

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Daya Listrik**

Menurut (Chen et al., 2018), Daya listrik atau dalam bahasa Inggris dikenal sebagai *Electrical Power*, merupakan besarnya energi yang digunakan atau dihasilkan dalam suatu rangkaian listrik. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya, sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya tersebut. Dengan kata lain, daya listrik menunjukkan seberapa cepat energi dikonsumsi dalam suatu sistem atau rangkaian listrik. Berikut ini merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung daya listrik sebagai berikut:

$$P = V \times I \quad (2.1)$$

Dimana:

P= Daya (W)

V= Tegangan (V)

I= Arus (A)

#### **2.2 Energi Listrik**

Menurut (Wahid, Junaidi, & Arsyad, 2014), Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan vital bagi masyarakat dan menjadi sumber daya ekonomi utama yang diperlukan dalam berbagai aktivitas. Di masa depan, permintaan terhadap energi listrik diperkirakan akan terus meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk, meningkatnya investasi, kemajuan teknologi, serta perkembangan dunia pendidikan di semua jenjang. Energi listrik yang tersedia sebaiknya dimanfaatkan secara optimal. Dalam kehidupan sehari-hari, energi listrik digunakan untuk

berbagai keperluan seperti penerangan, pemanas, penggerak motor listrik, dan lainnya. Energi yang dikonsumsi oleh peralatan listrik dihitung dari hasil perkalian antara daya listrik dan lamanya waktu penggunaan alat tersebut. Bila daya diukur dalam watt jam, maka rumus persamaannya sebagai berikut:

$$W = P \times t \quad (2.2)$$

Dimana :

P= Daya (Watt)

t= Waktu dalam jam

W= Energi dalam watt jam

Watt jam (watt hour = Wh) merupakan energi yang dikeluarkan jika 1 watt digunakan selama 1 jam.

### 2.3 Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

IKE atau Intensitas Konsumsi Energi listrik, adalah istilah yang digunakan untuk mengukur seberapa besar penggunaan energi listrik dalam suatu sistem bangunan. Pada dasarnya, IKE merupakan perbandingan antara total energi listrik yang digunakan selama jangka waktu tertentu (biasanya satu tahun) dengan luas area bangunan tersebut. Satuan yang digunakan untuk menyatakan IKE adalah kilowatt-jam per meter persegi per tahun (kWh/m<sup>2</sup>/tahun). Dan besarnya target IKE merupakan nilai IKE listrik per satuan luas bangunan gedung yang dikondisikan (Effendi & Miftahul, 2016). Adapun perhitungan dari IKE sebagai berikut:

- a) Konsumsi energi untuk seluruh gedung

$$IKE = \frac{\text{Konsumsi Energi Gedung (kWh)}}{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}} \quad (2.3)$$

- a) Konsumsi energi per luas lantai tidak menggunakan AC

$$IKE = \frac{\text{Total Konsumsi Energi (kWh)} - \text{Konsumsi Energi AC (kWh)}}{\text{Total Luas Bangunan (m}^2\text{)}} \quad (2.4)$$

- b) Konsumsi energi per luas lantai menggunakan AC

$$IKE = \frac{\text{Konsumsi Energi AC}}{\text{Luas Lantai ber-AC}} \quad (2.5)$$

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

$$\text{Jumlah kWh terpakai} = \frac{\text{Jumlah pembayaran listrik setahun (Rp)}}{\text{Tarif dasar listrik (Rp atau kWh)}} \quad (2.6)$$

Berdasarkan ruang ber-AC dan tidak ber-AC, sebagai pedoman, telah ditetapkan nilai standar IKE untuk bangunan di Indonesia yang telah ditetapkan oleh Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia tahun 2004. Berikut tabel dibawah ini:

**Tabel 2.1 Standar IKE Bangunan Indonesia oleh DPNRI 2004**

No.	Ruangan AC (kWh/m <sup>2</sup> /tahun)	Ruangan Non 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 : (Saingin, Krismahariyanto, & Fahdillah, 2020)

IKE listrik menunjukkan besarnya penggunaan energi dalam ruang/bangunan. Nilai IKE ini sudah digunakan di beberapa negara di ASEAN dan APEC yang dinyatakan dalam satuan kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Menurut pedoman konservasi energi Kementerian ESDM, Permen ESDM No.13/2012 & praktik konservasi energi di gedung.

**Tabel 2.2 Standar IKE Bangunan Gedung di Indonesia**

Perkantoran (Komersial)	Pusat Perbelanjaan	Sekolah	Hotel	Rumah Sakit	Kriteria
≤ 100	≤ 250	≤ 50	≤ 150	≤ 200	Sangat Hemat
101-200	251-350	51-100	151-250	201-300	Hemat
201-300	351-450	101-150	251-350	301-400	Sedang
>300	>450	>150	>350	>400	Boros

Sumber : (Saingin et al., 2020)

## 2.4 Teori Dasar Sistem Pencahayaan

Pencahayaan merupakan tingkat penerangan pada suatu area kerja yang dibutuhkan agar aktivitas dapat dilakukan dengan efektif. Untuk memastikan pencahayaan memenuhi standar kesehatan, diperlukan upaya pada beberapa aspek, seperti pengaturan Pencahayaan, baik yang berasal dari sumber alami maupun buatan, harus diatur sedemikian rupa agar tidak menyebabkan silau dan memiliki tingkat intensitas yang sesuai dengan kebutuhan. Penempatan lampu harus dirancang agar mampu memberikan penerangan yang optimal, lampu perlu dibersihkan secara rutin, dan jika lampu mulai tidak berfungsi dengan baik, harus segera diganti (Kepmenkes RI No. 1405, 2002).

Pencahayaan adalah elemen penting yang sangat dibutuhkan oleh penghuni ruang dalam sebuah bangunan. Keberadaan cahaya mendukung kelancaran aktivitas pengguna serta menciptakan rasa nyaman saat beraktivitas. Selain itu, pencahayaan juga berperan dalam menerangi objek-objek di dalam ruangan sehingga tampilan visualnya dapat terlihat dengan jelas. (Kurniawan, 2017). Menurut (03-6575-2001, 2001) Tingkat pencahayaan dalam sebuah ruangan umumnya diartikan sebagai rata-rata pencahayaan yang mengenai permukaan area kerja. Area kerja yang dimaksud adalah bidang horizontal imajiner yang berada pada ketinggian 0,75 meter dari lantai dan mencakup seluruh bagian ruangan.

Cahaya adalah energi dalam bentuk gelombang elektromagnetik merupakan komponen penting yang mendukung berbagai aktivitas di dalam ruang bangunan. Dalam dunia pencahayaan, terdapat beberapa istilah penting. Cahaya didefinisikan sebagai gelombang elektromagnetik yang dapat ditangkap oleh indera penglihatan manusia. Titik ukur adalah lokasi tertentu dalam ruangan yang dipilih untuk mewakili kondisi pencahayaan secara keseluruhan. Lubang cahaya efektif bagi suatu titik ukur adalah bagian dari bukaan yang memungkinkan titik tersebut menerima cahaya dari langit. Sementara itu, tingkat pencahayaan mengacu pada jumlah cahaya yang mengenai permukaan area kerja. (Kurniawan, 2017).

