

AUDIT ENERGI GEDUNG PERPUSTAKAAN B.J. HABIBIE
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Konversi Energi
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

MUFLI SULAIMAN
342 18 013

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2021

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Audit Energi Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang” oleh Mufli Sulaiman NIM 342 18 013 dinyatakan telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 2 Oktober 2021

Pembimbing I,



Marhatang, S.ST., M.T.
NIP. 19741117 200212 1 002

Pembimbing II



Dr. Jamal, S.T., M.T.
NIP. 19730228 200012 1 002

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Teknik Konversi Energi
Politeknik Negeri Ujung Pandang



Sri Suwasti, S.ST., M.T
NIP. 19741123 200112 2 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Sabtu tanggal 2 Oktober 2021, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh mahasiswa Mufli Sulaiman NIM 342 18 013 dengan judul “Audit Energi Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang”.

Makassar, 2 Oktober 2021

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir

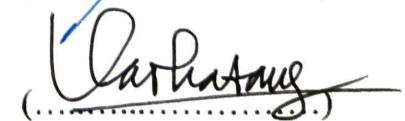
1. Yiyin Klistafani, S.T., M.T. Ketua
2. Sukma Abadi, S.T., M.T. Sekretaris
3. Apollo, S.T., M.Eng. Anggota 1
4. Musrady Mulyadi, S.ST., M.T. Anggota 2
5. Marhatang, S.ST., M.T. Pembimbing I
6. Dr. Jamal, S.T., M.T. Pembimbing II

()

()

()

()

()

()

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, laporan tugas akhir ini dengan judul “Audit Energi Gedung Perputakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang” dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam pembuatan laporan tugas akhir ini cukup banyak hambatan yang kami alami. Namun, berkat bantuan barbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini kami menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada;

1. Kedua orang tua tercinta, juga kepada saudara-saudari penulis yang telah memberikan banyak bantuan berupa dorongan moral, bantuan materi, serta tidak henti-hentinya memberikan doa yang tulus kepada penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Sri Suwasti, S.ST., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Marhatang, S.ST., M.T. selaku Pembimbing I sekaligus Wali Kelas dan Dr. Jamal, S.T., M.T. selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk konsultasi dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.

6. Muhammad Sabri Ali, S.Sos., M.I.Kom. selaku Ka. UPT Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang
7. Seluruh Dosen dan Staf Program Studi Teknik Konversi Energi dan Teknik Pembangkit Energi serta semua pihak yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama perkuliahan, dan telah membantu dalam menyediakan fasilitas dan sarana dalam mengerjakan laporan tugas akhir ini.
8. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin angkatan 2018 yang kami anggap sebagai saudara-saudari yang telah banyak memberikan motivasi, bantuan serta doanya, selama berada di Politeknik Negeri Ujung Pandang.
9. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu-persatu yang berjasa dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.

Kami menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, sehingga kami mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan di masa mendatang.

Semoga tulisan ini bermanfaat.

Makassar, September 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	hlm.
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR SIMBOL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
SURAT PERNYATAAN.....	xii
RINGKASAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan.....	4
1.4.1 Tujuan Kegiatan.....	4
1.4.2 Manfaat Kegiatan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Standar Audit Energi	5

2.2 Intensitas Konsumsi Energi	6
2.3 Tingkat Konsumsi Energi Pada Bangunan	10
2.4 Proses Audit Energi	13
2.5 Manfaat Audit Energi	16
2.6 Analisis Peluang Hemat Energi	16
2.7 Gambaran Umum Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang.....	17
2.8 Sistem Pencahayaan dan Sistem Tata Udara Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang.....	18

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.2 Alat Ukur Yang Digunakan	27
3.3 Pengumpulan dan Pengambilan Data	29
3.4 Pengolahan Data.....	30
3.5 Denah Bangunan	31
3.5 Diagram Alir Penelitian	32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data hasil Penelitian	33
4.2 Perhitungan Nilai IKE	35
4.3 Analisis Sistem Pencahayaan.....	41
4.4 Analisis Sistem Tata Udara.....	46
4.5 Perhitungan Nilai IKE Berdasarkan Hasil Perhitungan Rekomendasi Sistem Pencahayaan Dan Sistem Penerangan	53

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	55

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

	hlm.
Tabel 2.1 IKE Bangunan Gedung Tidak ber-ac	7
Tabel 2.2 IKE Bangunan Gedung Ber-ac	8
Tabel 2.3 Tingkat Pencahayaan Rata-rata, Renderasi dan Temperatur Warna Yang Direkomendasikan	19
Tabel 2.4 Koefisien Kalor Transmisi Jendela	23
Tabel 2.5 Jumlah Pergantian	23
Tabel 2.6 Koefisien Transmisi Kalor dari Atap	23
Tabel 2.7 Faktor Koefisien Manusia dan Faktor Kelompok.....	25
Tabel 2.8 Koefisien Transmisi Kalor Peralatan Listrik	25
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran dan Pengamatan pada Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang	33
Tabel 4.2 Penggunaan Daya Pada Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang	37
Tabel 4.3 Energi yang Dikonsumsi Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang	38
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Tingkat Pencahayaan di Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang	41
Tabel 4.5 Rekomendasi jumlah lampu yang seharusnya dipasang pada Gedung Perpustakaan B.J.Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang.....	45
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Temperatur	46
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Beban Sistem Tata Udara Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang	49

DAFTAR GAMBAR

	hlm.
Gambar 3.1 Tang Ampere.....	27
Gambar 3.2 Lux Meter.....	28
Gambar 3.3 Meteran.....	28
Gambar 3.4 Power Meter.....	29
Gambar 3.5 Denah gedung perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang.....	31
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Nama/fungsi Ruang dengan Tingkat Pencahayaannya.....	50
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Nama/fungsi Ruang dengan jumlah ac.....	51



DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN/ATAU SINGKATAN

Simbol	Satuan	Keterangan
A	m^2	Luas
E	Lux	Kuat Penerangan
I	A	Arus
P	W	Daya Listrik
V	V	Tegangan
W	kWh	Energi Listrik
ac		<i>Air Conditioner</i>
$\text{Cos } \theta$		Faktor Daya
CU		<i>Coefficient of Utilization</i>
PLN		Perusahaan Listrik Negara
IKE		Intensitas Konsumsi Energi
LLF		Faktor Kehilangan/Kerugian Cahaya
n		Jumlah
PLN		Perusahaan Listrik Negara

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Data Berdasarkan Hasil Perhitungan Rekomendasi Sistem Pencahayaan dan Sistem Tata Udara.....	57
Lampiran 1 Dokumentasi Foto Kegiatan.....	59
Lampiran 3 Dokumentasi Foto Tiap Ruang.....	63
Lampiran 4 SNI 6390:2011 Konservasi Energi Sistem Tata Udara Bangunan Gedung.....	72



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mufli Sulaiman

NIM : 342 18 013

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Audit Energi Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang” merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2021


BE83AKX4 36764041 ulaiman
NIM 342 18 013

AUDIT ENERGI GEDUNG PERPUSTAKAAN B.J. HABIBIE POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

RINGKASAN

Audit energi merupakan langkah awal atau pendekatan standar yang harus dilakukan untuk membantu suatu instansi/perusahaan dalam mengevaluasi penggunaan energi. Dalam penelitian ini, gedung yang diaudit adalah Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat konsumsi energi dan bagaimana mengefisienkan penggunaan energi pada gedung tersebut.

Dalam kegiatan ini gedung yang di audit terdiri dari 14 ruangan. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan melakukan pengamatan dan pengukuran dalam pengambilan data. Data yang telah diperoleh kemudian diolah dan dianalisa dengan menggunakan teknik perhitungan.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai Intensitas Konsumsi Energi dari hasil pengukuran dan pengamatan di gedung perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang adalah $46,36 \text{ kWh/m}^2/\text{tahun}$ berada pada posisi kriteria di bawah sangat efisien disebabkan tingkat pencahayaan dan sistem tata udara yang belum memenuhi standar. Tingkat pencahayaan paling kurang yaitu pada ruang sirkulasi sebesar 70 Lux dengan standar seharusnya untuk ruang kerja sebesar 350 Lux. ac pada koridor barat dan selatan tidak terdapat ac, jika melihat pada perhitungan beban kalornya seharusnya masing-masing dipasang ac kapasitas 1 PK. Nilai Intensitas Konsumsi Energi berdasarkan rekomendasi sistem pencahayaan dan sistem tata udara di gedung tersebut adalah $82,65 \text{ kWh/m}^2/\text{tahun}$ berada pada kondisi sangat efisien.

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan kebutuhan dasar bagi kehidupan manusia karena energi sangat dibutuhkan dalam banyak aktifitas seperti administrasi perkantoran, proses-proses industri, maupun kegiatan sehari-hari seperti memasak, mencuci, dan lain sebagainya. Dari tahun ke tahun jumlah penduduk di Indonesia terus mengalami pertumbuhan. Salah satu aspek yang sangat terpengaruh dengan adanya penambahan jumlah penduduk tersebut adalah penggunaan energi. Dalam forum diskusi *Shell Indonesia Technology Conference, 2016* dikatakan bahwa, Indonesia menjadi negara terbesar dalam kebutuhan energi di Asia Tenggara mencapai 40% dari total kebutuhan energi di kawasan tersebut disusul Malaysia sebesar 23% dan Thailand 20%. Penggunaan energi listrik secara boros dan berlebihan akan berdampak pada kerusakan lingkungan dan pengeluaran biaya yang semakin membengkak karena tagihan yang meningkat. Indonesia sendiri sudah memiliki target konservasi energi di tahun 2025 diantaranya, mengurangi intensitas energi sebesar 1% pertahunnya dari 231 SBM/Miliar pada tahun 2017, mencapai elastisitas energi kurang dari 1, serta mencapai penghematan energi final sebesar 17% (Direktorat Konservasi Energi, 2018).

Pada gedung atau bangunan, penggunaan energi sangatlah penting, terutama energi listrik, karena porsi pemakaian serta alokasi dana untuk menyediakannya adalah yang terbesar. Hal ini disebabkan dalam operasional suatu gedung dominan

menggunakan peralatan seperti lampu-lampu, peralatan elektronik, mesin listrik, sampai pada sistem pengkondisian udara.

Jika suatu negara ingin mendapatkan penggunaan energi seefisien mungkin maka perlu didapatkan nilai intensitas energi yang kecil (Marzuki dan Rusman, 2012). Dalam upaya menanggulangi pemborosan pemakaian energi yang pada akhirnya mengakibatkan pembengkakan pada pembayaran listrik maka harus dilakukan efisiensi energi. Konservasi energi merupakan salah satu metode yang dipakai untuk mengefisienkan pemakaian energi listrik. Peningkatan efisiensi energi yang digunakan atau proses penghematan energi merupakan definisi dari konservasi energi. Dalam proses konservasi energi ini meliputi adanya audit energi, yaitu suatu metode untuk menghitung tingkat konsumsi energi suatu gedung atau bangunan, yang mana hasilnya nanti akan dibandingkan dengan standar yang ada untuk kemudian dicari solusi penghematan konsumsi energi jika tingkat konsumsi melebihi standar baku yang ada.

Atas dasar pemikiran tersebut, maka penulis mengambil tugas akhir dengan judul “Audit Energi Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang”. Dengan harapan dari tugas akhir ini dapat diketahui tingkat konsumsi energi di gedung tersebut, peluang dan solusi penghematan yang dapat direkomendasikan kepada pihak kampus Politeknik Negeri Ujung Pandang.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini dirumuskan beberapa masalah diantaranya;

- a. Bagaimana menentukan IKE (Intensitas Konsumsi Energi) berdasarkan observasi penggunaan energi listrik di gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang?
- b. Bagaimana menyesuaikan efisiensi penggunaan energi di gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang?

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

- a. Audit energi dilakukan pada gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- b. Penelitian ini dilakukan mulai bulan Maret 2021 sampai dengan bulan Juni 2021.

1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan

1.4.1 Tujuan Kegiatan

- a. Untuk mengetahui nilai IKE (Intensitas Konsumsi Energi) berdasarkan observasi penggunaan energi listrik di gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- b. Untuk menyesuaikan efisiensi penggunaan energi di gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang.

1.4.2 Manfaat Penelitian

- a. Dapat mengetahui kualitas dari penerangan di gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- b. Dapat mengetahui kualitas dari sistem pengkondisi udara Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- c. Dapat digunakan sebagai bahan acuan melakukan penghematan energi.
- d. Dapat mengetahui peluang-peluang penghematan energi di Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang apabila ada pemborosan penggunaan energi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika. Efisiensi energi merupakan bagian dari konservasi energi. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 70 Tahun 2009, konservasi energi merupakan upaya yang sistematis dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya.

Audit energi dapat dikatakan sebagai hasil dari inspeksi berupa observasi penggunaan energi yang kemudian dikoreksi bila terdapat penyimpangan konsumsi energi dalam bentuk analisis penggunaan energinya, lalu dicari kemungkinan upaya yang dapat dilakukan dalam menyelesaikan masalah energi tersebut (Hidayanto, 2012:10).

Jadi audit energi dapat disimpulkan sebagai teknik yang digunakan untuk menghitung besarnya konsumsi energi pada bangunan gedung guna mengenali cara penghematan dan penyelesaian masalah energinya.

2.1 Standar Audit Energi

Hidayanto (2012:10) menyatakan bahwa “Audit energi tidak lepas dari standarisasi yang digunakan oleh sebagian negara dalam melakukan audit atau pengukuran. Standar yang harus digunakan dalam audit energi haruslah standar yang berlaku dan banyak dipakai secara Internasional.”

Negara kita, Indonesia memiliki standar yang telah disesuaikan dengan keadaan iklim atau kondisi wilayah Indonesia, yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI). Fungsi standar tersebut adalah sebagai acuan bagi semua pihak yang terlibat dalam proses perencanaan, pelaksanaan, pemilik gedung, pengelola, dan pemakai di dalam merancang sistem keenergian pada bangunan gedung, dengan tujuan untuk memperoleh bangunan gedung yang pengoperasian dan pemeliharaannya dapat menghemat energi tanpa harus mengurangi atau mengubah fungsi bangunan, kenyamanan, produktifitas kerja penghuni atau pemakai gedung, serta kualitas kinerjanya.

Standar- standar yang biasa digunakan secara internasional antara lain:

1. SNI 03-6196-2000; *prosedur audit pada bangunan gedung.*
2. BOCA, *International energi conservastion code 2000.*
3. ASHRAE , *Standrd 90.1: energi efficiency.*
4. BOMA, *Standard method for measuring floor area in office buildings.*

2.2 Intensitas Konsumsi Energi

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Listrik adalah pembagian antara konsumsi energi listrik pada kurun waktu tertentu dengan satuan luas bangunan gedung (Marzuki dan Rusman, 2012:4). Untuk menghitung intensitas konsumsi energi listrik dapat digunakan rumus;

$$\text{IKE} = \frac{\text{Jumlah konsumsi energi listrik (kWh/tahun)}}{\text{luas bangunan (m}^2\text{)}} \dots\dots\dots(2-1)$$

Menurut Pedoman Pelaksanaan Konservasi Energi dan Pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional nilai IKE dari suatu bangunan gedung digolongkan dalam dua kriteria, yaitu untuk bangunan ber-*ac* dan bangunan tidak ber-*ac*. Nilai IKE Bangunan dapat dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2.

Tabel 2.1 IKE Bangunan Gedung Tidak ber-*ac*

Kriteria	Keterangan
<p>Efisien (10-20) kWh/m²/tahun</p>	<p>a. Pengelolaan gedung dan peralatan energi dilakukan dengan prinsip konversi energi listrik. b. Pemeliharaan peralatan energi dilakukan sesuai dengan prosedur. c. Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan sistem manajemen energi</p>
<p>Cukup Efisien (20-30) kWh/m²/tahun</p>	<p>a. Penggunaan energi cukup efisien namun masih memiliki peluang konservasi energi. b. Perbaikan efisiensi melalui pemeliharaan bangunan dan peralatan energi masih dimungkinkan.</p>
<p>Boros (30-40) kWh/m²/tahun</p>	<p>a. Audit energi perlu dilakukan untuk menentukan langkah-langkah perbaikan sehingga pemborosan energi dapat dihindari. b. Desain bangunan maupun pemeliharaan dan pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi.</p>

Tabel 2.1 Lanjutan

Kriteria	Keterangan
<p>Sangat Boros (10-20) kWh/m²/tahun</p>	<p>a. Instalasi peralatan, desain pengoperasian dan pemeliharaan tidak mengacu pada penghematan energi.</p> <p>b. Agar dilakukan peninjauan ulang atas semua instalasi/peralatan energi serta penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan.</p> <p>c. Audit energi adalah langkah awal yang perlu dilakukan.</p>

Sumber: Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia 2006

Tabel 2.2 IKE Bangunan Gedung ber-ac

Kriteria	Keterangan
<p>Sangat Efisien (50-95) kWh/m²/tahun</p>	<p>a. Desain gedung sesuai standar tata cara perencanaan teknis konservasi energi.</p> <p>b. Pengoperasian peralatan energi dilakukan dengan prinsip-prinsip manajemen energi.</p>
<p>Efisien (95-145) kWh/m²/tahun</p>	<p>a. Pemeliharaan gedung dan peralatan energi dilakukan sesuai prosedur.</p> <p>b. Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan sistem manajemen energi terpadu.</p>
<p>Agak Boros (145-175) kWh/m²/tahun</p>	<p>a. Audit energi perlu dipertimbangkan untuk menentukan perbaikan efisiensi yang mungkin dilakukan.</p> <p>b. Desain bangunan maupun pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi.</p>

Tabel 2.2 Lanjutan

Kriteria	Keterangan
Boros (175-285) kWh/m ² /tahun	a. Audit energi perlu dipertimbangkan untuk menentukan langkah-langkah perbaikan sehingga pemborosan energi dapat dihindari. b. Instalasi peralatan, desain pengoperasian dan pemeliharaan tidak mengacu pada penghematan energi.
Sangat Boros (285-450) kWh/m ² /tahun	a. Agar ditinjau ulang atas semua instalasi/peralatan energi serta penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan. b. Audit energi adalah langkah yang perlu dilakukan.

Sumber: Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia 2006

Untuk menghitung perkiraan besarnya konsumsi energi masing-masing peralatan pada setiap ruangan dalam sehari dapat digunakan rumus:

Untuk mencari besar daya peralatan;

$$P = V \cdot I \cdot \cos \theta \dots\dots\dots(2-2)$$

Dimana : P = Daya yang digunakan (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

cos θ = Faktor daya peralatan

Untuk mencari besar energi yang dikonsumsi;

$$W = P \times t \times n \dots\dots\dots(2-3)$$

Dimana ; W = Energi listrik yang dikonsumsi (kWh)

P = Daya yang digunakan (W)

t = waktu pemakaian (Jam)

n = Jumlah peralatan

2.3 Tingkat Konsumsi Energi Pada Bangunan

Tingkat konsumsi energi pada bangunan dipengaruhi oleh dua faktor (Departemen Pertambangan dan Energi, 1996). Yaitu faktor perencanaan bangunan dan faktor peralatan dan penghunian;

2.3.1 Faktor Perencanaan Bangunan

Faktor tata letak bangunan yang dimaksud disini adalah aspek-aspek yang perlu dipertimbangan pada awal perencanaan bangunan. Aspek-aspek tersebut adalah :

a. Orientasi Bangunan

Arah bangunan timur–barat akan mempengaruhi pemanasan langsung, karena radiasi matahari. Pada prinsipnya cahaya matahari memang kita butuhkan sebanyak mungkin untuk penerangan alami. Akan tetapi radiasinya dihindarkan sebanyak mungkin, karena cahaya matahari langsung mengenai tembok atau bidang kaca maka akan mengakibatkan ruangan dibelakangnya menjadi cepat panas.

