adalah sebuah distribusi dan penentu nilai dari skala yang dipakai untuk penelitian yang dilakukan. Adapun skala *likert* yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada Badan Litbang Pekerjaan Umum tahun 2005 tentang Keselamatan kebakaran bangunan gedung pada SNI 1728-1989 .



### 2.4.2.2 Tingkat Penilaian Audit Kebakaran

Nilai kondisi komponen proteksi kebakaran bangunan dibagi dalam tiga tingkat, yaitu: BAIK="B" ; SEDANG atau CUKUP = "C" dan KURANG = "K" (*Ekuivalensi* nilai B adalah 100, C adalah 80 dan K adalah 60). Penilaian didasarkan pada kriteria atau pembatasan kondisi komponen bangunan.

### 2.4.2.3 Parameter Komponen Sistem Keselamatan Bangunan

Parameter komponen sistem keselamatan bangunan mengacu kepada Peraturan Badan Litbang Pekerjaan Umum, 2005 Tentang Pemeriksaan Keselamatan Kebakaran Bangunan Gedung.

#### 2.4.2.3.1 Penilaian Kelengkapan Tapak Keseluruhan Bangunan gedung COT FT-UH

Tabel 2. Penilaian Kelengkapan Tapak Keseluruhan Bangunan gedung COT FT-UH

No	Sub KSKB	Penilaian	Standar	Bobot (%)	Nilai Kondisi
I. Kelengkapan Tapak				25	
1	Sumber Air				
2	Jalan Lingkungan				
3	Jarak Antar Bangunan				
4	Hidran Halaman				
Jumlah					
Presentasi Kesesuaian					



### 2.4.2.3.2 Penilaian Sarana Penyelamatan Bangunan gedung COT FT-UH

Tabel 3. Sarana Penyelamatan Bangunan gedung COT FT-UH

No.	SUB KSKB	Penilaian	Standar	Bobot (%)	Nilai Kondisi
II. Sarana Penyelamatan				25	
1	Jalan Keluar				
2	Konstruksi Jalan Keluar				
Jumlah					
Presentase Kesesuaian					

### 2.4.2.3.3 Penilaian Sistem Proteksi Aktif Bangunan Gedung COT FT-UH

Tabel 4. Penilaian Sistem Proteksi Aktif Bangunan Gedung COT FT-UH

No	SUB KSKB	Penilaian	Standar	Bobot (%)	Nilai Kondisi
1	Deteksi alarm				
2	Siames connection				
3	Pemadam api ringan				
4	Hidran gedung				
5	Sprinkler				
6	Sistem pemadam luapan				
7	Pengendali asap				
8	Deteksi asap				
9	Pembuangan asap				
10	Lift kebakaran				
11	Cahaya darurat				
12	Listrik darurat				
13	Ruang pengendali Operasi				
Jumlah					
Persentase Kesesuaian					



#### 2.4.2.3.4 Penilaian Sarana Proteksi Pasif Gedung COT FT-UH

Tabel 5. Penilaian Sistem Proteksi Pasif Seluruh Bangunan COT FT-UH

No	SUB KSKB	Penilaian	Standar	Bobot (%)	Nilai Kondisi
IV. Sistem Proteksi Pasif					26
1	Ketahanan api dan struktur Bangunan	B	100	36	9.36
2	Kompartemenisasi ruangan	C	80	32	6.65
3	Perlindungan bukaan	B	100	32	8.32
Jumlah					24.33
Persentase kesesuaian					93,57

Pada tabel 2 sampai tabel 5 dimana kolom 1, berisi nomor penilaian. Kolom 2, berisi variabel komponen keselamatan bangunan. Kolom 3, menuliskan hasil penilaian. Berdasarkan pengamatan langsung. Penilaian berupa di sajikan dalam bentuk huruf B,C, atau K. Kolom 4, menuliskan penulisan dari kolom 3 yang disajikan dalam bentuk Angka. Kolom 5, menuliskan bobot KSKB (Komponen Sistem Keselamatan Bangunan) tiap komponen dan untuk nilai bobot Sub KSKB. Kolom 6, menuliskan nilai kondisi dengan persamaan :

$$\text{Nilai Kondisi} = \text{Hasil Penilaian} \times \left( \frac{\text{Sub KSKB}}{100} \right) \times \left( \frac{\text{KSKB}}{100} \right)$$

Persamaan 6: Nilai Kondisi Sistem Keselamatan Bangunan

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Penilaian Komponen Sistem Proteksi Kebakaran

No.	Komponen	Bobot (%)	Hasil Penilaian (%)
1	2	3	4

1. Kolom 1, berisi nomor penilaian.
2. Kolom 2, berisi komponen Sistem Proteksi kebakaran.
- 3, berisi bobot KSKB.
- 4, berisi nilai hasil penilaian.





### 2.4.3 Sistem Pencahayaan

Pencahayaan adalah proses, cara, perbuatan memberi cahaya. Pencahayaan juga didefinisikan sebagai sejumlah cahaya yang jatuh pada sebuah bidang permukaan. Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja, dengan bidang kerja yang dimaksud adalah sebuah bidang horisontal imajiner yang terletak setinggi 0,75 meter di atas lantai pada seluruh ruangan.

Pencahayaan memiliki satuan lux ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ), dimana  $\text{lm}$  adalah lumens dan  $\text{m}^2$  adalah satuan dari luas permukaan. Pencahayaan dapat mempengaruhi keadaan lingkungan sekitar. Pencahayaan yang baik menyebabkan manusia dapat melihat objek-objek yang dikerjakannya dengan jelas. Pencahayaan sebagai faktor persepsi sangat berpengaruh terhadap fungsi kognitif dan emosional. Informasi yang masuk 90% melalui visual. Mata menjadi organ yang penting dalam melakukan pekerjaan dan profesi oleh karena itu memerlukan pencahayaan yang tepat (Hiromi, dkk. 2018).