#### **2.4.1 Sumber Pencahayaan**

##### **A. Pencahayaan Alami**

Cahaya alami adalah pencahayaan yang berasal dari sinar matahari. Jenis pencahayaan ini memiliki berbagai manfaat, seperti mengurangi konsumsi energi listrik dan memberikan dampak positif bagi kesehatan. Untuk memperoleh

pencahayaannya alami yang optimal di dalam ruangan, diperlukan elemen seperti jendela berukuran besar atau dinding kaca. Beberapa faktor yang memengaruhi tingkat pencahayaan alami antara lain kondisi cuaca atau langit, posisi matahari, orientasi bangunan, serta desain selubung bangunan. (Rettob, 2018). Menurut (SNI 03-2396-2001, 2001), pencahayaan alami di siang hari dianggap optimal apabila antara pukul 08.00 hingga 16.00 waktu setempat, ruangan menerima cahaya matahari dalam jumlah yang memadai, penyebaran cahaya di dalam ruangan merata, serta tidak menimbulkan kontras tajam yang mengganggu kenyamanan visual.

#### B. Pencahayaan Buatan

Menurut Rettob, (2018), Pencahayaan buatan diperlukan sebagai sumber cahaya tambahan, terutama ketika pencahayaan alami sulit menjangkau suatu ruangan atau tidak mampu memberikan penerangan yang cukup. Pencahayaan buatan dapat digunakan secara mandiri maupun dikombinasikan dengan cahaya alami, dengan tujuan utama untuk memenuhi kebutuhan pencahayaan dalam berbagai kondisi :

- a. Menghadirkan lingkungan yang memungkinkan penghuni melihat dengan lebih jelas serta mendukung pelaksanaan tugas dan aktivitas visual secara efisien dan akurat.
- b. Mempermudah penghuni agar berjalan dan bergerak secara mudah dan aman.
- c. Tidak menimbulkan pertambahan suhu udara yang berlebihan pada tempat kerja.

- d. Memberikan pencahayaan dengan intensitas yang tetap menyebar secara merata, tidak berkedip, tidak meyilaukan, dan tidak menimbulkan bayang-bayang.
- e. Meningkatkan lingkungan visual yang nyaman dan meningkatkan prestasi.

#### **2.4.2 Sistem Pencahayaan Buatan**

Menurut (03-6575-2001, 2001), Sistem pencahayaan dapat dikelompokkan menjadi:

##### **A. Sistem pencahayaan merata**

Sistem ini dirancang untuk menyediakan pencahayaan yang merata di seluruh area ruangan dan digunakan ketika seluruh bagian ruangan membutuhkan tingkat penerangan yang setara untuk menunjang aktivitas visual. Pencahayaan merata dicapai dengan memasang armatur secara menyebar, baik secara langsung maupun tidak langsung, di seluruh permukaan langit-langit.

##### **A. Sistem pencahayaan setempat**

Sistem ini menghasilkan pencahayaan yang tidak merata pada area kerja. Pada area tertentu yang membutuhkan pencahayaan lebih intens untuk menunjang aktivitas visual, diberikan penerangan yang lebih kuat dibandingkan dengan area sekitarnya. Penerangan ini dicapai dengan memusatkan pemasangan armatur di langit-langit tepat di atas area yang dimaksud.

##### **B. Sistem pencahayaan gabungan merata dan setempat**

Sistem pencahayaan gabungan didapatkan dengan menambah sistem pencahayaan setempat pada sistem pencahayaan merata, dengan armatur yang dipasang di dekat tugas visual.

Sistem pencahayaan gabungan dianjurkan digunakan untuk:

- a. Aktivitas visual yang membutuhkan intensitas pencahayaan yang tinggi.
- b. Menampilkan bentuk dan tekstur yang membutuhkan arah pencahayaan tertentu agar terlihat jelas.
- c. Pencahayaan menyeluruh terhambat sehingga tidak dapat menjangkau area yang tertutup atau terlindungi.
- d. Diperlukan pencahayaan lebih terang bagi lansia atau individu dengan kemampuan penglihatan yang menurun.

#### **2.4.3 Distribusi Cahaya Buatan**

Menurut Parera et al., (2018) Dalam penyebaran atau distribusi cahaya di suatu ruangan, terdapat beberapa jenis sistem pencahayaan yang dikenal, di antaranya adalah pencahayaan langsung, pencahayaan tidak langsung, pencahayaan semi langsung, pencahayaan semi tidak langsung, serta pencahayaan difus atau baur. Menurut Rettob, (2018), Distribusi cahaya memiliki pola-pola sebagai berikut:

##### **A. Pencahayaan Langsung (*Direct Lighting*)**

Pada sistem pencahayaan yang secara langsung, sebanyak 90-100% cahaya diarahkan secara langsung ke benda-benda yang perlu diterangi.

##### **B. Pencahayaan Semi Langsung (*Semi Direct Lighting*)**

Pada sistem pencahayaan semi langsung, sebanyak 60 – 90% cahaya diarahkan pada benda-benda yang perlu diterangi, sedangkan sisanya akan dipantulkan ke langit-langit dan dinding.



C. Pencahayaan Tidak Langsung (*Indirect Lighting*)

Pada sistem pencahayaan tidak langsung, sebanyak 90-100% cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas kemudian dipantulkan untuk menerangi seluruh ruangan. Agar seluruh langit-langit dapat dijadikan sumber cahaya, maka diperlukan pemeliharaan yang baik.

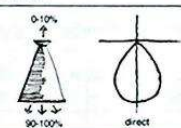
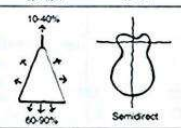
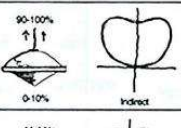
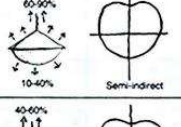
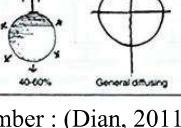
D. Distribusi Pencahayaan Semi Tidak Langsung (*Semi Indirect Lighting*)

Pada sistem ini pencahayaan semi tidak langsung, sebanyak 60-90% cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas dan sisinya ke bawah. Dengan demikian langit-langit perlu perhatian lebih dengan dilakukannya pemeliharaan yang baik.

E. Distribusi Pencahayaan Difus (*General Diffuse Lighting*)

Pada sistem pencahayaan difus, sebanyak 40-60% cahaya diarahkan kepada permukaan yang langit-langit dan dinding kemudian dipantulkan.

**Tabel 2.3 Pola Distribusi Cahaya**

No	Distribusi cahaya	Gambar	Keterangan
1.	Langsung ( <i>direct</i> )		90–100% sinar ke bawah 0–10 % sinar ke atas
2.	Semi langsung ( <i>semi direct</i> )		60–90% sinar ke bawah 10–40% sinar ke atas
3.	Tidak langsung ( <i>indirect</i> )		90–100% sinar ke atas 0–10% sinar ke bawah
4.	Semi tidak langsung ( <i>semi-indirect</i> )		60–90% sinar ke atas 10–40% sinar ke bawah
5.	Baur ( <i>diffuse</i> )		pencahayaan tak langsung dengan armature/luminar bahan tembus pandang tersebar secara merata

Sumber : (Dian, 2011)

## 2.5 Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung

Penerapan pada suatu ruangan kerja pertama-pertama harus tidak melelahkan mata pengguna, karena itu perbedaan intensitas penerangan yang terlalu besar antara bidang kerja dan sekelilingnya harus dihindari, karena akan memerlukan daya penyesuaian mata yang terlalu besar sehingga melelahkan.

