

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Konservasi Energi

Konservasi energi merupakan langkah kebijaksanaan yang pelaksanaannya paling mudah dan biayanya paling murah. Kebijakan ini bertujuan untuk memanfaatkan sumber energi yang ada dengan sebaik-baiknya, dan juga dalam rangka upaya mengurangi ketergantungan minyak bumi, sehingga konservasi energi ini tidak akan menjadi penghambat pembangunan dan kerja operasional yang telah direncanakan (Badan Koordinasi Energi Nasional, 1983).

Peluang hemat energi dilakukan apabila sudah didapatkan total pemakaian konsumsi gedung perhitungan besarnya IKE. Apabila peluang hemat energi ini sudah diketahui sebelumnya, maka perlu ditindak lanjuti dengan analisis peluang hemat energi, dengan cara membandingkan potensi perolehan hemat energi dengan biaya yang harus dibayar untuk pelaksanaan rencana penghematan energi yang direkomendasikan. Penghematan energi pada gedung harus dilakukan usaha-usaha, seperti mengurangi sekecil mungkin pemakaian energi, memperbaiki kinerja peralatan, penggunaan sumber energi lebih murah dan dalam usaha penghematan energi pada gedung harus memikirkan kenyamanan dan produktivitas di lingkungan/penghuni gedung.

2.1.2. Indeks Konsumsi Energi (IKE)

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) adalah perbandingan konsumsi energi total dengan luas bangunan gedung. Konservasi energi yang dilakukan gedung dapat dilihat dari seberapa besar nilai IKE pada gedung tersebut. Satuan IKE adalah kWh/m² pertahun (Muslimin, 2018).

Jika nilai IKE pada suatu gedung lebih rendah dari standar SNI yang berlaku maka gedung tersebut termasuk dalam kategori hemat energi, sehingga perlu mempertahankan nilai IKE tersebut dengan melakukan pemeliharaan sesuai dengan standar dan prosedur yang telah ditetapkan. Jika nilai IKE pada suatu gedung lebih

tinggi diantara dari standar SNI yang berlaku maka bangunan gedung tersebut termasuk dalam kategori boros, sehingga perlu adanya perbaikan, pergantian atau perubahan pada sumber pemborosan dalam upaya penghematan energi, retrofitting/replacement (Kamarga, 2011).

Sektor-sektor yang dihitung pada audit energi penggunaan listrik di suatu bangunan, yaitu :

1. Rincian luas total bangunan gedung (m²).
2. Tingkat pencahayaan ruangan
3. Konsumsi energi bangunan gedung per tahun (kWh/tahun).
4. Biaya konsumsi energi gedung (Rp/kWh).

Untuk menghitung nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) pada bangunan, nilai IKE dinyatakan dengan rumus yang sesuai dengan SNI 03-6196-2011 yaitu:

$$\text{IKE} = \frac{\text{Konsumsi Energi (KW)}}{\text{Luas bangunan (m}^2\text{)}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana pemakaian energi listrik (kWh)

$$\text{kWh} = \frac{((n\text{Lampu} \times P\text{Lampu}) + (n\text{STU} \times P\text{STU}) \times t}{1000} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

- n STU : Jumlah system tata udara terpasang
- P. lampu : Daya lampu terpasang (watt)
- P. STU : Daya sistem tata udara (watt)
- n. lampu : Jumlah lampu
- t. : Waktu pemakaian

Terdapat nilai acuan IKE pada suatu gedung, seperti dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Nilai standar IKE berdasarkan SNI-6197-2011

Kriteria	SNI 6197-2011 IKE (kWh/m ² /tahun)
Sangat Efisien	50,04 - 95,04
Efisien	95,04 - 144,96
Cukup Efisien	144,96 - 174,96
Sedikit Boros	174,96 - 230,04
Boros	230,04 - 285
Sangat Boros	285 - 450

Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 2011.

