

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Windiasuti, Priska Arista. 2015, melakukan studi penelitian mengenai Audit Kualitas Daya Listrik Gedung DTETI FT UGM Tahun 2015. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa kualitas daya listrik di gedung DTETI secara keseluruhan tergolong baik, dengan hasil analisis yang telah dilakukan diperoleh nilai ketidakseimbangan tegangan bervariasi dari 0,147 hingga 1,085; naik turunnya tegangan bervariasi dari 201 V hingga 228 V; nilai THD tegangan bervariasi dari 1,83% hingga 2,11%; nilai THD arus bervariasi dari 0,00% hingga 76,86% dan nilai faktor daya bervariasi dari 0,29 hingga 1,00.

Ginting, Frederick Sakaja, dkk. 2013, melakukan studi kasus mengenai Pengaruh Harmonisa Terhadap Arus Netral Transformator Distribusi (Aplikasi pada R.S.U Sari Mutia Medan). Hasil dari studi kasus tersebut menyatakan THD arus di Transformator R.S.U Sari Mutiara melebihi standar dimana fasa R sebesar 2,172%, fasa S sebesar 11,533% dan fasa T sebesar 2,746%, sedangkan untuk THD tegangan tidak ada yang melebihi standar IEEE 519, selain itu besar arus orde 0 pada fasa R (3,487 A), S (6,761 A), T (3,316 A), dan fasa Netral (13,561 A).

Elih, Mulyana. dalam jurnalnya yang berjudul Pengukuran Harmonisa Tegangan dan Arus Listrik di Gedung Direktorat TIK Universitas Pendidikan Indonesia menyebutkan bahwa dari hasil penelitian, menunjukkan bahwa secara umum kandungan harmonisa tegangan dan arus listrik di Gedung TIK UPI berada di atas standar yang diizinkan. Dengan rinciannya adalah kandungan harmonisa arus (%THDI) adalah 26,1% - 45,2% pada jam sibuk dan 23% - 31,3% pada jam kurang sibuk untuk standar 15%. Sedangkan kandungan harmonisa tegangan (%THDV) di Gedung TIK pada jam sibuk berada pada rentang 5,5% - 8,3% dan pada jam kurang sibuk < 5% pada standar 5%.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Kualitas Daya Listrik

Menurut Roger C. Dugan, 1996. Istilah kualitas Daya listrik merupakan gambaran suatu konsep tentang baik buruknya sebuah mutu daya listrik akibat adanya beberapa jenis gangguan yang terjadi pada sebuah sistem kelistrikan. 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. Daya adalah suatu nilai dari energi listrik yang dikirimkan dan didistribusikan, dimana besar nilai daya listrik tersebut sebanding dengan perkalian nilai tegangan dan arus. 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.

2.2.1.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Daya Listrik

Berdasarkan sumbernya faktor yang mempengaruhi daya listrik terbagi menjadi dua macam yakni faktor eksternal dan faktor internal.

a. Faktor Eksternal

Faktor Eksternal merupakan faktor yang berasal dari pasokan listrik PLN. Faktor pengaruh didapat dari kualitas daya dari pembangkit listrik (PLN) dan juga dari bagian transmisi dan distribusi (PLN). Kualitas daya listrik dari PLN baik dari pembangkit maupun pada bagian transmisi dan distribusi dituntut oleh konsumen guna memenuhi beberapa syarat dasar kebutuhan layanan (Service requirement) sebagai berikut:

1. Pasokan listrik harus dapat memenuhi dalam kondisi beban puncak
2. Mempunyai nilai frekuensi dan penyimpangan tegangan pada batas minimum.
3. Harmonik dan distorsi gelombang tegangan dalam kondisi minimum serta bebas dari surja tegangan.

4. Pasokan listrik harus mejamin urutan phasenya serta mempunyai keseimbangan sistem tegangan.
5. Mampu mensuplai daya dan waktu layanan dengan keandalan yang tinggi sehingga dapat melayani bebasn secara kontinu.

b. Faktor Internal

Faktor internal merupakan faktor kualitas daya listrik yang berasal dari dalam sebuah instansi tersebut, diantaranya:

1. Konsumen yang belum cukup memiliki informasi mengenai masalah kualitas daya listrik (*power quality*).
2. Perlunya penggunaan maupun pemasangan kapasitor bank.
3. Kurangnya informasi konsumen mengenai nilai kapasitas beban terpasang dengan beban pemakaian.
4. Nilai tingkat harmonisa yang dipengaruhi oleh beban-beban non-linier.