Untuk bangunan yang berlokasi di daerah-daerah dengan iklim yang nyaman pengaruh radiasi matahari mungkin tidak besar. Akan tetapi untuk daerah-daerah dimana radiasi sinar matahari cukup berarti, orientasi dari dinding-dinding luar berpengaruh terhadap konsumsi energi.

b. Desain bangunan

Desain bangunan mempengaruhi konsumsi energi. Bangunan yang bulat atau melingkar biasanya mempunyai luas permukaan lantai yang lebih kecil, karena itu kehilangan energi dan radiasi dari luar juga lebih kecil dibandingkan dengan bentuk bangunan yang lain untuk jumlah luas lantai yang sama. Bangunan-bangunan yang tinggi memiliki luas atap yang lebih kecil sehingga kurang dipengaruhi oleh radiasi dari atap tetapi radiasi dari dinding lebih besar. Disamping itu bangunan-bangunan yang tinggi pada umumnya akan dipengaruhi oleh angin atau udara disekitar sehingga efek infiltrasi udara luar menjadi lebih besar. Hal tersebut menunjukkan bahwa desain bangunan memiliki pengaruh yang besar terhadap jumlah konsumsi energi terhadap bangunan.

c. Fungsi bangunan

Penggunaan energi di bangunan juga dipengaruhi oleh fungsi bangunan. Bangunan perkantoran lebih mengutamakan penggunaan energi. Sedangkan bangunan hotel lebih diarahkan kepada aspek kenyamanan penghunian untuk tujuan komersial. Demikian pula untuk jenis bangunan lain seperti perpustakaan penggunaan energinya untuk

memberikan kenyamanan kepada pengunjung dan memperlancar pelayanan untuk peminjaman atau pengembalian buku.

Persyaratan pencahayaan dan tata udara juga bervariasi, misalnya untuk kegiatan yang memerlukan ketelitian tinggi, seperti laboratorium dan reparasi arloji, diperlukan tingkat pencahayaan yang tinggi (lux tinggi). Begitu pula ruangan khusus dengan peralatan komputer memerlukan suhu pendingin tertentu guna memenuhi persyaratan pemeliharaan peralatan dan sebagainya.

2.3.2 Faktor peralatan dan penghunian

Faktor-faktor ini sangat besar pengaruhnya terhadap penggunaan energi di bangunan. Pengaruh kearah tidak efisien penggunaan energi dapat dicegah melalui program-program tertentu seperti audit energi dan peningkatan kesadaran penghuni sebagai pemakai energi.

a. Peralatan

Peralatan pengonsumsi energi yang minim pemeliharaan dan usia pemakaian yang lama digunakan mempunyai tingkat efisien yang rendah. Dalam memilih peralatan seperti ac, lampu, pompa dan sebagainya selain pertimbangan sebagai tingkat efisiensinya perlu pula diperhatikan umur alat (*life time*). Disamping itu, pemeliharaan akan sangat membantu mempertahankan tingkat efisiensi peralatan.

b. Penghunian

Tidak dapat dipungkiri bahwa pemakaian energi didalam bangunan adalah penentu tingkat konsumsi energi dalam bangunan. Tingkat kesadaran penghuni mengenai konservasi energi menentukan boros tidaknya penggunaan energi disuatu bangunan.

Pada pelaksanaan program konservasi energi, faktor penghuni memegang peranan penting bagi keberhasilan program tersebut secara menyeluruh. Melakukan audit energi berarti mengurangi biaya operasional bangunan, menambah keuntungan dan memperkuat daya saing.

2.4 Proses Audit Energi

Audit energi sangat dianjurkan untuk dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui potret penggunaan energi dan mencari usaha yang perlu dilakukan dalam rangka meningkatkan efisiensi penggunaan energi terutama pada gedung perkantoran, pusat belanja, hotel, apartemen, dan rumah sakit (Abeng dan Baso Ukkas, 2013).

Audit energi dapat dilakukan dalam 2 tingkatan, yaitu audit energi awal (*Preliminary energy audit*) dan audit energi rinci (*Detailed energy audit*).

2.4.1 Audit Energi Awal.

Audit energi awal pada dasarnya dapat dilakukan pemilik/pengelola bangunan gedung yang bersangkutan berdasarkan data rekening pembayaran energi yang dikeluarkan dan pengamatan visual.

a. Pengumpulan dan penyusunan data energi bangunan gedung.

Kegiatan audit energi awal meliputi pengumpulan data energi bangunan gedung dengan data yang tersedia dan tidak memerlukan pengukuran. Data tersebut meliputi:

- a) Dokumentasi bangunan yang dibutuhkan adalah gambar teknik bangunan gedung sesuai pelaksanaan konstruksi.
- b) Tapak, daerah dan potongan bangunan gedung seluruh lantai.
- c) Denah instalasi pencahayaan bangunan seluruh lantai.
- d) Diagram satu garis listrik, lengkap dengan penjelasan penggunaan daya listriknya dan besarnya penyambungan daya listrik PLN.
- e) Pembayaran rekening listrik bulanan bangunan gedung selama satu tahun terakhir.
- f) Tingkat hunian bangunan (*occupany rate*).

b. Menghitung Besarnya Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Gedung.

Berdasarkan data seperti disebutkan pada butir a. dapat dihitung:

- a) Rincian luas bangunan gedung dan luas total bangunan gedung (m^2).
- b) Konsumsi Energi bangunan gedung per tahun (kWh/tahun).
- c) Intensitas Konsumsi Energi (IKE) bangunan gedung per tahun ($kWh/m^2/tahun$).

2.4.2 Audit energi rinci

Audit energi rinci dilakukan bila nilai IKE lebih besar dari nilai target yang ditentukan atau dapat pula dilanjutkan guna mendapatkan nilai IKE yang lebih kecil lagi.

a. Penelitian dan pengukuran konsumsi energi.

Audit energi rinci perlu dilakukan bila audit energi awal memberikan gambaran nilai IKE listrik lebih dari nilai target yang ditentukan untuk mengetahui profil penggunaan energi pada bangunan gedung, sehingga dapat diketahui peralatan penggunaan energi apa saja yang pemakaiannya cukup besar.

Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian energi adalah mengumpulkan dan meneliti sejumlah peralatan yang dapat mempengaruhi besarnya kebutuhan energi bangunan gedung, dan dari hasil penelitian dan pengukuran energi tersebut dapat dibuat profil penggunaan energi bangunan gedung.

b. Pengukuran energi

Seluruh analisa energi bertumpu pada hasil pengukuran. Hasil pengukuran harus dapat diandalkan dan mempunyai kesalahan (*error*) yang masih dapat diterima. Untuk itu penting untuk menjamin bahwa alat ukur yang digunakan telah dikalibrasi oleh instansi yang berwenang. Alat ukur

yang digunakan dapat berupa alat ukur yang dipasang tetap (permanen) pada instalasi atau alat ukur yang dipasang tidak tetap (portable).

2.5 Manfaat Audit Energi

Manfaat audit energi secara garis besar terdiri atas dua bagian, yaitu :

1. Secara makro yaitu mengurangi beban negara untuk pengadaan energi dalam negeri sehingga peluang penyediaan energi untuk ekspor guna menambah devisa negara.
2. Secara mikro yaitu mengurangi biaya operasional bangunan yang akan menguntungkan instansi/perusahaan. Persentase biaya cukup besar bagi suatu instansi/perusahaan apalagi bagi bangunan komersial seperti industri, rumah sakit, hotel dan sebagainya, sehingga penghematan biaya energi dapat memberikan kontribusi langsung terhadap keuntungan perusahaan. Dengan turunnya biaya operasional suatu perusahaan secara tidak langsung dapat memperbaiki daya saing terhadap perusahaan lainnya.

2.6 Analisis Peluang Hemat Energi

Data-data yang telah dikumpulkan dan peluang hemat energi telah diidentifikasi, selanjutnya perlu ditindaklanjuti dengan analisis peluang hemat energi, yaitu dengan cara membandingkan potensi perolehan hemat energi dengan biaya yang harus dibayar untuk pelaksanaan rencana penghematan energi yang dikondisikan. Analisis peluang hemat energi dapat juga dilakukan dengan penggunaan program komputer yang telah direncanakan untuk kepentingan itu dan diakui oleh masyarakat profesi.

Penghematan energi pada bangunan gedung harus tetap memperhatikan kenyamanan penghuni. Analisis peluang hemat energi dilakukan dengan usaha menekan penggunaan energi hingga sekecil mungkin (mengurangi daya terpasang/terpakai dan jam operasi), memperbaiki kinerja peralatan, dan menggunakan sumber energi yang murah.

2.7 Gambaran Umum Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang

Gedung Perpustakaan B.J. Habibie merupakan salah satu unit gedung yang dikelola oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang yang bertempat di Makassar. Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang yang terletak di dalam kampus utama Politeknik Negeri Ujung Pandang Jalan Perintis Kemerdekaan KM 10 Tamalanrea, Makassar – Sulawesi Selatan dengan koordinat Geografis berada pada $5^{\circ} 8' 6''$ LS dan $119^{\circ} 29' 36''$ BT.

Bangunan Perpustakaan Politeknik Negeri Ujung Pandang mempunyai total luas gedung kurang lebih 900 m^3 . Secara keseluruhan kondisi bangunan pada Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang mempunyai dinding luar yang terbuat dari dinding beton. Untuk gambar gedung dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7.

2.8 Sistem Pencahayaan dan Sistem Tata Udara Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang

1. Sistem Pencahayaan

Pencahayaan dalam bangunan adalah desain dan mekanisme yang di buat pada bangunan agar memperoleh cahaya yang cukup terang sehingga pengguna bangunan tersebut dapat melihat dengan jelas. Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang dapat ditangkap oleh mata telanjang manusia. Berdasarkan sumber cahayanya pencahayaan pada bangunan gedung dibagi menjadi dua, yaitu pencahayaan alami yang memanfaatkan matahari sebagai sumber cahaya dan pencahayaan buatan yang memanfaatkan lampu sebagai sumber cahaya.

Sistem pencahayaan pada gedung Perpustakaan B.J. Habibie digunakan pada jam operasi perpustakaan mulai dari pagi hari sampai pada sore hari. Lampu tidak pernah dipadamkan dikarenakan kondisi ruangan yang cukup gelap. Untuk penggunaan lampu pada malam hari, semua lampu pada setiap ruangan di matikan karna tidak adanya aktifitas pelayanan saat masuk waktu petang hingga keesokan harinya.

Dalam melakukan konservasi pada sistem pencahayaan, perlu diperhatikan tingkat pencahayaan yang direkomendasikan sesuai dengan standar dan fungsi ruangan itu sendiri. Berikut ini adalah standar pencahayaan berdasarkan SNI 6197-2011;

Tabel 2.3 Tingkat Pencahayaan Rata-rata, Renderasi dan Temperatur Warna Yang Direkomendasikan

Fungsi Ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok Renderasi Warna	Temperatur Warna		
			Warm White <3300 K	Cool White 3300 K-5300 K	Daylight >5300 K
Rumah Tinggal:					
Teras	60	1 atau 2	▪		
Ruang tamu	120-250	1 atau 2		▪	
Ruang makan	120-250	1 atau 2	▪		
Ruang kerja	120-250	1		▪	▪
Kamar tidur	120-250	1 atau 2	▪	▪	
Kamar mandi	250	1 atau 2		▪	▪
Dapur	250	1 atau 2	▪	▪	
Garasi	60	3 atau 4		▪	▪
Perkantoran:					
Ruang Resepsionis	300	1 atau 2	▪	▪	
Ruang Direktur	350	1 atau 2		▪	▪
Ruang Kerja	350	1 atau 2		▪	▪
Ruang Komersil	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		▪	▪
Ruang Tangga Darurat	150	1 atau 2			▪
Ruang Parkir	100	3 atau 4			▪
Lembaga Pendidikan:					
Ruang Kelas	250	1 atau 2		▪	▪
Perpustakaan	300	1 atau 2		▪	▪
Laboratorium	500	1		▪	▪
Ruang Praktek Komputer	500	1 atau 2		▪	▪
Ruang Laboratorium Bahasa	300	1 atau 2		▪	▪
Ruang Guru	300	1 atau 2		▪	▪
Ruang Olahraga	300	2 atau 3		▪	▪
Ruang Gambar	750	1		▪	▪
Kantin	200	1	▪	▪	
Hotel dan Restaurant:					
Ruang Resepsionis dan kasir	300	1 atau 2	▪	▪	
Lobi	350	1	▪	▪	
Ruang serbaguna	200	1	▪	▪	

Tabel 2.3 Lanjutan

Fungsi Ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok Renderasi Warna	Temperatur Warna		
			Warm White <3300 K	Cool White 3300 K-5300 K	Daylight >5300 K
Ruang makan	250	1	▪	▪	
Kamar tidur	150	1 atau 2	▪		
Koridor	100	1	▪	▪	
Dapur	300	1	▪	▪	
Rumah sakit dan Balai Pengobatan:					
Ruang Tunggu	200	1 atau 2	▪	▪	
Ruang Rawat Inap	250	1 atau 2		▪	▪
Ruang operasi, ruang bersalin	300	1		▪	▪
Laboratorium	500	1 atau 2		▪	▪
Ruang rekreasi dan rehabilitasi	250	1	▪	▪	
Ruang Koridor Siang Hari	200	1 atau 2		▪	▪
Kafetaria	200	1	▪	▪	
Ruang Koridor Malam Hari	50	1 atau 2		▪	▪
Ruang Kantor Staff	350	1 atau 2		▪	▪
Kamar Mandi dan Toilet Pasien	200	2			▪
Pertokoan/Ruang pameran:					
Ruang pameran dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil)	500	1	▪	▪	▪
Area penjualan Kecil	300	1 atau 2		▪	▪
Area Penjualan Besar	500	1 atau 2		▪	▪
Area Kasir	500	1 atau 2		▪	▪
Toko kue dan makanan	250	1	▪	▪	
Toko bunga	250	1		▪	
Toko buku dan alat tulis/gambar	300	1	▪	▪	▪
Toko perhiasan, arloji	500	1	▪	▪	
Toko barang kulit dan sepatu	500	1	▪	▪	
Toko pakaian	500	1	▪	▪	

Tabel 2.2 Lanjutan

Fungsi Ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok Renderasi Warna	Temperatur Warna		
			Warm White <3300 K	Cool White 3300 K-5300 K	Daylight >5300 K
Pasar swalayan	500	1 atau 2	▪	▪	
Toko mainan	500	1	▪	▪	
Toko alat listrik (TV, Radio/tape, mesin cuci dan lain-lain)	250	Atau 2	▪	▪	▪
Toko alat musik dan olahraga	250	1	▪	▪	▪
Industri (umum):					
Gudang	100	3		▪	▪
Pekerjaan kasar	100-200	2 atau 3		▪	▪
Pekerjaan menengah	200-500	1 atau 2		▪	▪
Pekerjaan halus	500-1000	1		▪	▪
Pekerjaan amat halus	1000-2000	1		▪	▪
Pemeriksaan warna	750	1		▪	▪
Rumah ibadah:					
Masjid	200	1 atau 2		▪	
Gereja	200	1 atau 2		▪	
Vihara	200	1 atau 2		▪	

Sumber : Badan Standarisasi Nasional Tahun 2011

Untuk menentukan jumlah lampu pada suatu ruangan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Kania, 2018).;

$$N = \frac{E \cdot A}{\emptyset \cdot LLF \cdot CU \cdot n} \dots \dots \dots (2-4)$$

Dimana,

N = Jumlah titik lampu

E = Kuat penerangan sesuai standar (Lux)

A = Luas ruangan (m²)

∅ = Total nilai pencahayaan lampu (Lumen) x Daya lampu

LLF = *Light Loss Factor* atau faktor kehilangan/kerugian cahaya. Nilainya antara 0,7-0,8, tergantung kebersihan sumber cahaya, tipe kap lampu, penyusutan cahaya dari permukaan lampu, dan lainnya.

CU = *Coeffisien of Utilization*. Nilainya antara 50%-60%.

n = Jumlah lampu dalam 1 titik

2. Sistem Tata Udara

Air Conditioning (*ac*) atau alat pengkondisi udara merupakan modifikasi pengembangan dari teknologi mesin pendingin. Alat ini berfungsi agar dalam suatu ruangan dapat mencapai suhu atau kelembaban udara yang diinginkan dan menyediakan uap air yang dibutuhkan bagi tubuh. Tata udara juga diperlukan untuk kenyamanan sehingga rasa segar dapat dinikmati oleh para penghuni ruangan tersebut. Penggunaan *ac* ini sering ditemui di daerah tropis yang terkenal dengan musim panas. Suhu udara pada saat musim panas yang sedemikian tinggi dapat mengakibatkan dehidrasi cairan tubuh yang dapat mengakibatkan kematian. Sistem tata udara ini memerlukan banyak energi oleh karena itu perlu mendapat perhatian dalam usaha penghematan energi.

Perhitungan beban kalor mengikuti Job Sheet Audit Energi Bangunan;

Beban kalor sensible daerah interior

a. Beban transmisi kalor melalui jendela

= (Luas jendela) \times (Koefisien transmisi kalor melalui jendela) \times (Selisih temperatur interior dan eksterior).