Ada beberapa penelitian tentang audit energi pada sistem pencahayaan dan sistem tata udara yaitu Suhendar, Ervan Efendi, dan H pada tahun 2013 dengan judul penelitian “*Audit Sistem Pencahayaan Dan Sistem Pendingin Ruangan Di Gedung RSUD Cilegon.*” Tujuan penelitian ini untuk mengetahui upaya penghematan energi pada sisi pemakaian, terutama ditunjukkan terhadap pencahayaan gedung dan air conditioning (AC) di RSUD Cilegon. Metode penelitian ini pengumpulan data historis gedung, pengukuran pencahayaan dan pengukuran suhu, perhitungan IKE, analisis ekonomi, rekomendasi perbaikan dan PHE.

Hasil penelitian berdasarkan perhitungan IKE tahun 2012 didapatkan nilai IKE di RSUD Cilegon masuk dalam kategori “sangat efektif” sesuai standar SNI-6197-2011, sehingga tidak perlu melanjutkan audit rinci, tetapi dari hasil pengukuran setiap ruangan terdapat hasil pengukuran sistem pencahayaan dan sistem pendingin ruangan yang tidak sesuai standar SNI yang berlaku. Dari hasil pengukuran sistem pencahayaan dan sistem pendingin ruangan yang belum sesuai SNI maka perlu adanya perbaikan dengan rekomendasi, seperti pergantian lampu dengan jenis lampu yang hemat energi. Setelah rekomendasi perbaikan maka dapat dibandingkan jumlah pemakaian konsumsi energi listrik sebelum dan sesudah perbaikan. Setelah perbaikan pada sistem pencahayaan

didapat peluang hemat energi sebesar 64,07%. Kemudian perbaikan pada sistem pendingin ruangan (AC), dari hasil pengukuran didapatkan ada beberapa suhu ruangan melebihi standar SNI untuk ruangan ber-AC. Maka dilakukan perbaikan dengan mengganti jenis *refrigerant R22* menjadi *musicool M22*. Setelah perbaikan pada sistem pendingin ruangan didapat peluang hemat energi sebesar 41,26 %. Dapat disimpulkan bahwa sistem pencahayaan dan sistem pendingin ruangan di gedung RSUD Cilegon masih belum sesuai standar SNI, maka perlu dilakukannya perbaikan dalam upaya peluang penghematan energi listrik. Persamaan penelitian ini yaitu bertujuan untuk mengetahui gambaran dari upaya penghematan energi. Perbedaan penelitian ini adalah tempat penelitian, data historis gedung, dan analisa data (Suhendar, Ervan Efendi, H 2013).

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Energi Listrik

Energi listrik adalah energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik, dengan satuan amper (A) dan tegangan listrik dengan satuan Volt (V) dengan ketentuan kebutuhan konsumsi daya listrik dengan satuan Watt (W), energi dikonversikan dari bentuk energi yang satu ke bentuk energi yang lain, untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan ataupun untuk menghasilkan bentuk energi yang lain. Energi listrik merupakan energi sekunder, energi listrik dapat dihasilkan dari berbagai sumber, yaitu nuklir, angin, matahari, batu bara, dan lainnya (Caffal C.,1995).

2.2.2. Audit Energi

Menurut peraturan No.14 tahun 2012, Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral menjelaskan bahwa, audit energi merupakan rangkaian evaluasi akan pemanfaatan energi dan mengidentifikasi peluang penghematan energi serta memberikan rekomendasi untuk peningkatan efisiensi pada penggunaan sumber energi dalam rangka konservasi energi. Audit energi dilakukan setiap saat atau sesuai dengan jadwal yang sudah ditetapkan. Monitoring pemakaian energi secara teratur merupakan keharusan untuk mengetahui besarnya energi yang digunakan pada setiap bagian operasi selama

selang waktu tertentu. Dengan demikian usaha-usaha penghematan dapat dilakukan (Abdurarachim, 2002).

Jangkauan audit energi dimulai dari survei data kemudian pengujian data secara rinci, kemudian melakukan analisis dan perancangan sehingga didapatkan data baru. Waktu pelaksanaan audit energi tergantung pada tujuan dan jenis beban yang akan diteliti. Manfaat yang didapatkan dari pelaksanaan audit energi, yaitu :

- a. Mengetahui nilai IKE pada bangunan gedung.
- b. Mengetahui profil penggunaan energi listrik pada bangunan gedung.
- c. Mengetahui sumber pemborosan energi listrik pada bangunan gedung.
- d. Peningkatan efisiensi pada penggunaan sumber energi.
- e. Memberikan rekomendasi untuk peningkatan penghematan energi listrik.

