

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Energi Listrik**

Energi diartikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja. Ada berbagai jenis energi seperti energi mekanik, energi kimia, energi listrik, serta energi panas dan lainnya. Energi dapat diubah bentuknya, menurut satuan internasional satuan energi adalah joule, BTU, kalori atau watt jam. Energi listrik adalah energi yang berhubungan dengan perhitungan arus yang dinyatakan dalam watt jam atau kWh. Perpindahan daya terjadi dalam bentuk aliran elektron melalui konduktor beberapa jenis. Energi yang diperlukan untuk penggunaan peralatan listrik adalah laju penggunaan energi (daya) dikalikan dengan waktu lamanya peralatan digunakan (Bernadiktus & Hamzah, 2016). Dalam aplikasi energi listrik gedung dapat digunakan satuan *kilowatt hours* atau kWh sebagai unit pengukuran energi listrik. Dapat dihitung dengan persamaan rumus:

$$W = P \times t \quad (2.1)$$

Keterangan:

W = Energi (kWh)

P = Daya (kW)

t = waktu (h)

Setiap alat listrik perlu pasokan energi listrik untuk digunakan, energi yang diperlukan tiap satuan waktu disebut daya. Adapun macam-macam daya listrik diantaranya (Bernadiktus & Hamzah, 2016) :

1. Daya aktif (P), daya yang sesungguhnya dibutuhkan beban, persamaan dari daya aktif pada beban yaitu:

$$P = V \times I \times \cos\varphi \quad (2.2)$$

2. Daya reaktif (Q), daya untuk pembentukan medan magnet atau daya yang disebabkan oleh beban bersifat induktif, persamaannya yaitu:

$$Q = V \times I \times \sin\varphi \quad (2.3)$$

3. Daya semu (S), daya yang dihasilkan antara perkalian tegangan dan arus listrik, persamaannya yaitu:

$$S = V \times I \quad (2.4)$$

Faktor daya merupakan ukuran keefektifan peralatan listrik dalam mengubah arus dan tegangan menjadi daya aktif atau daya yang berguna. Faktor daya adalah perbandingan daya nyata dengan daya sama atau biasa disebut  $\cos\varphi$ . Faktor daya yang rendah dapat menimbulkan kegagalan peralatan listrik dalam beroperasi (Bernadiktus & Hamzah, 2016).

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \quad (2.5)$$

## 2.2 Pengertian Efisiensi

Efisiensi adalah ukuran keberhasilan suatu kegiatan yang dievaluasi berdasarkan besarnya biaya atau sumber daya yang digunakan untuk mencapai hasil yang diinginkan. Maka semakin sedikit sumber daya yang digunakan untuk mencapai hasil yang diinginkan, semakin baik proses kegiatannya, misalnya dalam proses audit lebih cepat atau lebih murah efisiensi penggunaan energi secara maksimal sehingga sumber daya tidak terbuang percuma (Syaputra, 2021)

### **2.3 Konservasi Energi**

Konservasi energi adalah upaya sistematis, terencana dan terpadu untuk melindungi sumber daya energi domestik dan meningkatkan efisiensi penggunaannya. Oleh karena itu, kegiatan konservasi ini diarahkan pada usaha manusia meningkatkan efisiensi energi dalam penggunaan energi yang produktif tapi tetap rasional. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 6196:2011 peluang konservasi energi bisa didapatkan dalam upaya penghematan energi dengan perbaikan kegiatan operasi dan pemeliharaan, atau mengambil tindakan hemat energi terhadap fasilitas energi. Peluang hemat energi adalah langkah selanjutnya dalam penghematan energi mulai dari pengadaan, pengoperasian dan pemeliharaan (Naimah, 2021).