#### 2.4.3.1 Sumber Pencahayaan

##### A. Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami adalah sumber pencahayaan yang berasal dari sinar matahari. Sinar alami mempunyai banyak keuntungan, selain menghemat energi listrik juga dapat membunuh kuman. Untuk mendapatkan pencahayaan alami pada suatu ruang diperlukan jendela-jendela yang besar ataupun dinding kaca sekurang-kurangnya  $1/6$  dari pada luas lantai.

Pencahayaan alami dalam sebuah bangunan akan mengurangi penggunaan cahaya buatan, sehingga dapat menghemat konsumsi energi dan mengurangi tingkat polusi. Tujuan digunakannya pencahayaan alami yaitu untuk menghasilkan cahaya berkualitas yang efisien serta meminimalkan silau dan berlebihnya rasio tingkat terang. Selain itu cahaya alami dalam sebuah bangunan juga dapat memberikan suasana yang lebih menyenangkan dan membawa efek lainnya dalam psikologi manusia (Norbert Lechner, 2001).



Iuminasi sering di sebut juga intesitas penerangan atau kekuatan penerangan atau dalam Badan Standar Nasional (BSN) sering di sebut Tingkat Pencahayaan pada suatu bidang adalah fluks cahaya yang menyinari permukaan suatu bidang (Meijs, 2002).

#### B. Pencahayaan Buatan

Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang berasal dari sumber cahaya selain cahaya alami, contohnya lampu listrik, lampu minyak tanah, lampu gas, dan lain-lain (Dewi, dkk. 2011).

Pencahayaan buatan diperlukan ketika, matahari terbenam, cuaca mendung, dan beberapa tempat yang tidak dapat dijangkau oleh cahaya alami untuk mendapatkan cahaya yang merata.

Pencahayaan buatan juga memiliki beberapa keuntungan dan kekurangan(Melia Oktiva, 2018) yaitu :

- a. Dapat menghasilkan pencahayaan yang merata.
- b. Dapat menghasilkan pencahayaan khusus sesuai yang diinginkan.
- c. Dapat menerangi semua daerah pada ruangan yang tidak terjangkau oleh sinar matahari.
- d. Memerlukan energi listrik sehingga menambah biaya yang dikeluarkan.
- e. Tidak dapat digunakan selamanya karena lampu dapat rusak.

#### 2.4.3.2 Kenyamanan Visual

Kenyamanan visual adalah kebutuhan akan tingkat penerangan yang baik di di dalam suatu ruangan. Pencahayaan yang baik, merupakan pencahayaan yang dapat memenuhi kebutuhan akan penggunaanya, terkait dengan jenis kegiatan yang dilakukan di dalam ruang tersebut (Soegijanto, 1998). Untuk mencapai kenyamanan visual dalam suatu ruangan, diperlukan pengaturan terhadap intensitas cahaya yang masuk. Berdasarkan SNI 03-6197- 2000 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan.



Tabel 7. Tingkat pencahayaan rata-rata, renderansi dan temperatur warna yang direkomendasikan

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok Rendasi Warna	Temperatur Warna		
			Warm White <3300 K	Cool White 3300 K – 5300 K	Daylight >5300 K
<b>Rumah Tinggal:</b>					
Teras	60	1 atau 2	•	•	
Ruang tamu	120-150	1 atau 2		•	
Ruang makan	120-150	1 atau 2	•		
Ruang kerja	120-150	1		•	•
Kamar tidur	120-250	1 atau 2	•	•	
Kamar mandi	250	1 atau 2		•	•
Dapur	250	1 atau 2	•	•	
Garasi	60	3 atau 4		•	•
<b>Perkantoran:</b>					
Ruang direktur	350	1 atau 2		•	•
Ruang kerja	350	1 atau 2		•	•
Ruang komputer	350	1 atau 2		•	•
Ruang rapat	300	1	•	•	
Ruang gambar	750	1 atau 2		•	•
Gudang arsip	150	1 atau 2		•	•
Ruang arsip aktif	300	1 atau 2		•	•
<b>Lembaga Pendidikan:</b>					
Ruang kelas	250	1 atau 2		•	•
Perpustakaan	300	1 atau 2		•	•
Laboratorium	500	1		•	•
Ruang gambar	750	1		•	•
Kantin	200	1	•	•	
<b>Hotel dan Restoran:</b>					
Lobi koridor	100	1	•	•	
Ruang serba guna	200	1	•	•	
Ruang makan	250	1	•	•	
Kafetaria	200	1	•	•	
Kamar tidur	150	1 atau 2	•		
Dapur	300	1	•	•	



#### 2.4.4 Sistem Elevator

Elevator merupakan angkutan transportasi vertikal dalam bangunan bertingkat yang digunakan untuk mengangkut penghuni gedung atau barang. Elevator umumnya digunakan pada gedung-gedung bertingkat seperti pada Gedung *Center of Technology* Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Layanan elevator dalam Gedung yang memadai penting untuk menjaga kelancaran pergerakan dalam suatu gedung.

Transportasi vertikal digunakan untuk mengangkut benda dari bawah ke atas, atau merupakan suatu metode transportasi yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan penghuni guna menunjang aktivitas pada gedung bertingkat. Transportasi vertikal meliputi elevator (elevator), eskalator, ramp, tangga, elevator barang (*Dumb waiter*) dan traktor (*conveyor*).

Elevator adalah suatu metode transportasi yang mengangkut barang atau penumpang dari satu lantai ke lantai lain. Untuk itu dibutuhkan suatu moda transportasi (Samsudin, 2013).