2.2.1.2 Parameter Kualitas Daya Listrik

Parameter-parameter kualitas daya listrik pada kondisi steady state secara umum adalah sebagai berikut:

- a. Frekuensi (Hz)
- b. Tegangan (Volt)
- c. Harmonisa
- d. Faktor Daya (Cos phi)

2.2.1.3 Pengaruh Kualitas Daya yang Kurang Baik Terhadap Perangkat Sistem

Kualitas daya listrik yang kurang baik dapat merugikan baik dari segi perangkat sistem maupun dari pengguna. Berikut beberapa dampak akibat kualitas daya yang kurang baik, diantaranya:

1. Menimbulkan harmonisa, dapat mempercepat kecepatan (rms) dan puncak nilai dari suatu bentuk gelombang. Dapat dikatakan juga bahwa peralatan dapat menerima tegangan puncak paling tinggi

yang membahayakan serta dapat juga mengakibatkan kegagalan tegangan tinggi.

2. Menyebabkan pemanasan, suara bising, serta dapat mengurangi umur dari kapasitor, sekering, trafo, kabel, dan peralatan lainnya (dalam kondisi luar beban puncak).
3. Kerugian pada jalur transmisi, generator, kabel, trafo dan motor AC dapat mengalami kegagalan komponen sistem tenaga dan beban berlebih pada konsumen diakibatkan dari gangguan yang tak terduga.

2.2.2 Audit Energi Kualitas Daya

Audit Energi adalah sebuah kegiatan yang dilakukan untuk mengidentifikasi jenis energi dan besarnya energi yang digunakan pada sebuah gedung/bangunan. Tujuannya adalah untuk menganalisis tingkat efisiensi dari penggunaan energi suatu bangunan serta memberikan peluang untuk dilakukan penghematan. Sedangkan kualitas daya menurut Ewald F. Fuchs dan Mohammad A.S. Masoum, bahwa kualitas daya listrik adalah kualitas daya yang secara umum bertujuan untuk mendefinisikan kualitas tegangan dan atau kualitas yang saat ini di definisikan sebagai: ukuran, analisis dan peningkatan tegangan bus untuk mempertahankan bentuk gelombang sinus pada frekuensi dan tegangan. Definisi ini mencakup semua fenomena sesaat dan pada saat keadaan konstan (*steady-state*).

Kualitas daya listrik menurut Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan, dan H. Wayne Beaty dalam bukunya yang berjudul *Electrical Power System Quality*, didefinisikan sebagai permasalahan daya yang timbul berupa deviasi tegangan, arus, maupun frekuensi yang menyebabkan kegagalan atau tidak beroperasinya peralatan pelanggan.

Dapat ditarik kesimpulan dari kedua pernyataan tersebut bahwa audit kualitas daya listrik adalah sebuah kegiatan yang bertujuan untuk mengidentifikasi kualitas tegangan serta memberikan peluang penghematan energi dari suatu permasalahan daya yang timbul berupa deviasi tegangan, arus maupun frekuensi yang menyebabkan kegagalan atau tidak beroperasinya peralatan pelanggan.

2.2.3 Macam-Macam Daya Listrik

2.2.3.1 Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang sebenarnya dan digunakan untuk melakukan kerja, satuan untuk daya aktif adalah watt (W) atau kilo watt (kW). Apabila ditulis dalam persamaan matematisnya maka persamaannya sebagai berikut:

$$P = V \times I \times \cos \varphi$$

Dimana:

P = Daya Aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$\cos \varphi$ = Faktor Daya

2.2.3.2 Daya Reaktif

Daya reaktif ada 2 macam yakni:

- a. Daya reaktif induktif merupakan daya listrik yang diperlukan untuk menghasilkan medan magnet yang disebabkan oleh aliran arus pada komponen kawat listrik seperti trafo, ballast, motor listrik dan lain-lain.
- b. Daya reaktif kapasitif merupakan daya listrik yang timbul akibat aliran arus pada kapasitor.