#### **2.3.1 Perilaku Hemat Energi**

Perilaku masyarakat untuk menghemat listrik ditentukan oleh karakteristik masyarakat itu sendiri yang dipengaruhi faktor kesadaran dalam bertanggung jawab terhadap keadaan lingkungan. Dengan terciptanya kesadaran, tanggung jawab dan norma-norma pribadi dalam masyarakat dapat membentuk kemauan masyarakat untuk melakukan tindakan positif yaitu menghemat listrik. Dalam bangunan komersial, banyak peralatan listrik yang digunakan dengan boros dan tidak sesuai dengan kegunaannya. Perilaku hemat energi yang dapat dilakukan oleh penghuni gedung, misalnya mematikan lampu saat keluar ruangan, saat memakai AC pintu dan jendela tertutup (Syaputra, 2021).

### **2.3.2 Retrofitting**

*Retrofitting* didefinisikan sebagai proses mengubah sebagian dari sebuah gedung guna meningkatkan efisiensi energi dengan memasang komponen atau peralatan baru yang lebih efisien dari peralatan yang sudah ada. Proses ini meliputi beberapa pendekatan dari beberapa ilmu seperti arsitektur, interior, mekanikal elektrik, teknik bangunan (Syaputra, 2021).

### **2.3.3 Pembaruan Teknologi**

Pembaruan teknologi dilakukan dengan meningkatkan peralatan yang ada dengan teknologi yang lebih hemat energi hingga lebih dari 10%. Biaya dapat menjadi lebih hemat karena pemilihan peralatan listrik yang lebih efisien dan mengurangi tagihan listrik di gedung. Maka peralatan atau komponen yang digunakan harus memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh pemerintah (Syaputra, 2021).

### **2.3.4 Konservasi Energi pada Sistem Tata Udara (AC)**

Konservasi energi pada sistem tata udara yaitu dapat bekerja dengan menghemat energi tanpa mengurangi kenyamanan dan penggunaannya. Untuk menghemat pemakaian energi pada sistem tata udara dapat dilakukan cara sebagai berikut (Lambey et al., 2021) :

- a. Menggunakan AC hemat energi dengan kapasitas yang sesuai dengan kebutuhan ruangnya
- b. Mengatur suhu dan kelembaban relative sesuai dengan standar yang dianjurkan

- c. Mematikan AC jika ruangan tidak dipakai
- d. Tidak adanya udara luar yang masuk kedalam ruang ber AC mengakibatkan efektivitas AC berkurang
- e. Melakukan pemeliharaan secara berkala sesuai panduan dari jenis AC sendiri.

## **2.4 Audit Energi**

Audit energi adalah sebuah analisis konsumsi energi dalam suatu sistem yang menggunakan energi, seperti gedung bertingkat, pabrik dan lainnya. Hasil audit energi dilaporkan mengenai bagian yang terdapat pemborosan energi. Biasanya energi yang diaudit adalah energi listrik (Suhendar, 2016). Adapun proses audit pada bangunan gedung menurut SNI 03-6196-2000 diantaranya:

### **2.4.1 Proses Audit Energi**

- a. Audit Energi Awal, audit energi awal adalah awal pengumpulan data sampel awal dan memperkenalkan istilah-istilah seperti audit singkat dan penelitian awal. Audit energi awal pada prinsipnya dapat dilaksanakan oleh pemilik/pengelola gedung berdasarkan data akun pembayaran energi dan observasi visual. Kegiatan dari audit energi awal diantaranya pengumpulan data energi bangunan dengan data yang ada, tidak diperlukan pengukuran dan melakukan perhitungan IKE berdasarkan data yang tersedia (Indonesia, 2000).
- b. Audit Energi Rinci, audit energi terperinci adalah tindak lanjut jika nilai IKE dari analisis sebelumnya lebih besar dari nilai target yang ditentukan. Audit energi terperinci dibutuhkan untuk mencari tahu profil penggunaan energi pada bangunan gedung, sehingga dapat diketahui peralatan konsumsi energi

yang menggunakan energi cukup besar. Audit energi terperinci meliputi penelitian dan pengukuran konsumsi energi (Indonesia, 2000).