2.2.3. Jenis-jenis Audit Energi

Menurut SNI 03-6196-2011 terdapat tiga macam metode untuk menentukan audit energi, diantaranya:

- a. Audit Energi Singkat

Audit energi singkat adalah kegiatan pengumpulan data yang sudah tersedia, data energi listrik pada bangunan, dan data yang tidak perlu adanya pengukuran. Pengumpulan data tersebut, berupa pengumpulan data historis, pengumpulan ini mencakup dokumentasi bangunan yang sesuai dengan gambar konstruksi bangunan tersebut seperti denah bangunan, gambar instalasi, dan diagram garis tunggal. Adapun hal yang lain meliputi pembayaran rekening listrik bulanan, tingkat hunian bangunan (occupancy rate).

- b. Audit Energi Awal (AEA)

Audit energi awal adalah kegiatan pengumpulan data yang sudah tersedia, data energi listrik pada bangunan, dan data yang perlu adanya pengukuran. Audit awal dilakukan bertujuan untuk mengetahui gambaran umum pola penggunaan energi sehingga dapat mengenali sumber-sumber pemborosan energi, identifikasi potensi penghematan, dan menyusun

rekomendasi awal untuk meningkatkan efisiensi energi jangka pendek.

Pengumpulan data tersebut, meliputi:

- Dokumentasi pada bangunan, berupa luas total bangunan seluruh lantai, diagram instalasi pencahayaan, diagram instalasi tata udara.
- Pembayaran rekening listrik bulanan pada bangunan gedung.
- Perhitungan nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) pada gedung.

c. **Audit Energi Rinci (AER)**

Audit Energi Rinci dilaksanakan apabila audit energi awal memberikan gambaran nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) listrik lebih besar dari nilai standar yang ditentukan. Audit terinci digunakan untuk mengetahui profil penggunaan energi pada bangunan tersebut, sehingga dapat diketahui peralatan pengguna energi apa saja yang pemakaiannya energinya cukup besar. Data tersebut meliputi pengumpulan data historis, dokumentasi bangunan, observasi, dan pengukuran lengkap. Audit Energi Rinci (AER) dilaksanakan apabila mendapatkan rekomendasi dari audit energi awal atau singkat. Analisis data yang dilakukan, yaitu:

- 1) Perhitungan efisiensi konsumsi energi yaitu dengan menghitung konsumsi energi listrik sistem penerangan dan sistem tata udara.
- 2) Menghitung nilai IKE (kWh/m²/bulan) Menganalisis data yang telah dilakukan pengukuran.

2.2.4. Sistem Pencahayaan

Sistem pencahayaan suatu bangunan terbagi menjadi 2, yaitu :

1. **Sistem Pencahayaan Alami**

Sistem pencahayaan alami berasal dari cahaya matahari dan harus dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya untuk mengurangi energi listrik pada bangunan. Pencahayaan alami memiliki dampak terhadap meningkatnya suhu ruangan dikarenakan radiasi matahari. Pencahayaan alami dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya musim, jam, letak dan lebar jendela. Pencahayaan alami dalam bangunan harus memenuhi standar, yaitu

standar BSN 2011 pada SNI 03-2396-2001 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada gedung (SNI 03-2396-2001).

Pada SNI 03-2396-2011 terdapat kriteria perancangan sistem pencahayaan alami pada gedung, yaitu :

- Cahaya alami didalam ruangan cukup merata dan tidak mengganggu kegiatan diruangan.
- Pencahayaan alami yang baik pada siang hari antara jam 08.00 – 16.00 waktu setempat.

2. Sistem Pencahayaan Buatan

Sistem pencahayaan buatan dihasilkan oleh sumber cahaya buatan manusia. Dalam sistem penerangan jumlah cahaya dihitung dengan menggunakan metode perhitungan lumen. Dengan metode lumen perhitungan diperoleh dari intensitas kuat pencahayaan pada bidang kerja ruangan secara umum (SNI 03-6575-2001).

