

**BAB II**  
**LANDASAN TEORI**

**2.1 Energi Listrik**

Energi listrik adalah suatu energi yang diciptakan oleh muatan listrik yang menyebabkan adanya medan listrik statis. Peranan energi listrik bagi manusia sangat besar tidak hanya untuk menunjang aktivitas sehari-hari, akan tetapi juga diperlukan pada sektor rumah tangga, industri, bisnis, aktivitas gedung perkantoran pemerintah ataupun swasta serta pada penerangan untuk jalan umum. Sehingga dalam penggunaan energi listrik secara baik dan benar sangat dibutuhkan demi menstabilkan antara pemasokan dan pemakaian, untuk menekan biaya pengeluaran.

Energi listrik dapat terjadi ketika arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar (konduktor) yang memiliki hambatan ( $R$ ), maka sumber arus listrik tersebut akan mengeluarkan energi pada penghantar yang mana bergantung pada beberapa faktor seperti: (Yasir Pohan, 2022).

1. Beda potensial pada ujung-ujung penghantar ( $V$ ).
2. Kuat arus yang mengalir pada penghantar ( $I$ ).
3. Waktu atau durasi arus mengalir ( $t$ ).

Sehingga jika beda potensial dirumuskan dengan  $V = R \cdot I$ , maka persamaan energi listrik dapat dirumuskan menjadi:

$$W = V \cdot I \cdot t = (R \cdot I) \cdot I \cdot t \dots\dots\dots (2. 1)$$

$$W = I^2 \cdot R \cdot t$$

Dimana:

$W$  = Energi (Joule)

$V$  = Tegangan (Volt)

$I$  = Arus (Amper)

$t$  = waktu (detik)

Sedangkan untuk mencari nilai energi listrik dari suatu peralatan yang digunakan dapat dengan mengalikan daya aktif dengan waktu kerja alat, atau menggunakan persamaan berikut, (Suharto, 2018).

$$W = P \times t \dots\dots\dots (2. 2)$$

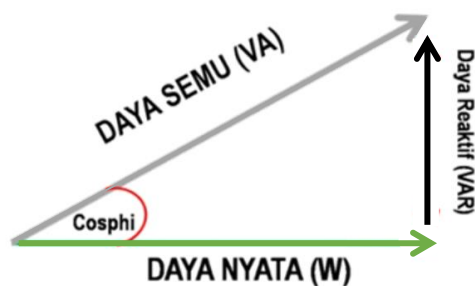
Dimana:  $W$  = Energi Listrik (kWh)

$P$  = Daya listrik yang digunakan (kW)

$t$  = Waktu (jam)

### 2.1.1 Daya Listrik

Daya listrik atau disebut juga *power* merupakan laju hantaran energi listrik yang dihasilkan untuk mendapatkan suatu usaha dalam rangkaian listrik (Yasir Pohan, 2022). Daya listrik dapat disimulasikan sebagai segitiga daya, sebagaimana pada gambar 2.1 berikut (Cahyanto, Nisworo and Pravitasari, 2021).



Gambar 2. 1 Segitiga Daya

Daya listrik dibedakan menjadi tiga jenis yaitu: (Ananda Priyatama, 2018).

### 1. Daya aktif

Daya aktif atau secara umum dikenal sebagai daya nyata yaitu jumlah daya yang digunakan dalam hal pemakaian yang biasa tertera pada suatu alat listrik dalam satuan *watt* dan dirumuskan yaitu:

$$P = V \times I \times \cos\phi \dots\dots\dots (2. 3)$$

Dimana:

$P$  = Daya listrik yang digunakan (Watt)

$\cos\phi$  = Daya nyata / daya semu

### 2. Daya semu

Merupakan pernyataan menunjukkan kapasitas pada peralatan listrik atau dinyatakan dalam VA (Volt-Ampere). Daya semu dikatakan sebagai daya total yang berasal dari sumber (pembangkit) yang kemudian ditransmisikan ke pelanggan listrik, dirumuskan dalam:

$$S = V \times I \dots\dots\dots (2. 4)$$

Dimana:

$S$  = Daya semu (VA)

### 3. Daya reaktif

Daya Reaktif, merupakan jenis daya digunakan pada saat membangkitkan medan magnet sehingga terjadi fluks magnet dan kasusnya pada transformator dan motor listrik. Daya reaktif dinyatakan dengan satuan Var (Volt ampere reaktif).