Jumlah elevator yang cukup untuk transportasi vertikal merupakan faktor penting karena mempengaruhi kualitas pelayanan gedung, sehingga diperlukan manajemen pemeliharaan yang dapat mengatur kinerja elevator (Frick and Setiawan, 2002).

Dapat mengelola pemeliharaan kinerja elevator bisa jadi manajemen pemeliharaan elevator yang baik meliputi pemeliharaan rutin, pemeriksaan komponen, penggantian komponen yang perlu diganti, dan perkiraan biaya pemeliharaan yang perlu dikeluarkan administrator gedung setiap tahunnya. (Afifahet al., 2017)



#### 2.4.4.1 Parameter Kebutuhan Elevator

Perencanaan kebutuhan elevator membutuhkan perhitungan yang tepat yang sesuai dengan standar yang digunakan agar pelayanan elevator dalam Gedung dapat dioptimalkan dengan baik. Menurut Balqin (2008) parameter yang digunakan untuk menentukan jumlah kebutuhan elevator pada suatu gedung sebagai berikut:

Tabel 8. Beban Puncak Gedung

No.	Jenis Gedung	Beban Puncak
1	Perkantoran	4% dari jumlah penghuni gedung
2	Apartemen	3% dari jumlah penghuni gedung
3	Perhotelan	5% dari jumlah penghuni gedung
4	Rumah Sakit	5% dari jumlah penghuni gedung

Tabel 9. Kepadatan Pengguna

No.	Jenis Gedung	Kepadatan Pengguna
1	Perkantoran	4m <sup>2</sup> /Orang
2	Apartemen	3m <sup>2</sup> /Orang
3	Perhotelan	5m <sup>2</sup> /Orang
4	Rumah Sakit	5m <sup>2</sup> /Orang

Perhitungan penghuni gedung dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Jumlah Penghuni} = \frac{\text{Luas bangunan}}{\text{Luas netto per orang}}$$

Persamaan 7: Jumlah Kebutuhan Elevator

Saat menghitung luas bersih per kapita dari sebuah gedung perkantoran, data teknis yang digunakan untuk memperkirakan jumlah orang yang ditempati oleh gedung tersebut adalah 4 meter persegi per orang (Poerbo, 1992).

#### 2.4.4.2 Beban Puncak Elevator

Menurut Poerbo untuk menghitung beban puncak perkantoran dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P = 4\% \times \text{Jumlah Penghuni}$$

Persamaan 8. Beban Puncak Elevator



### 2.4.4.3 Waktu Tunggu Elevator

Waktu tunggu maksimal yang diukur dalam detik, antara pemanggil elevator saat menekan tombol dari lantai dasar/lobby sampai datangnya elevator dan pintu terbuka. Waktu tunggu yang disyaratkan untuk gedung perkantoran adalah 25-45 detik.

$$I = \frac{RT}{N}$$

Persamaan 9. Waktu Tunggu Elevator

Dimana:

I = Waktu

RT = Waktu perjalanan bolak-balik (detik)

N = Jumlah Elevator dalam gedung

### 2.4.4.4 Waktu Perjalanan Bolak-Balik

Waktu yang diperlukan elevator berjalan dari lantai terbawah hingga teratas, termasuk waktu berhenti, penumpang keluar masuk elevator, dan pintu membuka dan menutup disetiap lantai tingkat, dengan kapasitas “m” orang.

$$T = \frac{(2h + 4s)(n - 1) + s(3m + 4)}{s}$$

Persamaan 10. Waktu Perjalanan Bolak-Balik

### 2.4.4.5 Kapasitas Elevator

Penentuan kapasitas elevator harus direncanakan dengan mempertimbangkan kondisi waktu saat beban puncak terjadi. Untuk gedung kecil ~ menengah, kapasitas passanger  $\geq 15$  penumpang load capacity of 1000 kg). Untuk gedung tinggi/hotel, kapasitas passanger  $\geq 24$  penumpang (load capacity of 1600 kg). Pintu lift sebaiknya didesain terbuka dari tengah dan ukuran lebar ruang masuk disarankan selebar mungkin dengan tetap mempertimbangkan ukuran dimensi kedalaman ruang elevator.



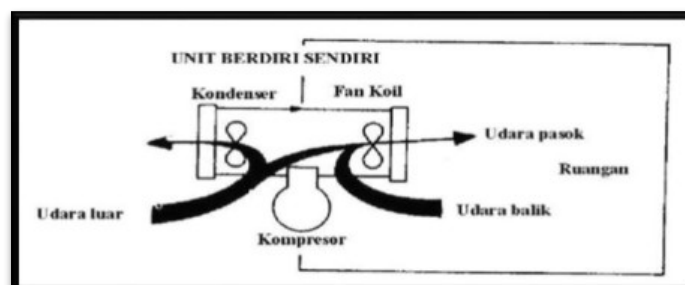
### 2.4.5 Sistem Pengkondisian Udara

Kebanyakan unit pengkondisian udara digunakan untuk kenyamanan yaitu untuk menciptakan kondisi udara yang nyaman bagi orang yang berada di dalam suatu ruangan. Sistem pendinginan di musim panas telah menjadi suatu kebutuhan pokok bagi bangunan besar di seluruh dunia, bahkan di wilayah yang suhu musim panasnya tidak terlalu tinggi, bangunan besar perlu didinginkan untuk menyerap kalor yang dikeluarkan oleh orang, lampu-lampu dan peralatan listrik lainnya.

