II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kualitas Daya Listrik

Perhatian terhadap kualitas daya listrik dewasa ini semakin meningkat seiring dengan peningkatan penggunaan energi listrik dan utilitas kelistrikan. Istilah kualitas daya listrik telah menjadi isu penting pada industri tenaga listrik sejak akhir 1980-an. Istilah kualitas daya listrik merupakan suatu konsep yang memberikan gambaran tentang baik atau buruknya mutu daya listrik akibat adanya beberapa jenis gangguan yang terjadi pada sistem kelistrikan [3].

Terdapat empat alasan utama, mengapa para ahli dan praktisi di bidang tenaga listrik memberikan perhatian lebih pada isu kualitas daya listrik [3], yaitu :

1. Pertumbuhan beban-beban listrik dewasa ini bersifat lebih peka terhadap kualitas daya listrik seperti sistem kendali dengan berbasis pada mikroprosesor dan perangkat elektronika daya.
2. Meningkatnya perhatian yang ditekankan pada efisiensi sistem daya listrik secara menyeluruh, sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan penggunaan peralatan yang mempunyai efisiensi tinggi, seperti pengaturan kecepatan motor listrik dan penggunaan kapasitor untuk perbaikan faktor daya. Penggunaan peralatan – peralatan tersebut dapat mengakibatkan peningkatkan terhadap tingkat harmonik pada sistem daya listrik, di mana para

ahli merasa khawatir terhadap dampak harmonisa tersebut di masa mendatang yang dapat menurunkan kemampuan dari sistem daya listrik itu sendiri.

3. Meningkatnya kesadaran bagi para pengguna energi listrik terhadap masalah kualitas daya listrik. Para pengguna utilitas kelistrikan menjadi lebih pandai dan bijaksana mengenai persoalan seperti *interupsi*, *sags*, dan peralihan transien dan merasa berkepentingan untuk meningkatkan kualitas distribusi daya listriknya.
4. Sistem tenaga listrik yang saling berhubungan dalam suatu jaringan interkoneksi, di mana sistem tersebut memberikan suatu konsekuensi bahwa kegagalan dari setiap komponen dapat mengakibatkan kegagalan pada komponen lainnya.

Terdapat beberapa definisi yang berbeda terhadap pengertian tentang kualitas daya listrik, tergantung kerangka acuan yang digunakan dalam mengartikan istilah tersebut. Sebagai contoh suatu pengguna utilitas kelistrikan dapat mengartikan kualitas daya listrik sebagai keandalan, di mana dengan menggunakan angka statistik 99,98%, sistem tenaga listriknya mempunyai kualitas yang dapat diandalkan. Suatu industri manufaktur dapat mengartikan kualitas daya listrik adalah karakteristik dari suatu catu daya listrik yang memungkinkan peralatan-peralatan yang dimiliki industri tersebut dapat bekerja dengan baik. Karakteristik yang dimaksud tersebut dapat menjadi sangat berbeda untuk berbagai kriteria.

Kualitas daya listrik adalah setiap masalah daya listrik yang berbentuk penyimpangan tegangan, arus atau frekuensi yang mengakibatkan kegagalan ataupun kesalahan operasi pada peralatan-peralatan yang terjadi pada konsumen energi listrik. Daya adalah suatu nilai dari energi listrik yang dikirimkan dan

didistribusikan, di mana besarnya daya listrik tersebut sebanding dengan perkalian besarnya tegangan dan arus listriknya. Sistem suplai daya listrik dapat dikendalikan oleh kualitas dari tegangan, dan tidak dapat dikendalikan oleh arus listrik karena arus listrik berada pada sisi beban yang bersifat individual, sehingga pada dasarnya kualitas daya adalah kualitas dari tegangan itu sendiri [3].

2.2. Besaran Listrik Dasar

Terdapat tiga buah besaran listrik dasar yang digunakan di dalam teknik tenaga listrik, yaitu beda potensial atau sering disebut sebagai tegangan listrik, arus listrik dan frekuensi. Ketiga besaran tersebut merupakan satu kesatuan pokok pembahasan di dalam masalah – masalah sistem tenaga listrik. Selain ketiga besaran tersebut, masih terdapat satu faktor penting di dalam pembahasan sistem tenaga listrik yaitu daya dan faktor daya.