- c. Analisis Peluang Hemat Energi, setelah dilakukan audit energi maka perlu identifikasi peluang hemat energi. Ketika IKE hasil perhitungan sama atau kurang dari target IKE maka kegiatan audit energi dapat dihentikan atau diteruskan untuk mendapat IKE yang lebih kecil. Setelah peluang penghematan energi diidentifikasi dilanjutkan analisis peluang penghematan energi, yaitu dengan membandingkan potensi hemat energi dan hemat biaya. Dalam rangka melaksanakan rencana penghematan energi dan pengurangan emisi, serta efisiensi energi bangunan tetap penting memperhatikan kenyamanan penghuninya (Indonesia, 2000).

#### **2.4.2 Macam-Macam Audit Energi**

- a. *Walking Audit*, audit ini sering disebut audit kecil, karena secara umum fokus audit ini adalah pada bidang pemeliharaan dan penghematan yang tidak memerlukan biaya investasi yang besar (Suhendar, 2016).
- b. *Preliminary Audit*, audit ini hanya dilakukan pada bagian vital, meliputi mesin, analisis kondisi terkini, perhitungan konsumsi energi, perhitungan pemborosan energi (Suhendar, 2016).
- c. *Detailed Audit*, audit energi ini dilakukan secara menyeluruh pada semua aspek yang mengkonsumsi listrik dan kemungkinan penghematan energi yang dapat dicapai. Biasanya dilakukan oleh perusahaan audit profesional dalam jangka waktu tertentu (Suhendar, 2016).

- d. *Energy Management Plan and Implementation Action*, audit energi yang hampir sama dengan audit rinci, namun audit ini dilakukan secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama (Suhendar, 2016).

## 2.5 Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Gedung

Intensitas konsumsi energi (IKE) merupakan istilah yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar jumlah dari penggunaan energi setiap meter persegi luas bangunan dalam jangka waktu tertentu. Hasil Intensitas Konsumsi Energi didapat dari hasil bagi antara konsumsi energi total periode tertentu (tahun) dengan luas bangunan. Nilai IKE dinyatakan dalam satuan kWh/m<sup>2</sup> per tahun, dan diterapkan diberbagai negara seperti Asia tenggara (Suharto, 2016). Dengan persamaan sebagai berikut (Bernadiktus & Hamzah, 2016) :

$$IKE = \frac{\text{Konsumsi Energi Gedung (kWh)}}{\text{Luas Gedung (m}^2\text{)}} \quad (2.6)$$

- a. Konsumsi energi perluas lantai tidak menggunakan AC

$$IKE = \frac{\text{Total Konsumsi Energi (kWh)} - \text{konsumsi Energi AC (kWh)}}{\text{Total Luas Bangunan (m}^2\text{)}} \quad (2.7)$$

- b. Konsumsi energi per luas lantai menggunakan AC

$$IKE = \frac{\text{konsumsi Energi AC}}{\text{Luas Lantai ber-AC}} \quad (2.8)$$

Untuk mengetahui jumlah energi yang terpakai selama satu tahun maka digunakan persamaan:

$$\text{Jumlah kWh terpakai} = \frac{\text{Jumlah Pembayaran listrik setahun (Rp)}}{\text{Tarif dasar listrik (Rp/kWh)}} \quad (2.9)$$

Nilai standar Intensitas Konsumsi Energi Listrik disuatu gedung dapat dijadikan acuan untuk mengetahui efisiensi energi didalam gedung. Menurut

pedoman pelaksanaan konservasi energi listrik dan pengawasannya di lingkungan Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia tahun 2004 untuk gedung kantor dan komersil dapat mengacu pada standar nilai IKE sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kriteria Nilai IKE Listrik berdasarkan Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia tahun 2004

