

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya yang berhubungan pada Audit Energi beserta buku literatur yang dapat dijadikan sebagai bahan masukan guna ketepatan pelaksanaan diuraikan sebagai berikut :

Penelitian yang dilakukan Daeng Supriadi Pasisarha. Jurnal tahun 2012 Mahasiswa Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang yang berjudul “*Evaluasi IKE Listrik Melalui Audit Awal Energi Listrik di Kampus Polines*” yang didalamnya menyatakan bahwa penelitian ini melakukan metode deskriptif kasuistik disertai bantuan uji statistic digunakan untuk mengevaluasi profil pemakaian listrik dan IKE Kampus Politeknik Negeri Semarang selama kurun 2005 sampai 2010. Hasil evaluasi menunjukkan IKE Kampus Politeknik Negeri Semarang ternyata masiht tergolong sangat efisien menurut pedoman penggunaan listrik untuk gedung perkantoran[2].

Penelitian yang dilakukan Tri Wahyu Budiman. Skripsi Tahun 2019 Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia yang berjudul “*Audit Energi Listrik dan Analisis Peluang Penghematan Konsumsi Energi Listrik Pada Sistem Pendingin dan Pencahayaan di Gedung D3 Ekonomi UII*” yang didalamnya menyatakan bahwa penelitian ini melakukan metode observasi dan konservasi energi, yang dimulai dengan mengumpulkan data, melakukan analisis dan perhitungan nilai IKE gedung. Memberikan rekomendasi peluang penghematan energi yaitu *low cost* dan *high cost*, dengan mengaplikasikan rekomendasi peluang penghematan energy didapatkan peningkatan efisiensi konsumsi energi listrik sebesar 2.37 kWh/m² /tahun dengan penghematan energy listrik sebesar 10.705,26 kWh/m² /bulan dimana sebelumnya termasuk golongan gedung ber-AC efisien menjadi golongan gedung ber-AC sangat efisien[4].

Penelitian yang dilakukan Muradi Suwargina. Skripsi tahun 2017 Mahasiswa Teknik Elektro Sekolah Tinggi Fatahillah Cilegon yang berjudul “*Audit Energi pada Bangunan Gedung DPRD Kabupaten Sleman*” yang didalamnya menyatakan bahwa penelitian ini audit bangunan gedung DPRD

Kabupaten Sleman terdiri dari 3 gedung, dengan fungsi sebagai gedung perkantoran dan ruang rapat. Kebutuhan energi listrik untuk operasional gedung disuplai dari PLN sebagai sumber utama dengan daya sebesar 82,5 kVA. Nilai IKE untuk gedung DPRD Kabupaten Sleman berdasarkan konsumsi energi pertahun kemudian dibagi terhadap luas bangunan ber-AC atau yang dikondisikan dengan luas bangunan yang dikondisikan 7224 m² diperoleh pada tahun 2016 sebesar 11,998 kWh/m² /tahun. Indikator nilai IKE gedung DPR Kabupaten Sleman masuk kualitas daya listrik yang disuplai oleh PLN melalui transformator distribusi pada gedung tersebut cukup baik[12].

Penelitian yang dilakukan Jati Untoro, Herri Gusmedi, Nining Purwasih. Jurnal tahun 2014 Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung yang berjudul “*Audit Energi dan Analisis Penghematan Konsumsi Energi pada Sistem Peralatan Listrik di Gedung Pelayanan Unila*” yang didalamnya menyatakan bahwa penelitian ini audit energi dilakukan pada gedung-gedung yang ada di Universitas Lampung. Gedung-gedung tersebut meliputi Gedung Perpustakaan, Gedung Serbaguna dan Gedung A Fakultas Pertanian. Kegiatan yang dilakukan meliputi audit energi awal dan audit energi rinci yaitu menghitung IKE dan mencari peluang penghematan energi di gedung-gedung tersebut. Dari hasil penelitian, didapatkan IKE pada gedung-gedung tersebut. Gedung perpustakaan nilai IKE 34,31 kWh/m²/tahun. Pada GSG IKE 26,89 kWh/m²/tahun. Dan pada gedung A Fakultas Pertanian IKE 77,74 kWh/m² /tahun. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan energi listrik pada setiap gedung sudah sangat efisien karena standar IKE pada gedung dan perkantoran adalah 240 kWh/m² /tahun[13].