$$Q = V \times I \times \sin\phi \dots\dots\dots (2. 5)$$

$Q$  = Daya reaktif (Var)

$\sin\phi$  = Daya reaktif / Daya Semu

### **2.1.2 Efisiensi Energi Listrik**

Efisiensi energi listrik merupakan usaha serta upaya yang dilakukan dalam mengurangi pemborosan penggunaan energi listrik, atau juga dapat dikatakan sebagai langkah penghematan penggunaan energi listrik dengan tidak mengurangi akan tingkat kenyamanan pengguna listrik. Salah satu upaya nyata untuk menghemat energi listrik yaitu dengan peningkatan efisiensi penggunaan energi listrik secara efisien dan bijaksana. Hal ini tertuang dalam instruksi Presiden (INPRES) No.13 tahun 2011 tentang Penghematan Energi dan Air serta Peraturan Pemerintah (PP) Tentang Konservasi Energi.

Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 13 Tahun 2012 tentang penghematan pemakaian energi listrik, dengan jelas menjelaskan bahwa semua bangunan gedung kantor pemerintah mulai dari pusat hingga daerah harus melakukan program penghematan energi pada sistem tata cahaya, sistem tata udara dan peralatan pendukung lainnya (Alim, 2021). Dalam rangka meningkatkan penghematan pemakaian tenaga listrik, perlu dilakukan pemakaian tenaga listrik secara efisien dan rasional, tanpa mengurangi keselamatan, kenyamanan, dan produktivitas (KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL, 2012).

Meningkatkan efisiensi energi telah diyakini sebagai salah satu cara efektif untuk menambah keuntungan usaha dimana biaya yang dikeluarkan untuk pembelian energi menjadi berkurang. Saat ini istilah penghematan ini dikenal dengan konservasi energi, yang merupakan penggunaan energi

dengan efisiensi dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan.

## **2.2 Audit Energi**

Audit energi adalah upaya awal yang dilakukan untuk memperoleh data konsumsi energi pada suatu bangunan serta mendapatkan peluang penghematan energi yang dapat diterapkan. (Wahyu Budiman, 2018) menyatakan pengertian audit energi sebagai usaha atau kegiatan yang bertujuan untuk mengidentifikasi jenis dan besarnya energi yang digunakan pada bagian-bagian operasi suatu industri, pabrik atau bangunan, dan mencari kemungkinan penghematan energi. Sasaran dari audit energi adalah untuk mencari cara mengurangi konsumsi energi persatuan *output* dan mengurangi biaya operasi (Yuliantoro, Nugroho and Sukoco, 2019). Audit energi ini merupakan langkah pertama yang dilakukan dalam proses manajemen energi. Audit energi ini meliputi analisis profil penggunaan energi, mengidentifikasi pemborosan energi dan menyusun langkah pencegahan (Biantoro and Permana, 2018). Melalui audit energi ini, dapat diperkirakan energi yang dikonsumsi sehingga dapat diketahui penghematan yang bisa dilakukan.

Pelaksanaan audit energi berpedoman pada SNI 03-6196-2011 tentang prosedur audit energi pada bangunan energi, mulai dari pengumpulan data historis seperti luas bangunan, beban yang terpasang, konsumsi energi listrik bulanan, kemudian dilanjut perhitungan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dan menganalisa potensi-potensi penghematan energi yang bisa dilakukan baik tanpa biaya maupun dengan biaya (SNI 6196, 2011).

### **2.2.1 Audit Energi Singkat**

Audit energi singkat atau mini audit atau bisa disebut juga survei energi (*Energy Survey or Walk Through Audit*) merupakan audit yang dilakukan secara sederhana, tanpa perhitungan yang rinci, hanya melakukan analisa sederhana. Umumnya fokus dari audit ini adalah pada bidang perawatan dan penghematan yang tidak memerlukan biaya investasi yang besar (Tiro *et al.*, 2021).

### **2.2.2 Audit Energi Awal**

Audit energi awal atau *pleminary energy audit* merupakan audit yang bertujuan untuk mengukur produktifitas dan efisiensi penggunaan energi dan mengidentifikasi kemungkinan penghematan energi. Kegiatan audit energi awal meliputi identifikasi gedung, analisa kondisi aktual, menghitung konsumsi energi, menghitung pemborosan energi, dan beberapa usulan.