2.2.1. Beda Potensial

Ketika suatu muatan listrik (q) positif mengalami perpindahan sepanjang lintasan ($d\ell$) di dalam medan listrik (E), maka energi potensial (W) elektrostatiknya adalah :

$$W = -q \int E \, d\ell \quad \text{.....} \quad (2.1)$$

Beda potensial V sebagai kerja (sumber dari luar) yang digunakan untuk memindahkan suatu muatan listrik positif dari suatu titik ke titik lain adalah perubahan energi potensial listrik yang sebanding dengan muatan listriknya :

$$V = \frac{W}{q} = -\int_{awal}^{akhir} E \, d\ell \quad \text{.....} \quad (2.2)$$

Beda potensial dinyatakan dalam satuan Joule per Coulomb yang didefinisikan sebagai Volt, sehingga beda potensial sering disebut sebagai voltase atau tegangan.

2.2.2. Arus Listrik

Arus listrik didefinisikan sebagai laju aliran sejumlah muatan listrik yang melalui suatu luasan penampang melintang. Menurut konvensi, arah arus listrik dianggap searah dengan aliran muatan positif. Arus listrik diukur dalam satuan Ampere (A), adalah satu Coulomb per detik. Arus listrik dirumuskan :

$$I = \frac{dq}{dt} \quad \text{.....} \quad (2.3)$$

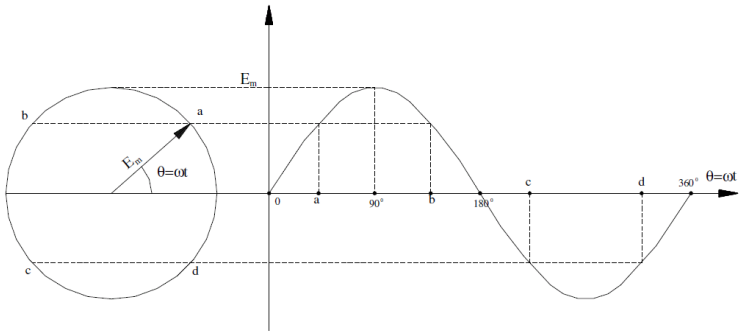
2.2.3. Frekuensi

Tegangan dan arus listrik yang digunakan pada sistem kelistrikan merupakan listrik bolak-balik yang berbentuk sinusoidal. Tegangan dan arus listrik sinusoidal merupakan gelombang yang berulang seperti pada gambar 2.1, sehingga gelombang sinusoidal mempunyai frekuensi. Frekuensi adalah ukuran jumlah putaran ulang per peristiwa dalam selang waktu yang diberikan. Satuan frekuensi dinyatakan dalam hertz (Hz) yaitu nama pakar fisika Jerman Heinrich Rudolf Hertz yang menemukan fenomena ini pertama kali. Frekuensi sebesar 1 Hz menyatakan peristiwa yang terjadi satu kali per detik, di mana frekuensi (f) sebagai hasil kebalikan dari periode (T), seperti rumus di bawah ini :

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{.....} \quad (2.4)$$

Di setiap negara mempunyai frekuensi tegangan listrik yang berbeda-beda. Frekuensi tegangan listrik yang berlaku di Indonesia adalah 50 Hz. Untuk Indonesia, aturan jaringan sistem tenaga listrik telah diatur dalam Permen ESDM

No. 37 Tahun 2008 yang menyebutkan bahwa frekuensi nominal sebesar 50 Hz, diusahakan untuk tidak lebih rendah dari 49,5 Hz atau lebih tinggi dari 50,5 Hz dan selama waktu keadaan darurat (*emergency*) dan gangguan, frekuensi sistem diizinkan turun hingga 47,5 Hz atau naik hingga 52 Hz.