Penelitian yang dilakukan Rakiba Rayhana, Tahsin Hasan, Rattan Data. Jurnal tahun 2015 Mahasiswa Dept. of Electrical and Electronic Engineering BRAC University Dhaka, Bangladesh yang berjudul “*Electric and Lighting Energy Audit : A Case Study of Selective Commercial Buildings in Dhaka*” yang didalamnya menyatakan bahwa penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan energi listrik pada bangunan komersial di Dhaka cukup tidak efisien bisa dikurangi secara signifikan hingga 8% - 15% pengurangan energi peralatan listrik dan hingga 28% - 45% untuk penerangan dengan mengganti komponen yang lebih efisien[16].

Penelitian yang dilakukan AgusRianto. Jurnal tahun 2007 Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Negri Semarang yang berjudul “*Audit Energi dan Analisis Peluang Konsumsi Energi System Pengkondisian Udara di Hotel Santika Semarang*” yang didalamnya menyatakan bahwa Sebagaimana menurut persentasi energi yang dipakai, komposisi energi listrik dapat mencapai 91% dari total konsumsi energi, sedangkan solar 6%, air 3%. Berdasarkan audit awal terlihat bahwa IKE (Intesitas Konsusi Energi) di Hotel Santika Premiere mencapai 341,683 kWh /m²/year lebih besar dari standar ASEAN USAID yaitu 300 kWh/m² year. Berdasarkan hasil audit energi rinci, diperoleh harga IKE untuk energi listrik adalah sebesar 403,08 kWh/m²/year[17].

Dari beberapa kajian terdahulu yang telah dipaparkan di atas, masing-masing peneliti mengukur menggunakan parameter IKE maka perbedaan pada penelitian ini adalah penelitian ini menggunakan metode Audit Energi Awal dengan menggunakan parameter IKE, COP, EER yang merupakan indikator efisiesi energi pada AC (*Air Conditioner*) dan PHE pada tahun 2019 di Hotel Kapuas Palace Pontianak. Hal ini sesuai dengan standar ASEAN-USAID Tahun 1992 dan Standar IKE Permen ESDM No.13 Tahun 2012 menyatakan pemanfaatan energi oleh pengguna sumber energi dan penggunaan energi wajib dilakukan secara hemat dan efisien.

2.2 Energi Listrik

Hukum Kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat pula dimusnahkan. Energi hanya dapat dirubah dari suatu bentuk ke bentuk energi yang lain. Demikian pula energi listrik yang merupakan hasil perubahan energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik. Keberadaan energi listrik ini dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin. Adapun kegunaan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari merupakan pencahayaan, pemanas, pendingin, dan motor-motor listrik serta lain-lainnya, energi yang digunakan alat listrik merupakan laju penggunaan energi (daya) dikalikan dengan waktu selama alat tersebut digunakan[1].

Bila daya di ukur dalam watt jam, maka :

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

Dimana :

W = Energi Listrik (Wh)

P = Daya Listrik (Watt)

t = Waktu (jam / Hour)

2.3 Manajemen Energi

Manajemen energi adalah suatu program yang direncanakan dan dilaksanakan secara sistematis untuk memanfaatkan energi secara efektif dan efisien dengan melakukan perencanaan, pencatatan, pengawasan dan evaluasi secara kontinu tanpa mengurangi kualitas produksi dan pelayanan. Manajemen energi mencakup perencanaan dan pengoperasian unit konsumsi dan produksi yang berkaitan dengan energi. Tujuan manajemen energi yaitu penghematan sumber daya, perlindungan iklim, dan penghematan biaya. Bagi konsumen, manajemen energi membuat mereka gampang untuk mendapatkan akses terhadap energi sesuai dengan apa dan kapan yang mereka butuhkan. Manajemen energi berkaitan dengan manajemen lingkungan, manajemen produksi, logistik, dan fungsi yang berhubungan dengan bisnis lainnya[5].

2.4 Audit Energi

Audit energi merupakan usaha atau kegiatan untuk mengidentifikasi jenis dan besarnya energi yang digunakan pada bagian-bagian operasi suatu industri, pabrik atau bangunan dan coba mengidentifikasi kemungkinan penghematan energi. Sasaran dari audit energi adalah untuk mencari cara mengurangi konsumsi energi per satuan *output* dan mengurangi biaya operasi[1].

Kita dapat mengetahui pola distribusi energi terbesar dapat diketahui. Dari hasil audit energi juga dapat diketahui besarnya peluang potensi penghematan energi apa bila dilakukan peningkatan efisiensi.