Tabel 2.4 Koefisien transmisi kalor jendela

Satu pelat kaca	Tidak tergantung tebal kaca	5,5 kcal/m ² .h.°C
Kaca ganda	Tidak tergantung tebal kaca	2,2 kcal/m ² .h.°C
Blok kaca	Tidak tergantung tebal kaca	5,5 kcal/m ² .h.°C

Sumber : Prasetyo Zainal, 2014.

b. Infiltrasi beban kalor sensible

$$= \{(\text{volume ruangan} \times \text{jumlah pergantian ventilasi alamiah}) - \text{jumlah udara luar}\} \times 0,24 / \text{volume spesifik (Selisih temperatur eksterior dan interior).}$$

Tabel 2.5 Jumlah Pergantian

Rumah standar	1 Kali
Rumah dengan banyak jendela	1,5-2 Kali
Rumah, pintu, dan jendela yang sering dibuka tutup	1,5-2 Kali

Sumber : Prasetyo Zainal, 2014.

c. Koefisien transmisi kalor dari partisi langit-langit

$$= (\text{Luas langit - langit}) \times (\text{Koefisien transmisi kalor } K \text{ dari langit-langit}) \times (\text{Selisih temperatur dalam dan luar ruangan})$$

Tabel 2.6 Koefisien Transmisi Kalor dari atap

Tebal Atap (mm)			Koefisien transmisi kalor K (kcal/m ² .h.°C)	Kapasitas kalor Per 1 m ² (kcal/m ² .h.°C)
Kayu, asbeton semen, langit-langit (12 mm HARDTEX)	Biasa		2,86	7,5

Tabel 2.6 Lanjutan

Tebal Atap (mm)				Koefisien transmisi kalor K (kcal/m ² .h.°C)	Kapasitas kalor Per 1 m ² (kcal/m ² .h.°C)
Adukan Semen rapat air 20 mm	Biasa	Tebal Beton 100 mm	Dengan Langit-langit	1,94	53,8
			Tanpa Langit-langit	3,45	57,8
		Tebal beton 150 mm	Dengan Langit-langit	1,81	77,9
			Tanpa Langit-langit	3,78	81,9
Lapisan adukan semen 20 mm	Biasa	Tebal beton 120 mm	Dengan Langit-langit	1,58	63,4
Beton sinder 60 mm		Tebal beton 150 mm	Tanpa Langit-langit	2,46	67,4
Aspal rapat air 10 mm		Tebal beton 150 mm	Dengan Langit-langit	1,13	77,9
			Tanpa Langit-langit	2,34	81,9

Sumber : Prasetyo Zainal, 2014.

d. Koefisien transmisi kalor dari partisi lantai

$$= (\text{Luas lantai}) \times (\text{Koefisien transmisi kalor } K \text{ dari lantai}) \times (\text{Selisih temperatur dalam dan luar ruangan})$$

e. Beban kalor sensibel manusia

$$= (\text{Jumlah orang}) \times (\text{Kalor sensibel manusia}) \times \text{faktor koreksi kelompok}$$

Tabel 2.7 Faktor Koefisien Mansusia dan Faktor Kelompok

Kondisi Kerja	Bangunan	Jumlah Kalor Total Orang Dewasa	Faktor Kelompok Orang yang Bekerja
Duduk di kursi	Gedung	87 kcal/h	0,897
Bekerja di belakang meja	Kantor hotel	106 kcal/h	0,947
Berdiri atau berjalan lambat	Toko Eceran	123 kcal/h	0,818
Dansa	Ruang Dansa	201 kcal/h	0,944
Bekerja di Belakang Meja	Pabrik	335 kcal/h	0,967

Sumber : Prasetyo Zainal, 2014.

f. Beban Kalor Peralatan

$$= (\text{Peralatan kW}) \times 0,860 \text{ kcal / kW} \times \text{faktor penggunaan peralatan}$$

Tabel 2.8 Koefisien Transmisi Kalor Peralatan Listrik

Pemanas	Per 1 kW	0,860 kcal/kWh
Motor Listrik	Per 1 kW	0,860 kcal/kWh
Lampu	Per 1 kW	0,860 kcal/kWh (Pijar)
		1,080 kcal/kWh (Neon)

Sumber : Prasetyo Zainal, 2014.

Untuk menentukan kapasitas *Air Conditioner* dibutuhkan dalam suatu ruangan;

$$V \times I \times E / 60 + \text{Beban Kalor Total} \dots \dots \dots (2-5)$$

Dimana;

V = Volume Ruangan (m³) (Dalam feet), 1 meter = 3,28 feet

I = Faktor Kondisi Insulasi (Isolasi) Ruangan

= 10 jika ruangan berinsulasi (berada di lantai bawah atau terhimpit dengan ruangan lain.

= 18 jika ruangan tidak berinsulasi (di lantai atas)

E = Faktor arah ruangan

= 16 jika menghadap ke utara.

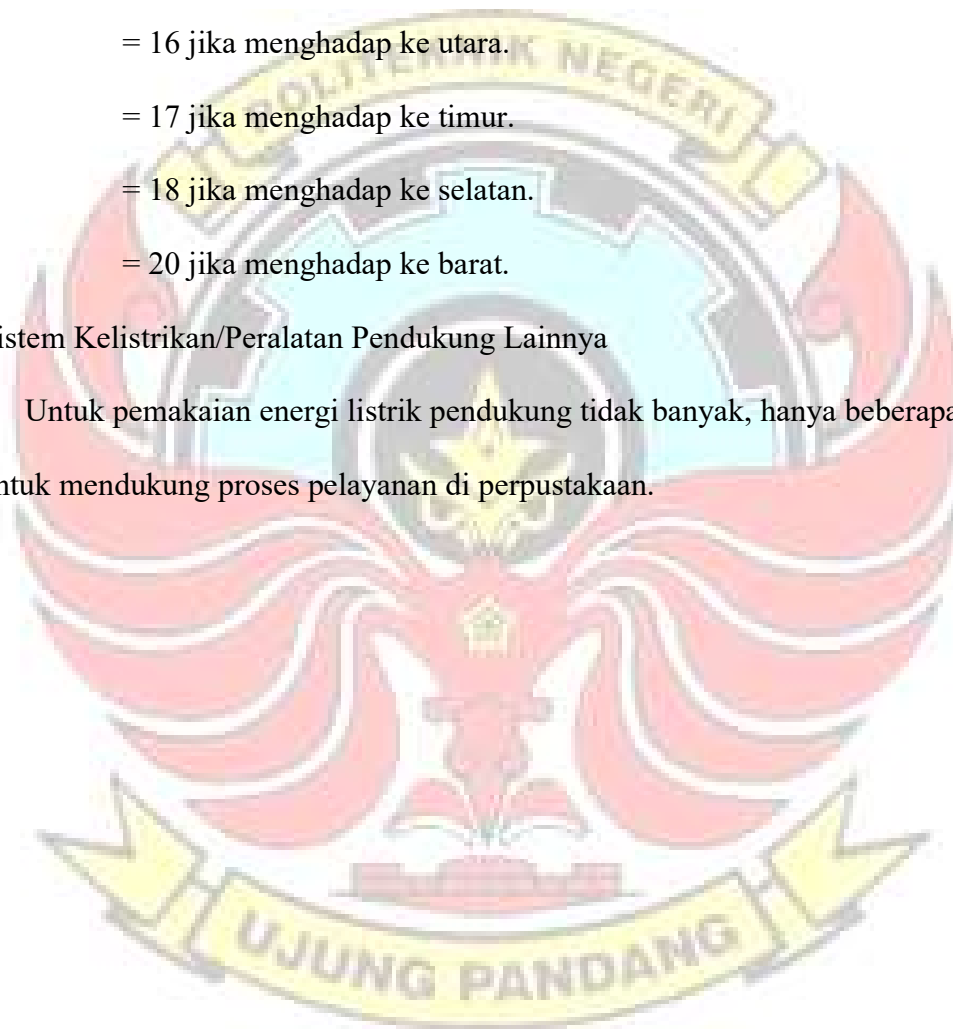
= 17 jika menghadap ke timur.

= 18 jika menghadap ke selatan.

= 20 jika menghadap ke barat.

g. Sistem Kelistrikan/Peralatan Pendukung Lainnya

Untuk pemakaian energi listrik pendukung tidak banyak, hanya beberapa alat untuk mendukung proses pelayanan di perpustakaan.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan proses penelitian ini dilaksanakan di Gedung Perpustakaan B.J. `Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang, Provinsi Sulawesi Selatan. Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu bulan Maret 2021 hingga Juni 2021.

3.2 Alat Ukur yang Digunakan

Adapun peralatan pengukuran konsumsi energi yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Tang Ampere (*clamp meter*)



Gambar 3.1 Tang Ampere (*Clamp meter*)
(Sumber : Globalmediapro 2020)

Tang ampere atau *clamp meter* adalah sebuah alat ukur yang digunakan dalam pengukuran arus listrik tanpa mengganggu rangkaian listriknya. Dengan menggunakan *clamp meter*/ tang ampere, kita dapat mengukur arus dengan hanya meng-*clamp*-kan pada salah satu kabel/konduktor.

2. Lux meter



Gambar 3.2 Lux Meter
(Sumber : <https://www.kew-ltd.co.jp/en/products/detail/00968/>)

Lux meter atau alat ukur cahaya adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya intensitas cahaya disuatu tempat. Besarnya intensitas cahaya ini perlu untuk diketahui karena pada dasarnya manusia juga memerlukan penerangan yang cukup. Tingkat pencahayaan pada setiap ruangan berbeda-beda, hal tersebut tidak terlepas dari fungsi penggunaan ruangan itu sendiri.

3. Meteran



Gambar 3.3 Meteran
(Sumber : Blibi 2021)

Meteran digunakan untuk mengukur luas dan tinggi bangunan gedung serta beberapa variabel lainnya.

4. Power Meter



Gambar 3.4 Power Meter
(Sumber : Dinomarket 2021)

Power meter digunakan untuk mengukur arus, tegangan dan power faktor dari peralatan listrik.

3.3 Pengumpulan dan Pengambilan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Metode Observasi, teknik pengumpulan data yang menyangkut jumlah peralatan, daya peralatan dan hal-hal lainnya yang diperlukan dengan cara pengamatan dan pengukuran langsung terhadap kondisi kelistrikan Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- b. Metode wawancara, teknik pengumpulan data dengan cara melakukan wawancara atau diskusi dengan narasumber dari pihak perpustakaan dan pihak lain yang bersangkutan.

- c. Metode studi pustaka, teknik pengumpulan data dengan mencari referensi yang berkaitan dengan audit energi yang pernah dikembangkan oleh peneliti-peneliti lain, baik itu berupa buku *e-book*, artikel, jurnal, dan lain-lain.

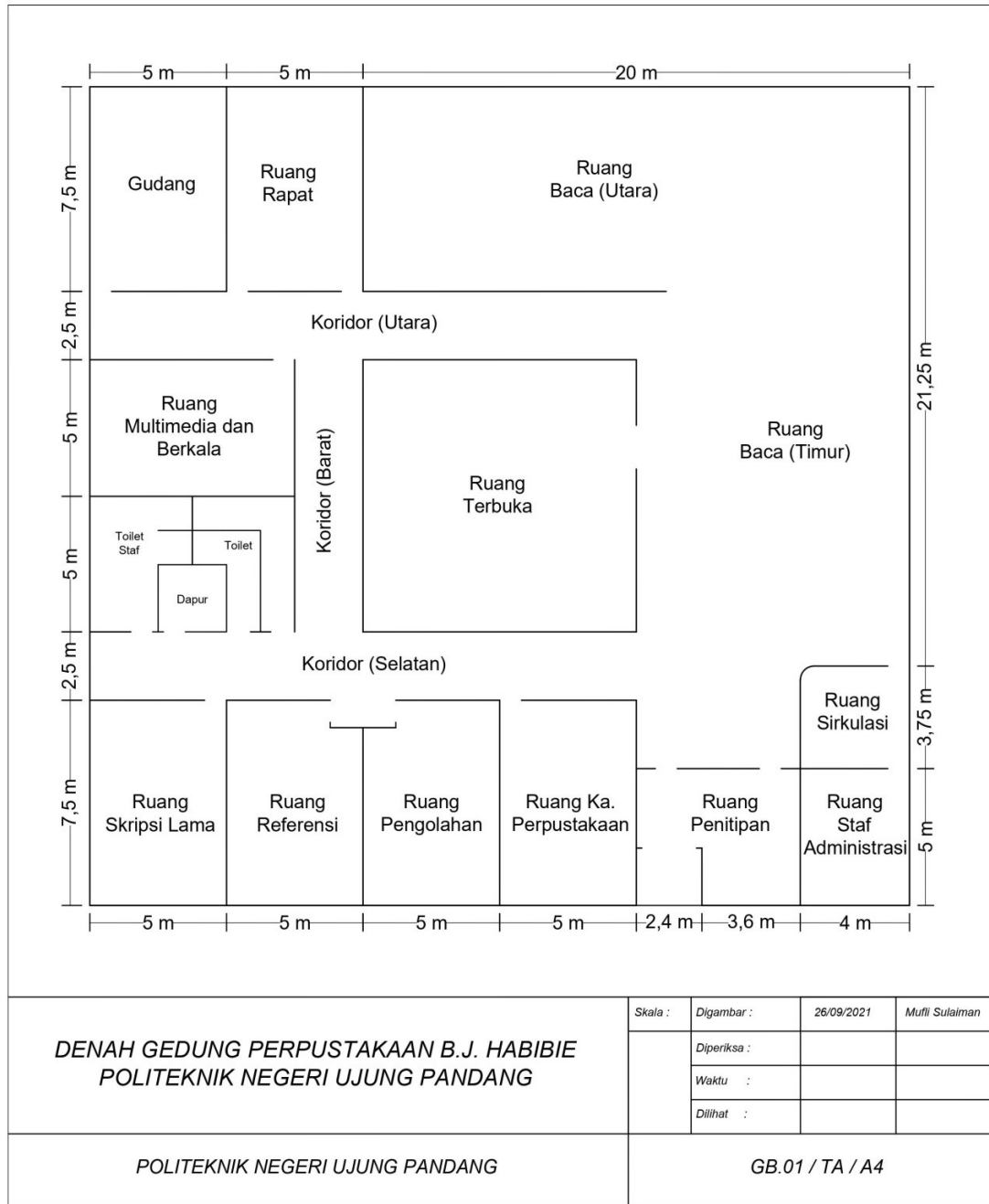
Adapun data yang diambil pada audit energi ini, yaitu:

1. Jenis dan jumlah peralatan listrik yang digunakan di Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Pengukuran daya tiap peralatan listrik termasuk peralatan bantu Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Waktu operasi peralatan termasuk peralatan bantu gedung.
4. Denah bangunan Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Pengukuran luas setiap ruangan.

3.4 Pengolahan Data

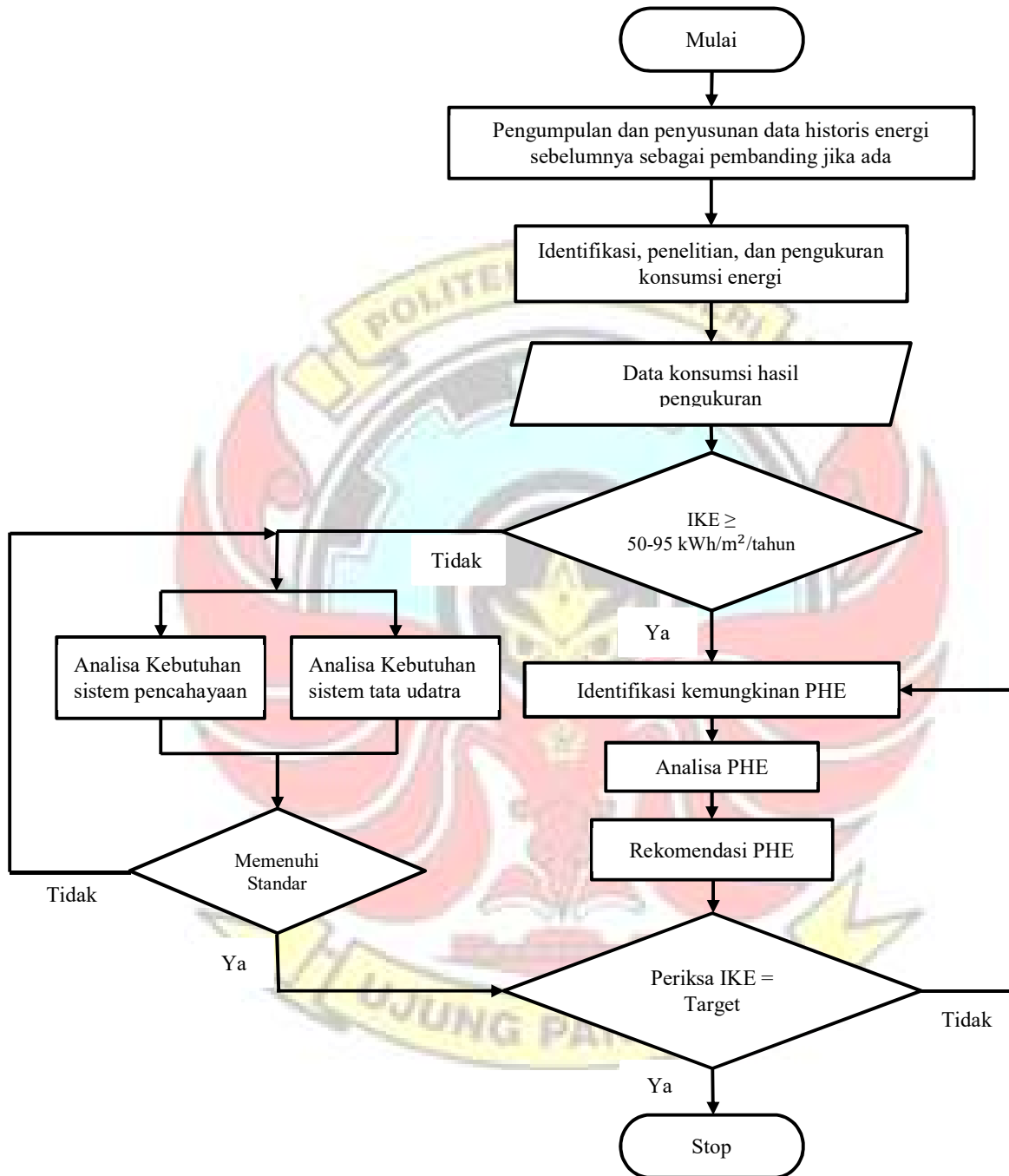
Data yang telah diperoleh pada tahap pengumpulan data, kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk tabel untuk kemudian dianalisa.