Apabila ditulis dalam persamaan matematisnya maka persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Q = V \times I \times \sin \varphi$$

Dimana:

Q = Daya Reaktif (Var)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$\sin \varphi$ = Faktor Reaktif

2.2.3.3 Daya Semu

Daya semu adalah hasil dari penjumlahan trigonometri antara daya aktif dan daya reaktif. Daya semu atau daya nyata adalah daya yang digunakan untuk keperluan start-up pembangkitan energi listrik pada trafo ataupun generator. Apabila dituliskan dalam persamaan matematisnya maka persamaannya adalah sebagai berikut:

$$S = V \times I$$

Dimana:

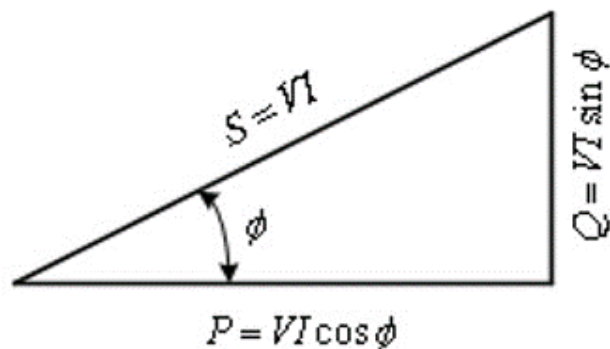
S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

2.2.3.4 Segitiga Daya

Segitiga daya adalah hubungan antara daya aktif, daya reaktif, dan daya semu yang digambarkan secara trigonometri atau seperti berikut ini:



Gambar 2. 1 Segitiga Daya

Dari gambar 2.1 tersebut dapat dirumuskan hubungan antara daya aktif, daya reaktif dan daya aktif adalah sebagai berikut:

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

2.2.4 Faktor Daya

Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif (P) dengan daya semu (S). faktor daya juga biasa disebut $\text{Cos } \varphi$ (Cos phi), nominal nilainya berkisar antara 0 sampai dengan 1. Faktor daya dapat dinyatakan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$\text{Cos } \varphi = \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}}$$

Standar yang ditetapkan oleh PLN untuk nilai minimum faktor daya ($\text{Cos } \varphi$) yang ada pada golongan industri, bisnis, maupun sosial yakni sebesar 0,85. Apabila dibawah angka yang ditetapkan oleh PLN tersebut maka pelanggan akan dibebani denda biaya kelebihan daya reaktif (kVArh), namun denda biaya tersebut tidak berlaku bagi golongan rumah tangga hanya berlaku pada golongan bisnis, industri, maupun sosial. Besar biaya denda kVArh sudah ditentukan oleh PLN sesuai dengan tarif masing-masing golongan.

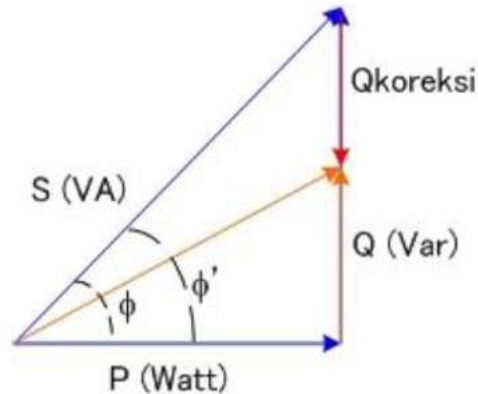
Rendahnya nilai faktor daya ($\text{Cos } \varphi$) dapat menyebabkan beberapa kerugian bagi pelanggan, berupa:

- a. Rugi-rugi hantaran meningkat (FR)
- b. Kapasitas daya semu (S) yang terpasang, tebuang percuma (kVA)
- c. Dibebani biaya kelebihan daya reaktif (kVArh)
- d. Meningkatnya biaya listrik dan pemeliharaan alat.