Kegiatan audit energi merupakan kegiatan pengecekan berkala untuk menjamin apakah energi digunakan secara tepat, efisien, dan rasional. Dengan audit energi, maka indikasi kebocoran energi dapat dilacak dan ditelusuri yang kemudian

ditentukan langkah perbaikan. Adapun lingkup kegiatan audit energi diantaranya :
[3]

1. Melakukan identifikasi penggunaan energi khususnya yang berkaitan dengan jenis energi, sistem pemakaian, dan biaya energi.
2. Observasi tingkat penggunaan energi sesuai dengan kondisi bangunan jenis penggunaannya.
3. Mengetahui dimana potensi terbesar untuk memperbaiki efisiensi penggunaan yang dapat dilakukan.
4. Bagaimana melakukan perbaikan efisiensi tersebut.

Audit energi dapat dilakukan setiap saat atau sesuai dengan jadwal yang sudah ditetapkan. Audit energi terbagi 3 bagian diantaranya:

2.4.1 Audit Energi Singkat

Audit energi singkat adalah proses awal kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis konsumsi energi, luas bangunan, daya terpasang, beban penghunian bangunan dan observasi visual. Perbedaan audit energi singkat dengan audit energi awal yaitu, pada audit energi singkat tidak memerlukan pengukuran pada peralatan listrik. Hasil dari kegiatan audit energi singkat berupa potret penggunaan energi bangunan gedung dan rekomendasi peluang penghematan energi.

2.4.2 Audit Energi Awal

Tujuan dari audit energi awal adalah mengukur produktivitas dan efisiensi penggunaan energi dan mengidentifikasi kemungkinan penghematan energi. Kegiatan audit energi awal meliputi pengumpulan data energi bangunan gedung dengan data yang tersedia dan tidak memerlukan pengukuran. Data tersebut meliputi :

1. Dokumentasi bangunan yang dibutuhkan adalah gambar teknik bangunan sesuai pelaksanaan konstruksi, terdiri dari :
 - a. Tapak, denah, dan potongan bangunan gedung seluruh lantai.
 - b. Denah instalasi pencahayaan bangunan seluruh lantai.
 - c. Diagram satu garis listrik, lengkap dengan penjelasan penggunaan daya listriknya dan besarnya penyambungan daya listrik PLN serta besarnya daya listrik cadangan.

2. Pembayaran rekening listrik bulanan gedung selama satu tahun terakhir.
3. Menghitung besarnya Intensitas Konsumsi Energi (IKE) gedung.

$$\text{IKE} = \frac{\text{Total Konsumsi Energi (kWh)}}{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}} \dots\dots\dots(2.2)$$

IKE listrik adalah patokan untuk mengklasifikasi jenis penggunaan konsumsi energi di area tersebut, apakah boros atau sesuai dengan standar. Untuk nilai – nilai IKE pada bangunan gedung dapat diperoleh dari Standar Nasional Indonesia (SNI). Pembagian antara konsumsi energi listrik pada kurun waktu tertentu dengan satuan luas bangunan gedung. Sektor-sektor yang dapat dihitung antara lain :

- a. Rincian luas bangunan gedung dan luas total bangunan gedung (m²).
- b. Konsumsi energi bangunan gedung per tahun (kWh/tahun).
- c. IKE bangunan gedung per tahun (kWh/m²/tahun).
- d. Biaya energi bangunan gedung.

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

Tabel 2.1 IKE Listrik Hasil Penelitian ASEAN-USAID Tahun 1992

No.	Klasifikasi	IKE (kWh/m ² /thn)
1.	Perkantoran (Komersial)	240
2.	Pusat Perbelanjaan	330
3.	Hotel (Apartemen)	300
4.	RumahSakit	380

Sumber: ASEAN-USAID

Nilai IKE tersebut tidak menutupi kemungkinan untuk mengalami perubahan sesuai dengan tingkat kesadaran masyarakat terhadap penggunaan energi. seperti Singapura misalnya telah menetapkan IKE listrik untuk perkantoran hanya sebesar 210 kWh/m² per tahun. Dalam menghitung besarnya IKE listrik pada bangunan gedung, ada beberapa istilah yang digunakan antara lain IKE listrik per satuan luas total gedung yang dikondisikan (*netto*), yaitu total ruang dengan AC dan IKE Listrik per satuan kotor (*gross*) gedung, yaitu luas total ruang gedung yang dikondisikan (ruang dengan AC) ditambah dengan luas total ruang gedung yang tidak dikondisikan

(tanpa AC). Sebagai pedoman telah ditetapkan nilai standart IKE untuk bangunan di Indonesia yang telah ditetapkan oleh Permen ESDM No. 13 tahun 2012 tentang penghematan pemakaian tenaga listrik[9].