Gambar 2.1. Gelombang Sinusoidal

2.2.4. Energi Listrik, Daya dan Faktor Daya

Energi Listrik (E) merupakan bentuk energi yang dapat diubah menjadi bentuk energi lainnya, seperti energi listrik menjadi energi cahaya, energi panas, energi gerak dan sebagainya. Jika arus listrik mengalir pada suatu penghantar yang memilik hambatan R, maka energi akan terserap pada penghantar tersebut dalam interval waktu (t). Jika tegangan listrik (V), kuat arus yang mengalir pada penghantar (I) dan waktu atau lamanya arus mengalir (t), maka persamaan energi listrik dapat dirumuskan dalam bentuk :

$$E = V\ x\ I\ x\ t \quad \text{.....} \quad (2.5)$$

Daya listrik (P) adalah suatu ukuran terhadap penggunaan energi listrik yang dialirkan pada rangkaian tertutup dalam suatu waktu tertentu, di mana :

$$P = \frac{E}{t} \quad \text{.....} \quad (2.6)$$

Terdapat tiga macam daya listrik yang digunakan untuk menggambarkan penggunaan energi listrik, yaitu daya nyata atau daya aktif, daya reaktif serta daya semu atau daya kompleks. Daya nyata atau daya aktif adalah daya listrik yang digunakan secara nyata, misalnya untuk menghasilkan panas, cahaya atau putaran pada motor listrik. Daya nyata dihasilkan oleh beban - beban listrik yang bersifat resistif murni. Besarnya daya nyata sebanding dengan kuadrat arus listrik yang mengalir pada beban resistif dan dinyatakan dalam satuan Watt, di mana :

$$P = I^2R \quad \text{.....} \quad (2.7)$$

Daya reaktif dinyatakan dengan satuan VAR (Volt Ampere Reaktan) adalah daya listrik yang dihasilkan oleh beban-beban yang bersifat reaktansi. Terdapat dua jenis beban reaktansi, yaitu reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif. Beban-beban yang bersifat induktif akan menyerap daya reaktif untuk menghasilkan medan magnet. Contoh beban listrik yang bersifat induktif antara lain transformator, motor induksi satu fasa maupun tiga fasa yang biasa digunakan untuk menggerakkan kipas angin, pompa air, lift, eskalator, kompresor, konveyor dan lain-lain. Beban-beban yang bersifat kapasitif akan menyerap daya reaktif untuk menghasilkan medan listrik. Contoh beban yang bersifat kapasitif adalah kapasitor. Besarnya daya reaktif sebanding dengan kuadrat arus listrik yang mengalir pada beban reaktansi, di mana :

$$Q = I^2X \quad \text{.....} \quad (2.8)$$

$$X = X_L - X_C$$

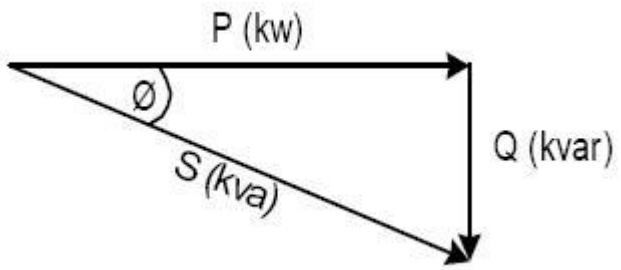
Daya kompleks atau lebih sering dikenal sebagai daya semu adalah penjumlahan secara vektor antara daya aktif dan daya reaktif, di mana :

$$S = P + jQ \quad \text{.....} \quad (2.9)$$

Daya kompleks dinyatakan dengan satuan VA (Volt Ampere) adalah hasil kali antara besarnya tegangan dan arus listrik yang mengalir pada beban, di mana :

$$S = V\ x\ I \quad \text{.....} \quad (2.10)$$

Hubungan ketiga buah daya listrik yaitu daya aktif (P), daya reaktif (Q) serta daya kompleks (S), dinyatakan dengan sebuah segitiga yang disebut segitiga daya seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Segitiga Daya

Dari gambar segitiga daya tersebut, hubungan antara ketiga daya listrik dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{.....} \quad (2.11)$$

$$P = S\ \sin \emptyset$$

$$P = V\ I \sin \emptyset$$

$$Q = S\ \sin \emptyset$$

$$Q = V\ I\ \sin \emptyset$$

$$\cos \emptyset = pf = \frac{P}{S} \quad \text{.....} \quad (2.12)$$

$\emptyset$ adalah sudut antara daya aktif dan daya kompleks (S), sehingga $\cos \emptyset$ didefinisikan sebagai faktor daya (pf). Untuk beban yang bersifat induktif, pf

lagging di mana arusnya tertinggal dari tegangannya. Dan untuk beban yang bersifat kapasitif, pf *leading* di mana arusnya mendahului tegangannya.