### **2.2.3 Audit Energi Rinci**

Audit energi rinci atau *detailed energy audit* atau bisa juga disebut *full audit* merupakan audit energi yang dilakukan secara terstruktur, kompleks, dan penyajian data secara mendetail. Penggunaan alat ukur sebagai salah satu langkah memperoleh data. Audit rinci ini umumnya dilaksanakan oleh lembaga auditor professional pada jangka waktu tertentu. Pelaksanaan audit didahului dengan analisa biaya audit energi, identifikasi gedung, analisa kondisi aktual, dan menghitung semua konsumsi energi. Konsumsi energi ini meliputi energi primer, seperti listrik dan bahan bakar, juga energi sekunder; seperti air, telepon, dan lain-lain. Selain itu, melakukan penghitungan pemborosan energi, kesempatan konservasi energi, sampai beberapa usulan

untuk melakukan penghematan energi beserta dengan analisa dampak usulan tersebut (Tiro *et al.*, 2021)

### **2.3 Manajemen Energi**

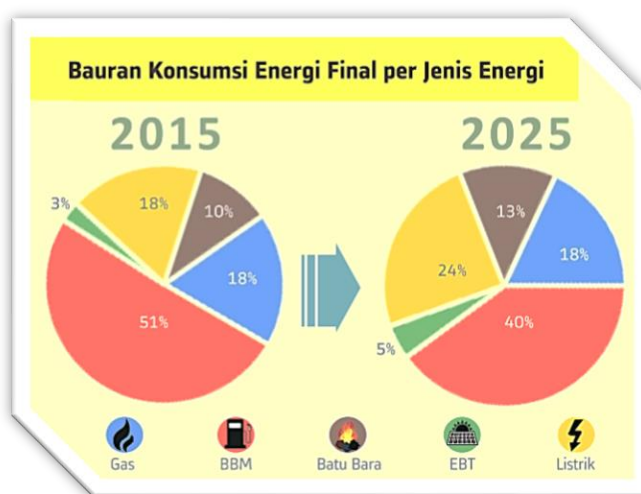
Manajemen energi adalah suatu kegiatan perusahaan yang sangat terorganisir dengan mengutamakan prinsip-prinsip manajemen, tujuan ini dilakukan untuk mendapatkan tujuan utama dalam melakukan audit energi sehingga mendapatkan penghematan dalam menggunakan energi listrik (Yasir Pohan, 2022). Manajemen energi merupakan suatu usaha atau langkah pengaturan yang terstruktur dalam melakukan kegiatan yang berkaitan dengan penggunaan energi agar energi dapat digunakan secara efektif demi tercapainya penghematan energi.

Salah satu langkah yang dianggap penting dalam upaya terwujudnya penghematan energi adalah melakukan audit energi. Dalam hal ini pemerintah sudah mengatur regulasi mengenai permasalahan pemanfaatan energi di Indonesia, beberapa regulasi yang diberlakukan Pemerintah antara lain:

1. Undang-Undang Republik Indonesia No.30 Tahun 2007 Tentang Energi.
2. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.70 Tahun 2009 Tentang Konservasi Energi.
3. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Energi Nasional.
4. Peraturan Menteri ESDM No.14 Tahun 2012 yang mengatur tentang Manajemen Energi.
5. Peraturan Menteri ESDM No.13 Tahun 2012 tentang Penghematan Energi Listrik.

## 2.4 Konservasi Energi

Regulasi dari program Konservasi Energi telah ditetapkan pada Peraturan Pemerintah No. 70 Tahun 2009 tentang Konservasi Energi yang merupakan suatu upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya (PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA, 2009). Sehingga, konservasi energi lebih mengarah pada upaya yang dilakukan oleh manusia untuk meningkatkan efisiensi dalam pemanfaatan energi pada suatu sistem dengan tetap menggunakan energi secara rasional tapi tetap mempertahankan produktifitas (Naimah, Rafi and Philip, 2021). Adapun target konservasi energi untuk Indonesia pada tahun 2025 oleh Direktur Konservasi Energi sebagaimana dalam gambar 2.1 berikut:



Gambar 2. 2 Bauran Energi Final

(Sumber: Direktorat Konservasi Energi KESDM)

Berdasarkan grafik target bauran konsumsi energi untuk tahun 2025, energi listrik berada pada posisi kedua dengan tingkat bauran 24 % yang mana menjadi



target konservasi energi dengan capaian (Direktorat Konservasi Energi KESDM, 2020);

1. Mengurangi intensitas energi sebesar 1% per tahun hingga 2025.
2. Mencapai elastisitas energi kurang dari 1 (satu) pada 2025.
3. Mencapai penghematan energi final sebesar 17% pada 2025.

