

# AUDIT DAN ANALISIS KUALITAS DAYA LISTRIK DI RUMAH SAKIT GIGI DAN MULUT ASRI MEDICAL CENTER YOGYAKARTA

Mahendra Alfiyansyah<sup>1</sup>, Agus Jamal<sup>2</sup>, Slamet Suropto<sup>3</sup>, Rama Okta Wiyagi<sup>4</sup>  
Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jl. Brawijaya, Geblagan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55183  
Email : 25redonit@gmail.com

*Beban-beban non-linier merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kualitas daya listrik pada konsumen. Beban ini merupakan sumber harmonik yang dapat menurunkan kualitas daya listrik. Beban non-linier pada umumnya merupakan komponen semikonduktor, yang dimana beban ini membutuhkan arus yang tidak tetap pada periode waktunya. Adapun peralatan yang dapat menyebabkan harmonisa contohnya yaitu, AC drives, DC drives, Converter Statis dan sebagainya. Dari pengukuran dan perhitungan yang telah dilakukan dapat diketahui biaya rugi-rugi daya akibat harmonisa dan unbalance yaitu sebesar Rp. 1,039,689 per tahunnya. Dari pengukuran dan perhitungan yang telah dilakukan dapat diketahui nilai harmonisa maksimal yang terukur pada Main Distribution Panel (MDP) yaitu bernilai 22 % yang terukur pada orde ke-3.*

Kata Kunci : Kualitas Daya Listrik, Audit Energi, Power Quality Analyzer

## 1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan salah satu energi pokok yang menunjang kehidupan manusia. Kualitas daya listrik sudah menjadi bagian penting dari sebuah sistem tenaga. Kualitas daya listrik yang display dari PT. PLN (Persero) maupun kualitas daya listrik dari sisi pelanggan yang dipengaruhi oleh beban dari pelanggan, harus sesuai dengan peraturan yang ditetapkan oleh pemerintah. Menurut Ewald F.Fuchs dan Mohammad A.S Masoum (2008), bahwa kualitas daya listrik yaitu kualitas daya yang umumnya dimaksudkan untuk mendefinisikan sebagai : ukuran, analisis, dan peningkatan tegangan bus untuk mempertahankan bentuk gelombang sinusoidal pada tegangan, arus dan frekuensi. Audit energi listrik mencakup identifikasi terhadap kualitas tegangan, arus, frekuensi, faktor daya dan harmonisa.

Beban-beban non-linier merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kualitas daya listrik pada konsumen. Beban ini merupakan sumber harmonik yang dapat menurunkan kualitas daya listrik. Beban non-

linier pada umumnya merupakan komponen semikonduktor, yang dimana beban ini membutuhkan arus yang tidak tetap pada periode waktunya. Adapun peralatan yang dapat menyebabkan harmonisa contohnya yaitu, AC drives, DC drives, Converter Statis dan sebagainya.

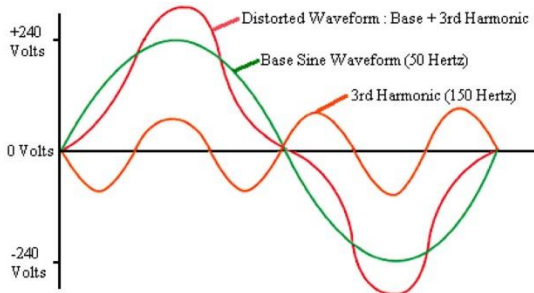
## 2. Kualitas Daya Listrik

Masalah *Power quality* adalah persoalan perubahan bentuk tegangan, arus atau frekuensi yang bisa menyebabkan kegagalan peralatan, baik peralatan milik PLN maupun milik konsumen; artinya masalah *Power Quality* bisa merugikan pelanggan maupun PLN. Peningkatan penggunaan peralatan listrik yang sensitif terhadap gangguan sistem tenaga dan aspek ekonominya, peningkatan terhadap kekhawatiran pada isu kualitas daya dan regulasinya, menciptakan kebutuhan untuk memantau operasi sistem tenaga. Konsumen yang memiliki peralatan berbasis solidstate yang sangat sensitif seperti: pengendali kecepatan terkendali, elektronika daya atau komputer, memerlukan

mekanisme pemantauan untuk menentukan sumber masalah yang mungkin terjadi dan berusaha menentukan metode yang tepat untuk menyelesaikan atau mengurangi kemungkinan munculnya masalah tersebut.