2.3. Pencahayaan [11]

Sejak dimulainya peradaban, manusia menciptakan cahaya hanya dari api, walaupun lebih banyak sumber panasnya daripada cahaya yang dihasilkan. Kini kita masih menggunakan prinsip yang sama dalam menghasilkan cahaya, salah satunya adalah melalui lampu pijar.

Hanya dalam beberapa dekade terakhir produk-produk penerangan menjadi lebih canggih dan beraneka ragam. Perkiraan menunjukan bahwa pemakaian energi oleh penerangan adalah 20 - 45% untuk pemakaian energi total oleh bangunan komersial dan sekitar 3 - 10% untuk pemakaian energi total oleh industri.

Hampir kebanyakan pengguna energi komersial dan industri peduli penghematan energi dalam sistim penerangan. Seringkali, penghematan energi yang cukup berarti dapat didapatkan dengan investasi yang minim dan masuk akal. Mengganti lampu uap merkuri atau sumber lampu pijar dengan logam halida atau sodium bertekanan tinggi, sehingga akan menghasilkan pengurangan biaya energi dan meningkatkan jarak penglihatan. Memasang dan menggunakan kontrol foto, pengaturan waktu penerangan dan sistim manajemen energi juga dapat memperoleh penghematan yang luar biasa. Walau begitu, dalam beberapa kasus mungkin perlu mempertimbangkan modifikasi rancangan penerangan untuk mendapatkan penghematan energi yang dikehendaki. Penting untuk dimengerti

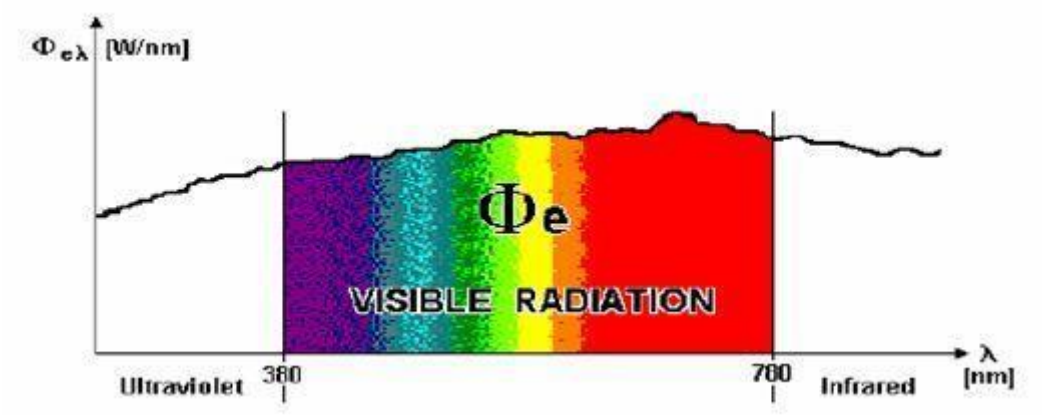
bahwa lampu-lampu yang efisien, belum tentu merupakan sistim penerangan yang efisien.

2.3.1. Cahaya

Cahaya merupakan satu bagian dari berbagai jenis gelombang elektromagnetis yang terbang ke angkasa. Gelombang tersebut memiliki panjang dan frekuensi tertentu, yang nilainya dibedakan dari energi cahaya lainnya dalam spektrum elektromagnetisnya.