Pada SNI 03-6575-2001 tingkat pencahayaan minimal pada ruangan lembaga pendidikan yang direkomendasikan, dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2. Nilai Acuan Tingkat Pencahayaan Ruangan

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)
Ruang kelas	350
Perpustakaan	300
Ruang Laboratorium	500
Ruang guru	300
Ruang gambar	750
Kantin	200
Ruang Komputer	500
Toilet	200

Sumber: SNI 03-6575-2001

Intensitas pencahayaan dapat diukur dengan alat yaitu *Lux meter*. Pada lux meter terdapat photo electric cell yang digunakan untuk menangkap energi cahaya, lux meter bekerja dengan mengubah energi cahaya menjadi energi listrik yang berbentuk arus untuk menggerakkan jarum skala atau mengubah angka pada lux meter digital, hasil pengukuran dapat dibaca pada layar monitor. Intensitas pencahayaan dapat diukur dengan tiga cara, yaitu :

1. Pengukuran Pencahayaan Lokal

Pengukuran pencahayaan lokal merupakan pengukuran yang dilakukan di tempat kerja. Apabila terdapat meja kerja, pengukuran dapat dilakukan diatas meja kerja,

2. Pengukuran Pencahayaan Umum

Pengukuran pencahayaan umum merupakan pengukuran yang telah ditentukan jarak titik potong pengukuran berdasarkan luas ruangan. Jarak titik potong berdasarkan luas ruangan telah ditentukan pada SNI-16-7062-2004, yaitu :

- Apabila luas ruangan pada bangunan $<10 \text{ m}^2$, maka didapat titik potong garis horizontal dengan jarak setiap 1 meter.
- Apabila luas ruangan pada bangunan $10-100 \text{ m}^2$, maka didapat titik potong garis horizontal dengan jarak setiap 3 meter.
- Apabila luas ruangan pada bangunan $> 100 \text{ m}^2$, maka didapat titik potong garis horizontal dengan jarak setiap 6 meter.

Pada SNI-03-6575-2001, nilai acuan daya pencahayaan maksimal pada ruangan, seperti dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3. Nilai Acuan Daya Pencahayaan Maksimum

Fungsi Ruangan	Daya pencahayaan maksimum (W/m ²)
Ruang kelas	15
Perpustakaan	11
Ruang Komputer	12
Ruang guru	12
Ruang gambar	20
Kantin	8

Sumber: SNI 03-6575-2001.

Penggunaan energi pada sistem pencahayaan bukanlah pengguna terbesar pada energi listrik namun upaya penghematan pada sistem pencahayaan dapat memberikan peluang cukup besar dalam kegiatan konservasi energi. Pada sistem pencahayaan konservasi energi bertujuan untuk memperoleh sistem pencahayaan dengan pengoperasian yang optimal. Optimal dalam hal ini bermaksud bahwa pemakaian energi untuk pencahayaan yang lebih efisien tidak perlu mengubah fungsi bangunan, kenyamanan dan produktivitas penghuni, serta mempertimbangkan aspek keramahan lingkungan dan biaya. Peluang penghematan energi pada sistem pencahayaan dapat direkomendasikan dengan pengurangan tingkat pencahayaan pada tingkat minimum atau dengan mengganti lampu pijar dengan fluorescence, dengan pergantian beban lampu tersebut dapat menekan 15% sampai dengan 20% penggunaan listrik pada bangunan gedung (Magdalena, 2009).

Pada SNI-03-6575-2001, terdapat kriteria perancangan tingkat penerangan. Dalam pemilihan lampu harus diperhatikan efikasi lampunya yang dinyatakan dalam lumen/watt. Efikasi merupakan ukuran efektivitas pada lampu dengan mengubah energi

listrik menjadi energi cahaya terpakai. Apabila lampu yang dipakai tidak sesuai maka lampu tersebut dapat digantikan dengan lampu yang efisien atau lampu hemat energi sebagai upaya penghematan energi. Berdasarkan contoh dari hasil perhitungan SNI 6197-2011 tentang konservasi energi pada sistem pencahayaan untuk mengetahui jumlah lampu yang dibutuhkan dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N = \frac{E \times A}{Kp \times Kd \times F} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

N = Jumlah lampu yang akan digunakan

E = Nilai acuan intensitas pencahayaan (*Lux*)