### a. Harmonisa

Harmonisa adalah gelombang tegangan maupun arus sinusoida yang terdistorsi secara periodik terhadap gelombang fundamentalnya dan memiliki nilai frekuensi sebesar kelipatan dari frekuensi fundamentalnya. Untuk sistem tenaga frekuensi yang digunakan 50 Hz, maka harmonisa kedua yang dihasilkan dari frekuensi murninya yaitu 100 Hz, maka harmonisa ketiga yang dihasilkan dari frekuensi murninya yaitu 150 Hz, begitu seterusnya. Gelombang-gelombang harm-onisa tadi selanjutnya tercampur dengan gelombang frekuensi murni sehingga menimbulkan gelombang sinusoida yang terdistorsi. Adanya gelombang-gelombang terdistorsi tersebut akan mengakibatkan kualitas daya pada suatu jaringan menurun.



Gambar 1. Frekuensi Gelombang Fundamental dan Gelombang Harmonisa ketiga dan kelima.

Harmonics Voltage Distortion			
In % Of Fundamental			
	<69 kV	69 – 138 kV	>138 kV
Max for individual harmonic	3	1.5	1
Total Harmonic distortion (THD)	5	2.5	1.5

Tabel 1. Standar IEEE Harmonisa Tegangan

Maximum Harmonics Current Distortion						
In % Of Fundamental						
$I_{sc}/I_L$	Harmonic Order (ODD Distortion)					THD
	<11	$11 \leq h \leq 17$	$17 \leq h \leq 23$	$23 \leq h \leq 35$	$35 \leq h$	
< 20	4	2	1.5	0.6	0.2	5
20 - 50	7	3.5	2.5	1	0.5	8
50 - 100	10	4.5	4	1.5	0.7	12
100 - 1000	12	5.5	5.0	2	1	15
> 1000	15	7	6	2.5	1.4	20

Even Harmonic are limited to 25% of the odd harmonic limit above  
 \*All power generation equipment in limited of these values of current distortion, regardless of actual  $I_{sc} / I_L$   
 $I_{sc}$  = Maximum short circuit current at PCC  
 $I_L$  = Maximum load current (fundamental frequency) at PCC

Tabel 2. Standar IEEE Harmonisa Arus

### b. Unbalanced Load (Ketidakseimbangan Beban)

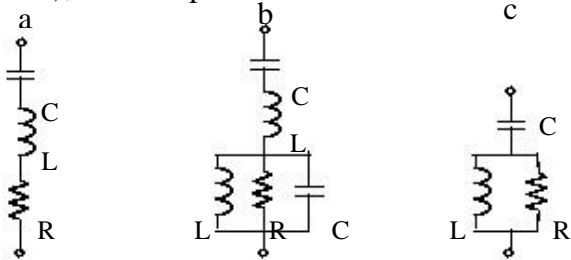
Ketidakseimbangan beban terjadi, ketika jumlah arus yang mengalir pada tiap-tiap fasa (fasa R, fasa S, fasa T) berbeda. Akibat dari jumlah arus yang berbeda ini, menyebabkan timbulnya arus pada fasa netral. Hal ini akan menimbulkan rugi-rugi atau *losses* pada suatu jaringan. Ada dua hal yang mengakibatkan *losses* yaitu dikarenakan adanya arus netral pada penghantar trafo dan arus netral yang mengalir ke tanah (*ground*). Keseimbangan beban akan tercapai apabila suatu sistem memenuhi suatu keadaan yaitu, dimana ketiga vektor arus bernilai sama besar dan atau ketiga vektor saling membentuk sudut  $120^\circ$  antar satu sama lain. Dalam keadaan seimbang penjumlahan vektor arusnya ( $I_R, I_S, I_T$ ) akan bernilai sama dengan nol.