No.	Dengan AC (kWh/m <sup>2</sup> /tahun)	Tanpa AC (kWh/m <sup>2</sup> /tahun)	Kriteria
1.	50 – 95	10 – 20	Sangat Efisien
2.	95 – 145	20 – 30	Efisien
3.	145 – 175	-	Cukup Efisien
4.	175 – 230	-	Agak Boros
5.	230 – 285	30 – 40	Boros
6.	285 – 453	40 – 50	Sangat Boros

Sumber : (Dewi et al., 2013)

Tabel 2.2 Standar IKE Bangunan Gedung di Indonesia

No.	Jenis Gedung	IKE (kWh/m <sup>2</sup> /tahun)
1.	Perkantoran (Komersial)	240
2.	Pusat Perbelanjaan	330
3.	Hotel dan Apartemen	300
4.	Rumah Sakit	380

Sumber : (Dewi et al., 2013)

## 2.6 Sistem Tata Udara Rumah Sakit

Tujuan utama dari suatu sistem tata udara adalah untuk kenyamanan penghuni bangunan. Sistem tata udara merupakan proses mendinginkan/memanaskan udara untuk mencapai suhu dan kelembaban yang nyaman dan sesuai standar. Pengkondisian udara di rumah sakit tidak hanya mementingkan kenyamanan tetapi juga dalam pencegahan berkembang biak dan bertumbuhnya mikroorganisme (Kemenkes, 2012). Adapun perbedaan antara pengkondisian udara untuk rumah sakit dengan bangunan lain diantaranya:



- a. Kebutuhan untuk membatasi pergerakan udara antara berbagai bagian di rumah sakit.
- b. Persyaratan khusus ventilasi dan filtrasi untuk menghilangkan kontaminasi seperti bau, mikroorganisme udara, virus, zat kimia berbahaya dan zat radioaktif.
- c. Temperatur dan kelembaban udara yang berbeda setiap area
- d. Perancangan yang canggih dibutuhkan untuk mengontrol dari kondisi lingkungan.

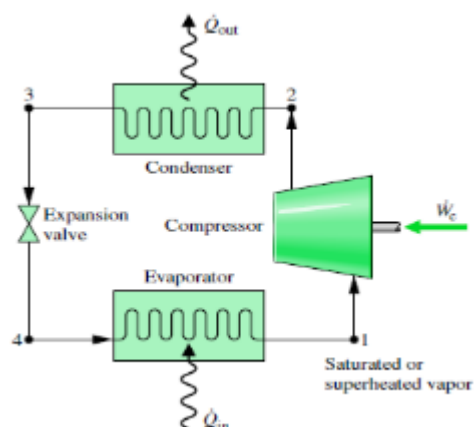
## **2.7 Air Conditioner**

*Air conditioner* (AC) adalah mesin pendingin udara yang berfungsi untuk menjaga kondisi udara dan kelembaban untuk memberikan rasa nyaman pada penghuni suatu ruangan atau bangunan. Sistem pendinginan tidak hanya memastikan efek pendinginan ruangan, tetapi juga mengatur kelembaban dan suhu serta meningkatkan kualitas udara yang dibutuhkan (Kurniawan et al., 2021).

### **2.7.1 Komponen Utama *Air Conditioner***

- a. Kompresor, merupakan bagian terpenting dalam sistem pendingin karena bekerja menghisap refrigeran dan meninggalkan evaporator dalam wujud uap dan memberikan tekanan sehingga gas bertekanan sangat tinggi (Mahendra et al., 2015)
- b. Kondensor, adalah alat penukar panas berfungsi mengembunkan uap refrigeran yang berasal dari kompresor atau mengubah gas refrigeran menjadi cairan dengan tekanan dan temperatur yang tinggi, kalor panas harus dikeluarkan ke lingkungan dengan bantuan kipas (Mahendra et al., 2015).