A = Luas ruangan (m²)

Kp = Koefisien Penggunaan dengan nilai (0,7)

Kd = Koefisien Defresiasi dengan nilai (0,8)

F = Nilai lumen

Koefisien Penggunaan (Kp), menurut SNI 03-6575-2001 besarnya koefisien penggunaan (Kp) pada sebuah armature merupakan keharusan untuk memberikan tabel Kp yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat armature, tabel Kp ini berfungsi untuk perancangan pencahayaan menggunakan armature dengan baik. Besarnya koefisien penggunaan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya :

- Perbandingan antara keluaran cahaya dari lampu dengan keluaran cahaya dari armatur.
- Intensitas cahaya dari armature.
- Pancaran cahaya dari dinding, langit-langit, dan lantai.
- Luas ruangan.
- Penempatan pemasangan dari armature, dipasang menggantung atau menempel pada langit-langit.

Koefisien Depresiasi (Kd), menurut SNI 03-6575-2001 besarnya koefisien depresiasi untuk ruangan dan armature sebesar 0,8. Besarnya koefisien depresiasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya :

- Kebersihan dari permukaan ruangan.
- Kebersihan dari armature dan lampu.
- Keluaran cahaya lampu mengalami penurunan selama waktu tertentu.

2.2.4. Sistem Tata Udara

Sistem tata udara adalah keseluruhan sistem yang mengkondisikan udara di dalam gedung, mengkondisikan gedung dengan mengatur kondisi temperature, kelembaban, dan kebersihan sehingga diperoleh kondisi ruangan yang nyaman. Suatu sistem pengkondisian udara dapat berupa sistem pendinginan, ventilasi dan pemanasan. Di Republik Indonesia banyak menggunakan pengkondisian udara berupa pendingin, mengingat iklim di Indonesia adalah iklim tropis. Pada bangunan besar biasanya menggunakan sistem pengkondisian udara central. Sistem pengkondisian udara central terdiri dari satu atau lebih mesin pendingin air (water-chiling plants) dan mesin pemanas air. Ruangan yang dikondisikan menggunakan satu atau lebih saluran air dingin atau panas melewati pipa menuju ke penukaran kalor yang berada pada sebuah ruangan (SNI 03-6390-2000).

Komponen bangunan gedung yang mempengaruhi beban pendinginan, komponen beban dapat memberikan kontribusi cukup terhadap beban pendingin ruangan, namun bukan berarti mengabaikan komponen beban lainnya. Menurut SNI 03-6390-2000 dalam upaya mencari peluang penghematan energi, komponen-komponen beban tersebut yaitu:

i. Bahan Bangunan

Identifikasi bahan bangunan, identifikasi ini akan menentukan nilai transmitansi termal yang harus dilakukan dengan cermat. Karena kesalahan dalam menentukan nilai transmitansi termal akan menimbulkan kesalahan dalam memperhitungkan beban pendingin.

ii. Beban listrik

Beban pendingin harus sesuai dengan perencanaan sistem listrik untuk setiap ruangan, tidak boleh menggunakan nilai daya listrik persatuan luas lantai dari seluruh gedung.

iii. Beban penghuni

Besarnya beban penghuni, dapat dilihat dari pola gerakan penghuni dengan memperhatikan pola gerakan didalam ruangan, pola gerakan penghuni dapat berpengaruh terhadap beban maksimum ruangan sehingga dapat mempengaruhi besarnya kapasitas mesin pendingin.

iv. Beban udara luar

Beban udara luar sebagai ventilasi dapat menimbulkan beban pendingin laten yang cukup besar. Komponen beban laten mengakibatkan berasal dari penghuni dan udara luar. Dalam kondisi tertentu, diusahakan merancang ruangan bertekanan lebih besar sedikit dibandingkan tekanan udara dari luar.

Efisiensi dari sebuah mesin pendingin dapat dinyatakan dengan istilah COP (*coefficient of performance*) atau EER (*energy efficiency ratio*).