### 3. Mereduksi Harmonisa

Untuk mereduksi harmonisa (*Harmonics*) terdapat beberapa cara, salah satunya yaitu dengan menambahkan filter. Filter harmonisa didesain dengan tujuan untuk mengurangi amplitudo satu atau lebih frekuensi dari sebuah tegangan atau arus. Pemasangan filter harmonisa pada suatu jaringan pada sistem tenaga kelistrikan yang mengandung tegangan atau arus harmonisa, akan mereduksi penyebaran arus maupun tegangan harmonisa ke seluruh jaringan sistem tersebut.

## Filter Passive Single Tuned

Filter pasif merupakan rangkaian seri atau paralel yang terdiri dari beberapa komponen seperti komponen induktif (L), komponen resistif (R), dan komponen kapasitif (C). Rangkaian filter pasif terbagi menjadi 3 bagian, yaitu filter dengan penalaan tunggal (*Single Tuned Shunt Filter*), filter dengan penalaan ganda (*Double Tuned Filter*), dan damped filter.



Gambar 2. a) *Single Tuned Filter*, b) *Double Tuned filter*, c) *Damped filter*.

Prinsip kerja dari filter pasif adalah mengalirkan arus harmonisa orde tertentu dari sumber harmonisa (beban non linier) melalui jaringan filter. Frekuensi saluran daya yang menyebabkan impedansi filter berharga minimum disebut frekuensi resonansi. Untuk memaksa arus orde tertentu mengalir ke jaringan filter, besar kapasitor harus diatur agar terjadi resonansi pada jaringan, sehingga harga impedansi saluran akan minimum karena hanya tinggal komponen resistansi saja. Filter *Passive Single Tuned* akan mempunyai impedansi yang kecil pada frekuensi resonansi sehingga arus yang memiliki frekuensi yang sama dengan frekuensi resonansi akan dibelokkan melalui filter.

## Perhitungan Spesifikasi Filter

### a. Spesifikasi Resistor :

$$R = \frac{V}{I} \quad P = V.I$$

Keterangan :

- R = Kapasitas Resistor ( $\Omega$ )
- V = Tegangan (V)
- I = Arus Harmonisa Orde ke-3 (A)
- P = Kapasitas Daya Resistor (W)

### b. Q Faktor :

$$X_L = X_C = X_n$$

$$Q = \frac{X_n}{R}$$

$$X_n = Q \times R$$

Keterangan :

- $X_L$  = Reaktansi Induktif ( $\Omega$ )
- $X_C$  = Reaktansi Kapasitif ( $\Omega$ )
- Q = Kualitas Filter (30 – 100)

### c. Spesifikasi Induktor :

$$X_L = \omega L$$

$$L = \frac{X_L}{\omega}$$

Keterangan :

- L = Kapasitas Kapasitor Filter (F)

### d. Spesifikasi Kapasitor :

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$C = \frac{1}{\omega X_C}$$

Keterangan :

- C = Kapasitas Induktor Filter (H)

#### 4. Perhitungan Power Losses

Akibat dari ketidakseimbangan beban, menyebabkan timbulnya arus pada fasa netral. Hal ini akan menimbulkan rugi-rugi atau *losses* pada suatu jaringan. Power Losses atau rugi-rugi daya yang timbul akibat ketidakseimbangan beban (*Unbalanced Load*) dan harmonisa dapat dicari menggunakan persamaan :

$$\Delta P_R = \sum_{k=1}^n RPH \times IK_R^2 (W) \quad - \quad \text{Power Losses Fasa R}$$

$$\Delta P_S = \sum_{k=1}^n RPH \times IK_S^2 (W) \quad - \quad \text{Power Losses Fasa S}$$