Cahaya dipancarkan dari suatu benda dengan fenomena sebagai berikut:

- Pijar, benda padat dan cair memancarkan radiasi yang dapat dilihat bila dipanaskan sampai suhu tertentu. Intensitas meningkat dan penampilan menjadi semakin putih jika suhu naik.
- Muatan Listrik, jika arus listrik dilewatkan melalui gas,maka atom dan molekulnya akan memancarkan radiasi, dimana spektrumnya merupakan karakteristik dari elemen yang ada.
- Electro Luminescence, cahaya dihasilkan jika arus listrik dilewatkan melalui padatan tertentu seperti semikonduktor atau bahan yang mengandung fosfor.
- Photo luminescence, radiasi pada salahsatu panjang gelombang diserap, biasanya oleh suatu padatan dan dipancarkan kembali pada berbagai panjang gelombang. Bila radiasi yang dipancarkan kembali tersebut merupakan fenomena yang dapat terlihat, maka radiasi tersebut disebut fluorescence atau phosphorescence.



Gambar 2.3. Spektrum Elektromagnetik Radiasi yang Tampak [11]

Cahaya nampak, seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.3, menyatakan gelombang yang sempit diantara cahaya ultraviolet (UV) dan energi inframerah (panas). Gelombang cahaya tersebut mampu merangsang retina mata, yang menghasilkan sensasi penglihatan yang disebut pandangan. Oleh karena itu, penglihatan memerlukan mata yang berfungsi dan cahaya yang nampak.

2.3.2. Istilah dan Definisi

- Lumen

Satuan lumen adalah flux cahaya; flux dipancarkan didalam satuan unit sudut padatan oleh suatu sumber dengan intensitas cahaya yang seragam satu candela. Satu lux adalah satu lumen per meter persegi. Lumen (lm) adalah kesetaraan fotometrik dari watt, yang memadukan respon mata “pengamat standar”. 1 watt = 683 lumens pada panjang gelombang 555 nm.

- *Efficacy* beban terpasang

Merupakan iluminasi/terang rata-rata yang dicapai pada suatu bidang kerja yang datar per watt pada pencahayaan umum didalam ruangan yang dinyatakan dalam lux/W/m².

- *Luminaire*

Luminaire adalah satuan cahaya yang lengkap, terdiri dari sebuah lampu atau beberapa lampu, termasuk rancangan pendistribusian cahaya, penempatan dan perlindungan lampu-lampu, dan dihubungkannya lampu ke pasokan daya.

- *Lux*

Merupakan satuan metrik ukuran cahaya pada suatu permukaan. Cahaya rata-rata yang dicapai adalah rata-rata tingkat lux pada berbagai titik pada area yang sudah ditentukan. Satu lux setara dengan satu lumen per meter persegi. Tinggi mounting: Merupakan tinggi peralatan atau lampu diatas bidang kerja. Efficacy cahaya terhitung: Perbandingan keluaran lumen terhitung dengan pemakaian daya terhitung dinyatakan dalam lumens per watt.

- Intensitas Cahaya

Satuan intensitas cahaya adalah candela (cd) juga dikenal dengan international *candle*. Satu lumen setara dengan flux cahaya, yang jatuh pada setiap meter persegi (m^2) pada lingkaran dengan radius satu meter ($1m$) jika sumber cahayanya isotropik 1-candela (yang bersinar sama ke seluruh arah) merupakan pusat isotropik lingkaran. Dikarenakan luas lingkaran dengan jari-jari r adalah $4\pi r^2$, maka lingkaran dengan jari-jari 1m memiliki luas $4\pi m^2$, dan oleh karena itu flux cahaya total yang dipancarkan oleh sumber 1- cd adalah $4\pi 1m$. Jadi flux cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya isotropik dengan intensitas I adalah:

$$Flux\ Cahaya\ (lm) = 4\pi\ x\ Intensitas\ Cahaya\ (cd) \quad \text{.....} \quad (2.13)$$