- Coefficeient of Performance (COP)

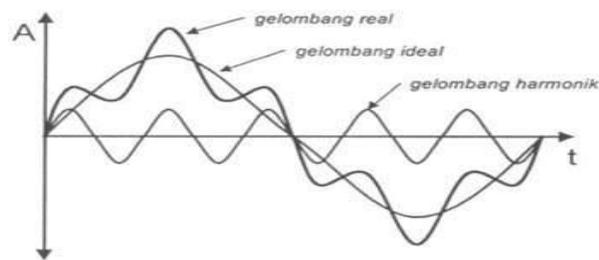
COP merupakan perbandingan beban thermal terhadap beban listrik atau sering didefinisikan COP merupakan perbandingan antara laju kalor yang dikeluarkan dengan laju energi yang harus dimasukkan ke sistem pendingin lengkap. COP digunakan untuk mengetahui performa unit AC, semakin besar nilai COP maka biaya operasional akan menjadi lebih rendah (SNI 03-6390-2000).

- EER (Energy Efficiency Ratio)

EER merupakan perbandingan antara kapasitas peralatan pendingin, yang dinyatakan dengan Btu/jam yang dihasilkan AC dengan seluruh masukan energi listrik, yang dinyatakan dengan Watt (SNI 03-6390-2000).

2.2.6. Harmonisa

Harmonisa adalah gangguan frekuensi, gangguan tersebut terjadi karena adanya perubahan bentuk gelombang frekuensi yang berubah menjadi frekuensi tinggi, kelipatan dari frekuensi dasar yaitu 50 Hz sebagai harmonisa ke-1 (harmonisa fundamental), maka harmonisa ke-2 yaitu 100 Hz, maka harmonisa ke-3 yaitu 150 Hz, dan harmonisa ke -n yang merupakan kelipatan frekuensi dari harmonisa ke-1 (frekuensi fundamental). Gangguan pada harmonisa karena adanya perubahan bentuk gelombang, dari gelombang tegangan dan gelombang arus sehingga akan mengganggu sistem distribusi listrik bahkan kualitas daya.



Gambar 2.1. Bentuk Gelombang Harmonisa

(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/id/8/8c/Harmonic_waves.jpg)

Total Distorsi Harmonik (THD) adalah rasio nilai rms dari komponen harmonisa dengan nilai rms dari komponen dasar, yang dapat dinyatakan dalam bentuk % (*percent*). Nilai Total Distorsi Harmonik (THD) dijadikan acuan untuk batasan arus harmonik atau tegangan harmonik pada sistem tenaga listrik yang masih dapat diterima/tidak (toleransi) oleh sistem. Penyebab THD adalah beban non-linier, besarnya arus tak seimbang dengan besarnya tegangan. Frekuensi masing-masing sinusoidal merupakan kelipatan dari bilangan bulat frekuensi ke-1 (frekuensi fundamental) yang gelombangnya sudah terdistorsi.

Harmonisa utama, dengan gelombang non-sinusoidal terjadi karena beberapa sebab, ialah :

1. Sumber arus atau sumber tegangan yang non-sinusoidal, tetapi komponen-komponen rangkaian (induktor, kapasitor, dan resistor) merupakan beban-beban

linear. Namun, komponen-komponen pada rangkaian terdapat yang mengandung komponen-komponen non-linier.

2. Sumber arus atau sumber tegangan merupakan sumber DC, sedangkan rangkaian mengandung komponen yang berubah secara periodic (Susiono, 1999).

Untuk mengurangi tegangan harmonik dan arus harmonik pada suatu sistem distribus terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan, yaitu :