Strategi yang dicanangkan dalam program utama konservasi energi diantaranya;

1. Penerapan Manajemen Energi;
2. Penerapan Standar Efisiensi Energi;
3. Penerapan Teknologi Hemat Energi dan Konservasi Energi;
4. Investasi Efisiensi Energi;
5. Awareness dan Awards Efisiensi Energi;
6. Updating Data.

Sumber energi diarahkan sebagai modal pembangunan guna kemakmuran rakyat dengan cara mengoptimalkan pemanfaatannya bagi pembangunan ekonomi nasional. Hal tersebut dapat dicapai dengan mewujudkan berbagai upaya diantaranya adalah dengan melalui pengelolaan sumber daya energi secara optimal, terpadu, dan berkelanjutan. Pemanfaatan energi juga harus dilakukan secara efisien pada semua sektor (PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA, 2014)

Peluang konservasi energi menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 6196:2011 diartikan sebagai peluang yang mungkin bisa diperoleh dalam rangka penghematan energi dengan cara perbaikan dalam pengoperasian dan pemeliharaan, atau melakukan tindakan konservasi energi pada fasilitas energi. Peluang konservasi energi merupakan langkah lanjutan dalam penghematan energi

yang mengatur kinerja mulai dari pengadaan, pemeliharaan operasional, sampai pada titik penggantian energi ulang.

Penghematan ini memiliki banyak kategori diantaranya adalah penghematan energi tanpa biaya, penghematan energi dengan biaya rendah, penghematan energi dengan biaya sedang, dan penghematan energi dengan biaya yang tinggi.

a. Penghematan Energi tanpa Biaya

Penghematan energi tanpa biaya ini merupakan penghematan energi yang tidak mengeluarkan biaya dalam operasionalnya, biasanya berbentuk kegiatan penggunaan energi yang hemat dalam kehidupan sehari-hari.

1. Pengaturan beban kelistrikan penerangan dan peralatan non AC.
2. Pengaturan beban pendingin AC.
3. Pengaturan pengoperasian AC.
4. Pengaturan pencahayaan ruangan.

b. Penghematan Energi dengan Biaya Rendah

Penghematan energi dengan biaya rendah adalah upaya hemat energi dengan estimasi penghematan mencapai nilai sekitar 10% dan durasi penggantian investasi yang telah dikeluarkan pada kurang dari 2 tahun. Upaya penghematan energi dengan biaya rendah ini dapat dilaksanakan melalui penggantian terhadap bagian dari selubung bangunan yang tidak sesuai dengan standar.

1. Perbaiki servis atau *maintenance* pada pendingin udara.
2. Pengaturan pada beban kelistrikan sistem pendingin udara.
3. Perbaiki armatur untuk beban pencahayaan.
4. Pengaturan beban kelistrikan penerangan limited rewiring.

5. Retrofit Freon hidrokarbon pada beberapa AC terbes.

c. Penghematan Energi dengan Biaya Sedang

Penghematan energi dengan biaya sedang adalah suatu rekomendasi hemat energi yang mampu menghemat energi antara 10% hingga 20% dan jangka waktu untuk mengembalikan investasi adalah 2 sampai 4 tahun. Penghematan energi dengan biaya sedang ini bisa dilakukan dengan cara melakukan penggantian beberapa peralatan yang boros mengonsumsi energi tetapi biaya investasi yang dikeluarkan tidak terlalu tinggi.