Tabel 2.2 Standar IKE Permen ESDM No.13 Tahun 2012

No.	Kriteria	Ruang ber-AC (kWh/m ² /bln)	Ruang tanpa AC (kWh/m ² /bln)
1.	Sangat Efisien	4,17 s/d 7,92	0,84 s/d 1,67
2.	Efisien	7,92 s/d 12,08	1,67 s/d 2,50
3.	CukupEfisien	12,08 s/d 14,58	-
4.	AgakBoros	14,58 s/d 19,17	-
5.	Boros	19,17 s/d 23,75	2,50 s/d 3,34
6.	Sangat Boros	23,75 s/d 37,75	3,34 s/d 4,17

Sumber : Permen ESDM No.13 Tahun 2012

2.4.3 Audit Energi Rinci

Audit energi rinci dalah audit energi yang dilakukan dengan menggunakan alat-alat ukur yang sengaja dipasang pada peralatan untuk mengetahui besarnya konsumsi energi. Audit energi rinci dilakukan untuk mengetahui profil penggunaan energi bangunan gedung, sehingga dapat diketahui peralatan penggunaan energi apasaja yang pemakaian energinya cukup besar. Kegiatan yang dilakukan dalam audit energi rinci adalah :

1. Penelitiankonsumsienergi;
2. Pengukuranenergi;
3. Identifikasi PHE;
4. Analisa PHE.

2.5 Tarif Dasar Listrik (Perpres RI No.8 Tahun 2011 Dan Permen ESDM No.13 Tahun 2014)

Penentuan tarif daya listrik yang dipergunakan adalah dengan melihat tarif pembayaran rekening listrik bulanan (Struk pembayaran tagihan listrik) dan mengacu kepada Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 8 Tahun 2011 Tentang Tarif Tenaga Listrik yang Disediakan oleh Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara[5]. Selanjutnya kenaikan tarif dasar listrik mengalami penyesuaian tarif sesuai mekanisme pasar, hal tersebut tertuang dalam Peraturan Menteri ESDM No. 9 Tahun 2015 tentang Perubahan Atas Permen ESDM No.31 Tahun 2014 tentang tarif Tenaga Listrik yang Disediakan oleh Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara.

Dengan itu ada beberapa tarif listrik yang dibedakan dengan golongan tarif antara lain :

Tabel 2.3 Tarif Dasar Listrik Untuk Keperluan Pelayanan Sosial

No.	Gol Tarif	Batas Daya	Reguler		Pra Bayar (Rp/kWh)
			Biaya Beban (Rp/kVA/Bln)	Biaya Pemakaian (Rp/kWh) dan Biaya kVArh (Rp/kVArh)	
1	2	3	4	5	6
1.	S-1/TR	220 VA	-	Abonemen per bulan (Rp) : 14.800	-
2.	S-2/TR	450 VA	10.000	Blok I : 0 s/d 30 kWh : 123 Blok II : diatas 30 kWh s/d 60kWh : 265 Blok III : diatas 60 kWh : 360	325
3.	S-2/TR	900 VA	15.000	Blok I : 0 s/d 20 kWh : 200 Blok II : diatas 20 kWh s/d 60kWh : 295 Blok III : diatas 60 kWh : 360	455
4.	S-2/TR	1.300 VA	*)	780	708
5.	S-2/TR	2.200 VA	*)	760	760
6.	S-2/TR	3.500VA s.d 200 kVA	*)	900	900
7.	S-3/TM	Diatas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x P x 735 Blok LWBP = P x 735 kVArh = 925 ***)	-

Sumber : Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2011

NB : Untuk Bulan Juli hingga Bulan September 2022 terjadi kenaikan, khususnya pada pelanggan R2 dan R3 atau > 3.500 VA dengan golongan Pemerintah.

Untuk P1 = 6.600 VA hingga 200KVA

=Rp. 1.444,7/kWh menjadi Rp. 1.699,53/kWh

Untuk P2 = > 200KVA

=Rp. 1.114,74/kWh menjadi Rp. 1.522,88/kWh.

Peraturan ini berlaku mulai tanggal 1 Juli 2022 dengan Keputusan Surat Menteri ESDM No.T-162/TL-04/MEM.L/2022[19].