3.5 Denah Gedung



Gambar 3.5 Denah gedung perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Tabel 4.1 Data hasil pengukuran dan pengamatan pada Gedung Perpustakaan B.J. Habiebie Politeknik Negeri Ujung Pandang

No	Jenis / Merk Peralatan	Jumlah	Arus (A)	Power Faktor	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Luas (m ²)	Durasi (Jam)	Jumlah Pengguna Ruangan
1. Ruang Referensi								
	Lampu Flourecent 36 W	2	0,33	0,53	167	36,3	8	3 Orang
	Lampu LED 0,135A	1	0,12	0,56			8	
	ac Panasonic CU-E938K	1	4,1	0,93			8	
	Komputer Asus	1	0,14	0,78			8	
	Komputer Lenovo 6A	1	0,2	0,90			8	
	Printer Epson	1	0,52	0,56			8	
2. Ruang Pengolahan								
	Lampu LED 0,135A	3	0,12	0,56	140	36,3	8	5 Orang
	ac Panasonic CU-E938K	1	4,1	0,93			8	
	Komputer Lenovo F0EB	2	0,2	0,47			8	
	Printer Epson	1	0,52	0,56			8	
3. Ruang KA Perpustakaan								
	Lampu Flourecent 36 W	2	0,33	0,53	111	37,5	8	6 Orang
	Lampu Flourecent 20 W	1	0,14	0,60			8	
	ac Panasonic CU-E938K	1	4,1	0,93			8	
	Komputer Lenovo F0EB	1	0,2	0,47			8	
4. Ruang Staff Administrasi								
	Lampu Flourecent 36 W	1	0,33	0,53	118	20	8	3 Orang
	ac LG 750 W	1	3,9	0,96			8	
	Printer HP	1	0,22	0,20			8	
	Komputer Lenovo 6 A	1	0,2	0,90			8	

Tabel 4.1 Lanjutan

No	Jenis / Merk Peralatan	Jumlah	Arus (A)	Power Faktor	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Luas (m ²)	Durasi (Jam)	Jumlah Pengguna Ruang
5. Ruang Multimedia dan Berkala								
	Lampu Flourecent 36 W	6	0,33	0,53	120	37,5	8	10 Orang
	ac Panasonic CU-PC12DKH	1	4,3	0,93			8	
6. Ruang Rapat								
	Lampu Flourecent 36 W	4	0,33	0,53	136	37,5	8	18 Orang
	ac Panasonic CU-E938K	1	4,1	0,93			8	
7. Ruang Sirkulasi (Peminjaman dan Pengembalian)								
	Lampu LED 0,135A	1	0,12	0,56	70	15	8	3 Orang
	ac Panasonic CU-PC12DKH	1	4,3	0,93			8	
	Komputer lenovo F0EB	1	0,2	0,47			8	
	Komputer Philips	1	0,2	0,50			8	
	Printer HP	1	0,22	0,20			8	
	Lampu LED 0,135A	4	0,099	0,59			8	
8. Ruang Penitipan/Penyimpanan								
	Lampu Flourecent 36 W	2	0,33	0,53	154	30	8	1 Orang
	Lampu Flourecent 18 W	1	0,12	0,70			8	
	ac Panasonic CU-E938K	1	4,1	0,93			8	
	TV Akira	1	0,45	0,60			8	
9. Ruang Baca (Timur, Utara)								
	Lampu Flourecent 36 W	10	0,33	0,53	117	310	8	48 Orang
	Lampu Flourecent 36 W	13	0,33	0,53			8	
	ac Panasonic CU-PC12DKH	3	4,3	0,93			8	
	ac Panasonic CU-E938K	3	4,1	0,93			8	
	Komputer Asus	3	0,14	0,78			8	
	TV Samsung	1	0,78	0,67			8	
	Komputer Dell	1	0,31	0,72			8	

Tabel 4.1 Lanjutan

No	Jenis / Merk Peralatan	Jumlah	Arus (A)	Power Faktor	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Luas (m ²)	Durasi (Jam)	Jumlah Pengguna Ruangan
10. Koridor (Utara, Barat, dan Selatan)								
	Lampu Flourecent 36 W	12	0,33	0,53	180	127,4	8	32 Orang
	ac Sharp 2000W/11A	1	5,8	0,96			8	
11. Toilet Staff								
	Lampu LED 14,5W	1	0,115	0,54	167	15,625	8	-
12. Toilet Umum								
	Lampu LED 13 W	1	0,099	0,59	65	15,625	8	-
13. Ruang Dapur								
	Lampu LED 11 W	1	0,072	0,64	38	6,25	8	-
	Dispenser Miyako	1	0,47	0,54			24	
	Kulkas Polytron	1	0,6	0,70			24	
14. Ruang Skripsi Lama								
	Lampu Flourecent 36 W	1	0,33	0,64	40	37,5	8	-
	Lampu Flourecent 18 W	1	0,12	0,70			8	

4.2 Perhitungan Nilai IKE

Untuk menghitung besarnya daya yang digunakan pada setiap peralatan menggunakan persamaan (2-2),

Data Ruang Referensi pada Tabel 4.1 di ambil sebagai contoh;

- Lampu Flourecent 36 W.

$$\begin{aligned}
 P &= V \cdot I \cdot \cos \theta \\
 &= 223 \text{ V} \cdot 0,33 \text{ A} \cdot 0,53 \\
 &= 39,00 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

- Lampu LED 0,135 A.

$$\begin{aligned}
 P &= V \cdot I \cdot \cos \theta \\
 &= 223 \text{ V} \cdot 0,12 \text{ A} \cdot 0,56
 \end{aligned}$$

$$= 14,99 \text{ Watt}$$

- ac Panasonic CU-E938K

$$P = V \cdot I \cdot \cos \theta$$

$$= 223 \text{ V} \cdot 4,1 \text{ A} \cdot 0,93$$

$$= 850,30 \text{ Watt}$$

- Komputer Asus

$$P = V \cdot I \cdot \cos \theta$$

$$= 223 \text{ V} \cdot 0,14 \text{ A} \cdot 0,78$$

$$= 24,35 \text{ Watt}$$

- Komputer Lenovo 6 A

$$P = V \cdot I \cdot \cos \theta$$

$$= 223 \text{ V} \cdot 0,2 \text{ A} \cdot 0,90$$

$$= 40,14 \text{ Watt}$$

- Printer Epson

$$P = V \cdot I \cdot \cos \theta$$

$$= 223 \text{ V} \cdot 0,52 \text{ A} \cdot 0,56$$

$$= 64,93 \text{ Watt}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut maka besar penggunaan daya pada ruang referensi adalah:

$$P_{\text{Total R. Referensi}} = (39(2) + 14,99 + 850,30 + 24,35 + 40,14 + 64,94) \text{ Watt}$$

$$= 1072,72 \text{ Watt.}$$

Hasil perhitungan data lainnya dapat di lihat pada Tabel 4.2 berikut ini;

Tabel 4.2 Penggunaan daya pada Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang

No	Nama/Fungsi Ruangan	Luas (m ²)	Penggunaan Daya (W)
1	Ruang Referensi	36,3	1072,72
2	Ruang Pengolahan	36,3	1002,12
3	Ruang KA Perpustakaan	37,5	968,0
4	Ruang Staff Administrasi	20	923,87
5	Ruang Multimedia dan Berkala	37,5	1125,79
6	Ruang Rapat	37,5	1006,31
7	Ruang Sirkulai (Peminjaman dan Pengembalian)	15	1011,94
8	Ruang Penitipan/Penyimpanan	30	1007,25
9	Ruang Baca	310	6362,66
10	Koridor	127,4	1709,70
11	Toilet Staff	15,625	13,85
12	Toilet Umum	15,625	13,03
13	Ruang Dapur	6,25	160,53
14	Ruang Skripsi Lama	37,5	57,3

Dari tabel 4.2 dapat kita lihat bahwa total penggunaan daya pada gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang sebesar 16435,49 Watt. Ruang baca merupakan ruang yang memiliki kebutuhan daya yang paling besar yaitu 6362,66 Watt. Hal ini dikarenakan di ruang baca terdapat lebih banyak peralatan listrik. Sedangkan toilet umum yang membutuhkan daya yang paling kecil hanya terdapat 1 buah lampu dengan daya 13,03 Watt.

Untuk menghitung besarnya energi yang dikonsumsi setiap peralatan digunakan persamaan (2-3);

$$W = P \times t \times n$$

Sebagai contoh diambil data pada ruang referensi untuk Lampu Flourecent 36 W ,
dimana;

$$P = 39,00 \text{ Watt}$$

$$t = 8 \text{ Jam}$$

$$n = 2$$

Maka;

$$W = 39,00 \text{ W} \cdot 8 \text{ Jam} \cdot 2$$

$$= 312 \text{ Wh} \cdot 2$$

$$= 624 \text{ Wh}$$

Untuk selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut;

Tabel 4.3 Energi yang dikonsumsi Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang

No	Jenis / Merk Peralatan	Jumlah	Daya Peralatan (W)	Lama Penggunaan (Jam)	Energi yang dikonsumsi per hari (Wh)
1. Ruang Referensi					
	Lampu Flourecent 36 W	2	39,00	8	624,04
	Lampu LED 0,135A	1	14,99	8	119,88
	ac Panasonic CU-E938K	1	850,30	8	6802,39
	Komputer Asus	1	24,35	8	194,81
	Komputer Lenovo 6A	1	40,14	8	321,12
	Printer Epson	1	64,94	8	519,50
2. Ruang Pengolahan					
	Lampu LED 0,135A	3	14,99	8	359,65
	ac Panasonic CU-E938K	1	850,30	8	6802,39
	Komputer Lenovo F0EB	2	20,96	8	335,39
	Printer Epson	1	64,94	8	519,50
3. Ruang KA Perpustakaan					
	Lampu Flourecent 36 W	2	39,00	8	624,04
	Lampu Flourecent 18 W	1	18,73	8	149,86
	ac Panasonic CU-E938K	1	850,30	8	6802,39

Tabel 4.3 Lanjutan

No	Jenis / Merk Peralatan	Jumlah	Daya Peralatan (W)	Lama Penggunaan (Jam)	Energi yang dikonsumsi per hari (Wh)
	Komputer Lenovo F0EB	1	20,96	8	167,70
4. Ruang Staff Administrasi					
	Lampu Flourecent 36 W	1	39,00	8	312,02
	ac LG 750W	1	834,91	8	6679,30
	Printer HP	1	9,81	8	78,50
	Komputer Lenovo 6 A	1	40,14	8	321,12
5. Ruang Multimedia dan Berkala					
	Lampu Flourecent	6	39,00	8	1872,13
	ac Panasonic CU-PC12DKH	1	891,78	8	7134,22
6. Ruang Rapat					
	Lampu Flourecent 36 W	4	39,00	8	1248,09
	ac Panasonic CU-E938K	1	850,30	8	6802,39
7. Ruang Sirkulasi (Peminjaman dan Pengembalian)					
	Lampu LED 0,135A	1	14,99	8	119,88
	ac Panasonic CU-PC12DKH	1	891,78	8	7134,22
	Komputer Lenovo F0EB	1	20,96	8	167,70
	Komputer Philips	1	22,30	8	178,40
	Printer HP	1	9,81	8	78,50
	Lampu LED 0,135A	4	0,099	8	416,81
8. Ruang Penitipan/Penyimpanan					
	Lampu Flourecent 36 W	2	39,00	8	624,04
	Lampu Flourecent 18 W	1	18,73	8	149,86
	ac Panasonic CU-E938K	1	850,30	8	6802,39
	TV Akira	1	60,21	8	481,68

Tabel 4.3 Lanjutan

No	Jenis / Merk Peralatan	Jumlah	Daya Peralatan (W)	Lama Penggunaan (Jam)	Energi yang dikonsumsi per hari (Wh)
9. Ruang Baca (Timur, Utara)					
	Lampu Flourecent 36 W	23	39,00	8	7176,50
	ac Panasonic CU-PC12DKH	3	891,78	8	21402,35
	AC Panasonic F0EB	3	850,30	8	20407,18
	Komputer Asus	3	24,35	8	584,44
	Komputer Dell	1	49,77	8	398,19
	TV Samsung	1	116,54	8	932,32
10. Koridor (Utara, Barat, dan Selatan)					
	Lampu Flourecent 36 W	12	39,00	8	3744,26
	ac Sharp 2000W/11A	1	1241,66	8	9933,31
11. Toilet Staff					
	Lampu LED 14,5 W	1	13,84	8	110,79
12. Toilet Umum					
	Lampu LED 13 W	1	13,03	8	104,20
	TV Akira	1	60,21	8	481,68
13. Ruang Dapur					
	Lampu LED 11 W	1	10,28	8	82,16
	Dispenser Miyako	1	56,60	24	1358,34
	Kulkas Polytron	1	93,66	24	2247,84
14. Ruang Skripsi Lama					
	Lampu Flourecent 36 W	1	39,00	8	312,02
	Lampu Flourecent 18 W	1	18,73	8	149,86
Total					133888,00

Untuk menghitung nilai IKE Pada bangunan Gedung Perpustakaan B.J.

Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang, digunakan persamaan (2-1);

Jika diketahui,

$$E_{total} = 133,89 \text{ Wh}$$

$$A_{bangunan} = 762,5 \text{ m}^2$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{IKE} &= \frac{\text{Jumlah konsumsi energi listrik (kWh/tahun)}}{\text{luas bangunan (m}^2\text{)}} \\ &= \frac{\text{Total Energi yang dikonsumsi} \times \text{jumlah hari kerja} \times 12 \text{ bulan}}{762,5 \text{ m}^2} \\ &= \frac{133,89 \text{ kWh} \times 22 \text{ hari} \times 12 \text{ bulan}}{762,5 \text{ m}^2} \\ &= 46,36 \text{ kWh/ m}^2\text{/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, dapat kita lihat bahwa nilai Intensitas Konsumsi Energi Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang sebesar 46,36 kWh/ m²/tahun, merujuk pada Tabel 2.2 angka tersebut berada pada kriteria di bawah sangat efisien. Hal ini dikarenakan sistem pencahayaan dan sistem tata udara yang tidak memenuhi tingkat kebutuhan pada gedung tersebut. Maka perlu dilakukan penambahan pada sistem pencahayaan dan sistem tata udara guna meningkatkan tingkat kenyamanan pengguna gedung perpustakaan.

4.3 Analisa Sistem Pencahayaan

Table 4.4 Hasil pengukutan tingkat pencahayaan di Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang

No	Nama/Fungsi Ruangan	Tingkat pencahayaan rata-rata (Lux)	SNI 03-6196-2011 (Lux)	Keterangan
1	Ruang Referensi	167	350	< Standar
2	Ruang Pengolahan	140	350	< Standar
3	Ruang KA Perpustakaan	111	350	< Standar
4	Ruang Staff Administrasi	118	350	< Standar

No	Nama/Fungsi Ruangan	Tingkat pencahayaan rata-rata (Lux)	SNI 03-6196-2011 (Lux)	Keterangan
5	Ruang Multimedia dan Berkala	120	300	< Standar
6	Ruang Rapat	136	300	< Standar
7	Ruang Sirkulai (Peminjaman dan Pengembalian)	70	350	< Standar
8	Ruang Penitipan/Penyimpanan	154	300	< Standar
9	Ruang Baca	117	300	< Standar
10	Koridor	180	300	< Standar
11	Toilet Staff	167	200	< Standar
12	Toilet Umum	65	200	< Standar
13	Ruang Dapur	38	250	< Standar
14	Ruang Skripsi Lama	40	150	< Standar

Tingkat pencahayaan yang diperlukan untuk setiap aktifitas sangatlah penting guna memenuhi syarat tingkat pencahayaan yang dianjurkan. Hal ini erat kaitannya dengan kesehatan, terutama kesehatan mata. Tingkat pencahayaan yang cukup sangat mendukung kelancaran dan keselamatan dalam beraktifitas. Dalam penelitian kali ini, didapatkan bahwa tingkat pencahayaan pada Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang sangat kurang jika dibandingkan dengan standar yang ada. Sehingga diperlukan upaya untuk mengefisienkan penggunaan energi di gedung tersebut.

a. Ruang Rapat

Setelah dilakukan pengukuran pada ruang rapat didapatkan tingkat pencahayaan sebesar 136 lux, sedangkan tingkat pencahayaan yang direkomendasikan untuk ruang rapat sebesar 300 lux. Adapun jenis lampu yang

digunakan adalah lampu flourecent sebanyak 4 buah dengan daya yang dikonsumsi adalah 39 Watt untuk setiap lampu.

Untuk mengetahui banyaknya jumlah lampu yang seharusnya dipasang pada gedung tersebut maka digunakan persamaan 2-4:

Nama ruangan : Ruang Rapat

Luas : 37,5 m²

Penerangan : Lampu Flourecent 36 Watt

LLF : 0,8

CU : 0,65

Ø : Nilai Lumen Lampu x Daya Lampu (Umumnya nilai lumen lampu 75)

Maka,

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{E \cdot A}{\phi \cdot LLF \cdot CU \cdot n} \\
 &= \frac{300 \text{ Lux} \cdot 37,5 \text{ m}^2}{2925 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 1} \\
 &= \frac{11250}{1521} \\
 &= 7,39 \text{ (dibulatkan menjadi 8 buah lampu)}
 \end{aligned}$$

Maka didapat bahwa jumlah lampu yang dibutuhkan untuk memberikan pencahayaan yang cukup untuk ruang rapat di perpustakaan adalah sebanyak 8 buah, dengan daya yang digunakan adalah 8 x 39 Watt = 312 Watt.

b. Ruang Baca (Utara)

Setelah dilakukan pengukuran pada ruang baca didapatkan tingkat pencahayaan sebesar 117 lux, sedangkan tingkat pencahayaan yang

direkomendasikan untuk ruang baca sebesar 300 lux. Adapun jenis lampu yang digunakan adalah lampu flourecent sebanyak 10 buah dengan daya yang dikonsumsi adalah 39 Watt untuk setiap lampu.

Untuk mengetahui banyaknya jumlah lampu yang seharusnya dipasang pada gedung tersebut maka digunakan persamaan (2-4)

- Nama ruangan : Ruang baca (Utara)
 Luas : 150 m²
 Penerangan : Lampu Flourecent 39 Watt
 LLF : 0,8
 CU : 0,65
 Ø : Nilai Lumen Lampu x Daya Lampu (Umumnya nilai lumen lampu 75)

Maka,

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{E \cdot A}{\phi \cdot LLF \cdot CU \cdot n} \\
 &= \frac{300 \text{ Lux} \cdot 150 \text{ m}^2}{2925 \cdot 0,8 \cdot 0,60 \cdot 1} \\
 &= \frac{45000}{1521} \\
 &= 29,8 \text{ (dibulatkan menjadi 30 buah lampu)}
 \end{aligned}$$

Maka didapat bahwa jumlah lampu yang dibutuhkan untuk memberikan pencahayaan yang cukup untuk ruang rapat di perpustakaan adalah sebanyak 30 buah, dengan daya yang digunakan adalah 30 x 39 Watt = 1170 Watt.

Jika semua lampu yang ada di gedung perpustakaan B.J. Habibie diganti dengan jenis lampu flourecent 39 Watt, maka untuk jumlah lampu ruangan lainnya dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut;

Tabel 4.5 Rekomendasi jumlah lampu yang seharusnya dipasang pada Gedung Perustakaan B.J.Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang

No	Nama/Fungsi Ruangan	Luas (m ²)	SNI 03-6196-2011 (Lux)	Jumlah Lampu
1	Ruang Referensi	36,3	350	9
2	Ruang Pengolahan	36,3	350	9
3	Ruang KA Perpustakaan	37,5	350	9
4	Ruang Staff Administrasi	20	350	5
5	Ruang Multimedia dan Berkala	37,5	300	8
6	Ruang Rapat	37,5	300	8
7	Ruang Sirkulai (Peminjaman dan Pengembalian)	15	350	4
8	Ruang Penitipan/Penyimpanan	30	300	6
9	Ruang Baca			
	▪ Utara	150	300	30
	▪ Timur	160	300	32
10	Koridor			
	▪ Utara	50	300	10
	▪ Barat	20	300	5
	▪ Selatan	52,4	300	11
11	Toilet Staff	15,625	200	3
12	Toilet Umum	15,625	200	3
13	Ruang Dapur	6,25	250	2
14	Ruang Skripsi Lama	37,5	150	4

4.4 Analisa Sistem Tata Udara

Perkiraan beban pendinginan harus dilakukan dengan cermat pada setiap komponen beban. Perhitungan beban pendinginan yang cermat dalam tahap perencanaan dapat memberikan peluang lebih besar bagi penghematan energi sistem pengkondisian udara (SNI 6390:2011). Perhitungan beban lampu harus dilakukan secara cermat menggunakan data desain sistem pencahayaan ruang terkait, bukan berdasarkan perkiraan berdasarkan satuan watt lampu per satuan lantai. Perkiraan pemakaian energi sistem pengkondisian udara harus menggunakan perhitungan beban pendingin seluruh jam operasi dan karakteristik pemakaian daya peralatan yang aktual. Untuk perkiraan beban pendinginan perbulan dapat digunakan profil beban pendinginan harian yang dapat mewakili bulan tersebut. Untuk perkiraan pemakaian energi bulan tersebut, nilai pemakaian energi satu hari dikalikan dengan jumlah hari operasi dalam bulan terkait.