Untuk memenuhi ketentuan yang berlaku untuk bangunan gedung. Standar tingkat pencahayaan minimum dan renderasi warna yang direkomendasikan untuk berbagai fungsi ruangan ditunjukkan pada tabel 2.4

**Tabel 2.4 Tingkat Pencahayaan Minimum dan Renderasi Warna**

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok Renderasi Warna	Keterangan
<b>Rumah Tinggal</b>			
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	
<b>Perkantoran</b>			
Ruang Direktur	350	1 atau 2	
Ruang Kerja	350	1 atau 2	
Ruang Komputer	350	1 atau 2	Gunakan armatur yang berkisi untuk mencegah silau akibat pantulan layar monitor
Ruang Rapat	300	1 atau 2	
Ruang Gambar	750	1 atau 2	Gunakan Pencahayaan setempat pada meja gambar
Gudang Arsip	150	3 atau 4	
Ruang Arsip Aktif	300	1 atau 2	
<b>Lembaga Pendidikan:</b>			
Ruang Kelas	250	1 atau 2	

Fungsi Ruang	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok Renderasi Warna	Keterangan
Perpustakaan	300	1 atau 2	
Laboratorium	500	1	
Ruang Gambar	750	1	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar
Kantin	200	1	
<b>Hotel dan Restoran</b>			
Lobby, Koridor	100	1	Pencahayaan pada bidang vertikal sangat penting untuk menciptakan suasana/kesan ruang yang baik
Ballroom/Ruang Sidang	200	1	Sistem pencahayaan harus di rancang untuk menciptakan suasana yang sesuai “switching” dan “dimming” dapat digunakan untuk memperoleh berbagai efek pencahayaan.
Ruang Makan	250	1	
Cafeteria	250	1	
Kamar Tidur	150	1 atau 2	Diperlukan lampu tambahan pada bagian kepala tempat tidur dan cermin
Dapur	300	1	
<b>Rumah Sakit/Balai Pengobatan</b>			
R. Rawat Inap	250	1 atau 2	
R. Operasi, R. Bersalin	300	1	Gunakan pencahayaan setempat pada tempat yang diperlukan
Laboratorium	500	1 atau 2	
R. Rekreasi dan Rehabilitasi	250	1	
<b>Pertokoan/Ruang Pamer</b>			
R. Pamer dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil)	500	1	Tingkat pencahayaan ini harus dipenuhi pada lantai. Untuk beberapa produk tingkat pencahayaan pada bidang vertikal juga penting.
Toko Kue dan Makanan	250	1	

Fungsi Ruang	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok Renderasi Warna	Keterangan
Toko Buku dan Alat Tulis/Gambar	300	1	
Toko Perhiasan, Arloji	500	1	
Toko Barang Kulit dan Sepatu	500	1 atau 2	
Toko Pakaian	500	1	
Pasar Swalayan	500	1 atau 2	Pencahayaan pada bidang vertikal pada rak barang
Toko Alat Listrik (TV, Radia/Tape, Mesin Cuci dan lain-lain)	250	1 atau 2	
<b>Industri Umum</b>			
Ruang Parkir	50	3	
Gudang	100	3	
Pekerjaan Kasar	100-200	2 atau 3	
Pekerjaan Sedang	200-500	1 atau 2	
Pekerjaan Halus	500-1000	1	
Pekerjaan Amat Halus	1000-2000	1	
Pemeriksaan Warna	750	1	
Mesjid	200	1 atau 2	Untuk tempat-tempat yang membutuhkan tingkat pencahayaan yang lebih tinggi dapat digunakan pencahayaan setempat
Gereja	200	1 atau 2	Idem
Vihara	200	1 atau 2	Idem

Sumber : (03-6575-2001, 2001)

Disamping perlu diketahui tampak warna suatu lampu, juga dipergunakan suatu indeks yang menyatakan apakah warna obyek tampak alami apabila diberi cahaya lampu tersebut. Nilai maksimum secara teoritis dari indeks renderasiwarna adalah 100. Untuk aplikasi, ada 4 kelompok renderasi warna yang dipakai dapat dilihat pada tabel 2.5

**Tabel 2.5 Pengelompokan Renderasi Warna**

Kelompok Renderasi Warna	Rentang Indeks Renderasi Warna (Ra)	Tampak Warna
1	$Ra > 85$	Dingin
		Sedang
		Hangat
2	$70 < Ra < 85$	Dingin
		Sedang
		Hangat
3	$40 < Ra < 70$	
4	$Ra < 40$	

Sumber : (03-6575-2001, 2001)

### 2.5.1 Luminasi

Menurut Atmam & Zulfahri, (2018), Luminasi merupakan ukuran tingkat kecerahan suatu objek. Jika luminasi terlalu tinggi, dapat menyebabkan silau pada mata. Nilai luminasi dari suatu sumber cahaya atau permukaan yang memantulkan cahaya dihitung dengan membagi intensitas cahaya terhadap luas permukaan tertentu. Luas yang dimaksud di sini adalah proyeksi permukaan sumber cahaya pada bidang datar yang tegak lurus terhadap arah pandangan, bukan seluruh luas permukaan aslinya. Selain itu, tingkat refleksi dari suatu permukaan juga memengaruhi luminasi, sehingga turut menentukan seberapa terang suatu objek terlihat saat diterangi lampu. Berikut adalah persamaan luminasi yaitu :

$$L = \frac{I}{A_s} \left( \frac{cd}{n^2} \right) \quad (2.7)$$

Keterangan :

$L$  = Luminasi dalam satuan  $\text{cd}/\text{cm}^2$

$I$  = Intensitas cahaya dalam satuan  $\text{cd}$

$A_s$  = Luas semua permukaan dalam satuan  $\text{cm}^2$

Iluminasi menggambarkan seberapa besar fluks cahaya dari suatu sumber yang mengenai suatu permukaan. Iluminasi tidak harus selalu berkaitan dengan permukaan fisik, karena dapat diukur pada titik manapun dalam suatu ruangan. Besarnya iluminasi dapat dihitung berdasarkan intensitas cahaya dari sumber tersebut.

### **2.5.2 Intensitas Cahaya (Luminuos Intensity)**

Kuat cahaya merupakan besarnya intensitas cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya dalam arah tertentu, dengan satuan Candela. Apabila sebuah sumber cahaya memiliki intensitas 1 Candela dan ditempatkan di pusat sebuah bola dengan radius 1 meter, maka setiap 1 meter persegi permukaan bola tersebut akan menerima arus cahaya sebesar 1 lumen. Lumen merupakan satuan fluks cahaya yaitu jumlah energi cahaya yang dipancarkan dengan luasan tertentu (Imran, 2017).

### **2.5.3 Intensitas Penerangan**

Intensitas penerangan, atau iluminasi, pada suatu permukaan merupakan jumlah fluks cahaya yang mengenai setiap 1 meter persegi dari permukaan tersebut. Satuan yang digunakan untuk menyatakan intensitas penerangan adalah lux (lx), dengan simbol E. Dengan demikian, 1 lux setara dengan 1 lumen per

meter persegi ( $1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen/m}^2$ ). Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan pada umumnya didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja. Yang dimaksud dengan bidang kerja ialah bidang horizontal imajiner yang terletak 0,75 m di atas lantai pada seluruh ruangan (SNI 03-6575,2001)

Menurut (P. Van Harten & Ir. E. Setiawan, 2002) Untuk Menghitung Intensitas Penerangan rata-rata digunakan persamaan sebagai berikut:

$$E_{rata-rata} = \frac{\Phi}{A} (\text{lux}) \quad (2.8)$$

Dimana:

$E_{rata-rata}$  = Intensitas Penerangan/Kuat Penerangan

$\Phi$  = Fluks cahaya (Lumen)

$A$  = Luas bidang kerja ( $\text{m}^2$ )

#### 2.5.4 Koefisien Penggunaan ( $k_p$ )

Sebagian cahaya yang dihasilkan oleh lampu akan diserap oleh armatur, sementara sebagian lainnya dipantulkan ke arah atas dan sebagian lagi diarahkan ke bawah. Faktor penggunaan didefinisikan sebagai rasio antara fluks cahaya yang benar-benar mencapai area kerja dengan total cahaya yang dipancarkan oleh seluruh lampu yang digunakan. Besarnya koefisien penggunaan dipengaruhi oleh faktor:

1. Pola sebaran intensitas cahaya yang dihasilkan oleh armatur.
2. Rasio antara jumlah cahaya yang keluar dari armatur dengan total cahaya yang dipancarkan oleh lampu di dalam armatur tersebut.
3. Tingkat pantulan cahaya dari permukaan langit-langit, dinding, dan lantai.
4. Pemasangan armatur apakah menempel atau digantung pada langit-langit.