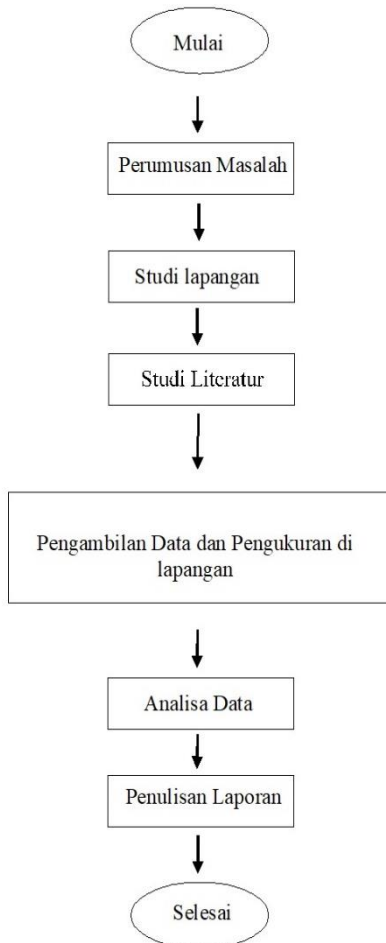
$$\Delta P_T = \sum_{k=1}^n RPH \times IK_T^2 (W) \quad - \quad \text{Power Losses Fasa T}$$

$$\Delta P_N = \sum_{k=1}^n RPH \times IK_N^2 (W) \quad - \quad \text{Power Losses Netral}$$

Keterangan :

- IK = Besar arus harmonik pada fasa tiap orde
- Rph = Besar Hambatan Kabel

#### 5. Metode Penelitian



#### 6. Pembahasan dan Hasil Pengukuran

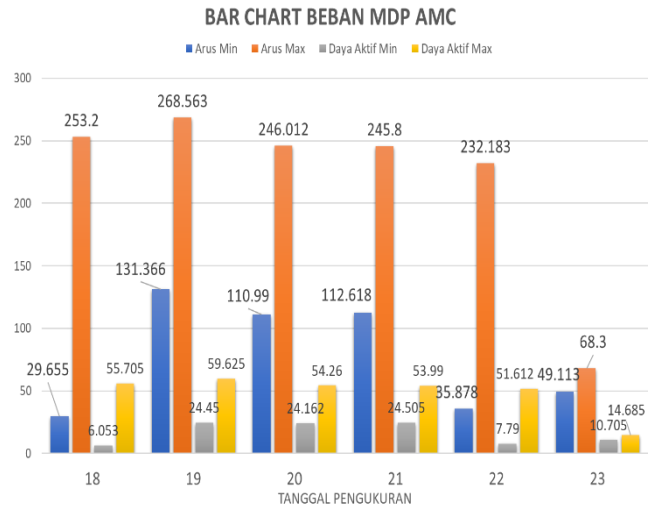
##### a. Pengukuran Main Distribution Panel

No.	Parameter	Selasa 18 Desember 2018							
		Minimum				Maksimum			
		Fasa R	Fasa S	Fasa T	N	Fasa R	Fasa S	Fasa T	N
1	Tegangan (Volt)	222.745	223.28	222.567		229.39	230.047	229.602	
2	THD Tegangan (%)	1.897	1.787	1.697		2.633	2.568	2.503	
3	Arus (Ampere)	45.507	29.655	42.015	23.43	226.37	214.375	253.2	46.84
4	THD Arus (%)	7.693	7.26	6.349		20.815	22.252	11.347	
5	Daya Aktif (kW)	9.505	6.053	8.812		49.142	46.743	55.705	
6	Daya Reaktif (kVAR)	3.93	2.883	3.095		11.928	11.388	13.97	
7	Daya Semu (kVA)	10.298	6.733	9.515		50.683	48.212	57.518	
8	Faktor Daya (Cosphi)	0.804	0.723	0.804		0.95	0.943	0.947	
9	Frekuensi (Hz)	49.532				49.892			
10	Unbalance Load (%)	0.815				5.205			

