

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Profil SMKN 3 Kuningan**

SMKN 3 Kuningan merupakan salah satu sekolah menengah kejuruan yang terletak di kabupaten kuningan jawa barat, berdiri sejak tanggal 2 November 1984. SMKN 3 Kuningan menaungi beberapa program kejuruan untuk bidang pendidikan yaitu diantaranya teknik otomotif, teknik bangunan, teknik kontruksi, teknik listrik, teknik penindustrian, teknik elektronika dan juga teknik informatika serta memiliki beberapa jurusan keahlian yang diantaranya, teknik kendaraan ringan, teknik sepeda motor, teknik gambar, teknik kontruksi batu dan beton, teknik instalasi tenaga listrik, teknik otomasi industri, teknik audio video dan jurusan multimedia.

SMKN 3 Kuningan tercatat sebagai sekolah menengah kejuruan yang terakreditasi A, dimana memiliki sarana dan prasarana yang cukup dengan total luas tanah 30.000 m<sup>2</sup> serta total luas bangunan 10,096 m<sup>2</sup> dengan besar daya listrik 87,5 kVA dari suplai PLN dan diesel.

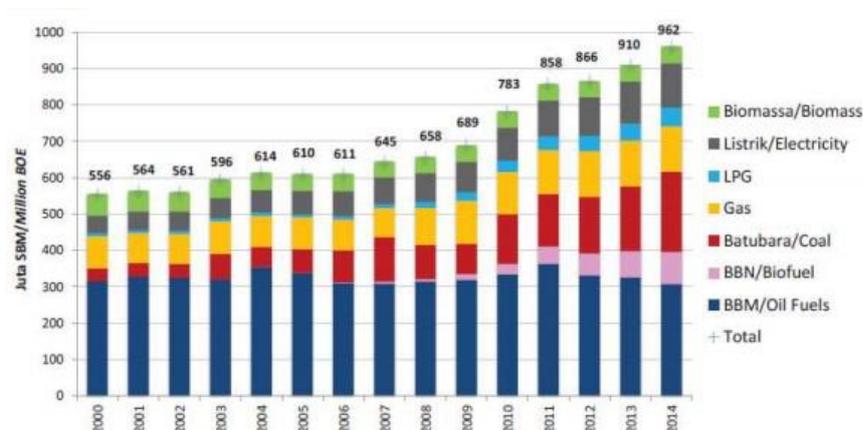
#### **2.2 Energi Listrik**

Energi Listrik merupakan energi yang digunakan pada perlengkapan listrik ataupun energi yang tersimpan dalam arus listrik dengan satuannya yaitu (A) ampere serta tegangan listrik satuan volt (V).

#### **2.3 Konsumsi Energi**

Dalam kurun waktu 14 tahun konsumsi energi listrik tercatat terus bertambah diakibatkan oleh pertumbuhan jumlah penduduk. Maka dari itu konsumsi energi

listrik merupakan energi yang paling banyak digunakan oleh warga Indonesia seiring berjalannya waktu, (Heckman, 1967).



Gambar 2. 1 Grafik Konsumsi Energi Final Perjenis

Sumber: BPPT, Indonesia Energy Outlook 2016

Dapat disimpulkan bahwa kebutuhan energi listrik terus mengalami kenaikan pada setiap tahunnya. Perkembangan rata-rata sebesar 6,8% pertahun. (BPPT Indonesia Energy Outlook 2016).

## 2.4 Konservasi Energi

Konservasi energi merupakan upaya melestarikan sumber daya energi ataupun upaua sistematis, terencana serta terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri dan meningkatkan efisiensi pemanfaatannya.

Dalam proses konservasi energi terdapat tahapan audit energi sebagai langkah awal dari kegiatan konservasi energi.

## 2.5 Audit Energi

Audit Energi ialah upaya sistematis dan terpadu untuk melakukan pemanfaatan sumber daya energi listrik secara efisien, efektif dan mengidentifikasi upaya

peluang penghematan energi serta saran akan peningkatan efisiensi terhadap penggunaan energi dalam rangka konservasi energi.

Untuk menghitung besarnya tingkat konsumsi energi pada suatu gedung serta penghematannya adalah dengan audit energi (Untoro et al., 2014).

Dengan melakukan Audit Energi dapat mengetahui besar pemakaian energi serta dapat mengetahui upaya penghematan sebagai proses efisiensi energi. (Hilmawan,2009).

Berdasarkan SNI-03-0196 2010 audit energi terbagi tiga jenis, yaitu:

### **2.5.1 Audit Energi Awal**

Audit Energi Awal atau disebut juga audit energi singkat dimana pada prosesnya meliputi pengumpulan data, data dokumentasi gedung, penelitian serta pengukuran singkat dan perhitungan intensitas konsumsi energi.

### **2.5.2 Audit Energi Rinci**

Dilakukan apabila intensitas konsumsi energi melebihi dari standar yang ditentukan, melingkupi data dokumentasi gedung yang tersedia, pengumpulan data historis, penelitian dan pengukuran detail, perhitungan intensitas konsumsi energi dan analisis peluang penghematan energi.

## **2.6 Intensitas Konsumsi Energi**

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) merupakan IKE merupakan besar energi yang dikonsumsi oleh suatu gedung perluas daerah yang dikondisikan satu bulan atau satu tahun. (Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 38 Tahun 2012 Tentang Bangunan Gedung Hijau, 2012) Satuan IKE adalah kWh/m<sup>2</sup> pertahun. Dapat ditulis menggunakan persamaan rumus dibawah ini:

$$IKE = \frac{\text{Total Konsumsi Energi ( K wh )}}{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}} \quad (2.1)$$

Tabel 2. 1 Standar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) menurut Permen ESDM No.13 Tahun 2012

No	Jenis Gedung	StandardIKE(kWh/m <sup>2</sup> tahun)
1.	Komersial(Perusahaan)	240
2.	Swalan/supermarket	330
3.	Apartement/hotel	300
4.	Rumah Sakit	380

Nilai IKE bersifat dinamis dimana sewaktu-waktu dapat berubah berdasarkan hasil penelitian mengikuti perkembangan teknologi hemat energi dan mengikuti kesadaran pengguna energi.