- c. Pipa kapiler (*Expansion valve*), berfungsi untuk mengurangi tekanan pada refrigeran cair yang mengalir didalam pipa. Mengatur jumlah refrigeran cair yang mengalir dari sisi bertekanan tinggi menjadi cairan yang bertekanan sangat rendah (Mahendra et al., 2015).
- d. Evaporator, berfungsi untuk mendinginkan udara dengan bantuan kipas udara untuk menyebarkan udara dingin, serta menyerap kalor panas yang berada dalam ruangan kemudian refrigeran yang berwujud cair menguap di dalam evaporator, kemudian refrigeran meninggalkan evaporator dalam kondisi uap jenuh untuk selanjutnya dibawa ke kompresor (Mahendra et al., 2015).



Gambar 2.1 Siklus Kerja AC

Sumber : (Mahendra et al., 2015)

### 2.7.2 Faktor Pemilihan *Air Conditioner*

- a. Faktor kenyamanan, faktor kenyamanan dalam ruangan sangat bergantung pada berbagai pengaturan AC. Parameter tersebut meliputi suhu, aliran udara, kebersihan udara, bau, kualitas ventilasi, dan tingkat kebisingan. Semua parameter ini diatur sesuai dengan kondisi operasional yang terjadi di lingkungan ber-AC. Dari segi kenyamanan, AC yang baik adalah sistem yang mampu menciptakan kondisi nyaman dan merata diseluruh bagian ruangan.

- b. Faktor ekonomi, faktor ekonomi menjadi bahan pertimbangan adalah biaya instalasi awal serta sistem operasi dan biaya pemeliharaan setelah penggunaan peralatan. Dibidang faktor ekonomi ini AC yang baik yaitu biaya total terendah.
- c. Faktor operasi dan pemeliharaan, faktor dari konstruksi yang mudah dipahami dan cara mengoperasikannya adalah faktor menjadi pertimbangan. Secara khusus, konstruksi yang sederhana, tingkat efisiensi yang tinggi, pemeliharaan yang mudah, perbaikan yang mudah jika terjadi kerusakan dan dapat digunakan dalam kondisi operasional yang bervariasi.

### **2.7.3 Jenis-jenis Air Conditioner (AC)**

#### **2.7.3.1 Sistem Tata Udara Langsung dan Tidak Langsung**

Pada sistem udara langsung udara diturunkan suhunya dengan refrigeran freon lalu disalurkan kedalam ruangan tanpa saluran udara (*ducting*). Biasanya pada AC Window berkapasitas 0,5 – 2 PK, AC Split kapasitas 0,5 - 3 PK dan AC package yang berkapasitas hingga 10 PK. Pada sistem tata udara tidak langsung (*indirect cooling*) refrigeran yang digunakan bukan freon tetapi air es yang dihasilkan dalam *chiller* (mesin pembuat es menggunakan refrigeran sebagai pendingin) biasa dikenal dengan sistem tata udara terpusat (Sayuti et al., 2019).

Tabel 2.3 Jenis AC gedung di Indonesia

No	Nama AC	Keterangan
1.	AC Split Wall 	AC split wall paling banyak digunakan karena perawatan dan kinerja yang mudah. Terdiri atas dua bagian yaitu <i>indoor</i> untuk mengeluarkan hawa dingin dan <i>outdoor</i> untuk mengeluarkan hawa panas dari ruangan.
2.	AC Cassette 	AC jenis ini menyebarkan aliran udara keseluruh ruangan cocok digunakan pada ruangan yang besar dan terbuka seperti kantor.
3.	AC Standing floor 	AC jenis ini cocok digunakan pada suatu acara karena mudah dipindahkan dan praktis.
4.	AC VRV ( <i>Variable Refrigerant Volume</i> ) 	AC jenis ini cocok digunakan pada bangunan besar dan kapasitas pendinginan tinggi, memberikan kebebasan dalam mendesain sistem AC baik peletakan unit <i>indoor</i> , <i>outdoor</i> , dan jalur pemipaan refrigeran. Sistem kontrolnya dapat dikendalikan dengan memakai komputer.

No	Nama AC	Keterangan
5.	AC Sentral 	AC jenis ini udara didinginkan menggunakan <i>cooling plant</i> kemudian udara yang dingin tersebut dialirkan kembali ke ruangan yang dikontrol pada satu titik, biasa digunakan pada gedung bertingkat dan luas.