Tabel 3. Pengukuran Main Distribution Panel

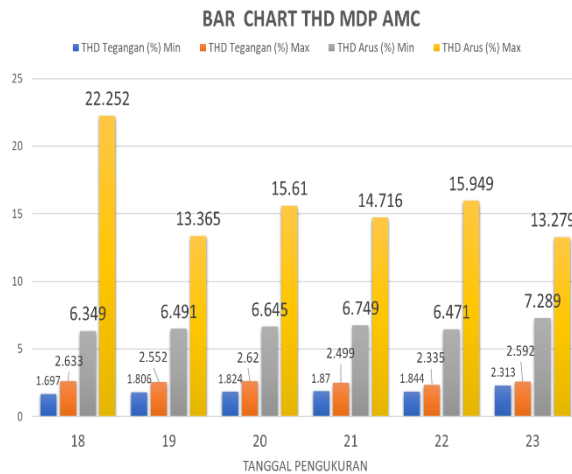
Dari tabel pengukuran diatas dapat diketahui bahwa indikator pengukuran nilai kualitas daya listrik pada *Main Distribution Panel* pada Gedung Asri Medical Center memiliki kualitas daya listrik yang cukup baik. Dengan nilai tegangan masih berada pada ambang batas standar yang ditentukan oleh PLN yaitu +5 % untuk tegangan naik dan -10% untuk tegangan turun. Dan untuk nilai faktor daya dan frekuensi juga masih dalam ambang batas yang ditentukan yaitu, pada frekuensi dibatasi dengan nilai standar 49,5 Hz sampai dengan 50,5 Hz dan standar faktor daya dibatasi dengan nilai terendah yaitu 0,85. Nilai THDV masih dalam ambang batas standar yang telah ditentukan dengan batas standar yaitu 5% pada tegangan kerja <69 kV. Nilai THDI pada MDP Gedung AMC melebihi batas yang telah ditentukan yaitu 15%.

##### b. Beban Puncak Main Distribution Panel



Dari data arus dan daya aktif yang digunakan pada beban panel, dapat diketahui karakteristik hari kerja beban pada *Main Distribution Panel* Gedung AMC. Bahwa beban tertinggi terukur pada tanggal 19 Desember 2018 yaitu hari Rabu atau hari padat kerja dan beban terendah pada tanggal 23 Desember 2018 yaitu hari minggu atau hari tidak padat kerja. Hal yang mempengaruhi nilai daya aktif total pada gedung AMC yaitu penggunaan beban pada gedung tersebut. Selama didalam waktu jam kerja beban listrik penerangan, peralatan– peralatan kantor dan juga peralatan medis banyak digunakan, begitu pula dengan arus yang terukur.

### c. THDV dan THDI Main Distribution Panel



Standar IEEE 519-1992 dijelaskan batas Total Harmonik Distortion tegangan. Suplay tegangan ≤ 69 kV nilai THD dikatakan baik apabila hasil pengukuran ≤ 5%. Untuk THDV masih dalam kategori kualitas yang baik.

Standar IEEE 519-1992 dijelaskan batas Total Harmonik Distortion Arus. Dengan Isc 100-1000 maka nilai THD dikatakan baik apabila hasil pengukuran ≤ 15%. Dari data diatas diketahui nilai THDI melewati batas yang telah ditetapkan. Sehingga diperluka solusi yang dapat meredam atau menurunkan nilai THDI pada sistem kelistrikan di Gedung AMC.

### d. Perhitungan Power Losses

Berikut merupakan perhitungan *Power Losses* akibat *Unbalanced Load* dan Harmonisa :

$$\Delta P_R = \sum_{k=1}^n RPH \times IK_R^2$$

$$\begin{aligned} \Delta P_R &= (0.0012 \times 172.298^2) + (0.0012 \times 13.628^2) + (0.0012 \times 10.686^2) \\ &+ (0.0012 \times 5.784^2) + (0.0012 \times 5.961^2) + (0.0012 \times 3.624^2) + (0.0012 \\ &\times 1.986^2) + (0.0012 \times 2.237^2) + (0.0012 \times 2.153^2) + (0.0012 \times 0.582^2) \\ &+ (0.0012 \times 0.787^2) + (0.0012 \times 0.674^2) + (0.0012 \times 0.789^2) + (0.0012 \\ &\times 0.396^2) + (0.0012 \times 0.480^2) + (0.0012 \times 0.413^2) + (0.0012 \times 0.238^2) \\ &+ (0.0012 \times 0.311^2) + (0.0012 \times 0.294^2) + (0.0012 \times 0.135^2) + (0.0012 \\ &\times 0.158^2) + (0.0012 \times 0.168^2) + (0.0012 \times 0.075^2) + (0.0012 \times 0.122^2) \\ &+ (0.0012 \times 0.094^2) \end{aligned}$$