Perhitungan IKE menggunakan hasil penelitian ASEAN-USAID yang menyebutkan standar IKE untuk gedung perkantoran sebesar 240 kWh/m<sup>2</sup> pertahun. (USAID Indonesia Clean Energy Development, 2014).

Sementara itu nilai Intensitas Konsumsi Energi pada gedung dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

Tabel 2. 2 Standar Intensitas Konsumsi Energi bangunan ber-AC

Kriteria	Keterangan
Sangat Efisien (50 – 95) kWh/m <sup>2</sup> /Tahun	a) Desain gedung sesuai standar tata cara perencanaan teknis konservasi energi b) Pengoperasian peralatan energi dilakukan dengan prinsip-prinsip manajemen energy
Efisien (95 – 145) kWh/m <sup>2</sup> /Tahun	a) Pemeliharaan gedung dan peralatan energi dilakukan sesuai prosedur b) Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan sistem manajemen energi terpadu
Agak Boros (145 – 175) kWh/m <sup>2</sup> /Tahun	a) Audit energi perlu dipertimbangkan untuk menentukan perbaikan efisiensi yang mungkin dilakukan b) Desain bangunan maupun pemeliharaan dan pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi
Boros (175 – 285) kWh/m <sup>2</sup> /Tahun	a) Audit energi perlu dipertimbangkan untuk menentukan langkah-langkah perbaikan sehingga pemborosan energi dapat dihindari b) Instalasi peralatan dan desain pengoperasian dan pemeliharaan tidak mengacu pada penghematan energi
Sangat Boros (285 – 450) kWh/m <sup>2</sup> /Tahun	a) Agar ditinjau ulang atas semua instalasi / peralatan energi serta penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan b) Audit energi adalah langkah awal yang perlu dilakukan

Tabel 2. 3 Standar Intensitas Konsumsi Energi bangunan tida ber-AC

Kriteria	Keterangan
Efisien (10 – 25) kWh/m <sup>2</sup> /Tahun	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
Cukup Efisien (20 – 30) kWh/m <sup>2</sup> /Tahun	a) Penggunaan energi cukup efisien namun masih memiliki peluang konservasi energi b) Perbaikan efisiensi melalui pemeliharaan bangunan dan peralatan energi masih dimungkinkan
Boros (30 – 40) kWh/m <sup>2</sup> /Tahun	a) Audit energi perlu dilakukan untuk menentukan langkahlangkah perbaikan sehingga pemborosan energi dapat dihindari b) Desain bangunan maupun pemeliharaan dan pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi
Sangat Boros (40 – 50) kWh/m <sup>2</sup> /Tahun	a) Instalasi peralatan, desain pengoperasian dan pemeliharaan tidak mengacu pada penghematan energi b) Agar dilakukan peninjauan ulang atas semua instalasi / peralatan energi serta penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan c) Audit energi adalah langkah awal yang perlu dilakukan

## 2.7 Beban Listrik

Beban listrik merupakan peralatan yang menghubungkan ke sistem daya sehingga dapat mengkonsumsi energi listrik. (Jumadi & Tambunana,2015).

### 2.7.1 Beban Sistem Penerangan

Sistem penerangan dibagi menjadi dua jenis, yaitu sistem penerangan alami dan sistem penerangan buatan. Sistem pencahayaan alami berasal dari cahaya matahari sedangkan sistem pencahayaan buatan berasal dari cahaya lampu. Cahaya yang berlebihan membuat penglihatan menjadi tidak baik.

Tabel 2. 4 Standar Tingkat Pencahayaan

Sumber: (SNI 03-6197-2000. Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan, 2000)

<b>Ruang</b>	<b>Lux</b>	<b>Keterangan</b>
<b>Ruang Perkantoran</b>		
Ruang direktur	350	
Ruang computer	350	Gunakan armature bekas untuk mencegah silau akibat pantulan layar monitor
Ruang kerja	350	
Ruang rapat	750	Gunakan cahaya setempat pada meja gambar
Gudang/arsip	150	
Ruang arsip aktif	300	
Lembaga pendidikan		
Ruang kelas	250	
Perpustakaan	300	
Laboratorium	500	

Ruang gambar	750	Gunakan pencahayaan setempat pada meja
Kantin	200	

Minimnya pencahayaan dalam suatu ruangan bisa berakibat terganggunya kegiatan dalam ruangan tersebut, seperti apabila cahaya yang dihasilkan terlalu berlebihan dapat mengakibatkan menyilaukan penglihatan. Maka dari itu intensitas pencahayaan perlu dikontrol untuk menghasilkan kebutuhan yang sesuai untuk penglihatan dalam ruang berdasarkan fungsi dari ruangan tersebut. (Fleta, 2021).

Dengan adanya Standar Nasional Indonesia Tentang Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan seperti yang tertera pada tabel 2.4 akan membuat pencahayaan memiliki kualitas dan kuantitas sehingga tidak membuat pencahayaan berlebih atau kurang.

Tabel 2. 5 Daya Listrik Maksimum untuk Sistem Pencahayaan.