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Temperatur

Temperatur dalam ruangan (Interior)	Temperatur luar ruangan (Eksterior)
28 °C	31 °C

Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang terdapat beberapa ruangan, diantaranya ruangan KA Perpustakaan. Ruangan ini memiliki jendela yang terbuat dari kaca dengan luas total jendela 2,56 m². Biasanya di ruangan ini hanya terdapat 6 orang, adapun jenis ac yang digunakan adalah ac split 1 PK dengan lama operasional ruangan di hari kerja kurang lebih 8 jam.

Adapun perhitungan beban kalor sistem tata udara pada ruangan ini yaitu;

Nama ruangan	: Ruang KA Perpustakaan
Luas lantai = Luas langit-langit	: $5 \text{ m} \times 7,5 \text{ m} = 37,5 \text{ m}^2$
Volume ruangan	: $5 \text{ m} \times 7,5 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 112,5 \text{ m}^3$
Luas dinding	: $2 (p \times t) + 2 (l \times t)$: $2 (7,5 \text{ m} \times 3 \text{ m}) + 2 (5 \text{ m} \times 3 \text{ m})$: 75 m^2

Beban kalor sensible daerah interior

1. Beban transmisi kalor melalui jendela

Ruangan tersebut menggunakan satu pelat kaca, berdasarkan tabel 2.4 nilai koefisien transmisi kalor jendela sebesar $5,5 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$

= (Luas jendela) \times (Koefisien transmisi kalor melalui jendela) \times (Selisih temperatur interior dan eksterior)

$$= 2,56 \text{ m}^2 \times 5,5 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} \times 3 ^\circ\text{C}$$

$$= 42,24 \text{ kCal/jam}$$

2. Infiltrasi beban kalor sensibel

Gedung tersebut memiliki banyak jendela, berdasarkan tabel 2.5 jumlah penggantian ventilasi alamiah adalah 1,5-2 kali.

= {(volume ruangan \times jumlah penggantian ventilasi alamiah) – jumlah udara luar} \times 0,24 / volume spesifik (Selisih temperatur eksterior dan interior)

$$= \{(112,5 \text{ m}^3 \times 1,5) - 30 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}\} \times 0,24 / 0,893 \text{ m}^3/\text{kg} \times 3 ^\circ\text{C}$$

$$= 111,87 \text{ kCal/jam}$$

3. Koefisien transmisi kalor dari partisi langit-langit

Berdasarkan tabel 2.6 nilai transmisi kalor dari langit-langit adalah 2,86 kcal/m².jam°C

$$= (\text{Luas langit-langit}) \times (\text{Koefisien transmisi kalor } K \text{ dari langit-langit}) \times (\text{Selisih temperatur dalam dan luar ruangan})$$

$$= 37,5 \text{ m}^2 \times 2,86 \text{ kcal / m}^2 \cdot \text{jam } ^\circ\text{C} \times 3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$= 289,13 \text{ kcal/jam}$$

4. Koefisien transmisi kalor dari partisi lantai

Lantai gedung tersebut terbuat dari beton, berdasarkan tabel 2.6 nilai koefisien transmisi kalornya adalah 1,94 kcal / m². jam °C

$$= (\text{Luas lantai}) \times (\text{Koefisien transmisi kalor } K \text{ dari lantai}) \times (\text{Selisih temperatur dalam dan luar ruangan})$$

$$= 37,5 \text{ m}^2 \times 1,94 \text{ kcal / m}^2 \cdot \text{jam } ^\circ\text{C} \times 3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$= 399,38 \text{ kcal/jam}$$

5. Beban kalor sensibel manusia

Berdasarkan tabel 2.7 nilai kalor sensibel manusia adalah 87 kcal/jam dengan faktor koreksi kelompok 0,897

$$= (\text{Jumlah orang}) \times (\text{Kalor sensibel manusia}) \times \text{faktor koreksi kelompok}$$

$$= 6 \times 89 \text{ kcal / jam. Orang } 0,897 \text{ kcal/jam}$$

$$= 479 \text{ kcal/jam}$$

6. Beban Kalor Peralatan

Berdasarkan tabel 2.8 nilai koefisien transmisi kalor peralatan listrik adalah 0,860 kcal/kW

$$\begin{aligned}
&= (\text{Peralatan kW}) \times \text{koefisien transmisi kalor peralatan listrik} \times \text{faktor} \\
&\text{penggunaan peralatan} \\
&= 0,02096 \text{ kW} \times 0,860 \text{ kcal / kW} \times 8 \text{ jam} \\
&= 1,442 \text{ kcal/jam}
\end{aligned}$$

Total beban kalor sensibel daerah interior

$$\begin{aligned}
&= 42,24 \text{ kcal/jam} + 111,87 \text{ kCal/jam} + 289,12 \text{ kcal/jam} + 399,38 \text{ kcal/jam} + 479 \\
&\text{kcal/jam} + 1,442 \text{ kcal/jam} \\
&= 1405,99 \text{ kcal/jam}
\end{aligned}$$

Jadi, kapasitas mesin pending udara yang diperlukan untuk Ruang KA Perpustakaan sebesar 1405,99 kcal/jam.

Jika diketahui 1 kcal/jam = 3,966 Btu/jam, maka jika nilai beban kalor dikonversi kedalam BTU/h diperoleh:

$$\begin{aligned}
&= 1405,99 \text{ kcal/jam} \times 3,966 \\
&= 5576,17 \text{ BTU/h}
\end{aligned}$$

Untuk mengetahui besar kapasitas ac yang dalam ruangan ini digunakan persamaan (2-5);

$$\begin{aligned}
&= (V \times I \times E/60) + \text{beban kalor total} \\
&= ((p \times l \times t) 10 \times 16/60) + 5576,17 \text{ BTU/h} \\
&= 16162,43 \text{ BTU/h}
\end{aligned}$$

Karena 1 Ton Refrigerasi = 12000 BTU/h, maka

$$\begin{aligned}
&= \frac{14478 \text{ BTU/h}}{12000 \text{ BTU/h}} \times 1,25 \\
&= 1,68 = 2 \text{ PK}
\end{aligned}$$

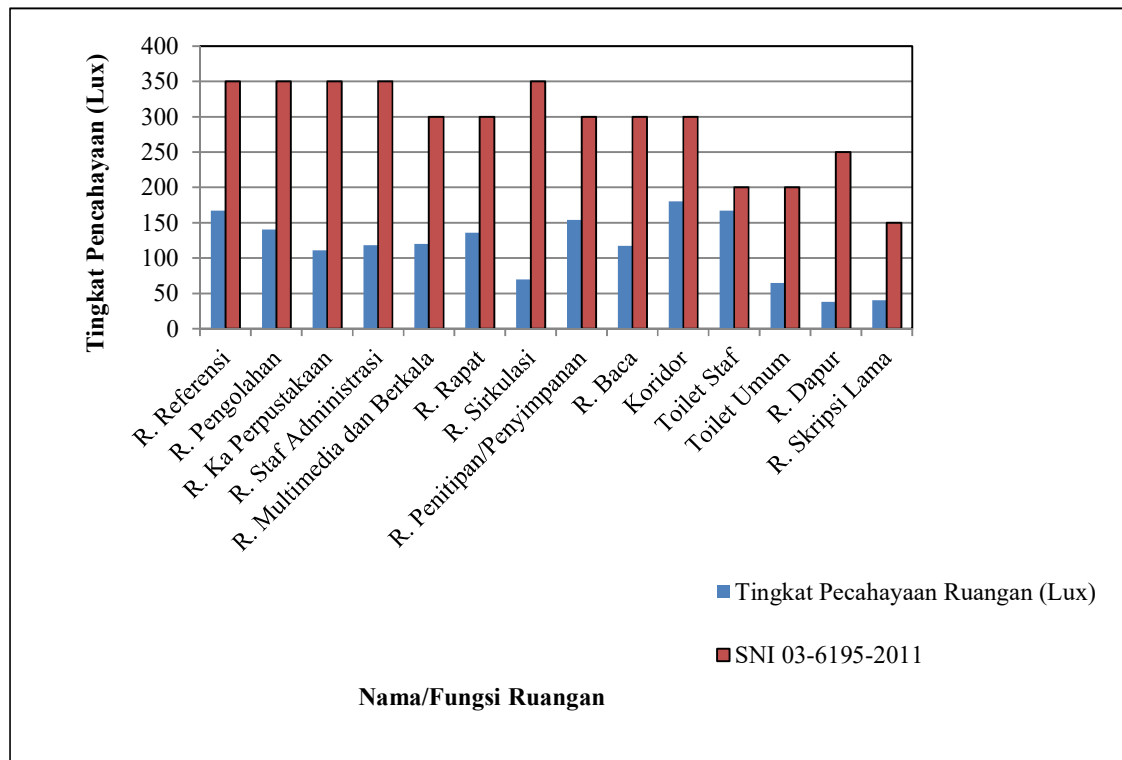
Sehingga kapasitas Air Conditioner yang direkomendasikan untuk dipasang pada Ruang Ka. Perpustakaan adalah 2 PK.

Untuk perhitungan beban kalor sistem tata udara ruangan lainnya dapat di lihat pada tabel 4.7 berikut;

Tabel 4.7 Hasil perhitungan beban sistem tata udara Gedung Perpustakaan B.J. Habiebie Politeknik Negeri Ujung Pandang

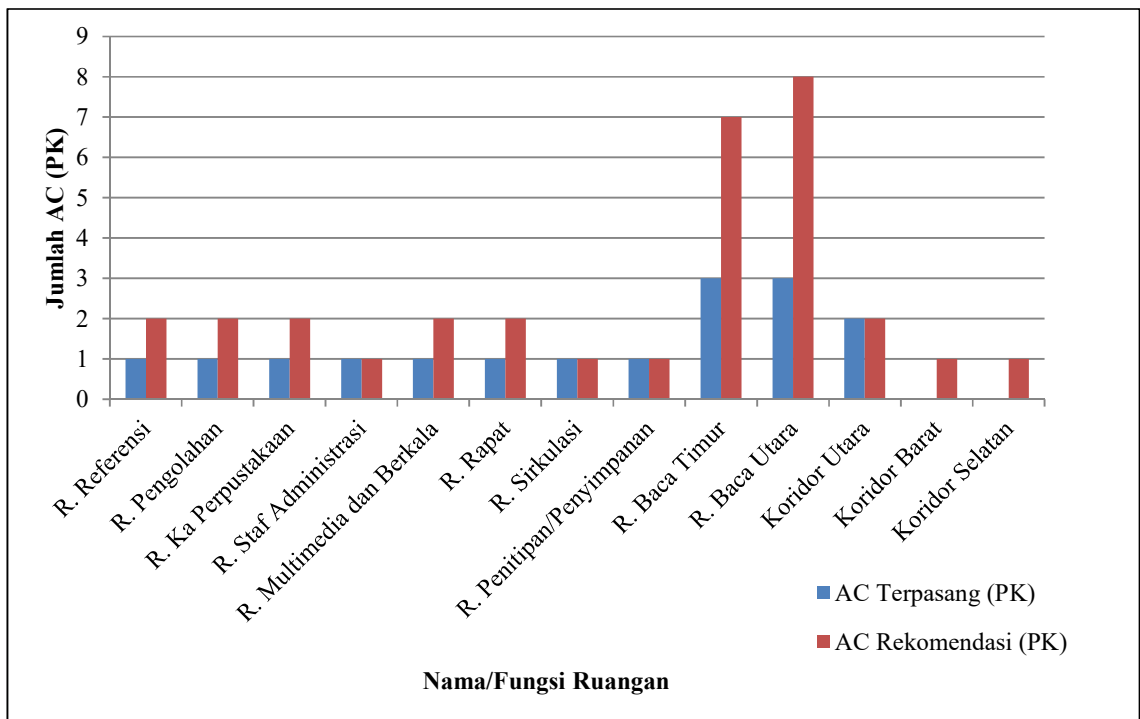
No	Nama/Fungsi Ruangan	Volume ruangan (m ³)	Beban kalor (BTU/h)	ac Terpasang	Rekomendasi ac
1	Ruang Referensi	108,9	4524,63	1 PK	2 PK
2	Ruang Pengolahan	108,9	5015,77	1 PK	2 PK
3	Ruang KA Perpustakaan	112,5	5576,17	1 PK	2 PK
4	Ruang Staff Administrasi	60	2954,9	1 PK	1 PK
5	Ruang Multimedia dan Berkala	112,5	7008,64	1 PK	2 PK
6	Ruang Rapat	112,5	9541,58	1 PK	2 PK
7	Ruang Sirkulai (Peminjaman dan Pengembalian)	45	2416,23	1 PK	1 PK
8	Ruang Penitipan/Penyimpanan	90	3172,6	1PK	1 PK
9	Ruang Baca <ul style="list-style-type: none"> ▪ Utara ▪ Timur 	450 480	20009,1 27525,4	3 x 1 PK 3 x 1 PK	7 x 1 PK 8 x 1 PK
10	Koridor <ul style="list-style-type: none"> ▪ Utara ▪ Barat ▪ Selatan 	150 60 157,2	10607,8 6391,1 6844,77	2 PK - -	2 PK 1 PK 1 PK

Dengan melihat Tabel 4.7 di atas maka perlu dilakukan penambahan unit *Air Conditioner* berdasarkan hasil perhitungan beban kalor di sebagian besar ruangan di Gedung Perpustakaan B.J. Habiebie Politeknik Negeri Ujung Pandang.



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara nama/fungsi ruangan dengan tingkat pencahayaan

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.1 dapat kita lihat bahwa tingkat pencahayaan ruangan pada gedung perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang rata-rata sebesar 116 Lux. Tingkat pencahayaan paling kurang terdapat pada ruang sirkulasi dengan selisih 280 Lux jika dibandingkan dengan SNI 03-6195-2011. Hal tersebut dapat berpengaruh terhadap kesehatan mata, sehingga mata mudah mengalami kelelahan yang ditandai dengan ketajaman mata berkurang, daya akomodasi menurun, dan sakit kepala.



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara nama/fungsi ruangan dengan jumlah ac.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.2 dapat kita lihat bahwa jumlah penggunaan ac pada gedung perpustakaan BJ. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang jika dibandingkan dengan beban kalornya masih terdapat kekurangan di beberapa ruangan. Misalnya pada ruang baca utara, jumlah ac yang terpasang sebanyak 3 x 1 PK sementara jumlah kebutuhan ac jika dibandingkan dengan beban kalornya seharusnya sebanyak 8 x 1 PK. Dan untuk koridor barat dan selatan tidak terdapat ac yang terpasang sementara jika melihat beban kalornya jumlah ac yang dibutuhkan masing-masing sebanyak 1 PK. Kekurangan alat pengkondisian udara tersebut dapat mengganggu kenyamanan pengguna atau penghuni ruangan tersebut.

4.5 Nilai IKE Berdasarkan Hasil Perhitungan Rekomendasi Sistem Pencahayaan dan Sistem Tata Udara

Setelah dilakukan analisa yang menghasilkan rekomendasi guna memenuhi tingkat kenyamanan pada sistem pencahayaan dan sistem tata udara di Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang (dapat dilihat pada Lampiran 3), maka nilai Intensitas Konsumsi Energi pada gedung tersebut adalah;

Jika diketahui,

$$E_{total} = 275,861 \text{ kWh}$$

$$A_{bangunan} = 762,5 \text{ m}^2$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{IKE} &= \frac{\text{Jumlah konsumsi energi listrik (kWh/tahu)}}{\text{luas bangunan (m}^2\text{)}} \\ &= \frac{\text{Total Energi yang dikonsumsi} \times \text{juml har kerja} \times 12 \text{ bulan}}{762,5 \text{ m}^2} \\ &= \frac{238,7138 \text{ kW} \times 22 \text{ hari} \times 12 \text{ bulan}}{762,5 \text{ m}^2} \\ &= 95,511 \text{ kWh/ m}^2\text{/tahun} \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan dan rekomendasi pada sistem pencahayaan dan sistem tata udara di Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang, nilai Intensitas Konsumsi Energinya menjadi 95,511 kWh/m²/tahun. Dengan merujuk pada Tabel 2.2 Nilai IKE gedung tersebut berada pada kriteria sangat efisien.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pada perhitungan Intensitas Konsumsi Energi berdasarkan hasil pengukuran dan pengamatan di gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang didapatkan nilai IKE sebesar $46,36 \text{ kWh/m}^2/\text{tahun}$. Nilai IKE ini berada merujuk pada Tabel 2.2 berada pada kriteria di bawah sangat efisien. Hal ini dikarenakan sistem pencahayaan dan sistem tata udara yang tidak memenuhi standar jika dibandingkan dengan SNI 03-6197-2011 dan perhitungan beban kalor ruangan. Tingkat pencahayaan yang paling kurang yaitu pada ruang sirkulasi sebesar 70 Lux, Sementara berdasarkan SNI 03-6197-2011 seharusnya tingkat pencahayaan untuk ruang kerja seberar 350 Lux. Sistem tata udara misal pada koridor barat dan selatan belum terdapat ac sedangkan berdasarkan perhitungan beban kalornya ac yang seharusnya terpasang masing-masing 1 PK.
2. Nilai Intensitas Konsumsi Energi berdasarkan hasil perhitungan rekomendasi sistem pencahayaan dan sistem tata udara Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang adalah $82,65 \text{ kWh/ m}^2/\text{Tahun}$. Nilai IKE ini berada pada kondisi dibawah kriteria sangat efisien.

5.2 Saran

1. Diharapkan pihak Politeknik Negeri Ujung Pandang merealisasikan rekomendasi pada sistem pencahayaan dan sistem tata udara berdasarkan hasil penelitian ini, serta pertimbangan pemasangan ac central guna peningkatan kenyamanan dan tetap efisien dalam penggunaan energi.
2. Perlunya pemasangan kWh meter di Gedung Perpustakaan B.J. Habibie Politeknik Negeri Ujung Pandang untuk memudahkan peneliti dalam melakukan Audit Energi serta mendapatkan nilai konsumsi energi listrik yang lebih rinci.
3. Perlu dilakukan Audit Energi untuk gedung lainnya di Politeknik Negeri Ujung Pandang.