$$\Delta P_R = 36.1023 \text{ W}$$

### Hasil Perhitungan *Power Losses* akibat *Unbalanced Load* dan Harmonisa setiap fasa.

Tanggal Pengukuran	Power Losses WBP					Satuan
	R	S	T	N	Total	
18 Desember 2018	36.1023	31.1405	36.568	3.89365	107.70	Watt
22 Desember 2018	25.0418	20.3128	22.1189	3.86141	71.33	Watt
Tanggal Pengukuran	Power Losses LWBP					Satuan
	R	S	T	N	Total	
18 Desember 2018	35.0228	34.238	49.9368	5.77341	124.97	Watt
22 Desember 2018	38.6555	29.7887	38.5609	5.21843	112.22	Watt

Tabel 4. Perhitungan *Power Losses*

### Hasil perhitungan biaya *Power Losses* akibat *Unbalanced Load* dan Harmonisa.

	Besar Power		Besar Power		Biaya Akibat <i>Power Losses</i> /tahun		
	WBP	LWBP	WBP x 5 jam	LWBP x 19 jam	WBP	LWBP	Total
HPK	0.108	0.125	0.539	2.374	Rp. 187,299	Rp. 589,884	Rp. 777,183
HTPK	0.071	0.112	0.357	2.132	Rp. 49,620	Rp. 211,885	Rp. 261,506
Total							Rp. 1,038,689

Tabel 5. Perhitungan biaya *Power Losses*

### Hasil Perhitungan *Power Losses* akibat Harmonisa murni setiap fasa.

Keadaan seimbang dan sinusoida sempurna didefinisikan sebagai keadaan dimana penggunaan beban fasa R, S, dan T seimbang yang artinya tidak adanya arus pada N (netral) Losses pada keadaan ini adalah losses dari penghantar. Keadaan seimbang dan sinusoida sempurna memang tidak mungkin terjadi, perhitungan ini sebagai perbandingan untuk mencari power losses murni akibat harmonisa. Metode perhitungan yang digunakan yaitu dengan menghitung arus harmonisa fundamental rata-rata dari ketiga fasa. Dimana hasil dari perhitungan tersebut merupakan nilai arus ketiga fasa dalam keadaan seimbang dan tidak terdapat arus pada N (netral). Sehingga didapatkan nilai arus harmonisa murni.

- Contoh perhitungan Arus harmonisa WBP fundamental keadaan seimbang :

$$I = \frac{IR + IS + IT}{3}$$

$$I = \frac{173 + 160 + 173}{3}$$

$$I = 168.66 \text{ A}$$

Dari perhitungan diatas maka diketahui nilai arus harmonisa fundamental pada WBP dalam keadaan seimbang. Maka untuk menghitung *Power Losses* harmonisa murni yaitu didapatkan :

$$\begin{aligned} \Delta P \text{ WBP} &= 3 \times I^2 \times R \\ &= 3 \times 168.77^2 \times 0.0012 \\ &= 102.54 \text{ W} \end{aligned}$$

### Hasil Perhitungan *Power Losses* akibat Harmonisa Murni

Tanggal Pengukuran	Power Losses				Power Losses murni akibat harmonik & unbalance		Satuan
	Terdistorsi harmonik & unbalance		Sinusoidal & Seimbang		WBP	LWBP	
	WBP	LWBP	WBP	LWBP			
18 Desember 2018	107.70	124.97	102.54	117.43	5.16	7.55	Watt
22 Desember 2018	71.33	112.22	66.28	105.89	5.06	6.33	Watt

Tabel 6. Perhitungan *Power Losses* harmonisa murni

### Hasil perhitungan biaya *Power Losses* akibat Harmonisa Murni.

	Besarnya <i>Power Losses</i> (kW)		Biaya Akibat <i>Power Losses</i> /tahun		
	WBP	LWBP	WBP	LWBP	Total
HPK	0.005	0.008	Rp. 8,975	Rp. 35,615	Rp. 44,591
HTPK	0.005	0.006	Rp. 3,519	Rp. 11,949	Rp. 15,469
Total					RP. 60,060

Tabel 7. Perhitungan biaya *Power Losses* harmonisa murni

### e. Perhitungan Spesifikasi Filter *Passive Single Tuned*

Untuk merancang Filter Pasif *Single Tuned* ini terlebih dahulu harus diketahui permasalahan yang ada pada sistem yang diamati. Permasalahan tersebut berupa nilai harmonisa yang melebihi standar yang sudah ditentukan, maka perlu diketahui nilai harmonisa maksimalnya dan pada orde berapa harmonisa tersebut mencapai nilai maksimal.