Sumber : (SNI 03-6197-2000. Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan, 2000)

<b>Lokasi</b>	<b>Daya Pencahayaan Maksimum(W/m<sup>2</sup>) (termasuk rugi-rugi balast)</b>
Ruang Kantor	15
Auditorium	25
Pasar Swalayan	20
<b>Hotel:</b>	
Kamar Tamu	17
Daerah Umum	20
<b>Rumah Sakit:</b>	
Ruang Pasien	15
Gudang	5

Kafetaria	10
Garasi	2
Restorant	25
Loby	10
Tangga	10
Ruang Parkir	5
Ruang Perkumpulan	20
Industri	20
<b>Pintu masuk dengan kanopi:</b>	
Lalu lintas sibuk seperti, hotel, bandara dan teater	30
Lalu lintas sedang seperti, rumah sakit, kantor dan sekolah	15
<b>Jalan dan Lapangan:</b>	
Tempat penimbunan dan tempat kerja	2,0
Tempat untuk santai seperti taman, tempat rekreasi dan tempat piknik	1,0
Jalan untuk kendaraan dan pejalan kaki	1,5
Tempat parkir	2,0

Selain tingkat pencahayaan, daya pencahayaan maksimum juga perlu di perhatikan supaya tidak terjadi pemborosan daya listrik. Daya listrik pencahayaan tidak boleh melebihi standar daya maksimum pencahayaan sesuai dengan fungsi ruangan tersebut seperti yang tertera pada tabel 2.5.

### 2.7.1.1 Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami adalah cahaya berasal dari sinar matahari. Pencahayaan alami harus dimanfaatkan sebaik-baiknya. Dengan menggunakan pencahayaan alami bisa mengurangi penggunaan energi listrik. (Fleta, 2021) Radiasi matahari

yang masuk langsung harus dibuat seminimal mungkin agar tidak menghasilkan panas dan silau dalam ruangan. Pada malam hari atau pada saat cuaca yang kurang baik pencahayaan buatan sangat diperlukan. Yang harus diperhatikan dalam pemakaian sinar matahari supaya memperoleh keuntungan yaitu dengan faktor-faktor sebagai berikut (Amin, 2011):

1. Variasi intensitas cahaya matahari.
2. Distribusi dari terangnya cahaya.
3. Efek dari lokasi, pemantulan cahaya.
4. Letak geografis dan kegunaan bangunan gedung

#### **2.7.1.2 Pencahayaan Buatan**

Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang dihasilkan dari sumber cahaya selain cahaya alami atau matahari. Pencahayaan buatan sangat diperlukan apabila posisi ruangan sulit dijangkau oleh pencahayaan alami ataupun saat pencahayaan alami tidak mencukupi. Fungsi dari pencahayaan buatan adalah sebagai berikut:

1. Menciptakan lingkungan yang membuat penghuni melihat kegiatan visual secara mudah dan detail.
2. Membantu penghuni berjalan dan bergerak dengan mudah dan aman.
3. Tidak membuat kenaikan suhu udara yang berlebihan pada tempat kerja.
4. Memberikan pencahayaan dengan intensitas cahaya yang menyebar secara menyeluruh pada setiap sudut ruangan.
5. Meningkatkan lingkungan yang nyaman.

Pencahayaan buatan dibuat karena sebagai kebutuhan manusia dalam melakukan kegiatan dimalam hari sehingga membutuhkan pencahayaan yang mencukupi. (Tanod et al., 2015).

Dalam melakukan kegiatan penghematan energi pada penggunaan daya listrik untuk sistem pencahayaan buatan antara lain:

- a. Menentukan nilai lux sesuai fungsi ruangan.
- b. Menghitung jumlah fluxs luminus (lumen) dan jumlah lampu yang dibutuhkan.
- c. Menentukan jenis lampu yang lebih efisien.
- d. Menghitung jumlah daya pencahayaan yang terpasang.
- e. Menentukan armatur dan tata letak armatur.
- f. Merancang sistem pengelompokan lampu sesuai dengan letak lubang cahaya yang dapat dijangkau cahaya alami.
- g. Merancang sistem pengendalian pencahayaan yang dapat memanfaatkan pencahayaan alami secara maksimal dalam ruangan. (Tanod et al., 2015).

### **2.7.1.3 Parameter pencahayaan**

#### **1. Iluminasi**

Pencahayaan (illuminasi) merupakan kerapatan cahaya dari suatu sumber cahaya. Intensitas cahaya adalah flux cahaya yang jatuh pada 1 m<sup>2</sup> dari bidang kerja atau permukaan lantai, dengan satuan lux (lx) dan dilambangkan dengan huruf E. Sehingga (Iksan et al., 2018):

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen per m}^2$$

Secara matematis dapat ditulis:

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (2.2)$$

Dimana :

E = Intensitas pencahayaan (lux)

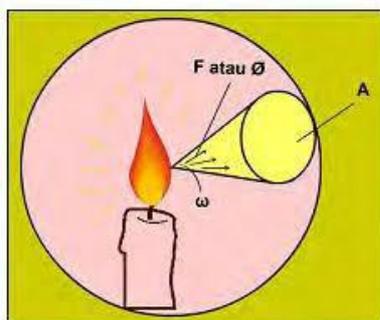
$\Phi$  = Flux Cahaya (lumen)

A = Luas bidang yang diterangi ( $m^2$ )

Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan disebut sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja.

## 2. Fluks Cahaya

Fluks cahaya merupakan banyaknya cahaya yang terpancar dari sumber cahaya disebut fluks cahaya. Satuan dari fluks cahaya adalah lumen dan dilambangkan dengan  $\Phi$ . (Haryanto et al., 2020) Satu lumen merupakan fluks cahaya yang dipancarkan dalam 1 steradian dari sebuah sumber cahaya 1 cd pada permukaan bola dengan jari-jari  $R= 1m$ . (Abimanyu, 2014)



Gambar 2. 2 Fluks Cahaya

Jika fluks cahaya dihubungkan dengan daya listrik, maka 1 watt cahaya = 683 lumen.

Secara matematis dapat ditulis :

$$\phi = P \times K \quad (2.3)$$

Dimana :

$\phi$  = Fluks Cahaya (lm)

P = Daya Lampu (Watt)

K = Efikasi Cahaya (lm/Watt)

### 3. Koefisien Penggunaan

Menurut Standar Nasional Indonesia 03-6575-2001 koefisien pengguna adalah perbandingan antara fluks luminus yang jatuh diantara bidang kerja terhadap keluaran cahaya yang dipancarkan oleh semua lampu.

Armatur akan menyerap sebagian dari cahaya yang dipancarkan oleh lampu. Cahaya tersebut dipancarkan sebagian ke atas dan sebagiannya lagi ke bawah. (SNI 03-6575-2001 Tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung, 2001).