2.6 Peluang Hemat Energi (PHE)

Peluang hemat energi dapat dilakukan apabila nilai IKE dari hasil pengukuran yang melebihi dari nilai standar. Menurut PP No.70 Tahun 2009, pada pasal 12 tentang konservasi energi yang menjelaskan harus adanya penghematan energi kemudian setelah menghitung pada metode audir energi maka akan didapatkan total pemakaian pada konsumsi gedung dengan rumus IKE, sehingga juga menghitung total luas gedung, yang kemudian rumus dari PHE adalah :

$$PHE = \Delta IKE \times \Delta area \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

ΔIKE : nilai IKE yang terjadi (kWh/m²)

$\Delta area$: Luas Ruangan (m²)

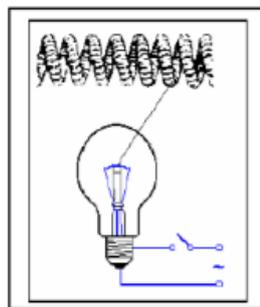
2.7 Jenis-jenis Sumber Pencahayaan

Audit pada sistem pencahayaan bertujuan untuk mengetahui tingkat penerangannya dalam suatu ruangan, apakah sudah sesuai atau belum dengan fungsi ruangan. Sistem penerangan pada bangunan gedung berguna untuk pekerjaan atau kegiatan yang di dalamnya dapat berjalan dengan efisien dan aman. Sistem pencahayaan terbagi menjadi dua, yaitu :

2.7.1 Lampu Pijar (GSL)

Lampu pijar bertindak sebagai ‘badan abu-abu’ yang secara selektif memancarkan radiasi, dan hampir seluruhnya terjadi pada daerah nampak. Bola lampu terdiri dari hampa udara atau berisi gas, yang dapat menghentikan oksidasi dari kawat pijar tungsten, namun tidak akan menghentikan penguapan. Warna gelap

bola lampu dikarenakan tungsten yang teruapkan mengembun pada permukaan lampu yang relatif dingin. Dengan adanya gas *inert*, akan menekan terjadinya penguapan, dan semakin besar berat molekulnya akan makin mudah menekan terjadinya penguapan. Untuk lampu biasa dengan harga yang murah, digunakan campuran argon nitrogen dengan perbandingan 9/1. Krypton atau Xenon hanya digunakan dalam penerapan khusus seperti lampu sepeda dimana bola lampunya berukuran kecil, untuk mengimbangi kenaikan harga, dan jika penampilan merupakan hal yang penting. Gas yang terdapat dalam bola pijar dapat menyalurkan panas dari kawat pijar, sehingga daya hantar yang rendah menjadi penting. Lampu yang berisi gas biasanya memadukan sekering dalam kawat timah. Gangguan kecil dapat menyebabkan pemutusan arus listrik, yang dapat menarik arus yang sangat tinggi. Jika patahnya kawat pijar merupakan akhir dari umur lampu, tetapi untuk kerusakan sekering tidak begitu halnya[8].



Gambar 2.1 Lampu Pijar
Sumber :[8]

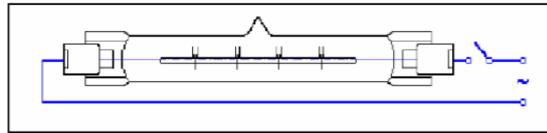
Ciri-ciri :

- Umur Lampu : 1000 jam – 2000 jam

2.7.2 Lampu Halogen-Tungsten

Lampu halogen adalah sejenis lampu pijar. Lampu ini memiliki kawat pijar tungsten seperti lampu pijar biasa yang digunakan di rumah, tetapi bola lampunya diisi dengan gas halogen. Atom tungsten menguap dari kawat pijar panas dan bergerak naik ke dinding pendingin bola lampu. Atom tungsten, oksigen dan halogen bergabung pada dinding bola lampu membentuk molekul oksihalida tungsten. Suhu dinding bola lampu menjaga molekul oksihalida tungsten dalam keadaan uap. Molekul bergerak ke arah kawat pijar panas dimana suhu tinggi memecahnya menjadi terpisah-pisah. Atom tungsten disimpan kembali pada daerah

pendinginan dari kawat pijar – bukan ditempat yang sama dimana atom diuapkan. Pemecahan biasanya terjadi dekat sambungan antara kawat pijar tungsten dan kawat timah molibdenum dimana suhu turun secara tajam[8].