#### 5. Dimensi ruangan.

Nilai koefisien penggunaan ( $k_p$ ) untuk suatu armatur biasanya tersedia dalam bentuk tabel yang disediakan oleh produsen armatur, berdasarkan hasil pengujian dari lembaga yang berwenang. Pemberian tabel  $k_p$  ini wajib dilakukan oleh produsen, karena tanpa informasi tersebut, perancangan sistem pencahayaan dengan armatur terkait tidak dapat dilakukan secara optimal.

#### 2.5.5 Koefisien Depresiasi (Penyusutan) ( $k_d$ )

Koefisien depresiasi, yang juga dikenal sebagai koefisien kehilangan cahaya atau koefisien pemeliharaan, merupakan rasio antara tingkat pencahayaan setelah sistem pencahayaan digunakan selama periode waktu tertentu dengan tingkat pencahayaan saat instalasi tersebut masih baru dipasang. Besarnya koefisien depresiasi dipengaruhi oleh:

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

Besarnya koefisien depresiasi biasanya ditentukan berdasarkan estimasi. Untuk ruangan dan armatur dengan pemeliharaan yang baik pada umumnya satu detik. Fluks cahaya merupakan total cahaya yang tersebar ke seluruh arah dalam suatu ruangan. Setiap satu watt energi cahaya kira-kira setara dengan 680 lumen. Nilai 680 ini dikenal sebagai ekivalen pancaran fotometrik. Fluks cahaya biasanya dilambangkan dengan simbol  $\Phi$  dan dinyatakan dalam satuan lumen (lm) (Parera, Tupan & Puturuhu, 2018).



## 2.6 Efisiensi Penerangan

Tidak seluruh fluks cahaya yang dihasilkan oleh lampu akan sampai ke area kerja, karena sebagian cahayanya menyebar ke arah dinding dan langit-langit. Oleh karena itu, dalam menghitung fluks cahaya yang efektif, perlu dipertimbangkan faktor efisiensi atau tingkat hasil guna pencahayaan (rendemen). Rumus efisiensi fluks cahaya  $\eta$  adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{\Phi_g}{\Phi_o} \quad (2.9)$$

Keterangan :

$\Phi_g$  = Fluks cahaya berguna yang mencapai bidang kerja, langsung atau tidak langsung setelah dipantulkan oleh dinding dan langit-langit (lux m<sup>2</sup>)

$\Phi_o$  = Fluks cahaya yang dipancarkan sumber cahaya yang ada dalam ruangan (lux.m<sup>2</sup>)

$\eta$  = Faktor efisiensi

Fluks cahaya yang berguna mencapai bidang kerja langsung atau tidak langsung setelah dipantulkan oleh dinding dan langit-langit. Maka nilai  $\Phi_g$  dapat di rumuskan sebagai berikut :

$$\Phi_g = E \times A \text{ (lumen)} \quad (2.10)$$

Apabila efisiensi pencahayaan (E) menurun hingga mencapai 20%, maka diperlukan tindakan seperti pembersihan atau penggantian lampu. Jumlah total fluks cahaya yang dihasilkan oleh seluruh sumber cahaya di dalam ruangan perlu diperhitungkan untuk menjaga kualitas pencahayaan yang memadai. Menurut SNI

6197-2020, (2020) Nilai efisiensi yang disarankan yaitu lebih besar sama dengan 60%, semakin besar nilai efisiensi maka akan semakin hemat sistem energi cahaya pada suatu ruangan Maka untuk jumlah  $\Phi_o$  untuk keadaan baru diperoleh rumus persamaan sebagai berikut:

$$\Phi_o \frac{E \times A}{\eta} \text{ (lumen)} \quad (2.11)$$

Kemudian untuk jumlah  $\Phi_o$  dalam keadaan pakai dapat diperoleh rumus persamaan sebagai berikut:

$$\Phi_o \frac{E \times A}{\eta \times d} \text{ (lumen)} \quad (2.12)$$

Menurut P. Van Harten & Ir. E. Setiawan, (2002), Untuk menentukan efisiensi penerangannya harus diperhitungkan:

- a. Efisiensi atau rendemen armaturnya ( $v$ )
- b. Faktor refleksi dindingnya ( $r_w$ ), faktor refleksi langit-langitnya ( $r_p$ ) dan faktor refleksi bidang pengukurannya ( $r_m$ );
- c. Indeks ruangnya ( $k$ )

### 2.6.1 Efisiensi Armatur ( $v$ )

Efisiensi sebuah armatur ditentukan oleh konstruksinya dan bahan yang digunakan. Dalam efisiensi penerangan selalu diperhitungkan efisiensi armaturnya.

$$v = \frac{\text{fluks cahaya yang dipancarkan oleh armatur}}{\text{fluks cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya}} \quad (2.13)$$

### 2.6.2 Faktor-Faktor Refleksi ( $r$ )

Menurut P. Van Harten & Setiawan, (2002), Bagian fluks yang dipantulkan ditentukan oleh faktor refleksi  $r$  suatu permukaan. Berikut perhitungan untuk mengetahui faktor refleksi atau pemantulan:

$$r = \frac{\text{fluks cahaya yang dipantulkan}}{\text{fluks cahaya yang mengenai permukaan}} \quad (2.14)$$

Terdapat beberapa faktor refleksi diantaranya:

- a. Langit-langit berwarna terang ( $r_p$ )
- b. Dinding berwarna terang ( $r_w$ )
- c. Bidang pengukuran ( $r_m$ )
- d. Nilai faktor dalam tabel

Faktor-faktor refleksi ditentukan berdasarkan warna dinding dan langit-langit ruangan:

- a. Warna putih = 0,8
- b. warna sangat muda = 0,7
- c. Warna muda = 0,5
- d. Warna sedang = 0,3
- e. Warna gelap 0,1


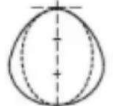
Faktor refleksi semu bidang pengukuran atau bidang kerja  $r_m$ , ditentukan oleh refleksi lantai dan refleksi bagian dinding antara bidang kerja dan lantai. umumnya  $r_m$  ini diambil bidang pengukuran 0,1. Langit-langit dan dinding berwarna terang memantulkan 50-70%, dan yang berwarna gelap 10-20%.

Perhitungan untuk mengetahui angka reflektansi dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Angka refleksi } \rho = \frac{E_{\text{rata-rata sinar pantul}}}{E_{\text{rata-rata sinar langsung}}} \times 100\% \quad (2.15)$$


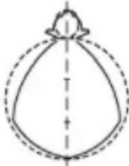
### 2.6.3 Tabel-Tabel Penerangan

Tabel-tabel penerangan ini dikutip dari buku “*TABELLEN VOOR VERLICHTING*” yang diterbitkan oleh Philips. Penilaian efisiensi penerangan dalam suatu bangunan dapat dilakukan dengan merujuk pada Tabel Efisiensi Penerangan. Dalam penentuan ini, beberapa aspek penting yang harus diperhatikan meliputi efisiensi armatur, koefisien depresiasi, tingkat reflektansi permukaan, serta indeks ruang dari bangunan tersebut.