1. Retrofit Freon hidrokarbon pada AC disemua zona secara bertahap.
2. Retrofit lampu hemat energi.
3. Pengaturan beban kelistrikan dengan mengeliminasi beban listrik tidak seimbang *limited rewiring*.
4. Pembenahan kontrol panel sebagian.

d. Penghematan Energi dengan Biaya Tinggi

Penghematan energi dengan biaya tinggi adalah suatu rekomendasi yang mampu menghemat energi lebih dari 20% dan waktu untuk pengembalian investasinya lebih dari 4 tahun. Penghematan energi dengan biaya tinggi dapat dilakukan dengan cara melakukan perombakan total seluruh bangunan dimulai dari sisi pencahayaan, hingga sistem tata udara yang memerlukan investasi besar dan dapat menghemat energi lebih dari 20%.

1. Retrofit lampu hemat energi pada semua zona.
2. Retrofit timer control dan *audio timed switch off* pada penerangan esensial.

3. Pengaturan beban kelistrikan dengan mengeliminasi beban listrik tidak seimbang *full rewiring*.

4. Pembenahan kontrol panel semua bagian.

## 2.5 Intensitas Konsumsi Energi

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) merupakan istilah yang digunakan untuk mengetahui besarnya pemakaian energi listrik dalam bangunan Gedung dan dinyatakan dalam satuan kWh/ m<sup>2</sup>. Hasil nilai IKE harus sama atau lebih kecil dari nilai standar dan selalu diupayakan untuk dipertahankan lebih rendah.

Pemakaian IKE ini telah ditetapkan di berbagai negara antara lain ASEAN dan APEC. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh ASEAN-USAID pada tahun 1987 yang laporannya baru dikeluarkan tahun 1992, target besarnya Intensitas Konsumsi Energi (IKE) listrik untuk Indonesia adalah sebagaimana pada tabel 2.1 di bawah ini (Levine *et al.*, 1992):

Tabel 2. 1 Standar IKE Listrik pada Bangunan Gedung di Indonesia

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

Jika nilai IKE lebih rendah daripada batas bawah, maka bangunan gedung tersebut dikatakan hemat energi sehingga perlu dipertahankan dengan melaksanakan aktivitas dan pemeliharaan sesuai dengan standar prosedur yang telah ditetapkan perusahaan. Jika nilai IKE berada di antara batas bawah dan acuan, maka bangunan gedung tersebut dikatakan agak hemat sehingga perlu

meningkatkan kinerja dengan melakukan *tuning up*. Jika di antara acuan dan batas atas, maka bangunan gedung tersebut dikatakan agak boros sehingga perlu melakukan beberapa perubahan. Bila di atas batas atas, maka perlu dilakukan *retrofitting* atau *replacement* (Biantoro and Permana, 2018).

Menurut pedoman pelaksanaan konservasi energi listrik dan dalam menentukan potensi penghematan energi, untuk klasifikasi ruangan gedung dibagi menjadi dua yaitu ruangan ber-AC dan ruangan tanpa AC, sebagaimana yang ditampilkan pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2. 2 Standar IKE Listrik pada Bangunan Ber-AC dan non AC berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No. 13/2012

No.	Kriteria	Ruang ber-AC (kWh/m <sup>2</sup> /bulan)	Ruang non AC (kWh/m <sup>2</sup> /bulan)
1	Sangat Efisien	< 8,5	< 3,4
2	Efisien	8,5 - 14	3,4 – 5,6
3	Cukup Efisien	14 – 18 ,5	5,6 – 7,4
4	Boros	> 18,5	>7,4

IKE menunjukkan besarnya konsumsi energi (kWh) per meter persegi (m<sup>2</sup>) setiap bulan. Angka IKE (kWh/m<sup>2</sup> /bulan) diperoleh dengan membagi jumlah kwh penggunaan listrik selama sebulan dengan luas bangunan yang digunakan. Sehingga perhitungan IKE atau Intensitas Konsumsi Energi gedung pada umumnya dapat terlihat pada persamaan berikut.

$$IKE = \frac{\text{Total Konsumsi Listrik (kWh)}}{\text{Luas Total Ruangan (m}^2\text{)}} \text{ per bulan} \dots\dots\dots (2. 6)$$

Dikarenakan rumah sakit merupakan salah satu bangunan dengan pengguna yang cukup fluktuatif mengingat adanya perawatan inap pasien yang bergantung pada ketersediaan tempat tidur, sehingga nilai BOR menjadi salah satu faktor dalam tingkat konsumsi energi listrik di gedung tersebut. Adapun untuk bangunan yang menggunakan nilai *bed occupancy rate* (BOR) dalam perhitungannya.

$$IKE = \frac{\text{Total Konsumsi Listrik (kWh)}}{\text{Luas Total Ruangan (m}^2\text{)}} \times BOR \dots\dots\dots (2. 7)$$

Dimana:

IKE = Intensitas Konsumsi Energi (kWh/m<sup>2</sup>).