Orde 3 Maksimum	
Fasa	Harmonisa (%)
Fasa R	21.7
Fasa S	21.8
Fasa T	8.758

Tabel 8. Profil Harmonisa Orde 3

### 1. Spesifikasi Resistor

Diketahui :  
 Arus Maksimum harmonisa Orde-3 = 29.4 A  
 Tegangan kerja pada panel = 380 V

$$R = \frac{V}{I} \quad P = V \times I$$

$$R = \frac{380 \text{ V}}{29.4 \text{ A}} \quad P = 380 \text{ V} \times 29.4 \text{ A}$$

$$R = 12.92 \ \Omega \quad P = 11,172 \text{ Watt}$$

### 2. Q Faktor

Diketahui nilai Q faktor yaitu 30 – 100. Maka nilai yang dipilih yaitu 30.

$$X_L = X_C = X_n$$

$$Q = \frac{X_n}{R}$$

$$X_n = Q \times R$$

$$X_n = 30 \times 12.92 \text{ A}$$

$$X_n = 387.6 \ \Omega$$

### 3. Spesifikasi Induktor Filter

Frekuensi *tunning* pada harmonisa orde ke-3 yaitu 150 Hz. Namun agar kerja filter mencapai performa maksimal, diberikan nilai toleransi sehingga frekuensi *tunning* yaitu 145 Hz.

$$X_L = \omega L$$

$$L = \frac{387.6}{2 \times 3.14 \times 145}$$

$$L = \frac{387.6}{2 \times 3.14 \times 145}$$

$$L = 0.425 \text{ H}$$

### 4. Spesifikasi Kapasitor Filter

Frekuensi *tunning* pada harmonisa orde ke-3 yaitu 150 Hz. Namun agar kerja filter mencapai performa maksimal, diberikan nilai toleransi sehingga frekuensi *tunning* yaitu 145 Hz.

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$C = \frac{1}{\omega X_C}$$

$$C = \frac{1}{(2 \times 3.14 \times 145)387.6}$$

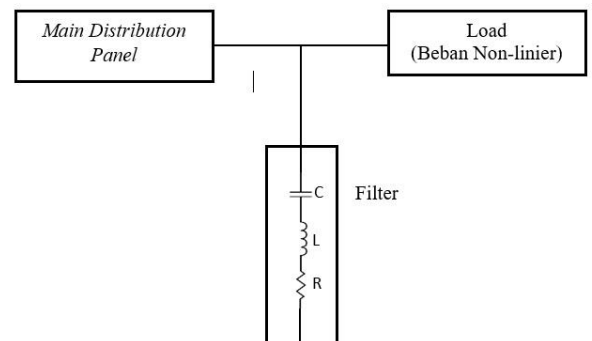
$$C = 2.833 \times 10^{-6} \ \mu F$$

### Spesifikasi Filter :

Spesifikasi Filter Pasif <i>Single Tuned</i> Orde ke-3	
Keterangan	Ukuran spesifikasi
X <sub>C</sub> = X <sub>L</sub>	387.6 Ω
R	12.92 Ω (11,172 Watt)
L	0.425 H (29.4 A)
C	2.833 x 10 <sup>-6</sup> F (380 V)

Tabel 9. Spesifikasi Filter

### Pemasangan Filter



Pemasangan Filter Pasif *Single Tuned* ini biasanya dipasang berdekatan dengan beban sistem tenaga. Ada tiga teori yang dapat digunakan dalam pemasangan filter, yaitu *Global*

*Compensation* dimana filter dipasang pada panel utama yang mencakup keseluruhan instalasi sistem, *Compensation by sector* dimana filter dipasang pada panel pembagian yang lebih dekat dengan beban, *Compensation of Individual Loads* dimana filter dipasang tepat sebelum beban yang akan direduksi. Pada penelitian ini, metode yang dapat digunakan dalam pemasangan filter yaitu *Global Compensation* dengan jumlah filter terpasang yaitu 3 filter di setiap fasanya.