Faktor daya yang bagus adalah faktor daya yang nilainya mendekati 1, untuk mendapatkan nilai faktor daya yang bernilai mendekati 1 maka perlu perbaikan faktor daya. Perbaikan faktor daya dapat dilakukan dengan memasang kompensasi kapasitif menggunakan kapasitor pada jaringan sistem tersebut.

Kapasitor adalah sebuah komponen listrik yang berguna untuk menyimpan muatan listrik (kapasitansi). Jika pada kapasitor terdapat muatan elektron 1 coloumb ataau sebanding dengan $6,25 \times 10^{18}$ elektron maka kapasitor tersebut bernilai kapasitansi sebesar 1 farad pada tegangan 1 volt. Dengan adanya kapasitor yang terpasang maka beban yang bersifat reaktif induktif (+) akan dialiri daya reaktif yang sifatnya kapasitif (-), karena fungsi dari kapasitor adalah mengeluarkan elektron yang kemudian akan disalurkan ke beban sehingga menyebabkan daya

reaktif mengecil. Akibatnya daya aktif akan bernilai tetap sedangkan daya reaktif mengecil, sehingga $\cos \phi$ akan mendekati sudut 0° dimana kita tahu bahwa nilai $\cos 0^\circ$ adalah 1 dan menyebabkan faktor daya naik.



Gambar 2. 2 perbaikan faktor daya

Besarnya kapasitor dapat dihitung menggunakan rumus matematik berikut ini:

$$C = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times X_c}$$

Dimana:

- C = Kapasitansi
- π = phi (3,14 atau 22/7)
- f = Frekuensi (Hz)
- X_c = Reaktansi Kapasitif (ohm / Ω)

2.2.5 Waktu Pemakaian Daya Listrik

Waktu pemakaian daya listrik terbagi menjadi 2 macam yakni:

- a. WBP (Waktu Beban Puncak) adalah waktu dimana tingkat pemakaian energi / daya listrik oleh konsumen berada pada puncak pembebanan. Biasanya waktu beban puncak berada pada rentang waktu mulai pukul 17:00 WIB sampai 22:00 WIB (5 jam).
- b. LWBP (Luar Waktu Beban Puncak) adalah waktu dimana tingkat pemakaian energi / daya listrik oleh konsumen berada dibawah puncak

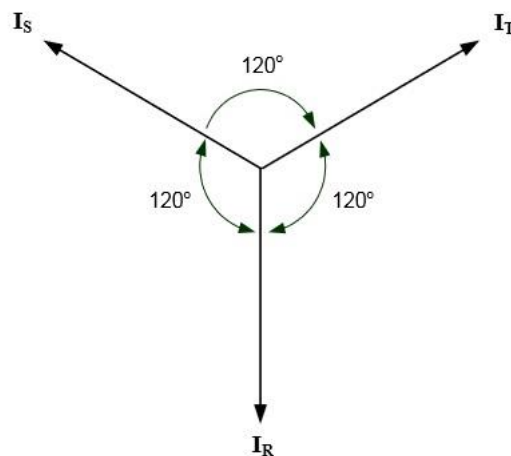
pembebanan. Biasanya luar waktu beban puncak berada pada rentang waktu mulai pukul 22:00 WIB sampai 17:00 WIB (19 jam).

- c. Biaya Kelebihan Daya Reaktif (kVARh) adalah biaya tambahan yang dibebankan kepada konsumen apabila faktor daya rata-rata yang dihasilkan tiap bulannya kurang dari standar yang ditetapkan PLN yakni sebesar 0,85. Besar biaya kelebihan daya reaktif telah ditetapkan oleh PLN sesuai dengan masing-masing tarif golongan.