Gambar 2.2 Lampu Halogen Tungsten
Sumber : 8

Ciri-ciri

- Umur lampu : 2000 jam – 4000 jam

Kelebihan

- Lebih kompak
- Umur lebih panjang
- Lebih banyak cahaya

Kekurangan

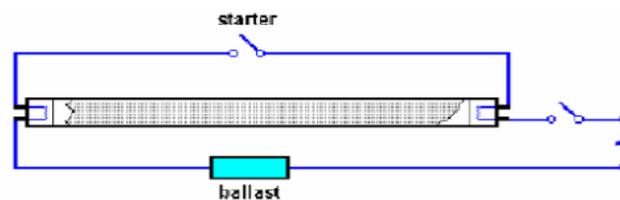
- Lebih mahal
- UV meningkat
- Masalah *handling*

2.7.3 Lampu Neon Kompak (CFL)

Ciri-ciri lampu Neon

Lampu neon, 3 hingga 5 kali lebih efisien dari pada lampu pijar standar dan dapat bertahan 10 hingga 20 kali lebih awet. Dengan melewati listrik melalui uap gas atau logam akan menyebabkan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan komposisi kimia dan tekanan gasnya. Tabung neon memiliki uap merkuri bertekanan rendah, dan akan memancarkan sejumlah kecil radiasi biru/ hijau, namun kebanyakan akan berupa UV pada $253,7nm$ dan $185nm$. Bagian dalam dinding kaca memiliki pelapis tipis fosfor, hal ini dipilih untuk menyerap radiasi UV dan meneruskannya ke daerah nampak. Proses ini memiliki efisiensi sekitar 50%. Tabung neon merupakan lampu ‘katode panas, sebab katode dipanaskan sebagai bagian dari proses awal. Katodenya berupa kawat pijar tungsten dengan sebuah lapisan barium karbonat. Jika dipanaskan, lapisan ini akan mengeluarkan elektron tambahan untuk membantu pelepasan. Lapisan ini

tidak boleh diberi pemanasan berlebih sebab umur lampu akan berkurang. Lampu menggunakan kaca soda kapur yang merupakan pemancar UV yang buruk. Jumlah merkurnya sangat kecil, biasanya 12 mg. Lampu yang terbaru menggunakan amalgam merkuri, yang kandungannya sekitar 5 mg. Hal ini memungkinkan tekanan merkuri optimum berada pada kisaran suhu yang lebih luas. Lampu ini sangat berguna bagi pencahayaan luar ruangan karena memiliki *fitting* yang kompak [8].



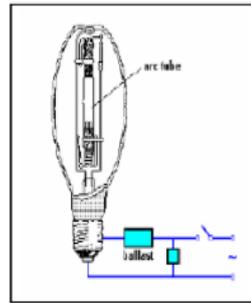
Gambar 2.3 Lampu Neon

Sumber : [8]

2.7.4 Lampu LED

Lampu LED merupakan lampu terbaru yang merupakan sumber cahaya yang efisien energinya. Ketika lampu LED memancarkan cahaya nampak pada gelombang spektrum yang sangat sempit, mereka dapat memproduksi “cahaya putih”. Hal ini sesuai dengan kesatuan susunan merah-biru hijau atau lampu LED biru berlapis fosfor. Lampu LED bertahan dari 40.000 hingga 100.000 jam tergantung pada warna. Lampu LED digunakan untuk banyak penerapan pencahayaan seperti tanda keluar, sinyal lalu lintas, cahaya dibawah lemari, dan berbagai penerapan dekoratif [8]

Teknologi lampu LED sangat cepat mengalami kemajuan dan menjanjikan untuk masa depan, walaupun masih dalam masa perkembangan. Pada cahaya sinyal lalu lintas, pasar yang kuat untuk LED, sinyal lalu lintas warna merah menggunakan lampu 10W yang setara dengan 196 LED, menggantikan lampu pijar yang menggunakan 150W. Berbagai perkiraan potensi penghematan energi berkisar dari 82% hingga 93%. Produk pengganti LED, diproduksi dalam berbagai bentuk termasuk batang ringan, panel dan sekrup dalam lampu LED, biasanya memiliki kekuatan 2-5W masing-masing, memberikan penghematan yang cukup berarti dibanding lampu pijar dengan bonus keuntungan masa pakai yang lebih lama, yang pada gilirannya mengurangi perawatan.