Di dalam wilayah beriklim panas, sistem pendinginan menciptakan suasana kerja yang lebih efektif dibandingkan yang tidak menggunakannya. Pada bangunan besar biasanya digunakan sistem pengkondisian udara sentral. Sistem tersebut terdiri dari satu atau lebih mesin pendingin air (*water-chilling plants*) dan mesin pemanas air (secara tradisional berupa sebuah ketel) yang diletakkan di dalam suatu ruang mesin. Ruangan yang dikondisikan menggunakan satu atau lebih sistem saluran udara segar dan udara balik, dapat juga dalam bentuk aliran air panas atau dingin melalui pipa penukar kalor yang terdapat di dalam ruangan tersebut. (Stocker, 1989) Sistem pengkondisian udara, terdiri dari:

#### 1. Sistem Ekspansi Langsung (DX).

Pada sistem ini udara didinginkan secara langsung oleh koil pendingin dimana media di dalam koil pendingin adalah refrigeran. Sistem ini terdiri dari kipas udara, koil pendingin dan mesin refrigerasi yang berada di dalam satu kotak. Mesin refrigerasi yang ada didalamnya terdiri dari kondenser (jenis pendingin air atau udara) dan kompresor yang terpisah dari unit Fan Koil, tetapi dihubungkan dengan pipa refrigeran. (SNI 03-6527-2001)



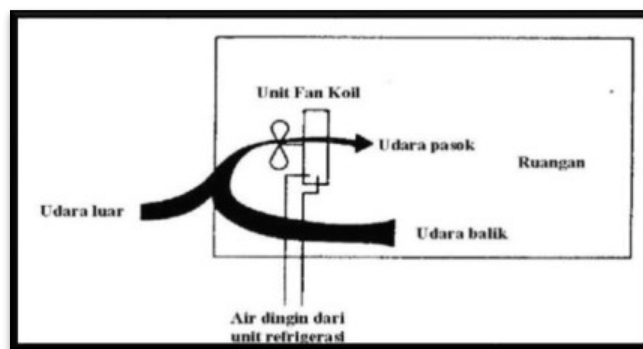
Gambar 1. Sistem Ekspansi Langsung

(Sumber : SNI 03-6572-2001)



## 2. Sistem Air Penuh.

Pada sistem air penuh, air sejuk (chilled water) dialirkan melalui unit Fan coil untuk pengkondisian udara. Udara yang diperlukan untuk ventilasi dimasukkan melalui celah celah pintu atau jendela, lubang masuk pada dinding dan dimasukkan ke dalam ruangan melalui saluran khusus(SNI 03-6527-2001 2001).

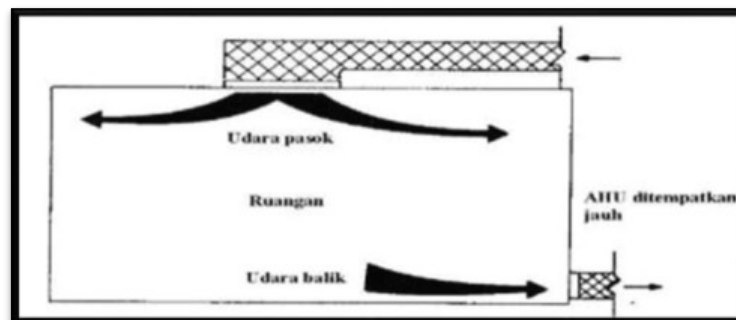


Gambar 2. Sistem Air Penuh

(Sumber : SNI 03-6572-2001)

## 3. Sistem Udara Penuh.

Campuran udara luar dan udara ruangan didinginkan dan dikurangi kadar uap airnya, kemudian dialirkan kembali ke dalam ruangan melalui saluran udara. Dalam keadaan di mana beban kalor dari beberapa ruangan yang akan dilayani berbeda, tidak mungkin mempertahankan udara ruangan pada suatu temperatur tertentu. Masalah tersebut dapat dipecahkan dengan melayani ruangan dengan kondisi yang sama oleh satu alat pengkondisian udara. (SNI, 2001)



Gambar 3. Sistem Udara Penuh

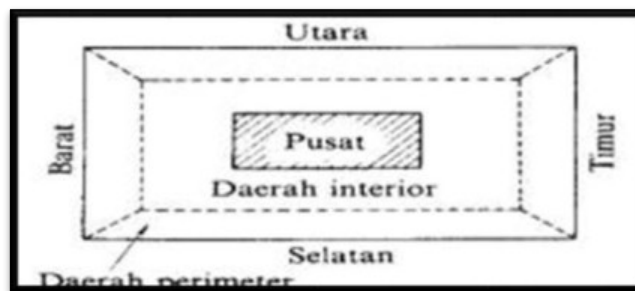
(Sumber : SNI 03-6572-2001)





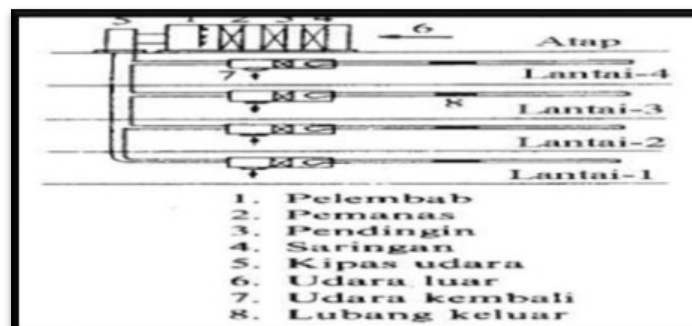
Pada gambar 3 ditunjukkan suatu alat pengkondisian udara dimana ruangan dibagi menjadi 2 daerah yaitu:

- a) Daerah luar, atau daerah pinggir atau daerah perimeter. Daerah ini meliputi ruangan yang menghadap ke dinding luar gedung.
- b) Daerah interior, meliputi ruangan yang dikelilingi oleh daerah luar. Masing-masing daerah dilayani oleh alat pengkondisian udara yang terpisah. Sistem pembagian daerah ini disebut Zoning.