Armatur penerangan langsung	v	Efisiensi penerangan untuk keadaan baru									Faktor depresiasi untuk masa pemeliharaan		
		k	r <sub>u</sub>	r <sub>p</sub> 0,7			0,5			0,3			
				0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	
	%		r <sub>m</sub>	0,1			0,1			0,1			
TBS 15	0,5		0,28	0,23	0,19		0,27	0,23	0,19	0,27	0,22	0,19	
TCS 15	0,6		0,33	0,28	0,24		0,32	0,28	0,24	0,32	0,27	0,24	
4 x TL 40 W	0,8		0,42	0,36	0,33		0,41	0,36	0,32	0,40	0,36	0,32	Pengotoran ringan 0,85 0,80 0,70
Kisi lamel	1		0,48	0,43	0,40		0,47	0,43	0,39	0,46	0,42	0,39	
	1,2		0,52	0,48	0,44		0,51	0,47	0,44	0,50	0,46	0,43	Pengotoran sedang 0,80 0,70 0,65
	1,5		0,56	0,52	0,49		0,55	0,52	0,49	0,54	0,51	0,48	
	0	2	0,61	0,58	0,55		0,60	0,57	0,54	0,59	0,56	0,54	
	2,5		0,64	0,61	0,59		0,63	0,60	0,58	0,62	0,59	0,57	Pengotoran berat X X X
	72	3	0,66	0,64	0,61		0,65	0,63	0,61	0,64	0,62	0,60	
	4		0,69	0,67	0,65		0,68	0,66	0,64	0,66	0,65	0,63	
	72	5	0,71	0,69	0,67		0,69	0,68	0,66	0,68	0,66	0,65	

**Gambar 2.1 Tabel Efisiensi Armatur Penerangan Langsung**

Sumber : (P. Van Harten & Ir. E. Setiawan, 2002)

Efisiensi penerangan untuk keadaan baru											Faktor depresiasi untuk masa pemeliharaan					
Armatur penerangan sebagian besar langsung	v	r <sub>p</sub>			0,7			0,5			0,3			1 tahun	2 tahun	3 tahun
	k	r <sub>w</sub>			0,5			0,3			0,1					
	%	r <sub>m</sub>			0,1			0,1			0,1					
GCB	0,5	0,32	0,26	0,22	0,29	0,24	0,21	0,27	0,23	0,20						
2 x TLF 65 W	0,6	0,37	0,31	0,27	0,35	0,30	0,26	0,32	0,28	0,25						
	0,8	0,46	0,41	0,36	0,43	0,38	0,35	0,40	0,36	0,33	Pengotoran ringan			0,90	0,80	0,75
	1	0,53	0,48	0,44	0,49	0,45	0,42	0,46	0,42	0,39						
	1,2	0,58	0,52	0,48	0,54	0,49	0,46	0,50	0,46	0,43	Pengotoran sedang			0,80	0,75	0,70
	1,5	0,62	0,58	0,54	0,58	0,54	0,51	0,54	0,51	0,48						
	22	2	0,68	0,64	0,60	0,63	0,59	0,57	0,58	0,55	0,53					
	↑ 2,5	0,71	0,67	0,64	0,66	0,63	0,60	0,61	0,59	0,57	Pengotoran berat			X	X	X
	87	3	0,73	0,70	0,67	0,68	0,65	0,63	0,63	0,61	0,59					
	↓ 4	0,76	0,74	0,71	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64	0,62						
	65	5	0,78	0,76	0,74	0,72	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64					



Gambar 2.2 Efisiensi Armatur Penerangan Sebagian Besar Langsung

Sumber : (P. Van Harten &amp; Ir. E. Setiawan, 2002)

Efisiensi penerangan untuk keadaan baru											Faktor depresiasi untuk masa pemeliharaan						
Armatur langsung tak langsung	$v$	$r_p$			0,7			0,5			0,3			1 tahun	2 tahun	3 tahun	
	$k$	$r_w$	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1						
	%	$r_m$	0,1	0,1			0,1										
GCB	0,5	0,26	0,20	0,17	0,22	0,18	0,15	0,19	0,16	0,14							
2 x TLF 65 W	0,6	0,30	0,25	0,21	0,26	0,22	0,19	0,23	0,19	0,17							
roster sejajar	0,8	0,38	0,32	0,28	0,33	0,29	0,25	0,28	0,25	0,23	Pengotoran ringan			0,85	0,80	0,70	
	1	0,43	0,38	0,34	0,38	0,34	0,30	0,32	0,29	0,27							
	1,2	0,47	0,42	0,38	0,41	0,37	0,34	0,35	0,32	0,30	Pengotoran sedang			0,80	0,70	0,65	
	1,5	0,51	0,47	0,43	0,45	0,41	0,38	0,38	0,36	0,33							
	38	2	0,56	0,52	0,49	0,49	0,46	0,43	0,42	0,40	0,38						
	↑ 2,5	0,59	0,56	0,52	0,52	0,49	0,46	0,44	0,42	0,40	Pengotoran berat			X	X	X	
	81	3	0,61	0,58	0,55	0,54	0,51	0,49	0,46	0,44	0,42						
	↓ 4	0,64	0,62	0,59	0,56	0,54	0,52	0,48	0,47	0,45							
	43	5	0,66	0,64	0,62	0,58	0,56	0,54	0,50	0,48	0,47						

Gambar 2.3 Efisiensi Armatur Penerangan Langsung tak langsung

Sumber : (P. Van Harten &amp; Ir. E. Setiawan, 2002)

Efisiensi penerangan untuk keadaan baru												Faktor depresiasi untuk masa pemeliharaan					
armatur	v	r <sub>p</sub>			0,7			0,5			0,3			1 tahun	2 tahun	3 tahun	
	k	r <sub>w</sub>	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1						
	%	r <sub>m</sub>	0,1			0,1			0,1								
NB 64	0,5	0,23	0,18	0,14		0,20	0,16	0,12		0,18	0,14	0,11					
dengan lampu	0,6	0,27	0,21	0,17		0,24	0,19	0,15		0,20	0,16	0,13					
pijar 300W	0,8	0,34	0,28	0,23		0,29	0,24	0,20		0,25	0,21	0,18			Pengotoran ringan		
	1	0,39	0,33	0,28		0,34	0,29	0,25		0,29	0,25	0,21			0,85	0,80	X
	1,2	0,43	0,37	0,32		0,37	0,32	0,28		0,31	0,27	0,24			Pengotoran sedang		
	1,5	0,47	0,41	0,36		0,41	0,36	0,32		0,35	0,31	0,28			0,80	0,70	X
	38	2	0,52	0,47	0,42		0,45	0,41	0,37		0,39	0,35	0,32				
	↑ 2,5	0,56	0,51	0,47		0,48	0,44	0,41		0,41	0,38	0,35			Pengotoran berat		
	81	3	0,59	0,54	0,50		0,51	0,47	0,44		0,43	0,41	0,38		X	X	X
	↓ 4	0,62	0,58	0,55		0,54	0,51	0,48		0,46	0,44	0,42					
	43	5	0,65	0,61	0,58		0,56	0,54	0,51		0,48	0,46	0,44				