BOR = *Bed Occupancy Rate* (%) per bulan.

Dalam upaya penghematan energi terdapat istilah *payback period*. *Payback period* atau waktu pengembalian investasi merupakan durasi pengembalian dari biaya awal atau investasi yang dikeluarkan dalam kegiatan penghematan tersebut. Untuk mengestimasi *payback period* dapat dihitung dengan pembagian jumlah investasi awal dengan hasil penghematan tiap bulannya sebagaimana pada persamaan 2.8 dibawah ini (Ananda Priyatama, 2018) .

$$SPB = \frac{\text{Investasi pembelian alat (Rp)}}{\text{Penghematan yang dihasilkan/Bulan(Rp)}} \dots\dots\dots (2. 8)$$

Menurut Dian Wijayanto (2012) *payback period* adalah periode atau waktu yang diperlukan untuk menutup kembali pengeluaran investasi. Sedangkan berdasarkan Abdul Choliq, dkk (2004) *payback period* adalah jangka waktu kembalinya investasi yang telah dikeluarkan, melalui keuntungan yang diperoleh dari suatu proyek yang telah direncanakan (Himawan and Sudiarto, 2022).

## 2.6 Sistem Pencahayaan

Sistem pencahayaan pada suatu bangunan terdiri atas sistem pencahayaan alami dan buatan. Pencahayaan alami adalah pencahayaan yang berasal dari cahaya matahari dan harus dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya untuk mengurangi energi listrik pada bangunan (Illahi, Priatna and Hiron, 2020). Pencahayaan alami memiliki dampak terhadap meningkatnya suhu ruangan dikarenakan radiasi matahari. Pencahayaan buatan merupakan pencahayaan yang dihasilkan oleh

sumber cahaya buatan manusia (Naimah, Rafi and Philip, 2021). Pencahayaan buatan diperlukan apabila posisi ruangan sulit dicapai oleh pencahayaan alami. Kualitas pencahayaan pada suatu permukaan atau bidang kerja dinyatakan dengan satuan lux.

Tingkat pencahayaan atau intensitas pencahayaan merupakan besarnya cahaya yang dibutuhkan untuk menerangi suatu ruangan. Intensitas pencahayaan harus ditentukan di mana pekerjaannya akan dilakukan. Bidang kerja umumnya diambil 80 cm di atas lantai. Bidang kerja ini mungkin sebuah meja, bangku kerja atau suatu bidang horizontal khayalan 80 cm di atas lantai. Parameter ini dinyatakan dalam satuan Lux atau sama dengan jumlah  $\text{lm}/\text{m}^2$ . Alat untuk mengukur tingkat pencahayaan adalah Luxmeter. Flux cahaya yang diperlukan untuk suatu ruangan dengan luas  $A \text{ m}^2$  dapat dicari melalui persamaan berikut : (Suhendar, 2016).

$$\Phi = E \times A \text{ (lumen)} \dots\dots\dots (2. 9)$$

Keterangan:

$\Phi$  = Flux Cahaya (lumen)

$E$  = Intensitas Pencahayaan (Lux)

$A$  = Luas Bidang Kerja ( $\text{m}^2$ )

Sedangkan untuk mengetahui kebutuhan jumlah lampu yang akan dipasang, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$n = \frac{E \times A}{\Phi_{\text{lampu}} \times \eta \times d} \dots\dots\dots (2. 10)$$

Keterangan:

$n$  = Jumlah Lampu.

$E$  = Intensitas Pencahayaan (Lux)

$A$  = Luas Bidang Kerja ( $\text{m}^2$ )

$\phi$  = Flux Cahaya (lumen)

$\eta$  = efisiensi atau rendemen (0,8).

$d$  = faktor depresiasi (0,8).