Faktor yang mempengaruhi besarnya koefisien penggunaan adalah (SNI 03-6575-2001 Tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung, 2001):

- a. Distribusi intensitas cahaya dari armatur.
- b. Perbandingan antara keluaran cahaya dari armatur dengan keluaran cahaya dari lampu di dalam armatur.
- c. Reflektansi cahaya dari langit-langit, dinding dan lantai.
- d. Pemasangan armatur apakah menemuel atau digantung pada langit langit.
- e. Dimensi ruangan.

#### 4. Koefisien Depresiasi

Perbandingan antara tingkat pencahayaan setelah jangka waktu tertentu dari instalasi pencahayaan yang digunakan terhadap tingkat pencahayaan dengan instalasi baru (SNI 03-6575-2001 Tentang Tata Cara Peranc. Sist. Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung, 2001).

Besarnya koefisien depresiasi dipengaruhi oleh (SNI 03-6575-2001 Tentang Tata Cara Peranc. Sist. Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung, 2001):

- a. Kebersihan dari lampu dan armatur.
- b. Kebersihan dari permukaan ruangan.
- c. Penurunan keluaran cahaya lampu selama waktu penggunaan.
- d. Penurunan keluaran cahaya lampu karena tegangan listrik.

#### 5. Jumlah Armatur yang Diperlukan untuk Memperoleh Tingkat Pencahayaan Tertentu.

Armatur atau yang serikali disebut rumah lampu berfungsi untuk melindungi lampu serta peralatan pengendali alat-alat kelistrikan, terutama pada saat lampu dinyalakan (Admin, 2014).

Jenis-jenis armatur lampu yaitu (Mirzah et al., 2017):

##### a. *Indirect*

Armatur jenis ini lebih memanfaatkan langit-langit sebagai pemantul cahaya karena mengarahkan lebih dari 90% cahaya ke atas. Biasanya digunakan pada bidang yang memiliki daya reflektansi yang cukup besar. Keuntungannya tidak menimbulkan silau dan bayangan sedangkan kerugiannya mengurangi efisiensi cahaya total yang jatuh pada permukaan kerja.

b. *Semi Indirect*

Armatur ini sama seperti armature indirect tetapi armatur jenis ini mengarahkan lebih dari 60% cahaya lampu ke atas dan mengarahkan 40% cahaya lampu ke bawah..

c. *Semi Direct*

Mengarahkan cahaya lampu yang sama nilainya ke arah atas dan bawah.

d. *Direct*

Armatur ini kebalikan dari armatur indirect. Armatur ini mengarahkan cahaya lampu ke arah bawah lebih dari 90%. Dalam mengatur pencahayaan jenis direct ini dinilai paling efektif, akan tetapi jenis ini bisa membuat silau yang dapat mengganggu serta menyebabkan bahaya, baik dari penyinaran langsung ataupun karena pantulan cahaya tersebut.

e. *Diffuse*

Jenis ini termasuk jenis direct- indirect karena memancarkan sebagian cahaya ke atas dan sebagian lagi ke bawah. Masalah bayangan dan kesilauan pada sistem ini masih dapat ditemukan. Untuk menentukan jumlah armatur yang dibutuhkan, fluks luminous total perlu dihitung terlebih dahulu dengan persamaan sebagai berikut :

$$F_{total} = \frac{E \times A}{Kp \times Kd} \text{ (lumen)} \quad (2.4)$$

Keterangan:

$F_{total}$  = Fluks luminous total (lumen)

$E$  = Tingkat pencahayaan rata-rata (lux)

$A$  = Luas bidang kerja (m<sup>2</sup>)

$K_p$  = Koefisien pengguna

$K_d$  = Koefisien Depresiasi (penyusutan)

Jika sudah diperoleh nilai fluks luminos total kemudian masukan kedalam persamaan berikut :

$$N_{total} = \frac{F_{total}}{F_1 \times n} \quad (2.5)$$

Keterangan:

$N_{total}$  = Total armatur

$F_{total}$  = Fluks luminos total

$F_1$  = Fluks luminos satu buah lampu (lumen)

$n$  = Jumlah lampu dalam satu armatur

## 6. Ballast

Ballast berfungsi untuk mengatur arus yang melewati lampu (Syaifulhaq & Universitas Diponegoro, 2011). Terdapat dua jenis ballast yaitu:

### a. Ballast Konvensional

Ballast konvensional adalah suatu kumparan dengan inti besi. Konstruksi ballast konvensional pada dasarnya sama dengan konstruksi trafo, hanya saja beda pada jumlah lilitan. Ballast konvensional memiliki 1 lilitan primer sedangkan trafo memiliki 2 lilitan primer dan sekunder. (Prof. Atmonobudi Soebagio et al., 2011)

### b. Ballast Elektronik

Ballast elektronik adalah konverter elektronika daya untuk mensuplai discharge lamp. Manfaat dari ballast ini yaitu meningkatkan efisiensi lampu dan ballast secara keseluruhan, berkurangnya ukuran dan berat ballast, menambah umur lampu, dan meningkatkan kualitas penyinaran

lampu serta untuk mengatur daya lampu. (Syaifulhaq & Universitas Diponegoro, 2011)

#### 7. Efikasi

Efikasi adalah perbandingan besar cahaya (lumen) yang dihasilkan terhadap penggunaan daya (watt) (Palaloi, 2009). Perbandingan tingkat fluks cahaya dan besar daya pada lampu diperoleh berdasarkan persamaan (Haryanto et al., 2020):

$$K = \frac{\Phi}{p} \quad (2.6)$$

Keterangan :

K = Efikasi (lumen/watt)

$\Phi$  = Jumlah Fluks

P = Daya listrik (watt)

#### 8. Efficacy Beban Terpasang

Iluminasi/terang rata-rata yang dituju terhadap suatu bidang kerja yang datar per watt pada pencahayaan umum didalam ruangan yang dinyatakan dalam lux/W/m<sup>2</sup> (HaGe, 2008).