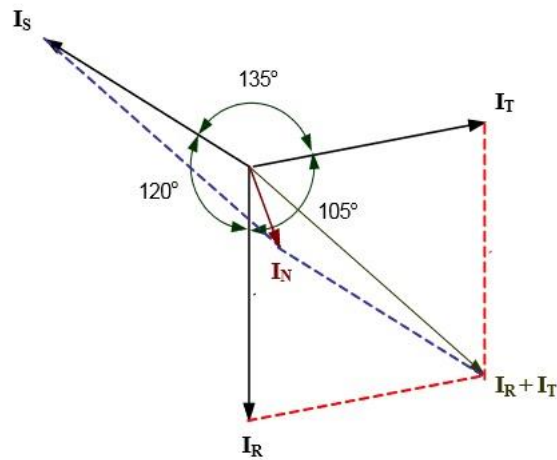
2.2.6 Unbalanced Load (Ketidakseimbangan beban)

Ketidakseimbangan beban adalah sebuah kondisi dimana terjadi ketidakseimbangan arus yang mengalir pada tiap fasa dan mengakibatkan mengalirnya arus pada titik netral. Arus yang mengalir pada titik netral ini mengakibatkan terjadinya losses (rugi-rugi), losses dikarenakan adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan losses dikarenakan arus netral yang mengalir ke tanah. Ada 3 kemungkinan terjadinya ketidakseimbangan beban pada sistem, yaitu:

1. Ketiga vektor bernilai sama besar namun satu sama lain tidak membentuk sudut 120° .
2. Ketiga vektor bernilai tidak sama besar namun satu sama lain membentuk sudut 120° .
3. Ketiga vektor bernilai tidak sama besar dan satu sama lain tidak membentuk sudut 120° .



Gambar 2. 3 vektor diagram arus dalam keadaan seimbang



Gambar 2. 4 vektor diagram arus dalam keadaan tidak seimbang

Dari kedua gambar di atas, gambar 2.3 menunjukkan kondisi dimana vektor dalam keadaan seimbang, dapat dilihat bahwa apabila ketiga vektor arus dijumlahkan (I_R , I_S , I_T) hasilnya sama dengan nol sehingga arus netral (I_N) tidak muncul. Namun ketika vektor arus dalam kondisi tidak seimbang (gambar 2.4) penjumlahan ketiga vektor arus (I_R , I_S , I_T) tidak sama dengan nol, sehingga muncul arus netral (I_N) yang besarnya bergantung dengan seberapa besar faktor ketidakseimbangannya.

2.2.6.1 Akibat ketidakseimbangan beban

Akibat adanya ketidakseimbangan beban adalah arus yang mengalir pada penghantar netral yang lumayan cukup besar sehingga menyebabkan losses (rugi-rugi). Losses pada penghantar netral ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_N = I_N^2 \times R_N$$

Dimana:

- P_N = Losses pada penghantar netral (Watt)
- I_N = arus yang mengalir pada netral (Ampere)
- R_N = Tahanan Penghantar netral (Ω)

2.2.6.2 Besaran ketidakseimbangan beban

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_R = a \cdot I_{rata-rata} \quad \text{maka : } a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}}$$

$$I_S = b \cdot I_{rata-rata} \quad \text{maka : } b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}}$$

$$I_T = c \cdot I_{rata-rata} \quad \text{maka : } c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}}$$

$$I_{ketidakseimbangan} = \frac{\{|a - 1| + |b - 1| + |c - 1|\}}{3} \times 100\%$$

2.2.6.3 Standar ANSI / IEEE Power Quality

Untuk membandingkan kondisi kualitas daya listrik dengan hasil pengukuran dengan Power Quality dapat menggunakan parameter beban sesuai dengan ANSI / IEEE berikut:

Tabel 2.1 Standar ANSI / IEEE Power Quality

No	Parameter	Maksimum
1	Regulasi tegangan keadaan mantab	+5,-10 s/d +10%,-15% (ANSI C84,1-1970) adalah +6,-13%
2	Gangguan Tegangan Drop tegangan sementara tegangan lebih transient	-25 s/d -30% Tidak lebih dari 0,5 s -100% dengan lama 4 s/d 20 ms +150 s/d 200% tidak lebih dari 0,2 ms
3	Distorsi tegangan Harmonik	3-5% (beban linier)
4	Noise	Tidak ada standart
5	Variasi Frekuensi	50 Hz ± 0,5 Hz sampai 1 Hz
6	Perubahan Frekuensi	Sekitar 1 Hz
7	Ketidakseimbangan Beban	5 s/d 20% mak. Pada setiap fase
8	Ketidakseimbangan Tegangan 3	2,5% s/d 5%
9	Faktor Daya	0,18 sampai dengan 0,9
10	Kapasitas Beba	0,75 s/d 0,85 (beban terpasang)