Daya maksimum untuk sistem pencahayaan pada suatu ruangan dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Daya Maksimum} = \frac{\text{Daya Total Lampu (Watt)}}{\text{Luas Ruangan (A)}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Standar yang digunakan sebagai pedoman tingkat pencahayaan ruangan sebagaimana pada tabel 2.3, indeks pencahayaan menurut jenis ruangan atau unit di Rumah Sakit berdasarkan Standar Nasional Indonesia 6197 tahun 2011 tentang konservasi energi pada sistem pencahayaan. (SNI 6197, 2011).

Tabel 2. 3 Standar tingkat pencahayaan menurut ruangan atau unit

No.	Ruangan atau Unit	Tingkat Pencahayaan (LUX)
1	Ruang Rawat Inap	250
2	Ruang Operasi, Ruang Bersalin	300
3	Ruang Tunggu	200
4	Laboratorium	500
5	Ruang Reaksi dan Rehabilitasi	250
6	Koridor	100
7	Ruang Kantor Staff	350
8	Kamar Mandi	200

Daya listrik maksimum ruangan rumah sakit per meter persegi tidak boleh melebihi nilai sebagaimana dalam standar pada tabel 2.4 berikut.

Tabel 2. 4 Standar daya pencahayaan maksimum per meter persegi

No.	Fungsi Ruangan	Daya Pencahayaan Maksimum (W/m <sup>2</sup> )
1	Ruang tunggu	12
2	Ruang rawat jalan	10
3	Ruang rawat inap	12
4	Ruang operasi, ruang bersalin	10



5	Laboratorium	15
6	Ruang gawat darurat	15
7	Ruang tindakan	15
8	Ruang rekreasi dan rehabilitasi	10
9	Ruang pemulihan	8
10	Ruang koridor siang hari	9
11	Ruang koridor malam hari	3
12	Ruang kantor staf	10
13	Kamar mandi & toilet pasien	7

Standar ini memuat ketentuan pedoman pencahayaan pada bangunan gedung khususnya Rumah Sakit untuk memperoleh sistem pencahayaan dengan pengoperasian yang optimal sehingga penggunaan energi lebih efisien tanpa harus mengurangi dan atau mengubah fungsi bangunan, kenyamanan dan produktivitas penghuni, serta mempertimbangkan aspek ramah lingkungan.

## 2.7 Sistem Pendingin Udara

Kenyamanan pemakaian ruangan tidak hanya pada tingkat penerangannya, namun temperatur ruangan menjadi salah satu faktor kenyamanan pengguna ruangan dalam beraktivitas. Guna mengatur kebutuhan temperatur ruangan yang sesuai, maka digunakan sebuah sistem pendingin udara yang biasa disebut sebagai *Air Conditioner* (AC).

Berikut ini merupakan tabel 2.4 standar suhu, kelembaban dan tekanan udara menurut fungsi ruangan atau unit berdasarkan standar nasional indonesia 6390 tahun 2011 tentang konservasi energi sistem tata udara bangunan gedung. (SNI 6390, 2011)

Tabel 2. 5 Standar Suhu dan Kelembaban Berdasarkan Ruangan atau Unit

No.	Ruangan atau Unit	Suhu (°C)	Kelembaban / RH (%)
1	Ruang Kerja	24 - 27	60
2	Lobi, Koridor	27 - 30	60

3	Ruang Perawatan, Operasi	24 - 27	60
---	--------------------------	---------	----

Untuk mencari nilai BTU/h dari sebuah ruangan, dapat menggunakan persamaan berikut (Ginting, Manuaba and Pemayun, 2022);

$$\frac{BTU}{h} = \frac{(L \times W \times H \times I \times E)}{60} \dots\dots\dots (2. 12)$$

Dengan keterangan:

L = Room length (feet)

W = Room width (feet)

H = Room height (feet)

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

E = 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.

Konversi PK ke dalam BTU/jam sebagaimana dalam table 2.5 berikut (Saputra and Hamzah, 2017).

Tabel 2. 6 Konversi PK dalam BTU/jam

No.	PK	BTU/jam
1	½	± 5.000
2	¾	± 7.000
3	1	±9.000
4	1,5	± 12.000
5	2	±18.000
6	2 ½	±24.000
7	3	±27.000
8	4	±32.000
9	5	±45.000

Dari tabel 2.6 terlihat bahwa 1 PK kompresor AC setara dengan 9.000 BTU/jam. Bila hitungan = 6.000 BTU/jam setara dengan 0,6667 PK maka disarankan menggunakan 0.75 PK = 3/4 PK = 7.000 BTU/jam, karena bila terjadi penurunan kapasitas AC masih tetap mampu mendinginkan ruangan (Saputra and Hamzah, 2017).