#### 9. Lux

Lux merupakan satuan metrik ukuran cahaya pada suatu permukaan. Cahaya rata-rata yang diperoleh adalah rata-rata tingkat lux pada berbagai titik area yang sudah ditentukan. (HaGe, 2008)

#### 10. Lumen

Lumen adalah satuan pengukuran untuk jumlah cahaya yang dihasilkan oleh sebuah sumber cahaya. Satuan lumen adalah satuan flux cahaya. (HaGe, 2008)

### 11. Illuminasi (Intensitas penerangan)

Illuminasi adalah jumlah cahaya yang jatuh pada suatu area ditunjukkan dengan simbol E. Satuannya adalah Lux (lx). Menunjukkan satu lux sama dengan satu lumen per meter persegi ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ). Illuminasi dapat didefinisikan sebagai rasio antar jatuhnya cahaya dalam suatu permukaan, atau sinar yang dihasilkan bebas ke segala arah di tempat dimana jatuhnya cahaya dalam permukaan.

### 12. Indeks Radiasi Warna

Nilai indeks berkisar dari 0-100. Semakin tinggi nilai suatu indeks renderasi warna maka semakin baik kemampuan sumber cahaya tersebut untuk menunjukkan warna sebenarnya dari suatu objek (Yuniar et al., 2014).

Tabel 2. 6 Pengelompokkan Renderasi Warna

Sumber: (SNI 03-6197-2000. Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan, 2000)

<b>Kelompok Renderasi Warna</b>	<b>Rentang Indeks Renderasi (Ra)</b>	<b>Keterangan</b>
1	$Ra > 85$	Renderasi baik
2	$70 < Ra < 85$	Cukup
3	$40 < Ra < 70$	Dihindari
4	$Ra < 40$	Renderasi buruk

### 13. Temperatur Warna

Warna cahaya lampu dikelompokkan menjadi (SNI 03-6197-2000. Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan, 2000):

- a. Warna putih kekuning-kuningan (warm-white), kelompok 1 ( $< 3.300$  K).
- b. Warna putih netral (cool-white), kelompok 2 ( $3.300$  K -  $5.300$  K).
- c. Warna putih (daylight, kelompok 3 ( $> 5.300$  K);

#### 14. Daya Listrik Maksimum Pencahayaan

Menghitung beban yang terpakai pada sistem pencahayaan menggunakan persamaan:

$$\text{Daya } m^2 = \frac{\text{Total daya lampu}}{\text{Luas ruangan}} \quad (2.7)$$

##### 2.7.1.4 Jenis-jenis Lampu Penerangan

Berbagai jenis lampu penerangan memiliki ciri khas yang berbeda, dilihat dari cara memperhatikan daya yang diperlukan juga tingkat pencahayaan yang dibutuhkan. Menurut (PUIL 2013) pada umumnya lampu penerangan digolongkan menjadi 3 (tiga) jenis yaitu :

##### 1. Lampu Pijar

Cahaya lampu pijar dihasilkan oleh penyaluran arus listrik melewati filament yang memanaskan. Filament panas ditutupi oleh kaca dan akan menghalangi udara. Sehingga filament tidak akan langsung rusak akibat terjadinya teroksidasi. (Priyandono, 2013)



Gambar 2. 3 Lampu Pijar

## 2. Lampu TL



Gambar 2. 4 Lampu TL

Sumber: (Priyandono, 2013)

Lampu TL adalah ampu jenis pelepasan gas yang berbentuk tabung hampa berisi merkuri dan gas argon bertekanan rendah dengan kawat pijar di kedua ujungnya (Elektroda). Tabung tersebut terbuat dari gelas yang dilapisi (Coating) oleh lapisan fosfor (phosphor). Pada saat lampu dialiri oleh arus listrik, elektron-elektron berpindah tempat dari satu ujung ke ujung lainnya yang di sebabkan oleh elektroda yang memanass. Energi listrik tersebut juga akan mengakibatkan merkuri yang sebelumnya adalah cairan merubah menjadi gas. Perpindahan elektron akan bertabrakan dengan atom merkuri sehingga energi elektron akan meningkat ke level yang lebih tinggi. Elektron-elektron akan melepaskan cahaya saat energi Elektron-elektron tersebut kembali ke level normalnya. (Kho, n.d.)

#### 4. Lampu Hemat Energi



Gambar 2. 5 Lampu hemat energi

Sumber: (Priyandono, 2013)

#### 5. Lampu LED (*Light Producing Diode*)



Gambar 2. 6 Lampu LED

Sumber: (Priyandono, 2013)

Lampu LED (*Light Emitting Diode*) adalah lampu berupa semi konduktor yang apabila dialiri arus listrik akan menghasilkan cahaya. Lampu LED tidak mengandung merkuri sehingga tidak menghasilkan panas melainkan dingin. Lampu LED ini harganya jauh lebih mahal dibandingkan dengan lampu jenis lain tetapi lampu ini memiliki daya tahan 10x lebih lama daripada lampu TL dan 60x lebih lama dibandingkan lampu pijar (Priyandono, 2013).

## 7. Lampu Hologen



Gambar 2. 7 Lampu Hologen

Sumber : (Priyandono, 2013)

Lampu halogen adalah lampu pijar biasa yang berisi filamen tungsten yang ditutupi oleh kaca disertai campuran gas didalamnya (umumnya Nitrogen, Argon dan Krypton). Filamen akan menjadi panas membara ketika dialiri listrik. Bara terang tersebut yang akan menjadi sumber cahaya. Sumber: (Priyandono, 2013)

### **2.7.2 Beban Sistem Tata Udara**

Sistem ini digunakan untuk mengontrol suhu dan kelembaban udara agar terasa nyaman ketika berada di ruangan (D. P. K. P. D. Jakarta, 2012) Kenyamanan bagi orang ketika berada dalam ruangan umumnya sekitar  $10^{\circ}\text{C}$  dibawah suhu rata-rata tubuh manusia yaitu sekitar  $26^{\circ}\text{C}$ .