Gambar 2.4 Lampu LED
Sumber :[8]

2.8 Sistem Tata Udara

Pengadaan suatu sistem tata udara adalah agar tercapai kondisi temperature, kelembapan, kebersihan dan distribusi udara dalam ruangan dapat dipertahankan pada tingkat keadaan yang diharapkan. Untuk kondisi iklim di Indonesia (tropis), proses pengkodisian udara yang berupa pendinginan banyak sekali digunakan. Pendingin ini berfungsi untuk menciptakan kondisi nyaman bagi beberapa aktivitas manusia. Semakin nyaman suaturuangan tentu akan meningkatkan produktifitas di dalamnya. Sistem tata udarater diri dari 2, yaitu : [3]

2.8.1 Sistem Tata Udara Alami

Sistem tata udara alami hanya mengandalkan tata ruang dan aliran udara sekitar bangunan gedung. Untuk ruangan yang tidak menggunakan peralatan pendingin udara harus memiliki lubang ventilasi minimal 15% dari luas lantai dengan menerapkan ventilasi silang agar aliran udara dapat berjalan. Sistem tata udara alami ini merupakan jendela, pintu, dan ventilasi.

2.8.2 Sistem Tata Udara Buatan

Sistem tata udara buatan digunakan untuk mengendalikan kondisitermal, kualitas, dan sirkulasi udara di dalam ruangan untuk memenuhi persyaratan kenyamanan termal penggunaan bangunan. Sistem tata udara buatan biasanya menggunakan AC sebagai pendingin ruangan yang merupakan paling banyak digunakan di Negara-negara tropisseperti Indonesia.

Efisiensi sebuah mesin pendingin sering dinyatakan dengan istilah COP(*Coefficient OfPerfomance*) ataupun EER(*Energy Efficiency Ratio*).

COP merupakan perbandingan laju kalor yang dikeluarkan dengan laju energi yang harus dimasukkan kesistem. COP berbanding terbalik dengan biaya

operasionalnya, apabila COP memiliki angka yang lebih tinggi maka biaya operasional yang dikeluarkan akan menjadi lebih rendah. [4]

$$COP = \frac{Q_e (kW)}{W (kW)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

- COP = koefisien prestasi
- Qe = kapasitas pendingin
- W = daya input compressor

EER merupakan perbandingan input daya dengan kapasitas pendinginan. Satuan yang digunakan untuk mengukur kapasitas pendingin tersebut menggunakan satuan Btu/h (British thermal units per hour) sedangkan satuan daya yang diukur menggunakan watt. EER berbanding lurus dengan tingkat efisiensinya, semakin tinggi angka EER yang dimiliki oleh AC, maka AC tersebut akan semakin efisien.

$$EER = \frac{Btu/h}{W} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

- EER = tingkat efisiensi penggunaan energi
- Btu/h = kapasitas pendingin AC
- W = energi listrik (kWh)

Semakin tinggi angka EER, maka semakin efisien penggunaannya. AC dengan EER sama atau lebih besar dari 10 (sepuluh) untuk kondisi saat ini dianggap sudah efisien.

Tabel berikut menyajikan kriteria EER dan COP yang merupakan indikator efisiensi energi pada AC.

Tabel 2.4 Kriteria Tanda Hemat Energi Pada AC

No.	Kriteria	EER	COP
1.	Superior	20	6,0
2.	Baik Sekali	>14	4,0
3.	Baik	11 – 14	3,0 – 4,0
4.	Buruk	8,5 – 10	2,5 – 3,0
5.	Buruk Sekali	6,8	2,0

Sumber : Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral

Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan pada saat menentukan kebutuhan PK AC pada suatu ruangan yakni daya pendingin AC (BTU/hr-British

Thermal Unit) daya listrik (watt) dan PK compressor AC. Secara umum orang mengenal angka PK (Paard Kracht/Daya Kuda/ Horse Power) pada AC. Sebenarnya PK adalah satuandaya compressor AC bukan daya pendingin AC. Namun PK lebih dikenal ketimbang BTU/hr di masyarakat awam.

Tabel berikut menyajikan konversi BTU/hr (British Thermal Unit/ Hour) ke PK (Paard Kracht) pada AC.