Gambar 4: Pembagian Daerah  
(Sumber : SNI 03-6572-2001)

Pada gambar 4 dapat dilihat jenis zoning lainnya berdasarkan tingkat lantai. Dalam hal tersebut, gedung bertingkat diatur sedemikian rupa sehingga zoning dilakukan berdasarkan tingkat lantai yang berada pada tingkat kondisi dan beban kalor yang berbeda. Maka setiap lantai dilayani oleh alat pengkondisian udara yang terpisah satu sama lain. Pada sistem unit tingkat lantai, udara luar masuk ke dalam alat pengkondisian udara sentral melalui saluran udara yang sama; tetapi udara ruangan dapat masuk kembali langsung ke dalam alat pengkondisian udara masing-masing lantai pada gambar 5 (SNI 03-6527-2001).

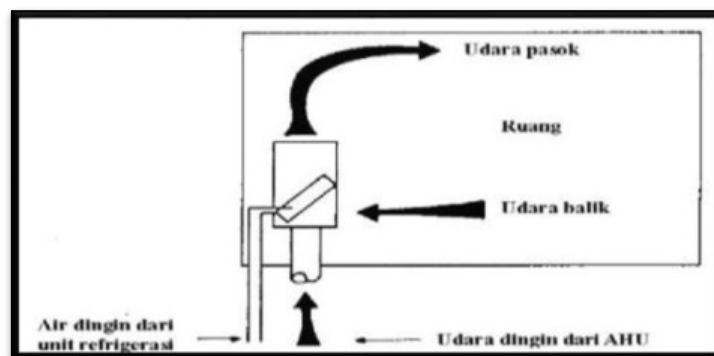


Gambar 5: Sistem Unit Setiap Tingkat  
(Sumber : SNI 03-6572-2001)



#### 4. Sistem Air – Udara.

Dalam sistem air-udara, unit *Fan coil* dipasang di dalam ruangan yang akan dikondisikan. Air sejuk (untuk pendinginan) atau air panas (untuk pemanasan) dialirkan ke dalam unit tersebut sehingga menjadi dingin atau panas. Selanjutnya udara tersebut bersirkulasi di dalam ruangan. Demikian pula untuk keperluan ventilasi, udara luar yang telah didinginkan dan dikeringkan atau udara luar yang telah dipanaskan dan dilembabkan dialirkan dari mesin pengkondisian udara sentral ke ruangan yang akan di kondisikan. Udara luar yang telah dikondisikan ini disebut udara primer. Pada umumnya, sebagian kalor sensibel dari ruangan diatasi oleh unit ruangan (unit sekunder); sedangkan kalor laten diatasi oleh udara primer. (SNI 03-6527-2001)



Gambar 6: Sistem Air-Udara  
(Sumber : SNI 03-6572-2001)

#### 5. Sistem AC Sentral

AC sentral adalah sistem pendinginan ruangan yang dikontrol dari satu titik atau tempat dan didistribusikan secara terpusat ke seluruh isi gedung dengan kapasitas yang sesuai dengan ukuran ruangan dan isinya dengan menggunakan saluran udara (*ducting AC*). AC jenis ini banyak digunakan di gedung-gedung besar seperti pusat perbelanjaan, perkantoran, hotel, restoran, serta rumah sakit. Sistem AC sentral memiliki beberapa komponen utama yaitu unit pendingin atau *Chiller*, unit pengatur udara atau *Air Handling Unit (AHU)*, *Cooling Tower*, sistem pemipaan, sistem saluran udara atau *ducting* dan sistem kontrol & manajemen (Arif, 2012).



Berikut adalah penjelasan komponen-komponen AC sentral:

a. *Chiller*

Chiller adalah mesin refrigerasi yang berfungsi untuk mendinginkan air pada sisi evaporatornya. Air dingin yang dihasilkan selanjutnya didistribusikan ke mesin penukar kalor (*FCU / Fan Coil Unit*).

b. *Air Handling Unit (AHU)*

Prinsip kerja secara sederhana pada unit penanganan udara (AHU) ini adalah menyedot udara dari ruangan yang kemudian dicampur dengan udara segar dari lingkungan dengan komposisi yang bisa diubah-ubah sesuai keinginan. Campuran udara tersebut masuk menuju AHU melewati filter, fan sentrifugal dan koil pendingin.

Setelah itu udara yang telah mengalami penurunan temperatur didistribusikan secara merata ke setiap ruangan melewati saluran udara (*ducting*) yang telah dirancang terlebih dahulu sehingga lokasi yang jauh sekalipun bisa terjangkau.

c. *Cooling Tower* (Khusus untuk chiller jenis *Water Cooler*)

*Cooling tower* adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mendinginkan air yang dipakai pendinginan kondensor chiller dengan cara melewatkan air panas pada filamen di dalam *cooling tower* yang dihembus oleh udara sekitar dengan blower yang suhunya lebih rendah.