Gambar 2.4 Efisiensi Armatur

Sumber : (P. Van Harten &amp; Ir. E. Setiawan, 2002)

#### 2.6.4 Indeks Ruangan atau Indeks Bentuk

Indeks ruangan atau indeks bentuk  $k$  menyatakan perbandingan antara ukuran utama suatu ruangan berbentuk bujur sangkar:

$$k = \frac{p \cdot l}{h(p + l)} \quad (2.16)$$

Keterangan :

$p$  = Panjang ruangan (m)

$l$  = Lebar ruangan (m)

$h$  = Tinggi sumber cahaya di atas bidang kerja (m)

Nilai  $k$  hasil perhitungan digunakan untuk menentukan nilai efisiensi penerangan lampu. Jika nilai  $k$  angkanya tidak ada yang tepat pada tabel, maka untuk menghitung efisiensi ( $k_p$ ) dengan interpolasi :

$$\eta = \eta_1 + \frac{k-k_1}{k_2-k_1} x (\eta_2 - \eta_1) \quad (2.17)$$

### 2.6.5 Faktor Penyusutan atau Faktor Depresiasi

Faktor depresiasi, yang juga dikenal sebagai koefisien kehilangan cahaya atau koefisien pemeliharaan, merupakan rasio antara tingkat pencahayaan yang tersedia setelah sistem pencahayaan digunakan selama periode waktu tertentu dibandingkan dengan tingkat pencahayaan saat instalasi masih dalam kondisi baru. Untuk memperoleh efisiensi penerangannya dalam keadaan dipakai, nilai rendemen yang didapat dari tabel masih harus dikalikan dengan faktor depresiasinya. Jika tingkat pengotoran tidak diketahui, gunakan  $d = 0,8$  (pengotoran ringan dengan masa perbaikan 2 tahun). Faktor depresiasi ini dibagi atas 3 golongan utama yaitu :

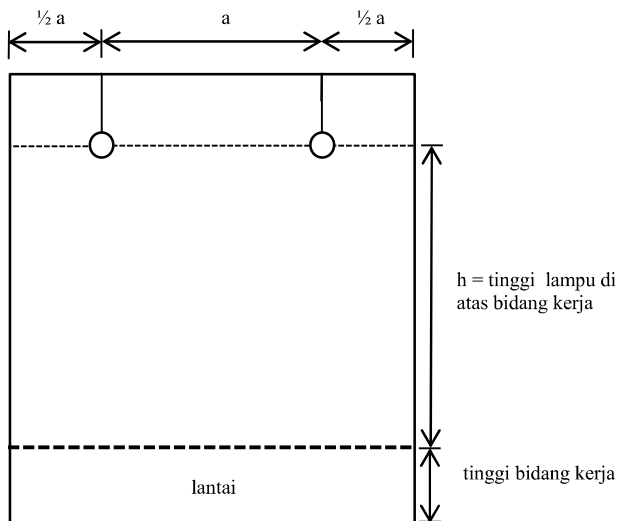
1. Pengotoran ringan terjadi di toko-toko, kantot-kantor dan gedung sekolah yang berada di daerah yang hampir tidak berbeda.
2. Pengotoran biasa terjadi di perusahaan-perusahaan lainnya.
3. Pengotoran berat akan terjadi di ruangan-ruangan dengan banyak debu atau pengotoran lain, misalnya di perusahaan-perusahaan cor, pertambangan, pabrik dan sebagainya.

Penyusutan atau depresiasi adalah turunnya daya guna lampu karena pengaruh waktu pemakaian, kotoran pada lampu dan keadaan lingkungan. Dengan rumus persamaan sebagai berikut :

$$d = \frac{E \text{ dalam keadaan dipakai}}{E \text{ dalam keadaan baru}} \quad (2.18)$$

## 2.7 Sumber Cahaya dalam Ruangan

Jarak antara sumber cahaya ( $a$ ) sedapat mungkin harus sama untuk kedua arah. Jarak antara sumber cahaya yang paling luar dan dinding =  $0,5a$ . Sedapat mungkin:  $a = (1 \text{ s/d } 1,5) h$ .



**Gambar 2.5 Cara Penempatan Sumber Cahaya**

(Saku, 2020)

### 2.7.1 Jenis-jenis Lampu

Lampu berfungsi sebagai sumber penerangan yang memancarkan energi, di mana sebagian energi tersebut dikonversi menjadi cahaya yang dapat terlihat oleh mata. Cahaya merambat di ruang hampa melalui gelombang elektromagnetik. Fenomena lain yang memiliki sifat serupa dengan cahaya antara lain adalah gelombang panas, gelombang radio, radar, dan lain-lain. Gelombang-gelombang ini hanya berbeda frekuensinya saja (Mustaqim & Haddin, 2017)



### 1. Lampu LED (*Light Emitting Diode*)

Menurut (Martono, Sarwito, & Kusuma, 2016) LED merupakan lampu terbaru yang sumber cahaya yang efisien energinya. Ketika lampu LED memancarkan cahaya nampak pada gelombang spektrum yang sangat sempit, mereka dapat memproduksi “cahaya putih”. Walaupun masih dalam masa perkembangan, teknologi lampu LED sangat cepat mengalami kemajuan dan dapat menjadi lampu penangkap ikan yang lebih efisien.

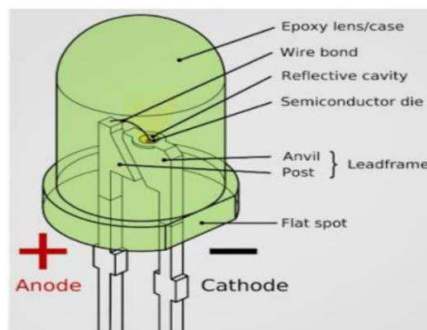


**Gambar 2.6 Lampu LED Inlite**

Sumber : Inlite

#### a. Prinsip Kerja Lampu LED

Menurut LED adalah salah satu jenis dioda yang memiliki 2 kutub yaitu anoda dan katoda. Dalam hal ini LED akan menyala bila ada arus listrik mengalir dari anoda menuju katoda. Karena pemasangan kutub LED tidak boleh terbalik karena apabila terbalik kutubnya maka LED tersebut tidak akan menyala.



**Gambar 2.7 Cara Kerja LED**

LED (*Light Emitting Diode*) merupakan bagian dari *diode* yang berbahan semikonduktor. Konduktor positif (P) dan konduktor negatif (N) sebagai penghantar aliran listrik sama halnya seperti *diode* biasa, tetapi LED dapat memancarkan cahaya ketika dialiri arus dan tegangan pada penampang semikonduktor dari Anoda ke Katoda, seperti gambar di atas sebab proses itulah *diode* disebut merubah energi listrik ke energi cahaya.

2. Lampu TL (*Tube Luminescent*) Di Indonesia, lampu ini dikenal sebagai lampu NEON atau lampu pendar. Lampu TL, baik yang berbasis NEON maupun LED, dapat digunakan untuk memberikan pencahayaan yang memadai di berbagai ruangan atau area yang memerlukan penerangan saat gelap atau malam hari. Untuk menghasilkan cahaya, tabung TL diisi dengan gas tertentu seperti merkuri. Ketika elektroda dalam tabung menerima tegangan tinggi, gas tersebut akan mengalami ionisasi dan menghasilkan cahaya. Sebagai contoh, lampu TL berdaya 20 Watt memiliki tegangan tabung sekitar 40–60 volt dan dapat beroperasi pada sumber listrik 127 V, 20 W.