Sumber : (Harris et al., 2016)

### 2.7.3.2 Air Conditioner Inverter dan Non Inverter

Perbedaan AC inverter dengan non inverter yaitu pada cara kerja kompresor. Pada AC inverter semakin tinggi suhu ruangan maka kapasitas pendinginan AC inverter akan semakin tinggi, sebaliknya jika beban kalor kecil maka kapasitas beban pendinginan AC inverter pun akan menjadi kecil, perubahan tersebut dideteksi oleh sensor suhu dari unit AC inverter yang memberikan sinyal pada *module inverter* yang akan memberikan tegangan pada kompresor, dan kompresor terus menyala aktif walaupun suhu ruangan sudah mencapai suhu yang diinginkan dengan mengatur putaran kompresor agar sesuai kebutuhan kapasitas pendinginan dan mencegah terjadinya *on-off* pada kompresor yang dapat berakibat pada konsumsi daya menjadi tinggi. Sedangkan AC non inverter tidak mengatur kecepatan kompresor sehingga AC akan mendinginkan dengan daya penuh, sistem kerjanya kompresor menyala pada saat suhu ruangan berubah naik saja dan kompresor berhenti bekerja pada saat suhu ruangan mencapai suhu yang telah ditentukan (Kurniawan et al., 2021).

Tabel 2.4 Perbedaan AC inverter dan non inverter

No.	Pertimbangan	AC inverter	AC non inverter
1.	Konsumsi listrik	Lebih rendah	Lebih besar
2.	Energi yang dibuang kondensor	Lebih rendah	Lebih besar
3.	Nilai COP	Lebih besar	Lebih rendah
5.	Tingkat kedinginan	Sesuai kenyamanan	Cepat dingin

Sumber : (Kurniawan et al., 2021)

### 2.7.3.3 Jenis Refrigeran pada *Air Conditioner*

Refrigeran atau freon merupakan cairan atau pendingin yang digunakan dalam sistem pendingin kulkas dan pendingin udara. Refrigerasi yaitu sistem yang memungkinkan untuk mengatur suhu hingga mencapai suhu dibawah suhu lingkungan. Refrigeran berfungsi sebagai cairan menyerap untuk menjaga suhu ruangan menjadi sesuai dengan menyerap panas dari udara pada ruangan (Mahendra et al., 2015).

Tabel 2.5 Beberapa jenis refrigeran yang digunakan di Indonesia

No.	Jenis freon	Sifat
1.	R22	Memiliki potensi perusakan ozon 0,05, tetapi tidak mudah terbakar
2.	R410A	Memiliki potensi pemanasan global, tidak mudah terbakar
3.	R32	Berpotensi mudah terbakar, tapi potensi pemanasan global rendah
4.	MC-22	Mudah terbakar, mencapai temperatur dingin lebih cepat, tidak merusak lapisan ozon dan pemanasan global serta menurunkan aliran listrik hingga 20%

Sumber : (Mahendra et al., 2015)

### 2.7.4 Efisiensi Kinerja *Air Conditioner* (AC)

#### 2.7.4.1 Energy Efficiency Ratio (EER)

Semakin efisien penggunaan energi dari AC maka nilai EER sendiri juga tinggi, EER (tingkat efisiensi penggunaan energi) adalah indikator untuk efisiensi

energi atau hasil bagi dari Btu/h yang dihasilkan dari dengan tenaga listrik yang digunakan. Standar EER terdapat pada Peraturan Menteri ESDM No.103 tahun 2021 mengenai penerapan standar kinerja minimum untuk pengkondisi udara (Ansor, 2021).

$$EER = \frac{\text{kapasitas pendinginan } (\frac{\text{Btu}}{\text{h}})}{\text{energi input listrik } (W)} \quad (2.10)$$

#### 2.7.4.2 Cooling Seasonal Performance Factor (CSPF)

CSPF merupakan suatu pengukuran efisiensi energi pada AC yang lebih realistis berdasarkan lingkungan penggunaan terbaru pengguna untuk mengukur efisiensi dan konsumsi energi (Irsyad et al., 2021).