- Temperatur Warna Cahaya Lampu

Suhu warna, dinyatakan dalam skala Kelvin (K), adalah penampakan warna dari lampu itu sendiri dan cahaya yang dihasilkannya. Bayangkan sebuah balok baja yang dipanaskan secara terus menerus hingga berpijar, pertama-tama berwarna oranye kemudian kuning dan seterusnya hingga menjadi “putih panas”. Sewaktu-waktu selama pemanasan, kita dapat mengukur suhu logam dalam Kelvin (Celsius + 273) dan memberikan angka tersebut kepada warna yang dihasilkan. Hal ini merupakan dasar teori untuk suhu warna. Untuk lampu pijar, suhu warna merupakan nilai yang “sesungguhnya”; untuk lampu neon dan lampu dengan pelepasan intensitas tinggi (HID), nilainya berupa perkiraan dan disebut *korelasi suhu warna*. Di Industri,“suhu warna” dan “korelasi suhu warna” kadang-kadang digunakan secara bergantian. Suhu warna lampu membuat sumber cahaya akan nampak “hangat”, “netral” atau “sejuk”. Umumnya, makin rendah suhu, makin hangat sumber, dan sebaliknya.

Temperatur warna cahaya lampu dikelompokkan menjadi :

- kelompok 1, warna putih kekuningan (*warm*) (< 3.300 Kelvin)
- kelompok 2, warna putih netral (*warm-white*) (3.300 Kelvin ~ 5.300 Kelvin)
- kelompok 3, warna putih (*cool-daylight*) (> 5.300 Kelvin)

Pemilihan temperatur warna lampu bergantung pada tingkat iluminans yang diperlukan agar diperoleh pencahayaan yang nyaman. Makin tinggi tingkatkan iluminasi yang diperlukan, maka temperatur warna lampu yang disarankan berkisar di angka 4000 - 6500 Kelvin sehingga tercipta pencahayaan yang nyaman bagi pengguna didalamnya. Sedangkan untuk kebutuhan tingkat iluminasi yang

tidak terlalu tinggi, maka temperature warna lampu yang digunakan disarankan berkisar di angka 2300-3.500 Kelvin.

- Rederasi Warna

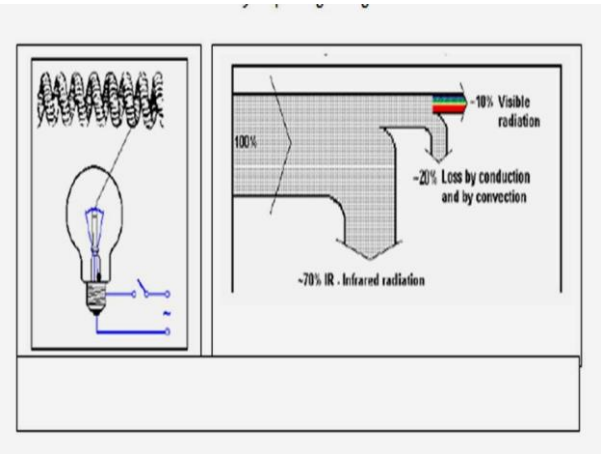
Kemampuan sumber cahaya merubah warna permukaan secara akurat dapat diukur dengan baik oleh indeks perubahan warna. Indeks ini didasarkan pada ketepatan dimana serangkaian uji warna dipancarkan kembali oleh lampu yang menjadi perhatian relatif terhadap lampu uji. Pengaruh suatu lampu kepada warna obyek akan berbeda-beda. Lampu diklasifikasikan dalam kelompok renderasi warna yang dinyatakan dengan Ra indeks sebagai berikut :

- pengaruh warna, kelompok 1 : Ra indeks 81% ~ 100%
- pengaruh warna, kelompok 2 : Ra indeks 61% ~ 80%
- pengaruh warna, kelompok 3 : Ra indeks 40% ~ 60%
- pengaruh warna, kelompok 4 : Ra indeks < 40%

2.3.3. Jenis Lampu

- Lampu Pijar (*Incandescent*)

Suatu filamen yang dipanaskan oleh arus listrik menghasilkan cahaya. Lampu ini jenis lampu yang tidak efisien, yang mana 90% listriknya dirubah menjadi panas seperti pada gambar 2.4. Lampu pijar mempunyai masa pakai yang pendek (kira-kira 1000 jam), sementara itu biaya awalnya rendah dan indek renderingnya (Ra) optimal.