DAFTAR PUSTAKA

- Abeng, N.T, dan Baso Ukkas. 2013. Audit Energi Pada Private Care Center RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar. Laporan Hasil Penelitian. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-6196-2000. Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 03-6197-2011. Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan. Jakarta.
- Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia. 2006. Pedoman Pelaksanaan Konservasi Energi dan Pengawasan Di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Departemen Pertambangan dan Energi. 1996. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Tingkat konsumsi pada bangunan gedung.
- Direktorat Konservasi Energi. 2018. Data dan Informasi Konservasi Energi 2018. Edisi-2. Jakarta.
- Hidyanto, Nur. 2012. Analisis Statistik Terhadap Potensi Penghematan Energi pada Bangunan Gedung Dengan Metode *Benchmarking*. Tesis. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Kania. 2018. Bagaimana Cara Memilih dan Menghitung Watt Lampu Yang Tepat”. <https://www.dekoruma.com/artikel/27979/tips-memilihlampu#kania>, diakses pada 30 Juli 2021.
- Marzuki dan Rusman. 2012. Audit Energi pada Bangunan Gedung Direksi PT. Perkebunan Nusantara XIII (Persero). Pontianak: Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Pontianak.
- Prasetyo, Zainal. 2014. Perhitungan Beban Pendingin Ruang Komputer Politeknik Gajah Tunggal. Tangerang: Politeknik Gajah Tunggal
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2009 Tentang Konservasi Energi. 2009. Jakarta.
- Sujatmiko, Wahyu. 2008. Penyempurnaan Standar Audit Energi Pada Bangunan Gedung. Bandung.

L

A

M

P

I

R

A

N



**Lampiran 1 Tabel Data Berdasarkan Hasil Perhitungan Rekomendasi Sistem
Pencahayaannya dan Sistem Tata Udara**

No	Jenis / Merk Peralatan	Jumlah	Daya Peralatan (W)	Lama Penggunaan (Jam)	Energi yang dikonsumsi per hari (Wh)
1. Ruang Referensi					
	Lampu Flourecent 36 W	9	39,00	8	2808,19
	ac Panasonic CU-E938K	2	850,30	8	13604,78
	Komputer Asus	1	24,35	8	194,81
	Komputer Lenovo 6A	1	40,14	8	321,12
	Printer Epson	1	64,94	8	519,50
2. Ruang Pengolahan					
	Lampu Flourecent 36 W	9	39,00	8	2808,19
	ac Panasonic CU-E938K	2	850,30	8	13604,78
	Komputer Lenovo F0EB	2	20,96	8	335,39
	Printer Epson	1	64,94	8	519,50
3. Ruang KA Perpustakaan					
	Lampu Flourecent 36 W	9	39,00	8	2808,19
	ac Panasonic CU-E938K	2	850,30	8	13604,78
	Komputer Lenovo F0EB	1	20,96	8	167,70
4. Ruang Staff Administrasi					
	Lampu Flourecent 36 W	5	39,00	8	1560,11
	ac Panasonic CU-E938K	1	850,30	8	6802,39
	Printer HP	1	9,81	8	78,50
	Komputer Lenovo 6 A	1	40,14	8	321,12
5. Ruang Multimedia dan Berkala					
	Lampu Flourecent 36 W	8	39,00	8	2496,17
	ac Panasonic CU-E938K	2	850,30	8	13604,78

No	Jenis / Merk Peralatan	Jumlah	Daya Peralatan (W)	Lama Penggunaan (Jam)	Energi yang dikonsumsi per hari (Wh)
6. Ruang Rapat					
	Lampu Flourecent 36 W	8	39,00	8	2496,17
	ac Panasonic CU-E938K	2	850,30	8	13604,78
7. Ruang Sirkulasi (Peminjaman dan Pengembalian)					
	Lampu Flourecent 36 W	4	39,00	8	1248,09
	ac Panasonic CU-E938K	1	850,30	8	6802,39
	Komputer Lenovo F0EB	1	20,96	8	167,70
	Komputer Philips	1	22,30	8	178,40
	Printer HP	1	9,81	8	78,50
8. Ruang Penitipan/Penyimpanan					
	Lampu Flourecent 36 W	6	39,00	8	1872,13
	ac Panasonic CU-E938K	1	850,30	8	6802,39
	TV Akira	1	60,21	8	481,68
9. Ruang Baca (Timur, Utara)					
	Lampu Flourecent 36 W	62	39,00	8	19345,34
	ac Panasonic CU-E938K	15	850,30	8	102035,88
	Komputer Asus	3	24,35	8	584,44
	Komputer Dell	1	116,54	8	932,32
	TV Samsung	1	49,77	8	398,19
10. Koridor (Utara, Barat, dan Selatan)					
	Lampu Flourecent 36 W	26	39,00	8	8112,56
	ac Panasonic CU-E938K	4	850,30	8	27209,57
11. Toilet Staff					
	Lampu Flourecent 36 W	3	39,00	8	936,06
12. Toilet Umum					
	Lampu Flourecent 36 W	3	39,00	8	936,06

No	Jenis / Merk Peralatan	Jumlah	Daya Peralatan (W)	Lama Penggunaan (Jam)	Energi yang dikonsumsi per hari (Wh)
13. Ruang Dapur					
	Lampu Flourecent 36 W	2	39,00	8	624,04
	Dispenser Miyako	1	56,60	24	1358,34
	Kulkas Polytron	1	93,66	24	2247,84
14. Ruang Skripsi Lama					
	Lampu Flourecent 36 W	4	39,00	8	1248,09
Total					275860,99



Lampiran 2 Dokumentasi Foto Kegiatan



Pengukuran dan pengambilan data peralatan listrik ruangan



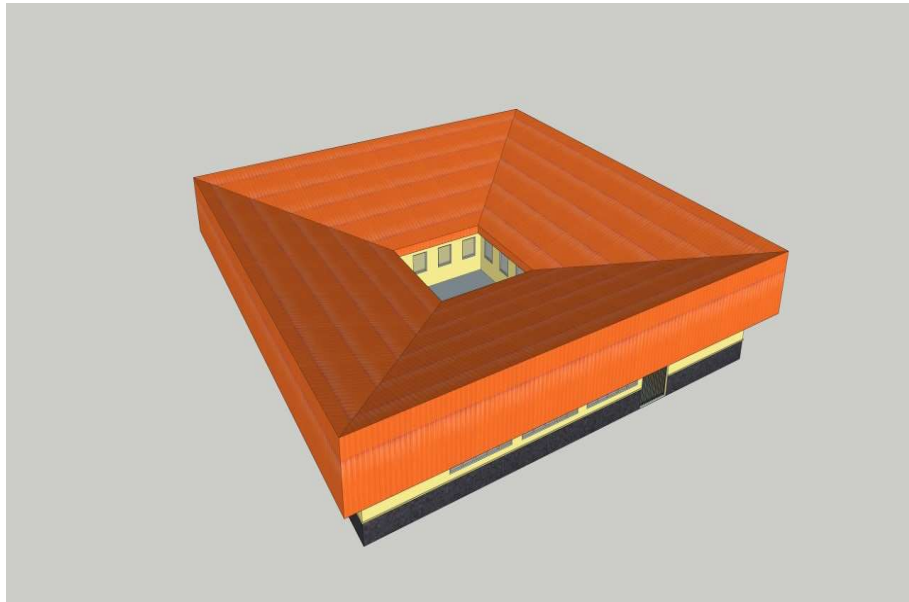
Pengukuran tingkat pencahayaan ruangan



Pengambilan data pada sistem pencahayaan



Pengambilan data pada sistem tata udara



Tampak 3 Dimensi gedung perpustakaan



Tampak depan dan samping gedung Perpustakaan

Lampiran 3 Dokumentasi Foto Tiap Ruangan



Ruang Referensi



Ruang Pengolahan



Ruang KA Perpustakaan



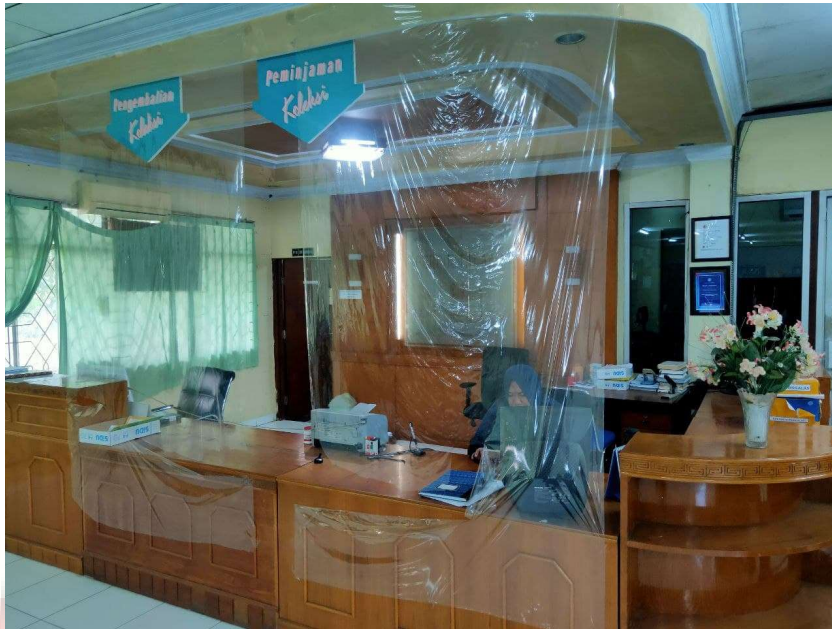
Ruang Staff Administrasi



Ruang Multimedia dan Berkala



Ruang Rapat



Ruang Sirkulasi (Peminjaman dan Pengembalian)



Ruang Penitipan/Penyimpanan



Ruang Baca Utara



Ruang Baca Timur



Koridor Utara



Koridor Barat



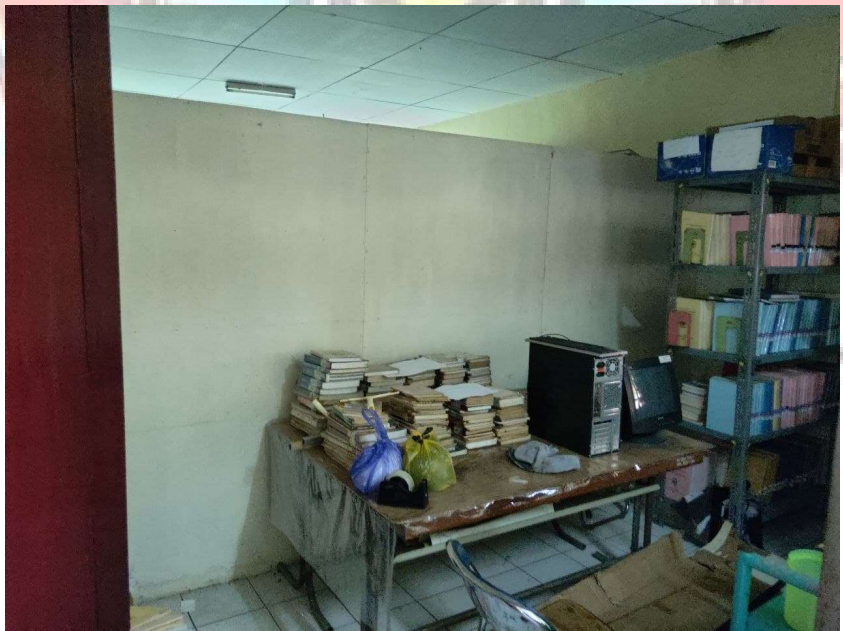
Koridor Selatan



Toilet Staff



Ruang Dapur



Ruang Skripsi Lama

Lampiran 4 SNI 6390:2011 Konservasi Energi Sistem Tata Udara Bangunan Gedung

SNI

SNI 6390:2011

Standar Nasional Indonesia

**Konservasi energi sistem tata udara
bangunan gedung**

ICS 91.140.30

Badan Standardisasi Nasional



Daftar Isi

Daftar isi.....	i
Prakata.....	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi.....	1
4 Perhitungan teknis.....	4
5 Pemilihan sistem dan peralatan tata udara.....	6
6 Pengukuran dan pengujian.....	7
7 Konservasi energi.....	8
8 Rekomendasi.....	10
9 Berlakunya SNI.....	14
Tabel 1 – Effisiensi minimum dari peralatan tata udara yang dioperasikan dengan listrik....	16
Tabel 2 – Tebal isolasi minimum untuk pipa air sejuk.....	17
Bibliografi.....	19

Pendahuluan

Standar Konservasi Energi Sistem Tata Udara Pada Bangunan Gedung ini merupakan pemutakhiran (*updating*) dan penyempurnaan dari SNI 03-6390 dengan judul yang sama, yang diterbitkan sebagai edisi pertama tahun 2000. Pemutakhiran dan penyempurnaan dilakukan dengan menggunakan data dan acuan mutakhir sesuai dengan iklim tropis lembab (*warm humid climate*) di Indonesia.

Dua faktor kunci dalam konservasi energi sistem tata udara adalah, pertama, kondisi udara perancangan terkait dengan kondisi kenyamanan termal ruang, kedua, kondisi udara luar yang ditetapkan sebagai kondisi perancangan.

Mempertimbangkan adanya variasi kenyamanan termal yang berbeda antara individu yang satu dengan yang lain, kondisi termal ruang perancangan ditetapkan dalam satu rentang temperatur nyaman berdasarkan sejumlah penelitian kenyamanan termal yang dilakukan di Indonesia dan di Asia Tenggara.

Kondisi termal udara luar yang dijadikan acuan perancangan ditetapkan berdasarkan data statistik temperatur maksimum rata-rata di semua ibu kota propinsi di Indonesia. Dengan demikian, semua pihak yang berkepentingan dengan sistem tata udara: perancang, distributor, institusi pemerintah, auditor energi, dan lainnya, dapat menggunakan acuan yang sama sebagai dasar perhitungan beban pendinginan.

Konservasi energi sistem tata udara bangunan gedung

1 Ruang lingkup

Standar ini memuat perhitungan teknis, pemilihan, pengukuran dan pengujian, konservasi energi serta rekomendasi sistem tata udara pada bangunan gedung secara optimal, sehingga penggunaan energi dapat dilakukan secara efisien tanpa mengorbankan kenyamanan termal pengguna bangunan

Standar ini diperuntukan bagi semua pihak yang berkepentingan dalam perencanaan, produksi, pembangunan, penyediaan, pengoperasian, pemantauan dan pemeliharaan gedung, dalam rangka mencapai sasaran penggunaan energi yang efisien

2 Acuan normatif

Penyusunan standar ini digunakan acuan:

SNI 03-6197, *Konservasi energi sistem tata udara pada bangunan gedung*

3 Istilah dan definisi

3.1

beda temperatur beban pendinginan (*Cooling Load Temperatur Difference = CLTD*)
selisih temperatur ekuivalen yang digunakan dalam metoda CLTD untuk menghitung beban pendingin dinding dan atap

3.2

infiltrasi

aliran udara luar yang masuk ke dalam bangunan gedung secara tidak terkendali dan tidak disengaja melalui celah atau bukaan lainnya pada selubung bangunan gedung

3.3

konduktansi termal (*k*)

koefisien perpindahan termal melalui material bangunan akibat perbedaan konstan temperatur antara satu permukaan ke permukaan pada sisi lainnya secara konduksi, dinyatakan dalam satuan laju aliran kalor per satuan tebal per derajat beda temperaturnya

3.4

koefisien kinerja pendinginan (*Coefficient Of Performance = COP*)

angka perbandingan antara laju aliran kalor yang diserap oleh sistem pendinginan dengan laju aliran energi yang dimasukkan ke dalam sistem tersebut

3.5

konservasi energi

upaya sistematis, terencana dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya tanpa mengorbankan tuntutan kenyamanan manusia dan/atau menurunkan kinerja alat

SNI 6390:2011

3.6

mesin refrigerasi

mesin yang bekerja melakukan proses refrigerasi untuk mendapatkan efek pendinginan

3.7

nilai perpindahan termal menyeluruh (*Overall Total Transfer Value = OTTV*)

suatu nilai yang menggambarkan kemampuan selubung bangunan meneruskan panas secara menyeluruh dari sisi luar ke sisi dalam atau sebaliknya, dinyatakan dalam unit W/m². Nilai ini ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk dinding masif dan dinding transparan (kaca) selubung bangunan gedung yang dikondisikan

3.8

pemakaian energi perencanaan (*Design Energy Consumption*)

perkiraan seluruh kebutuhan energi gedung per-tahun yang dihitung terhadap gedung yang direncanakan

3.9

pengkondisian udara

pengolahan udara yang bertujuan untuk mengendalikan kondisi termal udara, kualitas udara, dan penyebarannya di dalam ruang dalam rangka pemenuhan persyaratan kenyamanan termal pengguna bangunan

3.10

rasio efisiensi energi (*Energy Efficiency Ratio = EER*)

perbandingan antara kapasitas pendinginan neto peralatan pendingin (dalam BTU/jam) dengan seluruh masukan energi listrik (watt) pada kondisi operasi yang ditentukan. Bila digunakan satuan yang sama untuk kapasitas pendingin dan masukan energi listrik, nilai EER sama dengan COP

3.11

resistans termal [$R = 1/k$]

suatu besaran yang nilainya berbanding terbalik dengan konduktans termal

3.12

selubung bangunan

elemen bangunan yang membungkus bangunan gedung, yaitu dinding dan atap transparan atau yang tidak transparan

3.13

sistem aliran udara tetap

sistem tata udara yang bekerja mengendalikan temperatur bola kering dalam suatu ruangan dengan mengendalikan temperatur udara yang masuk ke ruangan tersebut; laju aliran udara yang masuk dijaga tetap

3.14

sistem aliran udara variabel (*Variable Air Volume = VAV*)

sistem tata udara yang bekerja mengendalikan temperatur bola kering dalam suatu ruangan dengan mengendalikan laju aliran udara yang masuk ke dalam ruangan tersebut

3.15

sistem tata udara

keseluruhan sistem yang bekerja mengendalikan kondisi termal udara di dalam bangunan gedung melalui pengendalian besaran termal (seperti temperatur, kelembaban relatif), penyebaran udara serta kualitas udara (kesegaran dan kebersihan), sedemikian rupa sehingga diperoleh suatu kondisi ruang yang nyaman, segar dan bersih

3.16**temperatur bola kering (*dry bulb = DB*)**

temperatur udara yang diukur dengan termometer yang diekspos secara bebas ke udara namun terlindung dari pengaruh radiasi dan kelembaban

3.17**temperatur bola basah (*wet bulb =WB*)**

temperatur terendah saat terjadi penguapan air, yang mencerminkan sifat-sifat fisik dari sistem percampuran udara dan uap air

3.18**transmitans termal (*U*)**

koefisien perpindahan kalor dari udara pada satu sisi bahan ke udara pada sisi lainnya

3.19**ventilasi udara luar (*outdoor ventilation*)**

pemasukan udara luar ke dalam gedung untuk memasukkan udara segar atau memperbaiki kualitas udara di dalam gedung sesuai dengan ketentuan standar yang berlaku

4 Perhitungan teknis**4.1 Kondisi perencanaan**

- 4.1.1** Kondisi udara ruang yang direncanakan harus sesuai dengan fungsi dan persyaratan penggunaan ruangan yang dimuat dalam standar.
- 4.1.1.1** Untuk memenuhi kenyamanan termal pengguna bangunan, kondisi perencanaan gedung yang berada di wilayah dataran rendah (atau pantai) dengan suhu udara maksimum rata-rata sekitar 34°C DB dan 28°C WB (atau suhu rata-rata bulanan sekitar 28°C) ditetapkan bahwa:
- Ruang kerja: temperatur bola kering berkisar antara 24°C hingga 27°C atau 25,5°C ± 1,5°C, dengan kelembaban relatif 60% ± 5%.
 - Ruang transit (lobi, koridor): temperatur bola kering berkisar antara 27°C hingga 30°C atau 28,5°C ± 1,5°C, dengan kelembaban relatif 60% ± 10%.
- 4.1.1.2** Untuk wilayah dataran tinggi atau pegunungan, dengan suhu udara maksimum rata-rata sekitar 28°C DB dan 24°C WB atau kurang (atau suhu rata-rata bulanan sekitar 23°C atau kurang), pada umumnya tidak diperlukan pengkondisian udara buatan. Pencapaian kenyamanan termal dan ketersediaan udara bersih seluruhnya dibebankan kepada optimalisasi rancangan arsitektur secara pasif.
- 4.1.2** Apabila, tidak ditentukan lain kondisi udara luar perencanaan ditetapkan 33°C DB dan 27°C WB, sesuai angka rata-rata temperatur maksimum tertinggi kota di Indonesia dengan tingkat kebolehterdapan terbesar. Kondisi udara luar ini ditetapkan demi keseragaman perhitungan beban pendinginan; perencanaan yang lebih teliti harus menentukan kondisi udara luar setempat dengan metoda yang sudah baku.