Tabel 2.5 Tabel Konversi AC

Btu/h	kWh	PK AC
9000	2,638	1
12000	3,517	1,5
18000	5,275	2
75000	21,979	10

Sumber : Catalog Daikin

2.8.3 Jenis - jenis AC

Berdasarkan jenisnya ada 4 jenis AC yang sering dipergunakan adalah sebagai berikut :

1. AC Split

Pada AC jenis split komponen AC dibagi menjadi dua unit yaitu unit indoor yang terdiri dari filter udara, evaporator dan evaporator blower, ekspansi valve dan control unit, serta outdoor yang terdiri dari kompresor, kondenser, kondensor blower dan refrigerant filter. Selanjutnya antara unit indoor dengan unit outdoor dihubungkan dengan 2 buah saluran refrigerant, satu buah untuk menghubungkan evaporator dengan kompresor dan satu buah untuk menghubungkan refrigerant filter dengan ekspansi valve sertakabel power untuk memasok arus listrik untuk kompresor dan kondenser blower.



Gambar 2.5 AC Split

Sumber : Hotel Kapuas Palace Pontianak

2. AC Window

Pada AC jenis window, semua komponen AC seperti filter udara, evaporator blower, kompresor, kondenser, refrigerant filter, ekspansi valve dan control unit terpasang pada satu base plate, kemudian base plate beserta semua komponen AC tersebut dimasukkan kedalam kotak plat sehingga menjadi satu unit yang kompak. Biasanya dipilih karena pertimbangan keterbatasan ruangan, seperti pada rumah susun.



Gambar 2.6 AC Window

Sumber : Hotel Kapuas Palace Pontianak

3. AC Sentral

Pada AC jenis ini udara dari ruangan didinginkan pada cooling plant di luar ruangan tersebut, kemudian udara yang telah dingin dialirkan kembali kedalam ruangan tersebut. Biasanya cocok untuk dipasang di sebuah bertingkat (berlantai banyak), seperti di hotel atau mall.



Gambar 2.7 AC Sentral

Sumber : Hotel Kapuas Palace Pontianak

4. AC Standing

Jenis AC ini cocok dipergunakan untuk kegiatan-kegiatan situasional dan mobil karena fungsinya yang mudah dipindahkan, seperti seminar, pengajian outdoor dsb.



Gambar 2.8 AC Standing

Sumber : Hotel Kapuas Palace Pontianak

AC berperan lebih dari sekedar mendinginkan udara. AC benar-benar berfungsi sebagai “pengkondisi” udara, yaitu dengan menyingkirkan debu dan kotoran pada saat udara ruangan dihisap melalui filter. Beberapa AC model terbaru malah ada yang diklaim mampu membunuh kuman, bakteri dan virus yang bertebaran di udara. AC juga berfungsi menurunkan kelembaban, membuat udara lebih nyaman pada berbagai temperatur. Manfaat-manfaat ini tentu saja membutuhkan biaya. Karena sebuah unit AC adalah investasi yang terukur, penghematan biaya dan listrik dapat dilakukan dengan cara membeli dan menggunakan AC dengan bijaksana[5].

Apabila memilih diantara merek-merek AC dengan harga, kapasitas dan fitur yang kurang lebih sama, efisiensi energi listrik (EER) dapat dijadikan faktor pembeda. Meskipun unit AC yang lebih hemat listrik harganya lebih mahal, tetapi mungkin itu adalah pilihan yang terbaik. Selanjutnya perlu dipelajari garansi yang diberikan oleh masing-masing merek AC tersebut, selain itu besarnya konsumsi energi listrik yang dibutuhkan oleh unit AC juga dipengaruhi oleh teknologi yang digunakan. Teknologi pada unit AC ada 3 jenis yaitu konvensional, *low wattage* dan *inverter*.

Teknologi AC konvensional boros energi, AC *low wattage* lebih hemat energi, namun selama beroperasi besarnya daya listrik yang dibutuhkan selalu konstan. Pengaturan suhu ruangan dilakukan melalui thermostat, sehingga kompresor akan hidup dan mati berulang-ulang. Pada AC, teknologi *inverter* terintegrasi di dalam unit *outdoor*. Kompresor AC didalam unit outdoor mengubah tingkat kompresi refrigerant, maka dalam proses tersebut dimungkinkan terjadinya

pengaturan suhu. Pada kenyataannya, pengaturan ini diperoleh dari perubahan kecepatan motor di dalam Kompresor AC. Maka apabila kecepatan motor dapat dikontrol dengan halus pada berbagai tingkat, inverter control memungkinkan AC tidak hanya hemat listrik, namun juga mampu melakukan pengaturan suhu yang lebih baik. Fungsi kunci dari inverter ini terletak pada komponen yang disebut *microcontroller*.