## 2.5 Daftar Simak

Pemeriksaan atau pengujian kelayakan fungsi bangunan gedung terkait sistem utilitas bangunan khususnya di gedung *Center of Technology* Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dilakukan dengan pengisian pada daftar simak pemeriksaan kelaikan fungsi bangunan gedung. Daftar simak diperlukan untuk meyakinkan bahwa setiap tahapan kegiatan telah berjalan sesuai dengan ketentuan. Daftar simak berisikan pokok kegiatan dan langkah pemeriksaan yang perlu dilaksanakan oleh auditor untuk memeriksa kegiatan yang dilakukan (Permen PU, 2008). Adapun daftar simak yang digunakan ialah *GreenShip New*

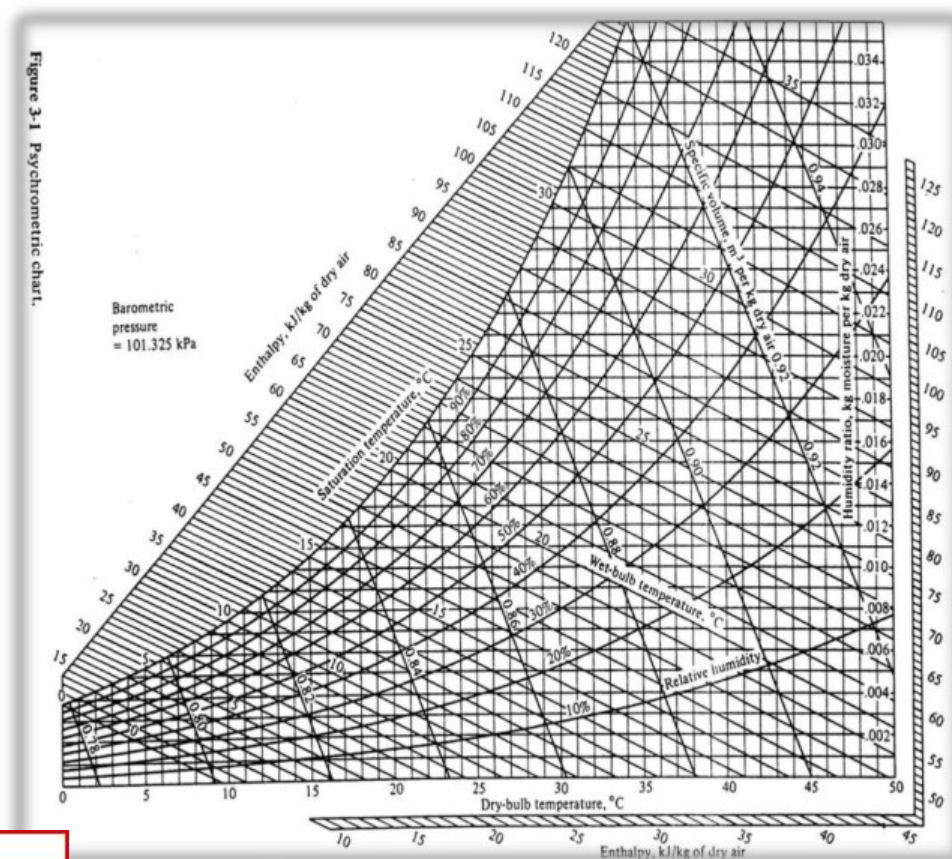
g Versi 1.2. Dengan membuat daftar dan mengisinya dengan benar, maka



keterlanjuran proses bisa diketahui dengan cepat dan upaya koreksi dapat segera dilakukan.

## 2.6 Diagram Psikometrik dan Perhitungan Beban Kalor Pendingin

*Psikometrik* adalah ilmu yang mempelajari sifat-sifat termodinamika dari udara basah. Secara umum digunakan untuk mengilustrasikan dan menganalisis perubahan sifat termal dan karakteristik dari proses dan siklus sistem penyejukan udara (*air conditioning*). Diagram psikometrik adalah gambaran dari sifat-sifat termodinamika dari udara basah dan variasi proses sistem penyejukan udara dan siklus sistem penyejukan udara. Dari diagram psikometrik akan membantu dalam perhitungan dan menganalisis kerja dan perpindahan energi dari proses dan siklus sistem penyejukan udara. Diagram psikometrik ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 7: Diagram Psikometrik

(Sumber : Wilber Stocker, 1989)



Perhitungan kehilangan dan perolehan kalor berguna untuk mengira kapasitas yang diperlukan dalam berbagai peralatan pemanasan dan pengkondisian udara untuk mempertahankan kondisi nyaman di dalam suatu ruangan. Karena itu perhitungan-perhitungan beban penghangatan dan pendinginann yang berkaitan dengna kondisi lingkungan yang mendekati harga ekstrim yang biasa ditemui, didasarkan pada kondisi-kondisi puncak. (Stocker, 1989).

Beban umumnya dibagi empat kelompok seperti berikut :

1. Kalor Transmisi yaitu perolehan kalor yang disebabkan oleh beda suhu antara kedua sisi elemen bangunan.
2. Kalor Radiasi yaitu perolehan kalor yang disebabkan oleh penjaralan energi matahari melalui komponen bangunan yang tembus pandang atau penyerapan oleh komponen bangunan yang tidak tembus cahaya.
3. Kalor Infiltrasi (perembesan udara) dan ventilasi yaitu perolehan kalor yang disebabkan oleh perembesan udara dari luar ke dalam ruangan yang dikondisikan.
4. Kalor Internal yaitu perolehan kalor yang disebabkan oleh pelepasan energi di dalam ruang (oleh lampu-lampu, orang, peralatan dan sebagainya).

### 2.6.1 Kalor Transmisi

Beban kalor transmisi merupakan kalor yang masuk melalui pintu, jendela, dinding dan lain-lain, yang tidak kena sinar matahari langsung. Untuk mencari nilai laju aliran kalor pada beban transmisi ini, digunakan persamaan seperti dibawah :

$$\frac{\dot{q}}{A} = \frac{T_O - T_{RM}}{R_{total}} \quad \text{atau} \quad \dot{q} = U \cdot A \cdot (T_O - T_{RM})$$

Persamaan 10. Laju aliran kalor beban transmisi

$$T_O = T_{Oranc} - \frac{\Delta\theta}{2} + \frac{\Delta\theta}{2} \cdot \cos[15(\tau - \gamma)]$$

Persamaan 11. Temperatur udara luar

$$R = \frac{L}{K}$$

Persamaan 12. Tahanan termal konduksi



Dimana:

Kalor total U adalah fungsi dari hambatan-hambatan termal, pada tabel 4.4 halaman 63 memuat harga-harga hambatan termal untuk  $1\text{m}^2$  permukaan bahanbahan bangunan yang umum digunakan.