4.2 Perhitungan perkiraan beban pendingin**4.2.1 Umum**

SNI 6390:2011

- 4.2.1.1 Perkiraan beban pendinginan harus dilakukan dengan cermat pada setiap komponen beban. Perhitungan beban pendinginan yang cermat dalam tahap perencanaan dapat memberikan peluang lebih besar bagi penghematan energi sistem tata udara secara keseluruhan.
- 4.2.1.2 Perlu dihindarkan perhitungan beban pendinginan dengan faktor keamanan terlalu tinggi yang dapat menyebabkan melonjaknya kapasitas pendinginan akibat beban puncak yang berlebihan.
- 4.2.1.3 Perhitungan beban lampu harus dilakukan secara cermat menggunakan data desain sistem pencahayaan ruang terkait, bukan menggunakan perkiraan berdasarkan satuan Watt-lampu per satuan luas lantai.
- 4.2.1.4 Perkiraan pemakaian energi sistem tata udara harus menggunakan perhitungan beban pendingin seluruh jam operasi dan karakteristik pemakaian daya peralatan yang aktual. Untuk perkiraan beban pendinginan per bulan dapat digunakan profil beban pendinginan harian yang dapat mewakili bulan tersebut. Perhitungan pemakaian energi satu hari dilakukan dengan profil beban tersebut. Untuk perkiraan pemakaian energi bulan tersebut, nilai pemakaian energi satu hari dikalikan dengan jumlah hari operasi dalam bulan yang terkait.

4.2.2 Komponen bangunan gedung yang mempengaruhi beban pendinginan

Setiap komponen beban pendinginan yang memberikan kontribusi besar atau penting terhadap beban pendinginan perlu dioptimalkan peluangnya untuk penghematan energi.

4.2.2.1 Beban selubung bangunan

- a) Transmittansi termal bahan bangunan merupakan salah satu variabel penting dalam menentukan besar kecilnya beban pendinginan. Kesalahan dalam menentukan nilai transmittansi termal, secara proporsional akan menimbulkan kesalahan dalam kalkulasi beban pendinginan, untuk itu identifikasi bahan bangunan menjadi penting.

- b) Identifikasi bahan bangunan serta perkiraan nilai transmitansi termal perlu dilakukan secara cermat. Kecuali bahan yang diimpor, nilai transmitansi termal yang tercantum dalam sejumlah standar luar negeri tidak selalu sesuai dengan nilai transmitansi termal bahan yang digunakan di Indonesia.
- c) Beban pendinginan akibat transmisi panas dari luar melalui selubung bangunan sangat besar. Untuk gedung kantor satu lantai di Indonesia, saat terjadi beban puncak, beban pendinginan dapat mencapai 40% hingga 50%, tergantung dari ratio bidang transparan (kaca) terhadap luas selubung bangunan keseluruhan.
- d) Agar gedung yang direncanakan dapat memenuhi persyaratan hemat energi, besarnya nilai perpindahan termal menyeluruh (*Overall Thermal Transfer Value = OTTV*) yang dihitung dalam tahap awal perancangan tidak melebihi nilai di dalam standar yang berlaku (SNI 03-6389, tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung).
- e) Perubahan rancangan arsitektur harus dilakukan jika nilai OTTV yang dihitung melampaui batas standar yang berlaku (SNI 03-6389, tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung).

4.2.2.2 Beban listrik pencahayaan

- a) Pada gedung komersial seperti perkantoran, beban pendinginan yang ditimbulkan oleh lampu untuk pencahayaan dan peralatan listrik dalam ruangan merupakan komponen beban tunggal yang perlu diperhitungkan sesuai dengan SNI 03-6197, tentang Konservasi energi sistem pencahayaan.
- b) Perkiraan beban pendinginan secara rinci dari komponen tersebut di atas harus dibuat berdasarkan perencanaan sistem listrik pada setiap ruang, dan tidak dibenarkan hanya menghitung nilai daya listrik berdasarkan per-satuan luas lantai rata-rata seluruh gedung.
- c) Ketentuan rinci sistem pencahayaan gedung hemat energi diatur dalam SNI 03-6197, tentang Konservasi Energi Sistem Pencahayaan pada Bangunan Gedung.

4.2.2.3 Beban penghuni

- a) Meskipun secara umum beban penghuni berkontribusi beban pendinginan lebih kecil dibanding beban listrik dalam sistem tata udara, perhitungan beban penghuni perlu dilakukan secara cermat. Perhitungan yang cermat akan membuka peluang bagi tercapainya penghematan energi sistem tata udara bangunan. Untuk bangunan kantor, besarnya beban penghuni untuk perhitungan beban pendinginan berkisar antara 10% sampai 15% terhadap total beban pendinginan sistem tata udara.
- b) Pola aktifitas penghuni gedung dapat berpengaruh terhadap beban pendinginan maksimum dan mempengaruhi besarnya kapasitas mesin pendingin. Beban penghuni harus dihitung dengan cermat dengan memperhatikan pola aktifitas atau pola 'kehadiran' penghuni (*occupancy*) di dalam ruang.

4.2.2.4 Beban udara luar sebagai ventilasi dan infiltrasi

- a) Udara luar yang dimasukkan sebagai ventilasi menimbulkan beban pendingin sensibel maupun laten yang cukup tinggi. Besarnya nilai ventilasi harus mengikuti ketentuan yang berlaku, dengan menggunakan kondisi udara luar sesuai dengan paragraf 4.1.2.
- b) Untuk mencegah infiltrasi, perlu dibuat rancangan sedemikian rupa di mana tekanan udara di dalam lebih besar (positif) dibanding tekanan udara luar.

4.2.2.5 Beban lain-lain dan beban sistem

- a) Beban lain termasuk beban sistem harus dihitung atau diperkirakan dengan teliti. Sebagai contoh, perlunya memeriksa kembali beban kalor masuk di sepanjang saluran udara setelah laju aliran udara dihitung
- b) Peralatan di dalam ruang yang bertemperatur lebih rendah dari temperatur ruang, seperti refrigerated cabinet, akan menimbulkan "beban negatif" dalam ruang. Beban semacam ini perlu diperhitungkan secara cermat untuk mendapatkan kondisi yang lebih nyata dari beban maksimum ruangan.

4.2.3 Metode perhitungan beban pendinginan

4.2.3.1 Perhitungan beban pendingin harus menggunakan prinsip dan metode baku yang telah diakui oleh dunia profesi tata udara. Penggunaan program atau perangkat lunak komputer sangat dianjurkan untuk perhitungan beban pendinginan gedung yang besar dan/ atau kompleks. Program atau perangkat lunak komputer yang digunakan harus sudah teruji dengan baik oleh dunia profesi tata udara, atau setidaknya telah digunakan secara komersial.

4.2.3.2 Metode perhitungan beban pendinginan yang sudah baku antara lain :

- a) Metode perbedaan temperatur ekuivalen total (*Total Equivalent Temperatur Difference Method = TETD*). Prosedur perhitungan metode ini terdiri dari dua langkah, yaitu :

Metode perhitungan TETD ini sudah cukup lama dan sangat sederhana serta mudah di hitungnya cukup dengan calculator saja, hanya saja tidak dapat menghitung biaya operasi tiap saat/jam.
- b) Metode Fungsi Transfer (*Transfer Function Method = TFM*).
- c) Metode perbedaan temperatur beban pendinginan (*Cooling Load Temperatur Difference Method = CLTD*)

4.2.4 Analisa psikrometrik dan sistem distribusi udara

4.2.4.1 Analisis psikrometrik pada tahap perencanaan perlu dilakukan untuk menentukan spesifikasi teknis koil pendingin dan fan peralatan pengolah udara (*Air Handling Unit*) yang tepat. Dalam melakukan analisis perlu diperhatikan agar perkiraan bypass factor koil pendingin didasarkan pada nilai yang umum digunakan untuk aplikasi ruangan atau zona yang bersangkutan.

4.2.4.2 Pemilihan koil pendingin dan fan peralatan pengolah udara yang paling mendekati spesifikasi teknis tersebut harus dilakukan dengan cermat meskipun perlu dilakukan kompromi enjiniring. Apabila tidak dapat diperoleh koil yang sesuai dengan spesifikasi teknis dari analisis psikrometrik, maka harus dilakukan analisis

psikrometrik berikutnya dengan menggunakan data koil (misalnya bypass factor), yang paling mendekati spesifikasi, untuk menjamin terpenuhinya sasaran perencanaan.

5 Pemilihan sistem dan peralatan tata udara

5.1 Faktor yang mempengaruhi total pemakaian energi selama satu tahun

Pemilihan sistem tata udara pada bangunan gedung komersial harus memperhitungkan faktor yang mempengaruhi total pemakaian energi selama satu tahun, seperti halnya penggunaan gedung tersebut, efisiensi dari peralatan tata udara yang digunakan, dan beban pendinginan parsial dari gedung tersebut.

5.2 Karakteristik beban gedung terhadap waktu dalam sehari dan sepanjang tahun

Agar sistem tata udara dapat memberikan respon baik pada beban puncak maupun pada beban parsial, pemilihan sistem tata udara termasuk sistem kontrolnya harus memperhatikan karakteristik beban gedung terhadap waktu dalam sehari dan sepanjang tahun. Sistem tata udara harus mampu memberikan respon terhadap fluktuasi beban akibat kombinasi perubahan jumlah penghuni, perubahan cuaca maupun perubahan aktifitas pengguna ruangan itu sendiri. Sebagai contoh, untuk ruangan besar seperti ruang pertemuan atau ruang rapat memiliki beban pendinginan besar dan meskipun waktu penggunaannya singkat dan frekuensi penggunaannya rendah, sementara untuk ruang pengolahan data elektronik misalnya distribusi beban pendinginan lebih merata sepanjang hari dan maupun sepanjang tahun.

5.3 Pemilihan peralatan dengan efisiensi terbaik

Pemilihan peralatan primer dan peralatan sekunder sistem tata udara, serta penentuan spesifikasinya merupakan langkah penting dalam menentukan tingkat efisiensi penggunaan dan tingkat penghematan energi. Pada umumnya peralatan primer dan sekunder tidak dibuat secara khusus bagi keperluan gedung yang direncanakan. Untuk itu perlu dilakukan kompromi enjiniring dengan cara memilih peralatan yang spesifikasi lebih mendekati perencanaan, dengan efisiensi terbaik yang dapat diperoleh.

5.4 Analisis pemakaian energi pada beban parsial

Untuk keperluan analisis pemakaian energi pada beban parsial, perlu diusahakan agar karakteristik rinci peralatan primer dan sekunder yang dipilih dapat diperoleh. Analisis pemakaian energi pada beban parsial diperlukan untuk membuat perhitungan pemakaian energi perencanaan.

5.5 Analisis sisi udara (*airside analysis*)

5.5.1 Analisis sisi udara harus dilakukan seksama dan realistis agar koil pendingin dalam unit pengolah udara yang dipilih dapat menghasilkan kondisi udara yang paling sesuai dengan tuntutan beban ruangan. Besaran yang harus diperhatikan terutama adalah kapasitas kalor sensibel dan kalor laten, dan laju aliran udara melalui koil, dibandingkan dengan besaran yang dihitung dalam rancangan.

5.5.2 Koil pendingin yang mempunyai karakteristik terdekat dengan besaran rencana akan mampu menghasilkan kondisi ruangan terdekat dengan rencana, pada beban maksimum. Namun demikian harus diperiksa apakah koil tersebut masih mampu menghasilkan kondisi ruangan yang direncanakan atau yang dekat dengan kondisi perencanaan, pada keadaan beban kurang dari maximum (*partial load*).

5.5.3 Untuk bangunan gedung yang menuntut kondisi ruang dalam rentang yang relatif sempit, maka koil yang dipilih harus mampu memenuhi tuntutan tersebut. Kalau koil yang ditawarkan produsen tidak ada yang mampu memenuhi tuntutan besaran kapasitas kalor sensibel dan kalor laten (atau rasio kalor sensibel) maka harus dicari solusi dengan rancangan sistem yang lain misalnya dengan pemanas-ulang kalor sensibel. Solusi yang lain seperti ini tetap harus memperhatikan kepentingan konservasi energi.

6 Pengukuran dan pengujian sistem terpasang

6.1 Pengukuran

Tidak semua gedung yang dibangun sebelum pemberlakuan standar ini dirancang dengan pertimbangan hemat energi. Untuk itu, pengukuran energi dan pengukuran beban pendinginan perlu dilakukan dengan mengikuti kaidah-kaidah pengukuran yang berlaku.

6.1.1 Petunjuk pengukuran dan perhitungan system tata udara gedung

6.1.1.1 Seluruh bentuk pengujian di lapangan harus berdasarkan kondisi operasi, kecuali yang bergantung kepada kondisi udara luar (misalnya: temperatur udara luar dan temperatur air masuk kondenser) harus berdasarkan kondisi aktual. Pengukuran untuk menghitung nilai EER dilakukan pada mesin refrigerasi. Bagi mesin refrigerasi yang evaporatornya menghasilkan air sejuk (*chilled water*) dilakukan pengukuran kapasitas pendingin pada sisi air sejuk. Sedangkan untuk mesin refrigerasi yang evaporatornya menghasilkan udara sejuk dilakukan pada sisi udara. Untuk perhitungan EER, daya listrik yang digunakan mesin refrigerasi adalah daya kompresor.

6.1.1.2 Untuk mengevaluasi sistem tata udara keseluruhan perhitungan yang diperlukan meliputi pengukuran kapasitas pendingin evaporator, serta pengukuran seluruh daya listrik yang diperlukan bagi pencapaian kondisi nyaman gedung tersebut.

6.1.1.3 Seluruh analisis energi bertumpu pada hasil pengukuran, seluruh hasil pengukuran harus handal dengan tingkat kesalahan (*error*) rendah yang masih dapat ditolerir. Alat ukur yang digunakan dapat diandalkan dan telah dikalibrasi dalam batas waktu yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Kalibrasi harus dilakukan oleh pihak yang secara hukum memiliki kewenangan untuk melakukan.

6.2 Pengujian

- 6.2.1 Prosedur pengukuran berbagai besaran harus mengikuti ketentuan yang sesuai dengan standar yang berlaku. SNI 05-3052-1992 "Cara uji unit pengkondisian udara", mengatur tata cara pengukuran temperatur, kecepatan aliran udara dalam *duct*, laju aliran air sejuk dalam pipa.
- 6.2.2 Untuk memeriksa apakah suatu sub sistem atau suatu komponen masih bekerja dengan tingkat efisiensi sesuai dengan yang dikeluarkan pabrik, pengujian tingkat efisiensi dapat dilakukan pada sub sistem atau komponen sistem tata udara tersebut. Jika hasil pengujian menunjukkan penurunan tingkat efisiensi yang cukup besar, perlu dilakukan usaha perbaikan atau modifikasi (tuning up, kalibrasi, dll) agar efisiensi dapat ditingkatkan.

7 Konservasi energi

7.1 Tahap perencanaan

7.1.1 Sistem kontrol dan manajemen energi

- a) Sistem kontrol kapasitas pendingin direncanakan untuk mengatur operasi peralatan tata udara dan refrigerasi di dalam rentang yang paling efisien atau hemat energi. Peralatan tata udara dan refrigerasi yang karakteristik kapasitasnya dapat diatur "mendekati" perubahan beban pendingin umumnya dapat beroperasi dengan efisiensi tinggi. Dalam konservasi energi tata udara, penggunaan sistem kontrol "on-off" tidak dianjurkan karena kurang mampu mengatur kapasitas sistem tata udara agar "mendekati" perubahan beban pendingin, kecuali hanya dalam kasus tertentu.
- b) Untuk mengatasi beban dengan masukan daya minimum perlu dipilih mesin refrigerasi yang dilengkapi dengan sistem kontrol kapasitas, agar dapat dioperasikan kapasitas yang cukup. Dalam hal digunakan lebih dari satu mesin refrigerasi pada satu sistem tata udara, perlu dilengkapi dengan sistem kontrol yang mengatur giliran mesin refrigerasi bekerja serta mengatur kombinasi persentase beban yang didukung oleh tiap mesin refrigerasi, sehingga dapat diperoleh masukan energi yang minimum.
- c) Pada sisi udara, pengaturan dengan laju aliran udara variabel merupakan salah satu pilihan terbaik dari segi konservasi energi, namun pengoperasian fan pada peralatan pengolah udara harus dicermati apakah perlu dilengkapi dengan pengaturan kecepatan putaran
- d) Pengaturan kapasitas koil juga harus dipertimbangkan dengan hati-hati, baik koil yang dialiri refrigeran maupun yang dialiri air sejuk. Koil pendingin dialiri air sejuk yang dilengkapi dengan katup modulasi dua jalan akan menyebabkan pompa air sejuk beroperasi dengan laju aliran berubah dengan berubahnya beban sehingga termasuk beroperasi pada daerah yang efisiensinya rendah. Dengan sasaran konservasi energi, maka perlu dicari solusi yang memperbaiki efisiensi pompa pada daerah operasinya.