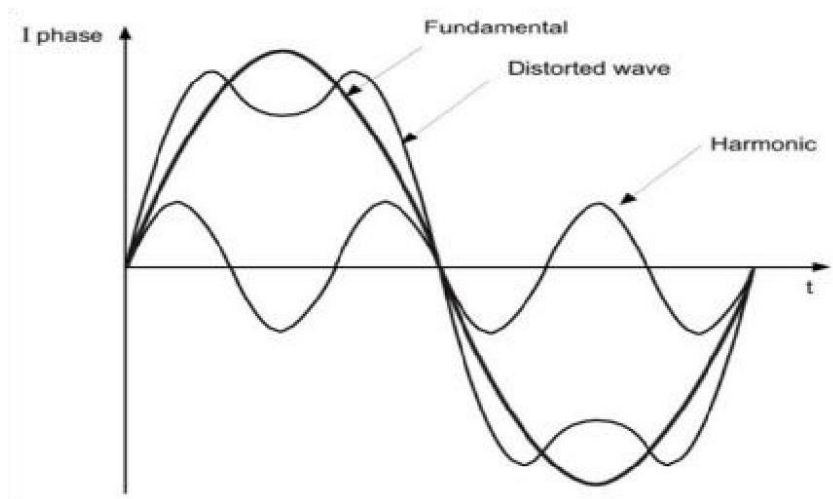
Keterangan: 1,2,5,6 = Tergantung pada sumber daya

3,4,7 = Dihasilkan dari interaksi antara sumber dengan beban

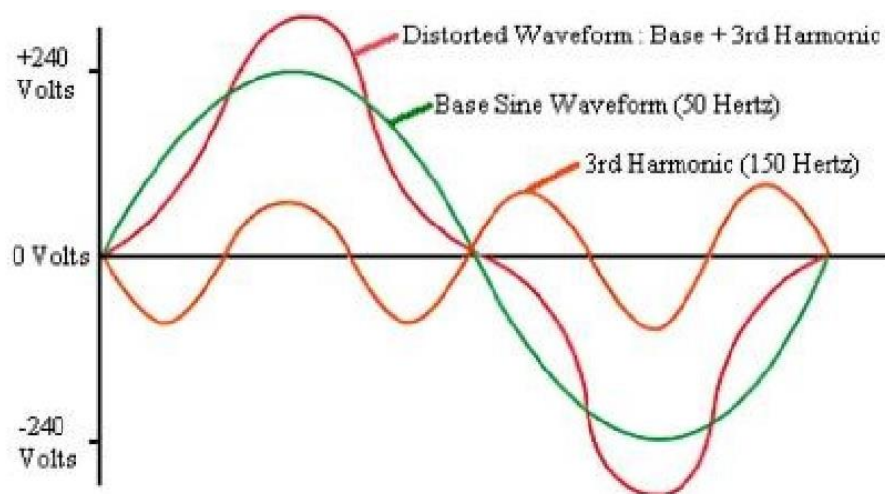
8,9,10 = Tergantung pada jumlah beban

2.2.7 Harmonisa

Harmonisa adalah tegangan maupun arus sinusoida yang memiliki nilai frekuensi sebesar kelipatan dari frekuensi dasarnya. Frekuensi dasar yakni 50 Hz, sehingga harmonisa kedua dan ketiga adalah gelombang dengan masing-masing frekuensi kelipatannya yaitu 100 Hz dan 150 Hz, begitu seterusnya. Gelombang-gelombang tersebut selanjutnya menumpang pada gelombang sinusoida frekuensi dasarnya atau frekuensi murni sehingga menimbulkan gelombang sinusoida yang terdistorsi. Berikut adalah bentuk sinusoida gelombang murni dengan gelombang harmonisanya:



Gambar 2. 5 Bentuk Gelombang Murni dan Gelombang Harmonisa



Gambar 2. 6 Bentuk Gelombang Harmonisa ketiga dan kelima

2.2.7.1 Macam-Macam Harmonisa

Harmonisa ada 4 macam, diantaranya:

1. Harmonisa ganjil: adalah harmonisa berdasarkan kelipatan orde ganjil dari frekuensi murni.
2. Harmonisa genap: adalah harmonisa berdasarkan kelipatan orde genap dari frekuensi murni, akibat dari gelombang yang tidak simetris terhadap sumbu absisnya. Hal ini dapat terjadi karena adanya komponen DC pada beban / suplainya.
3. Subharmonisa: nilai frekuensi yang lebih kecil dari frekuensi dasarnya.
4. Interharmonisa: adalah harmonisa yang nilai frekuensinya bukan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi daya.