$U$  = koefisien perpindahan kalor total ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ )

$R_{\text{total}}$  = Tahanan termal dinding ( $\text{K}/\text{W}$ )

$T_{\text{O}}$  = Temperatur udara luar ( $\text{K}$ )

$T_{\text{RM}}$  = Temperatur udara dalam ruangan ( $\text{K}$ )

$T_{\text{Oranc}}$  = Temperatur rata-rata Rancangan ( $\text{K}$ )

$\Delta\theta$  = Fluktuasi temperatur ( $\text{K}$ )

$\tau$  = Nilai waktu penyinaran

$\gamma$  = Nilai waktu terjadinya temperatur maksimum

Tabel dibawah merupakan tabel pemilihan waktu penyinaran sesuai jam yang dibutuhkan/ diinginkan.

Tabel 10: Waktu Penyinaran pada Jam Tertentu

Jam	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00
$\tau$	-4	-3	-2	-2	0	1	2	3

### 2.6.2 Kalor Radiasi

Beban radiasi adalah beban yang terjadi pada kaca yang tembus cahaya dan pada permukaan yang tidak tembus cahaya (benda *opaque*). Benda opaque seperti dinding dan atap. Untuk mencari nilai laju aliran kalor pada beban radiasi ini, digunakan persamaan seperti dibawah :

$$\dot{q} = A \cdot SHGF \cdot SC \cdot CLF$$

Persamaan 13. Laju aliran kalor pada kaca menggunakan pelindung dan memperhitungkan waktu tidur

$$\dot{q} = U \cdot A \cdot CLTD$$

Persamaan 14. Laju aliran kalor pada atap dan atau dinding



$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{1}{k} + \frac{1}{h_i}}$$

Persamaan 15. Nilai total koefisien perpindahan panas

Dimana:

- A = Luas permukaan benda yang tegak lurus arah kalor (m<sup>2</sup>)
- SHGF = Faktor perolehan kalor matahari max pada tabel 4.10 (W/m<sup>2</sup>)
- CLF = Faktor beban pelindung pada tabel 4.12
- SC = Koefisien peneduh pada tabel 4.11
- U = Nilai koefisien perpindahan panas
- CLTD = Beda suhu untuk beban pendinginan pada tabel 4.14 untuk atap, tabel 4.15 untuk dinding.

### 2.6.3 Kalor Infiltrasi dan Ventilasi

Masuknya udara dari luar ke dalam ruangan mempengaruhi suhu udara dan tingkat kelembaban di ruang tersebut. Biasanya dibedakan antara pengaruh yang menyangkut dampak suhu seperti beban sensibel dan dampak kelembaban seperti beban laten. Sebagai contoh, beban-beban perambatan dan panas matahari adalah beban sensibel karena beban-beban tersebut hanya berpengaruh pada suhu, sementara beban-beban lain dari dalam yang datang dari penghuni mempunyai bagian beban sensibel dan beban laten. Kehilangan atau perolehan kalor yang disebabkan oleh masuknya udara luar dapat digunakan persamaan dibawah ini:

$$\dot{q} = \dot{q} \text{ sensibel} + \dot{q} \text{ laten}$$

Persamaan 16. Laju Aliran Kalor Total Beban Infiltrasi

$$\dot{q} = 1,23. Q(T_o - T_{RM})$$

Persamaan 17. Laju Kalor Sensibel

$$\dot{q} = 3000. Q(\omega_o - \omega_{RM})$$

Persamaan 18. Laju Kalor Laten

$$Q = v. N = v. (a + b + c(T_{OA} - T_{Rm}))$$

Persamaan 19. Laju Aliran Volume



Dimana:

- $Q$  = Laju aliran volumetrik udara luar, L/detik  
 $\omega$  = Rasio kelembaban, air terhadap udara, kg/kg  
 $T_o$  = Temperatur udara luar (K)  
 $T_{RM}$  = Temperatur udara dalam ruangan (K)  
 $V$  = Volume ruangan ( $m^3$ )  
 $N$  = Jumlah pergantian udara  
 $a, b, c$  = Konstanta infiltrasi yang dapat dilihat dari tabel 4.5  
 $\bar{v}$  = Kecepatan angin (m/s)

#### 2.6.4 Kalor Internal

Beban internal adalah beban yang berasal dari kalor lampu, kalor peralatan elektronik, maupun kalor dari manusia. Untuk mencari nilai laju aliran kalor pada beban internal ini, digunakan persamaan seperti dibawah:

$$\dot{q} = n \cdot D \cdot F_n \cdot F_b \cdot CLF$$

Persamaan 20. Laju Aliran Kalor dari Lampu

$$\dot{q}_{th} = n \cdot D_p$$

Persamaan 21. Laju Aliran Kalor dari Peralatan Elektronik

$$\dot{q}_l = n \cdot D_o \cdot CLF_m$$

Persamaan 22. Laju Aliran Kalor Laten pada Manusia

$$q_{sH} = n \cdot D_o \cdot CLF_m$$

Persamaan 23. Laju Aliran Kalor Sensibel pada Manusia

Dimana:

- $n$  = Jumlah lampu/ jumlah peralatan elektronik/ jumlah manusia  
 $D$  = Daya lampu  
 $F_n$  = Faktor penggunaan lampu yang terpasang  
 $F_b$  = Faktor Balas untuk lampu-lampu fluerescent = 1,2  
 untuk fluerescent biasa  
 $CLF$  = Cooling load factor lampu, dilihat dari tabel 4.6  
 $CLF_m$  = Cooling load factor manusia, dapat dilihat dari tabel 4.9  
 $D_o$  = Daya sensibel perorangan, dapat dilihat dari tabel 4.7





### 2.6.5 Kriteria Kenyamanan

Dalam kaitannya dengan bangunan Karyono (2007), mendefinisikan kenyamanan sebagai suatu kondisi tertentu yang dapat memberikan sensasi yang menyenangkan atau tidak menyulitkan bagi pengguna bangunan tersebut. Manusia dinyatakan nyaman secara termal ketika ia tidak dapat mengatakan apakah ia menghendaki perubahan suhu udara yang lebih panas atau lebih dingin dalam ruangan tersebut.