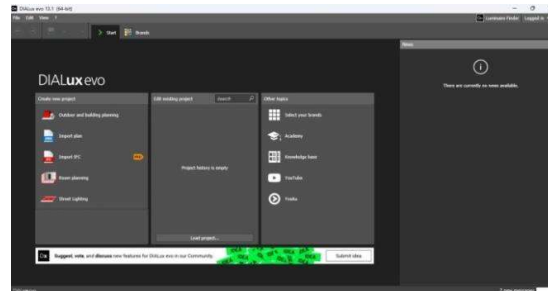


**Gambar 2.8 Lampu LED Tube**

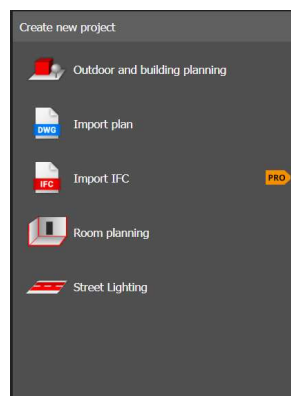
Sumber : Teknik Elektronika

## 2.8 Perangkat Lunak *DIALux evo 13.1*

*DIALux* merupakan salah satu perangkat lunak teknik yang digunakan untuk memprediksi kualitas serta pengaturan pencahayaan sebelum diterapkan secara nyata, dengan melakukan simulasi pencahayaan berbagai jenis ruangan menggunakan lampu dari berbagai produsen global. *Software* ini berasal dari Jerman dan tersedia secara gratis, serta telah berkembang pesat berkat dukungan lebih dari 135 perusahaan lampu. Versi terbaru, *DIALux evo v.13.1*, menyediakan berbagai fitur seperti pemilihan jenis lampu, distribusi cahaya, klasifikasi lampu, dan lainnya. *DIALux* mampu mengatur pencahayaan alami maupun buatan secara efektif dan berperan penting dalam menciptakan desain visual bangunan yang estetis, sekaligus mendukung aspek kesehatan, kenyamanan, dan keamanan penghuninya. (Pahlevi & Muliadi, 2022)



**Gambar 2.9 Start Screen *DIALux Evo 13.1***



**Gambar 2.10 Pilihan Ruang Pada *DIALux Evo 13.1***

## 2.9 Sistem Pendingin Ruangan

Sistem pendingin ruangan merupakan suatu proses yang dirancang untuk mengatur suhu dan kelembaban udara dalam ruangan agar sesuai dengan kebutuhan kenyamanan termal. Agar suhu ruangan dapat tercapai sesuai keinginan, perangkat yang digunakan harus memiliki kapasitas yang sebanding dengan beban pendinginan yang diperlukan. Untuk menurunkan suhu udara di dalam ruangan, digunakan alat pendingin yang dikenal dengan sebutan Air Conditioner (AC) (Abidin et al., 2021).

Untuk menciptakan kondisi suhu ruangan yang diinginkan, digunakan alat penyejuk udara seperti kipas angin dan Air Conditioner (AC). Sistem pengkondisian udara atau AC di bangunan komersial merupakan salah satu penyumbang konsumsi energi terbesar di sektor ini. Berdasarkan berbagai survei, diperkirakan sekitar 70% pemakaian listrik di gedung digunakan untuk keperluan pendinginan. Oleh karena itu, efisiensi energi pada sistem pendingin udara menjadi langkah yang sangat efektif dalam mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan (Saputra, Gianto, & Junaidi, 2022).

Menurut Sayuti, Herlina, & Pribadi, (2019) Sistem tata udara adalah konsumen pemakai listrik terbesar pada dasarnya sistem tata udara terbagi menjadi 2 yaitu:

1. Sistem tata udara langsung (*Direct Cooling*)

Pada sistem ini udara diturunkan suhunya oleh *refrigeran freon* dan disalurkan ke dalam ruangan tanpa saluran udara (*ducting*). Jenis yang

digunakan AC Window berkapasitas 0,5 – 2 pk, C Split berkapasitas 0,5 – 3 pk dan AC package berkapasitas sampai 10 pk.

2. Sistem tata udara tidak langsung (*Indirect Cooling*)

*Refrigran* yang digunakan bukan *freon* tetapi air es (*chilled water*) dengan suhu sekitar 5°C. Air es dihasilkan dalam *chiller* (mesin pembuat es yang menggunakan *refrigeran* sebagai zat pendingin). Sistem ini dikenal dengan sistem tata udara terpusat (*Central Air Conditioning System*).

### 2.9.1 Air Conditioning (AC)

*Air Conditioning (AC)* adalah mesin yang dibuat untuk menstabilkan suhu dan kelembapan udara di suatu ruangan. Alat ini digunakan untuk mendinginkan atau memanaskan, tergantung kebutuhan. Namun, *AC* sering di sebut sebagai pendingin udara karena lebih banyak digunakan untuk menyejukan ruangan.

Dalam menentukan kebutuhan kapasitas *AC* (PK) untuk suatu ruangan, terdapat tiga faktor penting yang perlu diperhatikan, yaitu kapasitas pendinginan *AC* (dinyatakan dalam BTU/hr – British Thermal Unit per jam), konsumsi daya listrik (dalam watt), serta daya kompresor *AC* yang biasanya diukur dalam PK (paardkracht atau Horse Power). Umumnya, masyarakat mengenal istilah PK sebagai ukuran kapasitas AC, padahal sebenarnya PK merujuk pada daya mesin kompresor, bukan langsung pada kemampuan pendinginannya. Namun *PK* lebih dikenal ketimbang *BTU/hr* di masyarakat awam. Untuk menghitung dan menyesuaikan daya pendingin *AC* maka konversi dahulu *PK – BTU/hr – luas ruangan m<sup>2</sup>*.

**Tabel 2.6 Kapasitas AC**

Kapasitas AC (PK)	BTU/Jam	Luas Ruangan (m <sup>2</sup> )
½	5.000	10
¾	7.000	12
1	9.000	16
1,5	12.000	24
2	18.000	48
2,5	24.000	64
3	27.000	80
5	45.000	100

Sumber : (Abidin et al., 2021)

**2.9.1.1 Efisiensi Sistem Pendingin Udara**

Menurut Syaputra, (2021) Efisiensi dinyatakan sebagai perbandingan antara daya keluaran dengan satuan watt dan daya masukan, efisiensi yang baik minimal berada pada angka 80% hingga 90%, yang bisa dirumuskan dalam persen sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100\% \quad (2.19)$$

Dimana:

 $\eta$  = Efisiensi (%) $P_{output}$  = Daya Keluaran (watt) $P_{input}$  = Daya Masukan (watt)

Catatan: 1 PK= 746 watt

### 2.9.1.2 Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal merupakan salah satu unsur kenyamanan yang sangat penting, karena menyangkut kondisi suhu ruangan yang nyaman. Prinsip dari kenyamanan termal yaitu tercapainya keseimbangan antara suhu tubuh manusia dengan suhu sekitarnya. Faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal orang yaitu temperatur udara kering sangat besar pengaruhnya terhadap besar kecilnya kalor yang dilepas melalui penguapan (evaporasi) dan melalui konveksi. Kelembaban udara relatif dalam ruangan adalah perbandingan antara jumlah uap air yang dikandung oleh udara tersebut dibandingkan dengan jumlah kandungan uap air pada keadaan jenuh pada temperatur udara ruangan tersebut. Untuk daerah tropis, kelembaban udara relatif yang dianjurkan antara 40% - 50%, tetapi untuk ruangan yang jumlah orangnya padat seperti ruangan pertemuan, kelembaban udara relatif masih diperbolehkan berkisar antara 55% - 60%.