Untuk memperoleh suhu, kelembaban dan penyaluran udara sesuai dengan ketentuan serta peralatan yang dipakai di dalam ruangan maka diperlukannya perancangan untuk pengkondisian udara. Dengan adanya pengkondisian udara, diharapkan membuat udara menjadi segar supaya pekerja bisa bekerja dengan baik, pasien di rumah sakit menjadi lebih nyaman begitupun dengan penghuni rumah tinggal menjadi lebih nyaman. (IPB, 2019) Hotel, rumah sakit dan asrama umumnya menggunakan unit fan coil di setiap ruangnya, supaya suhu udara di

ruangan dapat disesuaikan dengan kebutuhan, sedangkan ruangan besar yang ada di hotel dapat menggunakan AC Paket dengan saluran horizontal (Juwana, 2005).

### 2.7.2.1 Beban Pendingin

Untuk melakukan perolehan beban pendingin maka diperlukan perhitungan dibawah ini:

Tabel 2. 7 Beban Pendingin

Sumber : (Juwana,2008)

<b>Fungsi Ruangan</b>	<b>Beban per 100 m<sup>3</sup> Ruangan (TR)</b>
Apartemen	0.5 - 1.0
Hotel	1.0 – 1.5
Kampus	1.5 – 2.0
Kantor	1.5 - 2.0
Rumah sakit	1.0 – 1.5

Catatan: 1 TR = 12000 BTU = 1.5 HP = 1.12 KW

Untuk menghitung beban pendingin secara detail, dibutuhkan ukuran ruangan (panjang, lebar dan tinggi), suhu ( $t_0$ ) dan kelembaban ( $RH_0$ ) diluar ruangan, suhu ( $t_1$ ) dan kelembaban ( $RH_1$ ) biasanya sekitar 50% - 80% didalam ruangan. (Juwana, 2005).

$$Okupansi = \frac{L_{bruto}}{L_{per - orang}} \quad (2.8)$$

Dimana;

$L_{per-orang}$  = Luas per orang diambil antara 15-20 per m<sup>2</sup>

### 2.7.2.2 Beban Sensibel Bangunan

Sebelum menghitung nilai beban sensibel perlu dilakukan perhitungan nilai yang tertera pada tabel 2.9 dibawah ini terlebih dahulu, baik beban kalor yang melalui bidang kaca maupun beban kalor yang disebabkan oleh transmisi bidang dinding.

Tabel 2. 8 Beban Kalor (BTU/jam/m<sup>2</sup>)

Sumber: (Juwana, 2005)

Bidang Kulit Bangunan	Beban Kalor (BTU/jam/m <sup>2</sup> )
<b>Kaca:</b>	
Sisi Utara	800
Sisi Selatan	400
Sisi Timur	900
Sisi Barat	1000
<b>Dinding:</b>	
Arah Utara	2.15 (t <sub>0</sub> – t <sub>1</sub> )
Arah Selatan	2.15 (t <sub>0</sub> – t <sub>1</sub> )
Arah Timur	2.15 (t <sub>0</sub> – t <sub>1</sub> )
Arah Barat	2.15 (t <sub>0</sub> – t <sub>1</sub> )

Catatan: Negara Indonesia (t<sub>0</sub> – t<sub>1</sub>) = 5°C

Sehingga, Persamaan Beban Sensibel Bangunan (BSB):

$$BSB = L_{bidang} \times Beban_{kalor} \quad (2.9)$$

### 2.7.2.3 Beban Kalor Internal

Beban kalor internal terdiri dari beban sensibel orang yang dihitung berdasarkan tingkat metabolik untuk aktifitas tertentu seperti tabel 2.10 atau melalui pendekatan menggunakan Beban Sensibel Orang (BSO) dan Beban Laten Orang (BLO).

Tabel 2. 9 Beban Kalor (BTU/jam/m<sup>2</sup>)

Sumber: (Juwana, 2005)

Kegiatan	Tingkat Metabolik	Watt/m <sup>2</sup>
<b>Istirahat:</b>		
- Tidur	0.7	40
- Berbaring	0.8	46
- Duduk diam	1.0	58
- Berdiri relaks	1.2	69
<b>Berjalan (Permukaan datar):</b>		
- Lambat (0,9 m/s)	2.0	116
- Sedang (1,3 m/s)	2.6	151
- Cepat (1,7 m/s)	2.8	221
<b>Kegiatan Kantor:</b>		
- Duduk membaca	1.0	58
- Menulis	1.0	58
- Mengetik	1.1	64

- Mangarsip, duduk	1.1	69
- Mengarsip berdiri	1.4	81
- Berjalan mondar-mandir	1.7	98
- Mengangkat barang	2.1	122
<b>Kegiatan Keseharian:</b>		
- Memasak	1.6 - 2.0	93 – 116
- Membersihkan rumah	2.0 – 3.4	116 – 197
- Duduk, bergoyang-goyang	2.2	128
- Menggergaji (di meja)	1.8	104
- Peralatan listrik ringan	2.0 – 2.4	116 – 139
- Peralatan berat	4.0	232
- Mengangkat beban 50 kg	4.0	232
- Menyekop	4.0 – 4.8	232 – 279
<b>Kegiatan santai:</b>		
- Berdansa	2.4 – 4.4	139 – 256
- Latihan gerak	3.0 – 4.0	174 – 232
- Bermain tenis (tunggal)	3.6 – 4.0	209 – 232
- Bermain bola basket	5.0 – 7.6	291 – 442
- Gutak (pertandingan)	7.0 – 8.7	407 – 506

Catatan: 1 unit metabolik = 58.2 Watt/m<sup>2</sup>

$$BSO = okupansi . 200$$

(2.10)

$$BLO = okupansi . 250 \quad (2.11)$$

Beban sensibel lampu TL, digunakan: (2.12)

$$BSL = (\Sigma watt) . (1,25)(3,4)$$

#### 2.7.2.4 Beban Ventilasi atau Infiltrasi

Kebutuhan udara suatu ruangan dapat diperoleh menggunakan persamaan:

1. CFM Infiktrasi ( $CFM_1$ )

(2.13)

$$CFM1 = \frac{P.L.AC.35,31}{60}$$

Dimana:

P = Panjang Ruangan (meter)

L = Lebar Ruangan (meter)

T = Tinggi Ruangan (meter)

AC = Jumlah pertukaran udara per jam (AC minimum = 2)

2. Beban Ventilasi

$$CFM2 = [(t_0 - t_1) \times 1,08 + (RH_0 - RH_1) \times 0,67] \quad (2.14)$$

Jadi, Beban pendingin (BP) persamaannya sebagai berikut:

$$BP = BSB + BSO + BLO + BSL + CFM1 + CFM2 \quad (2.15)$$

Dimana:

BSB = Beban Sensibel Bangunan

BSO = Beban Sensibel Orang

BLO = Beban Laten Orang

BSL = Beban Sensibel Orang

CFM<sub>1</sub> = Beban Infiltrasi

CFM<sub>2</sub> = Beban Ventilasi

Kapasitas Tata Udara:

PK	BTU
0,5	5000
0,75	7000
1	9000
1,5	12.000
2	18.000
3	27.000

$$kapasitas = \frac{BP}{12.000}$$

Kapasitas tata udara disini merupakan kebutuhan beban pendingin pada setiap ruangan yang perhitungannya dengan cara pembagian besar beban pendingin dengan kebutuhan PK AC yang dikonfersikan kedalam bentuk BTU/Jam.

## 2.8 Beban Sistem Tenaga

Pada umumnya beban listrik sistem tenaga terdapat pada pengguna listrik disektor industri, contohnya motor, mesin-mesin listrik, konveyor dan lainnya. Motor listrik banyak digunakan pada penggerak sistem traksi. Contoh sistem traksi listrik pada pelaanggan listrik kantor ataupun bisnis adalah lift/elevator dan

escalator, pada pelanggan listrik traksi adalah kereta rel listrik atau trem listrik, dan pada pelanggan listrik industri adalah moving walks atau belt conveyor. (Adini, 2012)

## 2.9 Beban Listrik Perangkat Lainnya

Beban listrik ini dikelompokkan sesuai dengan penggunaannya. Seperti pada penggunaan listrik untuk rumah tangga, beban listrik yang dipakai adalah televisi, mesin cuci, mixer dan lain-lain. Dan untuk sektor bisnis, biasanya berupa customer display, mesin elektronik untuk kasir, barcode scanner dan lain-lain. (Adini, 2012)

## 2.10 Daya Listrik

Daya listrik ialah suatu penghantar energi pada suatu rangkaian, dimana perhitungan daya listrik menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = V \times I \quad (2.16)$$

Dimana :

P = Daya

V = Tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

Daya listrik dibagi juga menjadi 3 (tiga) jenis yaitu meliputi:

1. Daya aktif merupakan daya yang terpakai sebenarnya. Daya aktif memiliki satuan watt.

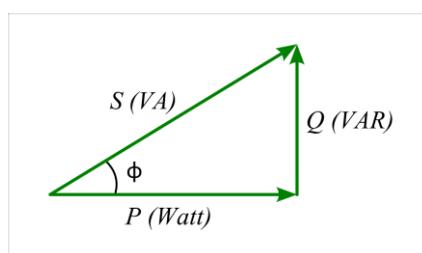
$$P = V \times I \times \cos \phi \quad (2.17)$$

2. Daya reaktif merupakan daya yang diperlukan dalam pembentukan medan magnet yang kemudian menghasilkan fluks magnet. Daya reaktif memiliki satuan VAR.

$$Q = V \times I \times \sin \phi \quad (2.18)$$

3. Daya semu merupakan hasil dari kalkulasi antara tegangan rms dengan arus rms. Daya semu memiliki satuan VA

$$S = V \times I \quad (2.19)$$



Gambar 2. 8 Segitiga daya

### 2.11 Tarif Dasar Listrik

Tarif Dasar Listrik (TDL) ialah tarif yang ditetapkan untuk para pelanggan perusahaan listrik negara (PLN). Di Indonesia sendiri PLN adalah perusahaan yang boleh menjual listrik langsung kepada masyarakat. Maka dari itu TDL disebut juga dengan tarif dasar listrik yang digunakan untuk pelanggan listrik milik pemerintah untuk masyarakat Indonesia. Tarif dasar listrik digolongkan menjadi beberapa bagian, hal ini dikarenakan oleh pemanfaatan listrik digunakan dalam batas daya yang dibutuhkan dan untuk kegiatan apa daya listrik digunakan.

## 2.12 Perhitungan Konsumsi Energi

Dalam kehidupan sehari-hari, peralatan listrik cenderung digunakan atau dinyalakan pada saat terdapat aktivitas manusia dalam ruangan. Sehingga, lama waktu menyalnya peralatan listrik yang sebenarnya tergantung dari kondisi ruangan tersebut, suhu atau temperature ruangan akibat aktivitas yang terjadi dalam ruangan. Besarnya biaya energi dalam waktu tertentu, dapat dihitung dengan persamaan (Wilyani, A. 2015):

$$E = P \times t \quad (2.20)$$

Dimana :

E = Energi (Wh)

P = Daya Listrik (Watt)

t = Jumlah waktu peralatan listrik beroperasi (jam)

Sedangkan untuk besarnya biaya penggunaan listrik dapat dihitung dengan persamaan rumus berikut:

$$\text{Biaya} = \text{konsumsi energi} \times \text{harga per kWh} \quad (2.21)$$

$$\text{Konsumsi energi} = \text{daya} \times \text{waktu menyala} \quad (2.22)$$

Perhitungan konsumsi energi pada penggunaan listrik di gedung SMKN 3 Kuningan lebih difokuskan pada perhitungan konsumsi energi pada peralatan listrik yang sering digunakan seperti sistem pencahayaan ruangan, air conditioning (AC) yang bertujuan untuk kenyamanan pada ruangan.