Selanjutnya standar ASHRAE (1992), menyatakan bahwa kenyamanan termal adalah sebuah kondisi pemikiran yang mengekspresikan kepuasan atas lingkungan termalnya, sehingga kondisi/situasi lingkungan itu dikatakan nyaman apabila tidak kurang dari 90% responden yang diukur mengatakan nyaman secara termal.

Faktor–faktor kenyamanan menurut Lippsmeier (1980), dalam ruang tertutup adalah temperatur udara, kelembaban udara, temperatur radiasi rata–rata dari atap dan dinding, kecepatan gerak udara, tingkat pencahayaan dan distribusi cahaya pada dinding pandangan. Selain itu terdapat beberapa standar yang menentukan kenyamanan termal.

Menurut Standar Nasional Indonesia 03-6572-2001, faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal seseorang itu meliputi :

1. Temperatur udara kering
  - a. Temperatur udara kering sangat besar pengaruhnya terhadap besar kecilnya kalor yang dilepas melalui penguapan (evaporasi) dan melalui konveksi.
  - b. Daerah kenyamanan termal untuk daerah tropis dapat dibagi menjadi:
    - 1). Sejuk nyaman, antara temperatur efektif 20,50 °C ~ 22,80 °C.
    - 2). Nyaman optimal, antara temperatur efektif 22,80 °C ~ 25,80°C
    - 3). Hangat nyaman, antara temperatur efektif 25,80 °C ~ 27,10 °C.
2. Kelempapan Udara Relatif

Kelembaban udara relatif dalam ruangan adalah perbandingan antara jumlah air yang dikandung oleh udara tersebut dibandingkan dengan jumlah uap air pada keadaan jenuh pada temperatur udara ruangan tersebut.



4. 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% ~ 65%.

5. Pergerakan Udara (Kecepatan Udara).

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.

6. Aktivitas Orang.

Untuk perhitungan sistem pengkondisian udara, orang lebih tertarik terhadap besarnya kalor yang dihasilkan dari seseorang pada suatu aktifitas tertentu. Untuk wanita dewasa 21 dapat diambil 85% dari kalor yang dihasilkan pria dewasa dan anak-anak 75% dari kalor yang dihasilkan pria dewasa.

7. Pakaian yang Dipakai .

Besarnya kalor yang dilepas oleh tubuh dipengaruhi oleh jenis pakaian yang sedang dipakai pada saat itu, terutama mengenai besar kecilnya isolasi termal dari bahan pakaian dan tebalnya. Isolasi termal dari bahan pakaian yang dipakai dinyatakan dalam clo, dimana :  $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{Watt}$ .

## 2.7 Bangunan Hijau pada Gedung

### 2.7.1 Bangunan Hijau

Bangunan Hijau merupakan suatu bangunan yang memenuhi persyaratan bangunan gedung dan memiliki kinerja terukur secara signifikan dalam penghematan energi, air, dan sumber daya lainnya yang efisien sejak perencanaan, pelaksanaan, konstruksi, pemanfaatan, pemeliharaan, sampai demonstrasi sehingga tidak berdampak negatif pada lingkungan (Nasir, 2015).

Istilah bangunan hijau merupakan upaya untuk menghasilkan bangunan dengan menggunakan proses-proses yang ramah lingkungan, penggunaan sumber daya secara efisien selama proses pembuatannya hingga pembongkarannya.

Pada umumnya, bangunan hijau mengutamakan desain dari hal-hal sebagai berikut :



1. Penerapan efisiensi energi.
2. Penerapan sistem tata udara alami untuk membuat udara yang bersih dan sehat.
3. Pemakaian bahan bangunan yang meminimalkan pemakaian *Volatile Organic Compounds* (VOCs).
4. Pemakaian material dan sumber daya berkelanjutan sehingga menghasilkan dampak lingkungan yang minimal.
5. Penerapan efisiensi penggunaan air.

Secara umum terdapat tiga elemen utama yang harus dipertimbangkan dalam *green building*, yaitu *Life Cycle Assessment*, Efisiensi Desain Struktur dan Efisiensi Energi (Ruhenda et al., 2016).

### 2.7.2 Standarnisasi Penelitian

Di Indonesia standard acuan untuk penilaian kriteria *Green Building* yaitu *GreenShip* yang dikembangkan oleh *Green Building Council* Indonesia (GBCI), terdapat 6 (enam) aspek dalam penerapan Green Building berdasarkan perangkat *GreenShip* untuk Bangunan Baru versi 1.2 meliputi Tepat Guna Lahan, Efisiensi dan Konservasi Energi, Konservasi Air, Sumber dan Siklus Material, Kualitas Udara Kenyamanan dan Manajemen Lingkungan Bangunan (GBCI, 2018).

Masing-masing aspek terdiri atas nilai/poin yang memuat standar-standar baku dan rekomendasi untuk pencapaian standar tersebut (Kandita, 2017). Jika gedung dapat menerapkan kriteria yang telah direkomendasikan, maka gedung akan mengalami peningkatan pada predikat/rating, sehingga gedung dapat dikategorikan sebagai bangunan ramah lingkungan.