**Tabel 2.7 Standar Kenyamanan Termal Menurut SNI 03-6572-2001**

Kategori	Temperatur Efektif	Kelembaban Relatif
Sejuk Nyaman	20,5°C – 22,8 °C	50%
Ambang Batas	24 °C	80%
Nyaman Optimal	22,8°C – 25,8°C	70%
Ambang Batas	28 °C	80%
Hangat Nyaman	25,8°C – 27,1°C	60%
Ambang Batas	31 °C	70%

Sumber : (Sekar Larasati & Setyowati, 2023)

Menurut Badan Standarisasi Nasional (BSN) 6390, (2011) 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:

- a. Ruang Kerja : temperatur bola kering berkisar antara 24°C hingga 27°C atau 25,5°C  $\pm$  1,5°C, dengan kelembaban relatif 60%  $\pm$  5%.
- b. Ruang transit (lobi, koridor) : temperatur bola kering berkisar antara 27°C hingga 30°C atau 28,5°C  $\pm$  1,5°C, dengan kelembaban relatif 60%  $\pm$  10%.

## 2.10 Penentuan Kebutuhan Titik Lampu

Menurut (SNI 03-6197, 2011) Untuk perhitungan kebutuhan titik lampu pada setiap ruangan dapat dengan menggunakan persamaan berikut:

$$N = \frac{E \times L \times W}{K_p \times K_d \times F} \quad (2.20)$$

Keterangan :

N= Jumlah pada titik lampu

E= Kuat pada penerangan (Lux)

L= Panjang ruangan dalam satuan meter (m)

W= Lebar ruangan dalam satuan meter (m)

K<sub>p</sub>= Koefisien penggunaan (0,8)

K<sub>d</sub>= Koefisien Penyusutan (0,7 – 0,8)

F= Fluks luminous total (lm/lumen)

## 2.11 Perhitungan Kebutuhan Sistem Pendingin

Menurut (Sayuti et al., 2019) 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. *BTU (British Thermal Unit)*



merupakan kekuatan atau kapasitas pendinginan  $AC$ , yang semakin besar nilai  $BTU$  maka semakin besar kemampuan  $AC$  dalam mendinginkan suatu ruangan. Untuk perhitungan kebutuhan sistem pendingin untuk sebuah ruangan dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Estimasi Beban } AC \left( \frac{BTU}{hr} \right) = \frac{P \times L \times T \times I \times E}{60} \quad (2.21)$$

Keterangan:

P= Panjang ruangan (dalam satuan kaki/feet)

L= Lebar ruangan (dalam satuan kaki/feet)

T= Tinggi ruangan (dalam satuan kaki/feet).

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

E= Nilai 16 jika jendela menghadap ke utara; nilai 17 jika menghadap ke timur; nilai 188 jika menghadap ke selatan; dan nilai 20 jika menghadap ke barat.

1 meter 3,28 feet

## 2. 12 Penelitian Terkait

**Tabel 2.8 Penelitian Terkait**

No	Judul Penelitian	Nama Penelitian	Tahun	Keterangan
1.	Analisis Kuat Penerangan pada Laboratorium di SMK Negeri 1 Karangdadap Kabupaten Pekalongan	Rizki Retno Manggali	2019	Hasil pengukuran kuat penerangannya secara umum belum memenuhi standar dan hasil perhitungan kuat penerangan dipengaruhi oleh luas ruangan, jumlah titik pemasangan lampu pada laboratorium, warna dinding, serta daya lampu yang dipakai. Hasil pengukuran intensitas pengukuran ruangnya masih mendekati standar yang telah direkomendasikan (Rizki, 2019)

2.	Evaluasi Intensitas Penerangan Berdasarkan Standar SNI 03-6575-2001 pada Ruang Kuliah Universitas Ichsan Gorontalo	Rahmawaty Nur Indah Daud	2017	Penelitian ini menentukan dan menghitung tata letak lampu dengan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-6575-2001. Dalam pembahasannya hanya mengukur intensitas penerangan, luas ruangan dan tata letak sumber penerangan. Untuk intensitas penerangan pada ruang kuliah dan laboratorium tidak memenuhi standar SNI, menggunakan sumber penerangan hanya lampu LED Hokistar 12 watt 880 lm dan penerangan lainnya tidak berfungsi. (Izzaty, Astuti, & Cholimah, 2017)
3.	Evaluasi Penerangan Laboratorium Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia Menggunakan Aplikasi Dialux.	Rachel Kurnia	2020	Penelitian ini memvisualisasikan pencahayaan menggunakan aplikasi Dialux evo 8.2. Mengevaluasi pencahayaan sehingga diperoleh intensitas cahaya apakah telah memenuhi SNI. Hasilnya masih banyak ruangan yang di bawah SNI perlu penambahan lumen agar didapatkan hasil yang diinginkan dan mengganti lampu yang mati pada salah satu lab. (Kurnia, 2020)
4.	Pengaruh Intensitas Penerangan pada Laboratorium dan Bengkel Jurusan Teknik Elektro	Lory Marcu Parere, Hendrik Kenedy Tupan, Victor Puturuhi	2018	Penelitian ini pengukuran intensitas penerangan ruang dengan menggunakan standar SNI 16-7062-2004 serta menghitung energi listrik yang digunakannya. Pengukuran ini menggunakan alat ukur lux meter. 5 ruangan yang tidak sesuai dengan standar sehingga perlunya penambahan jumlah titik lampu (N) untuk penerangan ruangan laboratorium. Intensitas penerangan tidak dipengaruhi oleh luas ruangan, naun dapat dipengaruhi oleh cahaya matahari dari luar ruangan (Parera, Tupan, & Puturuhi, 2018)

5.	Audit Energi Listrik dan Analisis Peluang Penghematan Konsumsi Energi Listrik Pada Sistem Pendingin dan Pencahayaan Di Gedung D3 Ekonomi UII	Tri Wahyu Budiman	2019	Untuk nilai IKE Bangunan Gedung D3 Ekonomi UII yaitu sebesar 99,66 kWh/m <sup>2</sup> /tahun atau 8,3 kWh/m <sup>2</sup> /bulan yang tergolong gedung ber-AC efisien. untuk beban AC yang paling banyak mengkonsumsi energi listrik di Gedung D3 Ekonomi UII sebesar 20.152,23 kWh, beban peralatan lainnya yang menunjang aktivitas gedung mengkonsumsi energi listrik sebesar 12.450,97 kWh dan beban sistem pencahayaan mengkonsumsi energi listrik sebesar 13.374 kWh. Pada penggunaan dan pemanfaatan pencahayaan alami perlu ditingkatkan karena peran cahaya alami sangat penting dalam penghematan di sistem pencahayaan ruang (Budiman, 2019)
6.	Analisis Kapasitas dan Kebutuhan Daya Listrik dan Upaya Menghemat Penggunaan Energi Listrik di SMP Negeri 03 Sungai Raya	Anggun Rahmawati	2020	Pada pengukuran sistem pencahayaan dengan mengacu pada SNI 6197-2011 di dapat 10 ruangan yang memenuhi standar sedangkan 30 ruangan lainnya tidak memenuhi standar SNI (SNI 6197-2011). pada perhitungan intensitas konsumsi energi yang kategori sangat efisien ada 31 ruangan dan cukup efisien ada 1 ruangan serta sangat boros ada 2 ruangan. Pada sistem pencahayaan dapat dilakukan peninjauan lebih lanjut agar mendapatkan pencahayaan yang baik terutama pada ruang kelas dan ruang komputer. Dan untuk penghematan energi listrik (Rahmawati, 2020)