1. Pada kawat Netral dapat diperbesar, pada sistem distribusi tiga fasa menggunakan 4 kawat, untuk ke tiga fasa menggunakan 3 kawat, dan untuk netral menggunakan 1 kawat.
2. Jika penggunaan beban non-linier, maka akan terjadi panas berlebih pada kawat netral sehingga menyebabkan gangguan harmonik yang lebih besar. Untuk mengurangi hal tersebut maka ukuran pada kawat netral dan kawat netral untuk ground dapat diperbesar dari ukuran standarnya.
3. Pada trafo distribusi / panel utama dapat memanfaatkan sistem proteksi dengan memasang Filter harmonik. Terdapat dua jenis filter harmonik, yaitu filter aktif dan filter pasif. Apabila gangguan harmonisa yang terjadi akibat dari penggunaan beban non-linier, untuk mengurangi gangguan harmonik dapat menggunakan filter aktif, arus harmonik yang timbul akan dikompensasi oleh filter aktif. Selain itu filter aktif dapat digunakan untuk memperbaiki faktor daya. Kemudian harmonisa yang terjadi pada sistem instalasi listrik dapat juga menggunakan filter pasif, filter aktif dapat didesain khusus untuk mengalihkan arus harmonic yang tidak dibutuhkan. Filter aktif dapat digunakan untuk mengkompensasi kerugian dari daya reaktif. Komponen utama pada filter pasif adalah Induktor (L) dan Kapasitor (C), namun pada filter pasif terdapat pula komponen lain yaitu Hambatan (R). Untuk mendapatkan kVAR dan total rating tegangan yang dibutuhkan maka kapasitor dapat dihubungkan dengan cara seri / paralel. Kemudian penggunaan induktor diharapkan mampu menahan selubung frekuensi tinggi (Tanoto, 2005).

Pada standar IEEE 519-1992 terdapat acuan nilai standar THD untuk tegangan, seperti dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4. Standar THD Tegangan IEEEI 519-1992

Voltage at PCC	Individual Component Voltage Distortion	Total Voltage Distortion (THDV _f)
$V \leq 69 \text{ KV}$	3.00 %	5.00 %
$69 \text{ KV} \leq V \leq 161 \text{ KV}$	1.50 %	2.50 %
$V \leq 161 \text{ KV}$	1.00 %	1.50 %

Sumber: Duffey,11989.

Pada standar IEEE 519-1992 terdapat acuan nilai standar THD untuk arus, seperti dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.5. Standar THD Arus IEEE 519-1992

MAXIMUM HARMONIC CURRENT DISTORTION IN % OF FUNDAMENTAL						
I _{sc} /I _{L1}	Harmonic Order (Odd Harmonic)					THD (%)
	< 11	11 ≤ h ≤ 17	17 ≤ h ≤ 23	23 ≤ h ≤ 25	35 ≤ h	
< 20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 - 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 – 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 – 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

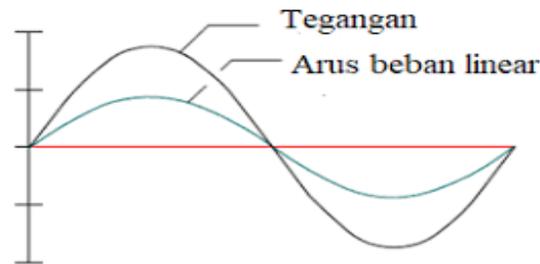
Sumber: Duffey, 1989.

2.2.7. Jenis-jenis Beban Listrik

Terdapat beberapa jenis beban pada sistem kelistrikan, yaitu :

1. Beban Linier

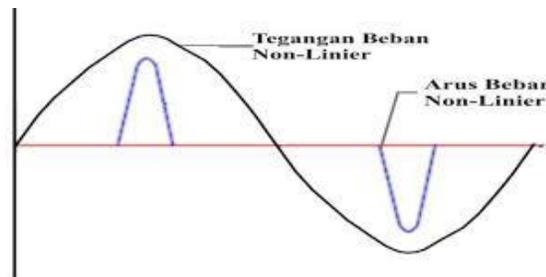
Beban linier adalah beban yang bentuk gelombangnya terdapat hubungan yang linier antara arus terhadap tegangan. Sehingga bentuk gelombang arus sebanding dengan bentuk gelombang tegangan. Beban linier yaitu lampu pijar dan pemanas. (Sutanto Buhron, 2001).



Gambar 2.2. Bentuk Gelombang Beban Linier
(digilib.polban.ac.id)

2. Beban Non-Linier

Beban non-linier adalah beban yang bentuk gelombangnya terdapat hubungan yang tak linier antara arus terhadap tegangan. Sehingga bentuk gelombang arus tidak sama dengan bentuk gelombang tegangan. Beban non-linier yaitu penyearah (UPS, power supply, lampu-lampu pelepasan, komputer,), dan motor DC.



Gambar 2.3. Bentuk Gelombang Beban Non Linier
(digilib.polban.ac.id)