## 7. Kesimpulan

- a. Nilai fluktuasi untuk tegangan rata-rata pada Gedung Rumah Sakit Gigi dan Mulut Asri Medical Center Yogyakarta masih dalam batas standar PLN yaitu 198-231 Volt. Dengan Nilai tegangan terendah adalah 222.268 Volt dan yang tertinggi adalah 230.657 Volt.
- b. Terjadi ketidakseimbangan beban pada sistem yang menyebabkan adanya arus netral dengan nilai terendah yaitu 37.010 A yang terukur pada hari minggu dan nilai tertinggi yaitu 125.670 A yang terukur pada hari jum'at.
- c. Nilai %THDV melebihi batas toleransi IEEE 519-1992 yaitu 5 %. Dengan nilai terendah yaitu 1.697 % dan nilai tertinggi yaitu 2.633%.
- d. Nilai %THDI melebihi batas toleransi IEEE 519-1992 yaitu 15 %. Dengan nilai terendah yaitu 6.349 % dan nilai tertinggi yaitu 22.252%.
- e. Nilai faktor daya pada Gedung Rumah Sakit Gigi dan Mulut AMC bernilai cukup baik dengan nilai terendah yaitu 0.723 dan nilai tertinggi yaitu 0.950.
- f. Total perkiraan biaya kerugian akibat harmonisa dan *unbalance* beban pada Gedung Rumah Sakit Gigi dan Mulut adalah Rp. 1,038,689/tahun. Dan perkiraan total biaya akibat harmonisa murni adalah Rp. 60,060/tahun.

## 8. Daftar Pustaka

- Adriko Putra, Y. E. (2016). *Studi Pengaruh Beban Non Linear Terhadap Keberadaan Arus Netral Di Gedung Pusat Komputer Universitas Riau*, 1-8.
- Blooming, T. J. (2007). *Appllication of IEEE Std 519-1992 Harmonic Limits*. Atlanta: IEEE.
- BPPT. (2017). *Outlook Energi Indonesia 2017*. Jakarta: Pusat Teknologi Sumber Daya energi dan Industri Kimia (PTSEIK).
- Derry, S., Prihartono, Joko, & Subekti, Purwo. (2013). Audit Energi dan Analisa Peluang Hemat Energi pada Bangunan Gedung PT. X. 139-141.
- Dewi, R. P., Sarwono, & Hantoro, Ridho. (2011). Audit dan Konservasi Energi pada Rumah Sakit Angkatan Laut dr. Ramelan Sura baya. 8.
- Elih, M. (2008). Pengukuran Harmonisa Tegangan dan Arus Listrik Pada Gedung Direktorat TIK Universitas Pendidikan Indonesia. 6-9.
- Mas, F. (2015). Desain Filter Pasif Harmonisa pada Sistem Kelistrikan CPA PETRO CHINA Tuban. 22-25.
- Masoum, M. A. (2008). *Power Quality in Power System and Electrical Machines*. London: Elsevier.
- Master, G. M. (2004). *Renewable and Efficient Electric Power System*. Canada: A JOHN WILEY & SONS, INC.
- Nugroho, F. C. (2017). Penggunaan Filter Pasif Untuk Mereduksi Harmonisa Akibat Pemakaian Mesin Las Listrik. 8-9.



Prasetyadi, W. S. (2012). Evaluasi Harmonisa dan Perencanaan Filter Pasif pada Sisi Tegangan 20 kV Akibat Penambahan Beban pada Kelistrikan Pabrik Semen Tuban. 1-6.

Wakileh, G. J. (2001). *Power System Harmonics (Fundamental, Analysis and Filter Design)*. New York: Springer.

Willy Prasetyadi, Rony Seto Wibowo, & Ontoseno Penangsang. (2012). Evaluasi Harmonisa dan Perencanaan Filter Pasif pada Sisi Tegangan 20 kV Akibat Penambahan Beban pada Sistem Kelistrikan Pabrik Semen Tuban. 1-6.