Gambar 2.4 Lampu Pijar dan Diagram Perubahan Energi

- Lampu Halogen

Lampu halogen adalah lampu pijar yang ditambahkan gas halogen (iodine, klorine, bromide). Karena panas yang tinggi dari filament yang berpijar maka halogen dengan prinsip siklus regeneratif mencegah penghitaman lampu. Lampu halogen mempunyai umur lebih panjang dan efisiensi lebih tinggi dibandingkan lampu pijar. (+20% ~ 50%)

- Lampu Fluoresen

Lampu fluoresen terdiri dari tabung kaca yang tersekat, dilapisi warna putih di dalamnya dan diisi dengan gas inert dan sedikit mercury. Jenis yang umum adalah lampu fluoresen dan lampu fluoresen kompak. Semua lampu fluoresen membutuhkan ballast untuk menyalakan (start) dan mengontrol proses pencahayaan.

Efisiensi lampu fluoresen melebihi lampu pijar 5 sampai 8 kali, tergantung pada sistem pencahayaan. Lampu fluoresen membutuhkan investasi tinggi (sampai 10 kali), tetapi umur pemakaiannya 10 sampai 15 kali lebih lama. Lampu fluoresen

memberikan indeks Renderisasi (Ra) mulai 60% sampai 85%. Lampu fluoresen cocok digunakan untuk perkantoran dan area komersial.

- Lampu LED

Lampu LED merupakan sumber cahaya yang efisien pengunaan energinya. LED menghasilkan lebih banyak cahaya per watt dibandingkan lampu incandescent. Efisiensi tidak dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran seperti lampu fluoresen. LED dapat memancarkan cahaya untuk warna yang dikehendaki tanpa menggunakan filter warna yang bisanya dipakai pada sistem pencahayaan konvensional. LED berukuran kecil (lebih kecil 2mm^2) dan dapat ditempatkan dengan mudah.

2.3.4. Konservasi Energi Terhadap Penerangan

Besarnya taraf penerangan alami yang didapat, dipengaruhi oleh luas lubang cahaya, posisi lubang cahaya, warna permukaan ruangan ada tidaknya penghalang cahaya masuk diluar bangunan (seperti peneduh). Untuk bangunan dengan tebal tidak lebih dari 10 meter, diperlukan luas bukaan bersih minimum 1/10 dari luas lantai masing-masing sisi yang akan diterangi. Perlu diperhatikan bahwa makin jauh jarak lubang cahaya, lebel penerangan (tingkat terangnya cahaya) akan makin berkurang. Untuk itu diperlukan adanya tambahan penerangan buatan yang penggunaannya seefisien mungkin misalnya dengan mengatur cara penyalaan lampu. Level penerangan alami siang hari di Indonesia antara jam 8.00 – 16.00 mempunyai harga minimum sekitar 10.000 lux.

Jika ambang batas level penerangan rata-rata untuk beberapa kegiatan adalah 200 lux, maka faktor penerangan siang hari rata-rata adalah 2%. Untuk mendapatkan harga besaran ini diperlukan luas lubang cahaya bersih minimum sebesar 10% dari luas lantai yang akan diterangi. Besaran diatas dipengaruhi oleh :

- Warna permukaan dalam ruangan
- Alat peneduh
- Posisi lubang cahaya

Makin cerah atau muda warna permukaan dalam ruangan dan makin tinggi posisi lubang cahaya dan tidak terhalang oleh alat peneduh, maka faktor penerangan siang hari yang diperoleh makin besar.

Pada penerangan buatan, pendekatan langkah demi langkah pengkajian opsi-opsi perbaikan dalam pencahayaan pada berbagai fasilitas dapat melibatkan tahap-tahap berikut ini:

- Inventarisasi elemen sistim pencahayaan dimana parameter yang diambil seperti alat pencahyaan jenis ballast dan nilai watt lampu
- Dengan bantuan pengukur *lux*, ukur dan dokumentasikan besarnya *lux* di berbagai lokasi, yakni nilai *lux* pada area kerja yang digunakan
- Dengan bantuan alat *portable load analyzer*, ukur dan dokumentasikan pemakaian tegangan dan daya
- Bandingkan nilai *lux* terukur dengan nilai standar. Gunakan nilai sebagai acuan dan tentukan lokasi pada areal nyala dan nyala berlebih.
- Analisa laju kegagalan lampu, *balass* dan tingkat harapan hidup yang sebenarnya dari data lampau.
- Berdasarkan pengkajian dan evaluasi yang cermat, akan menghasilkan opsi-opsi perbaikan

Untuk nilai standar yang digunakan pada penarangan minimal yang didapat dapat dilihat pada tabel 2.1 dan tabel 2.2 [9].