Tabel 2. 2 Polaritas Orde Harmonisa

Orde Harmonisa	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Frekuensi (Hz)	50	100	150	200	250	300	350	400	450
Urutan polaritas	+	-	0	+	-	0	+	-	0

2.2.7.2 Total Harmonic Distorsion

Total Harmonik Distorsion (THD) adalah nilai prosentase antara total komponen harmonisa dengan komponen fundamentalnya. Semakin besar nilai prosentase dari THD dapat menyebabkan resiko kerusakan pada alat, dikarenakan harmonisa arus maupun tegangan yang terjadi. Nilai maksimal standard internasional untuk THD yang diijinkan adalah sebesar 5% untuk harmonisa tegangan dan 15% untuk harmonisa arus.

Menurut standard IEEE 519-1992 terdapat dua kriteria dalam mengidentifikasi nilai harmonik yakni standar harmonik untuk tegangan dan standard harmonik untuk arus. Untuk standar tegangan, ditentukan olehh tegangan sistem yang dipakai, sedangkan untuk standard harmonisa arus, ditentukan oleh rasio perbandingan I_{SC} / I_L , ISC adalah hubung singkat arus pada PCC (Point of Common Coupling), sedangkan IL adalah arus beban fundamental nominal.

Tabel 2. 3 Standard IEEE 519-1992 untuk limit distorsi Tegangan

HARMONIC VOLTAGE DISTORSION			
In % of fundamental			
	< 69 kV	69 – 138 kV	> 138 kV
Max for individual harmonic	3	1.5	1
Total harmonic distorsion (THD)	5	2.5	1.5

Tabel 2. 4 Standard IEEE 519-1992 untuk limit distorsi Arus

MAXIMUM HARMONIC CURRENT DISTORSION						
In % of fundamental						
I _{sc} / I _L	HARMONIS ORDER (ODD DISTORSION)					
	< 11	11 ≤ h ≤ 17	17 ≤ h ≤ 23	23 ≤ h ≤ 35	35 ≤ h	THD
< 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
EVEN HARMONIC are limited to 25% of the odd harmonic limit above						
*All power generation equipment in limited of these values of current distorsion, regarless of actual I _{sc} / I _L						
I _{sc} = Maximum short circuit current at PCC						
I _L = Maximum load current (fundamental frequency) at PCC						

Untuk mencari standar THDi yang diijinkan pada tabel 2.4 dari suatu sistem/trafo, terlebih dulu dicari beasr nilai arus short circuit (I_{sc}) dan mengukur arus beban I_L. Arus short cicuit (I_{sc}) dapat dicari menggunakan rumus berikut ini:

$$I_{sc} = \frac{\text{Daya trafo (VA)}}{\sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot Z\%}$$

Dimana:

V_{LL} = tegangan antar fasa (volt)

Z% = impedansi trafo

Untuk mencari standar THDv yang diijinkan dengan menggunakan tabel 2.3 dengan cara mengetahui besarnya tegangan pada sistem/trafo tersebut berada pada range tegangan berapa pada tabel tersebut.

Total Harmonisa Distorsion (THD) pada arus didefinisikan:

$$I_{THD} = \frac{\sum_{h=2}^{\infty} \sqrt{IH^2}}{I_1}$$

Total Harmonisa Distorsion (THD) pada tegangan didefinisikan:

$$V_{THD} = \frac{\sum_{h=2}^{\infty} \sqrt{VH^2}}{V_1}$$

2.2.7.3 Dampak Harmonisa

Penyebab terjadinya gangguan harmonik pada jala-jala listrik di industry diantaranya adalah banyaknya pemakaian beban-beban non linier seperti AC drives, DC drives, Converter Statis, Transformator, UPS (*Uninterruptible power supply*) dan SCR.