Catatan: 1 Btu/h = 0,293 W

$$CSPF = \frac{\text{kapasitas pendinginan } (btu/h)}{\text{konsumsi daya } (w)} \times 0,293$$

$$CSPF = EER \times 0,293 \quad (2.11)$$

#### 2.7.4.3 Efisiensi Sistem Tata Udara

Efisiensi dinyatakan sebagai perbandingan antara daya keluaran dengan satuan watt dan daya masukan, efisiensi yang baik minimal berada pada angka 80 hingga 95% (Syaputra, 2021), biasanya dinyatakan dalam persen yang dirumuskan sebagai berikut.

$$\eta = \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100\% \quad (2.12)$$

Keterangan:

$\eta$  = Efisiensi (%)

$P_{output}$  = Daya Keluaran (watt)

$P_{input}$  = Daya Masukan (watt)

1 PK = 746 Watt

Tabel 2.6 Standar EER dan CSPF pada AC Split berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No. 103 tahun 2021

No.	EER	CSPF	Keterangan
1.	9	2	Sangat buruk
2.	9,95	2,5 – 2,9	Buruk
3.	10	3 – 3,8	Baik
4.	>10	3,8 – 4,2	Sangat baik

Sumber : (Energi et al., 2021)

### 2.7.5 Faktor Kenyamanan Termal Rumah Sakit

Audit sistem tata udara ini berfungsi untuk mengetahui kondisi suhu dan kelembaban disuatu ruangan dan untuk mengetahui efisiensi penggunaan peralatan pendingin ruangan. Terdapat faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal orang di daerah tropis. Berdasarkan aturan standar suhu dan kelembaban pada rumah sakit pada Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia berdasarkan fungsi ruangan yang baik (Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2004).

Tabel 2.7 Standar suhu dan kelembaban pada rumah sakit Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia

No.	Ruang	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1.	Operasi	19 – 24	45 – 60
2.	Bersalin	24 – 26	45 – 60
3.	Pemulihan/Perawatan	22 – 24	45 – 60
4.	Observasi bayi	21 – 24	45 – 60
5.	Perawatan bayi	22 – 26	35 – 60
6.	Perawatan premature	24 – 26	35 – 60
7.	ICU	22 – 23	35 – 60
8.	Jenazah/Autopsi	21 – 24	-
9.	Penginderaan medis	19 – 24	45 – 60



No.	Ruang	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
10.	Laboratorium	22 – 26	35 – 60
11.	Radiologi	22 – 26	45 – 60
12.	Sterilisasi	22 – 30	35 – 60
13.	Dapur	22 – 30	35 – 60
14.	Gawat Darurat	19 – 24	45 – 60
15.	Administrasi, pertemuan	21 – 24	-
16.	Ruang luka bakar	24 – 26	35 – 60

Sumber : (Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2004)

## 2.8 Perhitungan Kebutuhan Sistem Tata Udara

Bangunan gedung memiliki berbagai kebutuhan fasilitas untuk membuat nyaman penghuni serta tamunya. Sarana yang membuat nyaman disebut dengan utilitas bangunan dengan distribusi listrik. Sistem pendingin udara sendiri merupakan pemakai konsumsi energi terbesar. Perhitungan kebutuhan beban *air conditioner* dibutuhkan untuk mengetahui seberapa besar kalor yang ada di suatu ruangan dan dapat ditentukan besar *air conditioner* yang dibutuhkan untuk membuat ruangan tetap nyaman. Kebutuhan *air conditioner* dihitung dengan satuan BTU (*British Thermal Unit*) per *hour*. Satuan Btu/h adalah satuan energi yang diartikan sebagai jumlah energi untuk meningkatkan atau menurunkan suhu. Selain itu, satuan PK digunakan untuk menilai daya *air conditioner* untuk ruangan (Sayuti et al., 2019).