Tabel 2.1 Tingkat penerangan rata-rata, renderansi dan temperatur warna [9]

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok renderansi warna	Temperatur warna		
			Warm White <3300 K	*Cool White* 3300 K-5300 K	*Daylight* <5300 K
Perkantoran :					
Ruang Direktur	350	1 atau 2		•	•
Ruang kerja	350	1 atau 2		•	•
Ruang Komputer	350	1 atau 2		•	•
Ruang Rapat	300	1	•	•	
Ruang gambar	750	1 atau 2		•	•
Gudang arsip	150	1 atau 2		•	•
Ruang arsip aktif	300	1 atau 2		•	•
Lembaga Pendidikan					
Ruang kelas	250	1 atau 2		•	•
Perpustakaan	300	1 atau 2		•	•
Laboratorium	500	1		•	•
Ruang gambar	750	1		•	•
Kantin	200	1	•	•	

Tabel 2.2 Kebutuhan Penerangan berdasarkan aktivitas [9]

Aktifitas	Kebutuhan penerangan
1. Berjalan di koridor, agar bisa membedakan barang-barang.	20 lux
2. Memeriksa serta menghitung stok barang secara kasar, merakit barang-barang besar.	100 lux
3. membaca, menulis, dan pengaturan arsip dikantor.	200 lux
4. memeriksa daftar angka , merakit barang-barang kecil.	700 lux

2.4. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) [8]

IKE merupakan istilah yang digunakan untuk mengetahui besarnya pemakaian energi pada suatu sistem (bangunan). Energi yang dimaksudkan dalam hal ini adalah energi listrik. Pada hakekatnya IKE ini adalah hasil bagi antara konsumsi energi total selama periode tertentu (satu tahun) dengan luas bangunan. Satuan IKE adalah kWH/m^2 per tahun.

Menghitung IKE diambil dari data total konsumsi energi dan data luas bangunan. Berikut ini adalah perhitungan IKE :

$$IKE = \frac{kWh\ total\ (kWh/bulan)}{Luas\ Total\ (m^2)} \quad \text{..... (2.14)}$$

Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh ASEAN-USAID pada tahun 1987 yang laporannya baru dikeluarkan 1992, target besarnya IKE listrik untuk Indonesia adalah sebagai berikut :

- IKE untuk perkantoran (komersil) : 240 kWH/m^2 per tahun
- IKE untuk pusat belanja : 330 kWH/m^2 per tahun
- IKE untuk hotel / apartemen : 300 kWH/m^2 per tahun
- IKE untuk rumah sakit : 380 kWH/m^2 per tahun

Berdasarkan *Pedoman pelaksanaan konservasi energi dan pengawasan dilingkungan Depdiknas* (2004)., diperoleh nilai IKE listrik, sebagai berikut :

- 4,17-7,92 kWh/m2/bln berkriteria sangat efisien.
- 7,92-12,08 kWh/m2/bln berkriteria efisien.
- 12,08-14,58 kWh/m2/bln berkriteria cukup efisien.
- 14,58-19,17 kWh/m2/bln berkriteria agak boros.
- 19,17-23,75 kWh/m2/bln berkriteria boros.

- 23,75-37,5 kWh/m2/bln berkriteria sangat boros.

Dan besarnya target IKE diatas merupakan nilai IKE listrik per satuan luas bangunan gedung yang dikondisikan.

Besarnya IKE hasil perhitungan dibandingkan dengan IKE standar atau target IKE. Apabila hasilnya ternyata sama atau kurang dari target IKE, maka kegiatan audit energi rinci dapat dihentikan atau bila diteruskan dengan harapan dapat diperoleh IKE yang lebih rendah lagi. Namun sebaliknya jika hasilnya lebih besar dari target IKE berarti ada peluang untuk melanjutkan proses audit energi berikutnya guna memperoleh penghematan energi.