Dampak yang timbul akibat gangguan harmonisa berbeda-beda tergantung dengan karakteristik dari beban yang terpasang. Namun, secara umum ada 3 pengaruh harmonisa pada peralatan tenaga listrik, yakni: nilai rms tegangan dan arus lebih besar, nilai puncak (*peak value*) tegangan dan arus lebih besar, dan frekuensi sistem turun.

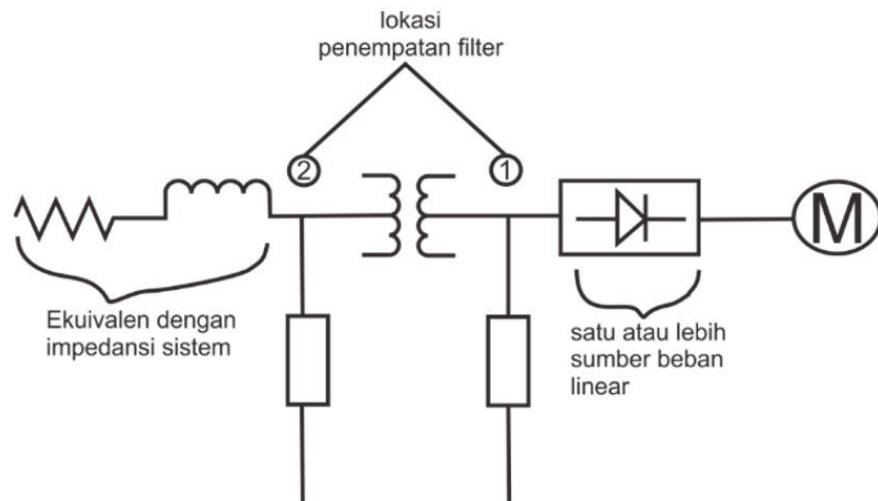
Selain dampak tersebut, ada pula efek jangka pendek dan efek jangka panjang yang timbul dari harmonisa yakni: efek jangka pendek yang disebabkan oleh harmonisa adalah adanya gangguan peralatan control yang dipakai pada sistem elektronik seperti alat-alat pengaman dalam sistem tenaga listrik (relay), dan interferensi sistem komunikasi (noise pada saluran komunikasi). Efek jangka panjang yang timbul akibat harmonisa adalah pemanasan pada kapasitor dan mesin-mesin listrik. Sedangkan pada trafo akan menyebabkan penurunan nilai efisiensi dan menyebabkan kerugian daya. Trafo sangat rentan terhadap gangguan harmonik dikarenakan trafo dirancang sesuai dengan frekuensi kerjanya.

2.2.7.4 Dasar Pengontrolan Harmonik

Dalam memperkecil arus dan tegangan harmonisa adalah dengan pemasangan filter harmonik. Filter harmonik berfungsi menurunkan atau memperkecil amplitude frekuensi tertentu dan harmonisa arus maupun tegangan. Ada 2 macam filter harmonik yakni filter aktif dan filter pasif. Pada filter pasif juga terdapat komponen kapasitor sehingga diharapkan dapat memperbaiki faktor daya pada jala-jala listrik tersebut selain berfungsi sebagai filter. Berikut macam-macam filter pasif, antara lain:

1. Filter dengan penalaan tunggal (*Single Tuned Shunt Filter*).
2. Filter dengan penalaan ganda (*Double Tuned Filter*).
3. Damped Filter

Dalam pemasangannya filter pasif dapat ditempatkan atau dipasang pada bagian incoming trafo atau bisa juga dipasang pada bagian outgoing trafo dekat dengan beban. Karena alasan utama penempatan filter pasif dapat mereduksi gangguan harmonisa secara maksimal, sehingga pemasangan filter pasif akan lebih efektif jika dekat dengan beban terutama beban non-linear. Berikut diperlihatkan dia pilihan penempatan filter harmonisa:



Gambar 2. 7 Pilihan Penempatan Filter Pasif