$$\text{Estimasi Beban AC (BTU/hr)} = \frac{PxLxTxIx E}{60} \quad (2.13)$$

Keterangan:

P: Panjang Ruangan (ft)

L: Lebar Ruangan (ft)

T: Tinggi Ruangan

I: Nilai 10 pada ruang berinsulasi (lantai bawah atau berhimpit dengan ruangan lain), nilai 18 jika ruangan tidak berhimpit atau dilantai paling atas.

E: Pengaruh arah posisi jendela menghadap

Nilai 16 jika arah jendela menghadap ke utara; nilai 17 jika jendela menghadap ke timur; nilai 18 jika jendela menghadap ke selatan; dan nilai 20 jika jendela menghadap barat.

1 meter = 3,28 feet

Tabel 2.8 Konversi kapasitas AC berdasarkan PK

Kapasitas (PK)	Beban kalor (Btu/h)
0,5	± 5.000
0,75	± 7.000
1	± 9.000
1,5	± 12.000
2	± 18.000
2,5	± 24.000

Sumber : (Sayuti et al., 2019)

## 2.9 Peluang Hemat Energi pada Sistem Tata Udara

### 2.9.1 Rekomendasi Penghematan Energi

Berdasarkan peraturan penghematan energi yang terdapat pada Permen ESDM No.13 tahun 2012. Setelah melakukan beberapa langkah konservasi dan memperoleh data dari pengukuran, maka akan dianalisis untuk merekomendasikan penghematan energi berdasarkan kemungkinan yang dapat dilakukan pada suatu bangunan. Penghematan ini memiliki beberapa kategori, antara lain penghematan energi hemat biaya, penghematan energi biaya menengah, dan penghematan energi biaya tinggi (Syaputra, 2021).

### **2.9.1.1 Penghematan Energi Hemat Biaya**

Penghematan Energi Hemat Biaya ini adalah penghematan yang dilakukan dengan menerapkan perilaku hemat energi dalam penggunaan energi sehari-hari. Seperti mengontrol penggunaan lamanya pengoperasian AC, ruangan yang tidak dipakai AC dimatikan, pemeliharaan AC ditingkatkan (Syaputra, 2021).

### **2.9.1.2 Penghematan Energi dengan Biaya Menengah**

Penghematan energi dengan biaya menengah adalah rekomendasi hemat energi yang dapat menghemat energi antara 10% sampai 20%. Penghematan energi biaya menengah ini dapat dicapai dengan mengganti beberapa peralatan tetapi dengan biaya yang tidak terlalu tinggi. Dapat dilakukan *retrofit* refrigeran ke jenis hidrokarbon secara bertahap AC pada semua wilayah, perbaikan sebagian panel kontrol (Syaputra, 2021).

### **2.9.1.3 Penghematan Energi dengan Biaya Tinggi**

Penghematan energi dengan biaya tinggi adalah rekomendasi yang dapat menghemat lebih dari 20% energi. Penghematan energi biaya tinggi dapat dicapai dengan renovasi seluruh bangunan dengan menyeluruh pada sistem tata udara yang membutuhkan investasi besar dan dapat menghemat lebih dari 20%. Hal yang dapat dilakukan pembaruan teknologi dengan mengganti jenis unit AC ke yang lebih hemat energi. (Syaputra, 2021).

## **2.10 Payback Period**

*Payback period* merupakan investasi yang menggambarkan lamanya waktu yang dibutuhkan dana untuk dipulihkan kembali seluruhnya. Analisis *payback*

*periode* dalam studi kelayakan juga perlu diperhatikan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bisnis/proyek dalam mengembalikan investasi (Ramadhon et al., n.d.).

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Investasi pembelian alat (Rp)}}{\text{penghematan yang dihasilkan (Rp/tahun)}} \quad (2.14)$$