- e) Untuk sistem dengan air sejuk, perencanaan pompa dengan pengaturan kecepatan putaran perlu dipertimbangkan untuk mengatur kapasitas pendinginan pada beban parsial. Sistem semacam ini akan dapat mengoperasikan pompa di dalam daerah pemakaian energi yang paling rendah dengan beban yang berubah.
- f) Untuk mengatur pengoperasian sistem tata udara agar hemat energi, sistem manajemen energi perlu direncanakan dengan cermat. Sistem manajemen energi dapat direncanakan secara rinci hingga mencakup ke aspek yang detail seperti halnya pengaturan waktu penyalan lampu di dalam ruangan atau pengaturan waktu pemasukan udara ventilasi.

7.2 Tahap pengoperasian

7.2.1 Mesin refrigerasi

- a) Untuk penghematan energi, jangka waktu operasi mesin refrigerasi dapat diminimalkan dengan memanfaatkan besarnya masa air sejuk sebagai media penyerap panas.
- b) Selain mengoptimalkan jangka waktu pengoperasian beban parsial, kombinasi operasi multiple units yang dapat meminimalkan penggunaan energi (multi *Chiller*, atau multi-compressor pada satu *Chiller*) perlu dikembangkan.
- c) Dengan memperhatikan karakteristik pompa distribusi air sejuk serta memperhatikan rentang kenaikan temperatur dalam *Chiller*, perlu ditentukan setting laju aliran air keluar *Chiller* minimum yang masih diperkenankan menurut ketentuan pabrik.

7.2.2 Sistem distribusi udara dan air sejuk

7.2.3 Pada sistem tata udara dengan air sejuk perlu diupayakan agar laju aliran air sejuk dapat diminimalkan ketika pompa distribusi air sejuk menunjukkan karakteristik daya masukan rendah pada laju aliran air yang rendah.

7.2.4 Untuk mengendalikan kondisi pendinginan ruang yang sesuai dengan perencanaan, infiltrasi udara luar harus diminimalkan atau jika mungkin ditiadakan.

7.2.5 Beban pendingin

- a) Untuk tujuan penghematan energi, temperatur ruang harus diset maksimum dalam batas rentang temperatur nyaman (*comfort zone*) sesuai butir 4.1.1.
- b) Berdasarkan rekam jejak pola pemakaian energi bangunan, pengoperasian AHU atau FCU perlu disesuaikan dengan waktu yang paling berpeluang untuk penghematan energi.
- c) Jika dimungkinkan, pengurangan beban pendinginan dalam ruang dapat dilakukan tanpa mengganggu aktifitas pengguna gedung. Mematikan lampu ruangan yang sudah cukup mendapatkan cahaya matahari mengurangi beban pendinginan ruang, sehingga menghemat penggunaan energi sistem tata udara.

7.3 Tahap pemeliharaan dan perbaikan

Dalam rangka penghematan energi, pada tahap pemeliharaan dan perbaikan, secara umum perlu diperhatikan agar kondisi pertukaran kalor dapat berlangsung dengan baik, dengan menjamin tahanan kalor yang kecil.

7.3.1 Mesin refrigerasi

7.3.1.1 Mesin kondenser perlu dibersihkan secara teratur pada sisi fluida pendinginnya; kondenser berpendingin udara memerlukan pembersihan sirip pada sisi udara, sementara kondenser berpendingin air memerlukan pembersihan pipa air dari kerak, agar tidak terlalu tebal.

7.3.1.2 Untuk kondenser berpendingin udara, aliran udara luar perlu dijaga agar cukup dan tidak terhalang, serta tidak terjadi "hubungan pendek" antara aliran udara keluar dari kondenser dengan aliran udara yang akan masuk kondenser

7.3.1.3 Pada kondenser berpendingin air maka sistem air pendingin perlu dijamin kebersihan dan kelancarannya, mulai dari menara pendingin (*cooling tower*) sampai pompa sirkulasi air kondenser.

7.3.1.4 Pada masa pemeliharaan, perlu diperiksa apakah nilai EER atau kW/TR mesin refrigerasi masih mendekati nilai yang dijamin oleh pabrik.

7.3.2 Sistem distribusi

Pemborosan energi dapat terjadi di berbagai bagian dari sistem tata udara di sepanjang perjalanan kalor dari mulai evaporator pada mesin refrigerasi, hingga ruangan yang dikondisikan.

7.3.2.1 Isolasi pipa air sejuk pipa refrigeran dan ducting udara perlu selalu diperiksa, dipelihara, dan diperbaiki dalam setiap kurun waktu tertentu untuk mencegah kebocoran kalor yang dapat mengakibatkan pemborosan energi.

7.3.2.2 Koil penukar kalor pada AHU dan FCU perlu dibersihkan dan disusun dengan baik ("disisir") untuk menjamin proses pertukaran kalor dengan baik.

7.3.2.3 Meskipun secara langsung tidak berhubungan dengan pemborosan energi, filter AHU dan FCU secara teratur perlu selalu dibersihkan untuk menjamin kebersihan udara yang masuk ke dalam ruangan. Filter yang kotor juga dapat menimbulkan kerugian tekanan yang dapat menghambat laju aliran udara di koil pendingin.

7.4 Modifikasi

Modifikasi sistem tata udara merupakan langkah terakhir dalam kaitannya dengan penghematan energi jika usaha penghematan pada tahap operasional dan pemeliharaan belum mampu mencapai angka penggunaan energi spesifik yang diinginkan.

8 Rekomendasi

8.1 Sistem dan peralatan tata udara yang sederhana

- 8.1.1 Sistem tata udara jenis unitari (unitary) atau unit paket (packaged unit) dengan satu alat kontrol temperatur (thermostat) yang berfungsi mengontrol temperatur ruang atau daerah yang dilayani sistem tata udara, yang banyak digunakan di gedung komersial, merupakan sistem dan peralatan tata udara yang dikategorikan sederhana.
- 8.1.2 Kapasitas pendinginan peralatan tata udara sistem ini harus mampu memenuhi kebutuhan beban pendinginan yang telah dihitung pada perhitungan awal beban pendinginan; kapasitas peralatan tata udara ini tidak diperkenankan melebihi beban pendinginan yang telah dihitung berdasarkan perhitungan beban pendinginan.
- 8.1.3 Peralatan tata udara ini harus memenuhi kriteria efisiensi minimum dan kriteria lain yang tercantum dalam Tabel 1. Kebenaran tingkat efisiensi harus diuji kebenarannya melalui data pabrik pembuatnya serta sertifikasi testing/ pengujian dari lembaga sertifikasi yang diakui.

8.2 Sistem peralatan tata udara dengan sistem *Chiller*

- 8.2.1 Sistem *Chiller* digunakan pada gedung komersial dengan kapasitas pendinginan lebih dari 600.000 Btu/jam (176 kW). Sistem ini memakai media air sejuk yang disalurkan dengan pompa ke koil pendingin di Fan Coil Unit (FCU) untuk ruangan yang kecil atau di AHU (Air Handling Unit) untuk ruangan yang besar atau ruangan yang terbagi dalam lantai yang sama atau lantai berbeda.
- 8.2.2 Kapasitas pendinginan peralatan tata udara ini (*Chiller*) tidak diperkenankan melebihi kapasitas perhitungan beban pendinginan yang telah dihitung, kecuali:
 - a) ada keperluan disediakan peralatan cadangan (standby) di mana sistem harus dilengkapi dengan alat pengatur otomatis yang dapat beroperasi secara otomatis apabila peralatan utama tidak beroperasi
 - b) tidak dapat dielakkan penggunaan unit ganda yang keduanya mempunyai tipe peralatan yang sama di mana total kapasitas pendinginan keduanya melebihi perencanaan beban pendinginan; dalam hal ini sistem tersebut harus dilengkapi dengan alat control yang mampu mengatur pengoperasian masing-masing unit sesuai dengan beban pendinginan dalam perencanaan.
- 8.2.3 Jumlah dan pengaturan kapasitas pendinginan unit *Chiller* harus memperhitungkan profil beban pendinginan dari gedung tersebut; pengoperasian unit *Chiller*, baik pada beban penuh maupun parsial, harus selalu berada pada tingkat efisiensi optimal. Untuk *Chiller* jenis sentrifugal harus dihindarkan pengoperasian kapasitas pendinginan kurang dari 50% dari kapasitas nominal.
- 8.2.4 Peralatan tata udara *Chiller* yang dimaksud harus memenuhi persyaratan dengan efisiensi minimum sesuai dengan yang tercantum dalam Tabel 1. Jika diperlukan pengetesan, cara dan prosedur testing harus sesuai dengan aturan yang berlaku. Tingkat efisiensi mesin harus diuji kebenarannya melalui data pabrik pembuatnya serta sertifikasi testing/ pengujian dari lembaga sertifikasi yang diakui.

Tabel 1 – Efisiensi minimum dari peralatan tata udara yang dioperasikan dengan listrik

TIPE MESIN REFRIGERASI	Efisiensi minimum	
	COP	KW/TR
<i>Split</i> < 65.000 BTU/h	2,70	1,303
<i>Variable Refrigerant Value</i>	3,70	0,951
<i>Split Duct</i>	2,60	1,353
<i>Air Cooled Chiller</i> < 150 TR (recip)	2,80	1,256
<i>Air Cooled Chiller</i> < 150 TR (screw)	2,90	1,213
<i>Air Cooled Chiller</i> > 150 TR (recip)	2,80	1,256
<i>Air Cooled Chiller</i> > 150 TR (screw)	3,00	1,172
<i>Water Cooled Chiller</i> < 150 TR (recip)	4,00	0,879
<i>Water Cooled Chiller</i> < 150 TR (screw)	4,10	0,858
<i>Water Cooled Chiller</i> > 150 TR (recip)	4,26	0,826
<i>Water Cooled Chiller</i> > 150 TR (screw)	4,40	0,799
<i>Water Cooled Chiller</i> > 300 TR (centrifugal)	6,05	0,581

CATATAN

- Penilaian efisiensi *Chiller* harus mengikuti COP minimum pada kondisi beban 100%
- Efisiensi minimum tersebut diukur pada temperatur udara luar 33°C DB untuk mesin refrigerasi berpendingin udara (*air cooled*) dan temperatur air masuk kondensor 30°C untuk mesin refrigerasi berpendingin air (*water cooled*)
- TR = Ton Refrigerasi

8.3 Sistem fan

Rancangan sistem fan harus memenuhi kebutuhan:

- 8.3.1 untuk sistem fan dengan volume tetap, daya yang dibutuhkan motor pada sistem fan gabungan tidak melebihi 1.36 W/(m³/jam).
- 8.3.2 untuk sistem fan dengan volume aliran berubah, daya yang dibutuhkan motor untuk sistem fan gabungan tidak melebihi 2.12 W/(m³/jam).
- 8.3.3 setiap fan pada sistem volume aliran berubah atau VAV (Variable Air Volume) dengan motor 60 kW atau lebih, harus memiliki kontrol dan peralatan yang diperlukan agar daya yang dibutuhkan fan tidak lebih dari 50% dari daya rancangan pada kondisi 50% volume rancangan.
- 8.3.4 ketentuan butir 0, 8.3.2, dan 8.3.3 tidak berlaku untuk fan dengan daya lebih kecil dari 7.5 kW.

8.4 Sistem pompa

Sistem pompa dan pemipaan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

SNI 6390:2011

- 8.4.1 Sistem pemipaan harus dirancang sedemikian rupa agar laju kehilangan tekanan akibat gesekan tidak lebih dari 4 meter air per 100 meter panjang ekuivalen pipa.
- 8.4.2 Sistem pompa yang melayani katup kontrol untuk pembuka dan penutup kontinu atau berlangkah harus dirancang untuk memompakan aliran fluida secara variabel.
- 8.4.3 aliran fluida harus dapat diubah dengan penggerak pompa berkecepatan variabel, pompa ganda bertahap (multi stage), atau pompa yang bekerja pada kurva performansi karakteristik.
- 8.4.4 ketentuan pada butir 8.4.2, dan 0 dapat diabaikan jika sistem pompa hanya melayani satu katup kontrol, dan atau jika aliran minimum yang diperlukan lebih dari 50% aliran rancangan.
- 8.4.5 ketentuan butir 0, 8.4.2, 0, dan 0 tidak berlaku untuk sistem pompa dengan daya motor kurang dari 7.5 kW.

8.5 Isolasi pemipaan air sejuk

Isolasi pemipaan air sejuk harus memenuhi ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

- 8.5.1 Semua pemipaan air dingin pada sistem tata udara diberi isolasi termal sesuai ketentuan dalam Tabel 2.

Tabel 2 – Tebal isolasi minimum untuk pipa air sejuk ^{*)}

Sistem pemipaan	Temperatur fluida (°C)	Tebal isolasi minimum untuk ukuran pipa (mm)			
		Hingga 50 mm	Kurang dari 25 mm	Antara 31 ~ 50 mm	Diatas 200 mm
Jenis	Jelajah ^{**)}				
Air sejuk (chilled water)	4.5 ~ 13	12	12	20	25
^{*)} Refrigeran	Dibawah 4.5	25	25	38	38

CATATAN :

- ^{*)} - bila pipa berada di lingkungan ambien perlu ditambah isolasi 12 mm.
- tebal isolasi perlu ditambah bila ada kemungkinan terjadi kondensasi permukaan.
- tebal isolasi ini berlaku untuk bahan dengan resistans termal 28 hingga 32 m².K/W per meter
- tebal isolasi pada temperatur rata-rata permukaan 24 °C.
- ^{**)} - berlaku untuk tarikan sambungan pipa ke unit-unit terminal atau koil pendingin hingga panjang 4 meter.

- 8.5.2 isolasi pipa harus diberi pelindung untuk mencegah kerusakan.

- 8.5.3 untuk bahan dengan resistans termal lebih besar dari 32 m².K/W per meter, tebal (t) isolasi minimum dihitung memakai rumus berikut :

$$t \quad (\text{dalam} \quad \text{mm}) \quad = \quad \frac{32 \times \text{tebal pada tabel (8-5.1)}}{\text{nilai } R \text{ aktual (m}^2 \cdot \text{K/W per m)}} \quad (8.5.3)$$

- 8.5.4 untuk bahan dengan resistans termal lebih kecil dari 28 m².K/W per meter, tebal isolasi dihitung dengan :

$$t \quad (\text{dalam} \quad \text{mm}) \quad = \quad \frac{28 \times \text{tebal pada tabel (8-5.1)}}{\text{nilai } R \text{ aktual (m}^2 \cdot \text{K/W per m)}} \quad (8.5.4)$$

dimana :

t = tebal isolasi, dalam mm

R = resistans termal dalam m².K/W

8.6 Isolasi *ducting*

Isolasi sistem *ducting* (saluran udara), diharuskan memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- 8.6.1 semua *ducting* dan plenum yang terpasang sebagai bagian dari sistem *ducting* harus diberi isolasi termal;

- 8.6.2 besarnya resistans termal bahan isolasi ditentukan oleh rumus berikut :

$$R = \frac{T}{47.3} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K/W}) \quad (8.6.2)$$

dimana :

T = beda temperatur rancangan antara udara dalam *ducting* dengan udara sekeliling *ducting*,

dalam K. Resistans R dihitung tidak mencakup resistans film luar maupun dalam.

9 Berlakunya SNI

9.1 Untuk gedung yang sudah beroperasi (existing)

- 9.1.1 Gedung yg sudah beroperasi tidak wajib mematuhi SNI ini, namun dianjurkan sedapat mungkin berupaya melakukan langkah konservasi energi.
- 9.1.2 Gedung yg sudah beroperasi dan dilakukan modifikasi fisik secara signifikan (50% dan lebih), harus dilakukan sejak perencanaan mematuhi SNI ini.

9.2 Untuk gedung yang akan dibangun

- 9.2.1 Gedung yg belum dibangun dan sampai satu (tahun) kalender berlakunya SNI masih belum memperoleh IMB, harus dilakukan perancangan yg mematuhi SNI ini.

Bibliografi

- [1] ASEAN-USAID, *Building Energy Conservation Project, Asean – Lawrence Berkeley Laboratory*, 1992.
- [2] ASHRAE, *Standard on Energy Conservation in New Building Design*, 1980.
- [3] *The Development & Building Control Division (PWD) Singapore : "Handbook on Energy Conservation in Buildings and Building Services"*, 1992.
- [4] BOCA, *International Energy Conservation Code*, 2000.
- [5] F. William Payne, John J. McGowan ; *Energy Management for Building Handbook, The Fairmont Press. Inc*, 1988.
- [6] Karyono, T.H. (1996), *Thermal Comfort in the Tropical South East Asia Region, Architectural Science Review*, vol. 39, no. 3, September, pp. 135-139, Australia.
- [7] Karyono, T.H. (2000), *Report on Thermal Comfort and Building Energy Studies in Jakarta, Journal of Building and Environment*, vol. 35, pp 77-90, Elsevier Science Ltd., UK.
- [8] Karyono, T.H. (2008), *Bandung Thermal Comfort Study: Assessing the Applicability of an Adaptive Model in Indonesia, Architectural Science Review*, vol. 51.1, March, pp. 59-64, Australia.
- [9] Lew Harriman,. Geoff Brundrett,. And Reinhold Kittler (2008), *Humidity Control Design Guide, for Commercial and Institutional Buildings*, ASHRAE.
- [10] ASHRAE Standard 55-2004, *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*
- [11] ASHRAE Standard 62.1-2007, *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*.
- [12] ASHRAE, Standard 90.1-2007, *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*
- [13]. ASHRAE Standard 100-2006, *Energy Conservation in Existing Buildings*.
- [14] ASHRAE Standard 105-2007, *Standard Methods of Measuring, Expressing, and Comparing Building Energy Performance*.
- [15] ARI Standard 550-2003
- [16] ISO 7730:2005 *Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*

LEMBAR REVISI JUDUL TUGAS AKHIR

Nama : Mufli Sulaiman
 NIM : 34218013

Catatan Daftar Revisi Penguji :

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	Apollo, S.T., M. Eng.	<ul style="list-style-type: none"> - Tabel 4.2 dikeluarkan dari Bab IV karena bukan hasil penelitian - Standard tata udara masuk ke di Bab IV (cavi) - Masukkan data pengukuran temperatur di Bab IV 	
2.	Musrady Mulyadi	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki kalimat deskripsi hasil penelitian hal. 39 - Pastikan bahwa istilah "daerah interior" itu bukan dalam Audit Energi - Data koef. transmisi kalor sertakan referensi - Ganti istilah "pendingin udara" dgn "pengkondisian udara" - lampirkan data perhitungan Etangal hal. 50 (sub-bab 4.5) 	12/2022 12
3.	Yi Yin Klistafani	<ul style="list-style-type: none"> - Sertakan beban kalor disesuaikan dengan jumlah lantai di ruangan ybs - Tambahkan layout atau foto tiap ruangan - Perbaiki kesimpulannya no. 1 terkait kategori di bawah "sangat efisien" (menjule tabel) - Tambahkan paragraf pada bagi ringkasan 	22/2022 12

Makassar, 4 Oktober 2021
 Ketua Ujian Sidang,

Yi Yin Klistafani, S.T., M.T.
 NIP 199005172015042001

Catatan: Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir konfirmasi secepatnya ke bagian Akademik.