### **2.13 Identifikasi Peluang Hemat Energi**

Setelah melakukan audit energi awal dan audit energi rinci maka perlu adanya identifikasi peluang hemat energi. Hasil pengumpulan data selanjutnya ditindaklanjuti dengan perhitungan besarnya IKE dan penyusunan profil penggunaan energi bangunan gedung. Apabila besarnya IKE hasil perhitungan ternyata sama atau kurang dari IKE target maka kegiatan audit energi rinci dapat dihentikan atau diteruskan untuk memperoleh IKE yang lebih rendah lagi. Bila hasilnya lebih dari IKE target, berarti ada peluang untuk melanjutkan proses audit energi rinci berikutnya guna memperoleh penghematan energi.

Ada beberapa langkah dalam mengidentifikasi peluang hemat energi diantaranya yaitu:

1. Hasil dari pengumpulan data, selanjutnya ditindaklanjuti dengan penghitungan besarnya IKE, serta penyusunan profil penggunaan energi bangunan gedung.
2. Apabila diketahui besarnya IKE hasil perhitungan ternyata sama atau kurang dari IKE target, maka kegiatan audit rinci dapat dihentikan atau diteruskan untuk memperoleh IKE yang lebih rendah lagi.
3. Bila hasilnya lebih dari target nilai IKE, berarti ada peluang untuk melanjutkan proses audit energi rinci guna memperoleh penghematan energi.

## **2.14 Analisis Peluang Hemat Energi**

Setelah peluang hemat energi teridentifikasi, tindakan selanjutnya adalah melakukan analisis peluang hemat energi, yaitu dengan cara membandingkan potensi perolehan hemat energi dengan biaya untuk pelaksanaan rencana penghematan energi yang direkomendasikan. Analisis peluang hemat energi juga dapat dilakukan dengan penggunaan program computer yang telah direncanakan untuk kepentingan itu dan diakui oleh masyarakat profesi. (Sudarmojo et al., n.d.) Analisis peluang hemat energi dilakukan dengan usaha antara lain :

1. Menekan penggunaan energi hingga sekecil mungkin (mengurangi daya terpasang/terpakai dan jam operasi)
2. Memerbaiki kinerja peralatan listrik
3. Menggunakan sumber energi yang murah

## **2.15 Rekomendasi Hemat Energi**

Usulan buat melakukan revisi supaya tercapainya penggunaan energi yang lebih efektif ialah penafsiran dari saran hemat energi. Saran hemat energi terdiri dari sebagian berbagai ialah mulai dari penghematan tanpa bayaran hingga dengan bayaran besar. Saran hemat energi dicoba setelah analisis peluang hemat energi teridentifikasi, hingga langkah berikutnya merupakan rekomendasi- rekomendasi yang sudah dicoba oleh auditor tenaga kepada pengguna bangunan.

Rekomendasi hemat energi sangat disarankan oleh pemerintah setempat sebab teruji dengan terdapatnya Peraturan Menteri Energi serta Sumber Energi

Mineral Republik Indonesia Nomor 14 tahun 2012 pasal satu ayat 8 hingga 11 yang berbunyi:

1. Rekomendasi tanpa biaya merupakan saran hasil audit energi yang tidak memerlukan bayaran dalam mengimplementasikannya.
2. Rekomendasi biaya Rendah merupakan saran hasil audit tenaga dengan kriteria kemampuan penghematan tenaga hingga dengan 10%( 10 persen) danfatau waktu pengembalian investasi kurang dari 2( 2) tahun.
3. Rekomendasi biaya menengah merupakan saran hasil audit tenaga dengan kriteria kemampuan penghematan tenaga antara 10%( 10 persen) hingga dengan 20%( 2 puluh persen) serta/ ataupun waktu pengembalian investasi antara 2( 2) tahun hingga dengan 4( empat) tahun.
4. Rekomendasi biaya tinggi merupakan saran hasil audit tenaga dengan kriteria kemampuan penghematan tenaga lebih besar dari 20%( 2 puluh persen) serta/ ataupun waktu pengembalian investasi lebih dari 4 (4) tahun.

## **2.16 Jenis-jenis Penghematan Energi**

### **1. Penghematan Energi Tanpa Biaya**

Penghematan energi tanpa biaya merupakan sesuatu saran penghematan dalam audit tenaga yang pengimplementasiannya tidak memerlukan biaya sedikitpun. Sebaliknya buat melaksanakan penghematan tenaga tanpa biaya ini bisa dicoba dengan metode merubah pola prilaku pengguna gedung, selaku contohnya yaitu tidak menghidupkan lampu pada ruangan kosong ataupun ruangan yang penuh dengan pencahayaan alami, tidak menghidupkan lampu dikala siang hari serta lain sebagainya.

## **2. Penghematan Energi Biaya Rendah**

Penghematan energi dengan bayaran rendah ialah sesuatu saran hemat tenaga yang sanggup mengirit energi dekat 10% (10 persen) serta pengembalian investasi buat bayaran penghematan energi kurang dari 2 tahun.

## **3. Penghematan Energi Biaya Sedang**

Penghematan energi dengan bayaran lagi merupakan merupakan sesuatu saran hemat energi yang sanggup mengirit tenaga antar 10%- 20% serta jangka waktu buat mengembalikan investasi merupakan 2 hingga dengan 4 tahun.

## **4. Penghematan Energi Biaya Tinggi**

Penghematan energi dengan bayaran besar merupakan sesuatu saran yang sanggup mengirit energi lebih dari 20% serta waktu buat pengembalian investasi lebih dari 4 tahun. Penghematan energi dengan bayaran besar bisa membagikan akibat yang lumayan baik dalam penghematan energi. Tetapi wajib terdapat perhitungan yang matang apakah bayaran yang dikeluarkan buat penghematan balance dengan penghematan yang diperoleh.