Tabel 2. 7 Standar suhu, kelembaban, dan tekanan udara berdasarkan fungsi ruang atau unit (MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA, 2004).

No.	Ruang atau Unit	Suhu ( <sup>0</sup> C)	Kelembaban (%)	Tekanan
1	Operasi	19 - 24	45 - 60	Positif
2	Bersalin	24 - 26	45 - 60	Positif
3	Pemulihan/perawatan	22 - 24	45 - 60	Seimbang
4	Observasi bayi	21 - 24	45 - 60	Seimbang
5	Perawatan bayi	22 - 26	35 - 60	Seimbang
6	Perawatan prematur	24 - 26	35 - 60	Positif
7	ICU	22 - 23	35 - 60	Positif
8	Jenazah/ autopsi	21 - 24	-	Negatif
9	Penginderaan medis	19 - 24	45 - 60	Seimbang
10	Laboratorium	22 - 26	35 - 60	Negatif
11	Radiologi	22 - 26	45 - 60	Seimbang
12	sterilisasi	22 - 30	35 - 60	Negatif
13	Dapur	22 - 30	35 - 60	Seimbang
14	Gawat darurat	21 - 24	45 - 60	Positif
15	Administrasi	21 - 24	-	Seimbang
16	Ruang luka bakar	24 - 26	35 - 60	Positif

## 2.8 Penelitian Terkait

Tabel 2. 8 Penelitian Terkait

No.	Judul Jurnal	Author Jurnal	Tempat Penelitian, Tahun Terbit	Pembahasan Jurnal
1.	Audit Penggunaan Energi Listrik pada <i>Air</i>	Akbar Cahyanto, Sapto	RSUD dr. R. SOETRASNO Rembang	Analisis mengenai bagian tata udara rumah sakit yang

	<p><i>Conditioner</i> di Rumah Sakit Tipe C (Studi Kasus :RSUD dr. R. Soetrasno Rembang Jawa Tengah)</p>	<p>Nisworo, Deria Pravitasari</p>	<p>Jawa Tengah, 2021</p>	<p>meliputi pengukuran suhu ruangan sesuai regulasi, pengukuran konsumsi energi air conditioner dan analisis peluang penghematan energi yang akan diberikan.</p>
2.	<p>Analisa Konsumsi Energi dan Sistem Pencahayaan Gedung C Institut Teknologi Sumatera</p>	<p>Khoirun Naimah , Ahmad Rafi A , Isra D.H1, Philip N</p>	<p>Gedung C Institut Teknologi Sumatera, 2021</p>	<p>menganalisis profil konsumsi energi listrik dan sistem pencahayaan berdasarkan metode kualitatif (observasi) dan wawancara.</p>
3.	<p>Simulasi Audit Energi pada Rumah Sakit Umum Daerah Banyumas</p>	<p>Isra Nuur Darmawan</p>	<p>Rumah Sakit Umum Daerah Banyumas, 2021</p>	<p>Perancangan sistem tata udara untuk mendapatkan perkiraan konsumsi energi berdasarkan rancangan RSUD</p>

				Banyumas menggunakan perangkat lunak Design Builder dengan plug-in EnergyPlus
4.	Studi Analisis Potensi Penghematan Konsumsi Energi Melalui Audit dan Konservasi Energi Listrik di Rumah Sakit Universitas Riau	Medio Saputra dan Amir Hamzah	Rumah Sakit Universitas Riau, 2017	Menganalisis tingkat keseimbangan beban dan mencari peluang penghematan energi pada bidang pencahayaan dan tata udara
5	Analisis Penghematan Energi Listrik Pada Rumah Sakit Umum Daerah Dokter Soedarso Pontianak Ditinjau Dari Desain Instalasi	Suharto	Rumah Sakit Umum Daerah Dokter Soedarso Pontianak, 2016	Menganalisis beban terpasang dan merencanakan penataan instalasi dan jaringan distribusi listrik dengan 1 (satu) unit transformator baru dengan kapasitas

				daya sebesar 1000 kVA dan suplay daya cadangan dari mesin generator sebesar 1000 kVA
--	--	--	--	--