

# PERANCANGAN FILTER PASIF UNTUK MEREDAM HARMONISA YANG DI BANGKITKAN OLEH BEBAN LAMPU HEMAT ENERGI (LHE)

I Kadek Oka Darma Putra, I Ketut Wijaya<sup>2</sup>, I Made Mataram<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: oka\_darma86@yahoo.com

## Abstrak

Beban berupa lampu hemat energi mempunyai suatu kerugian harmonisa yang dibangkitkan. Efek harmonisa yang dibangkitkan disebabkan oleh penggunaan komponen-komponen elektronika daya bersifat nonlinier, sehingga menghasilkan arus yang dijadikan gelombang sinusoidal terdistorsi yang mengakibatkan pembentukan gelombang-gelombang pada frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamental. Berdasarkan dampak negatif yang ditimbulkan oleh beban LHE, maka pada penelitian ini dirancang filter untuk meredam persentase THDi yang dibangkitkan oleh beban LHE, dengan cara memasang *low pass RC filter* pada beban LHE.

Kata kunci : Perancangan, Frekuensi, *Low Pass RC Filter*, Harmonisa,.

## Abstract

The load in the form of energy saving lamps has a harmonic loss generated. The harmonic effect generated is caused by the use of non-linear power electronic components, resulting in a current that is made into a distorted sinusoidal wave which results in the formation of waves at multiple multiples of the fundamental frequency. Based on the negative impact caused by the energy saving light, the filter was designed to reduce the THDi percentage generated by the energy saving light, by installing a low pass RC filter on the energy saving light.

**Keywords:** Design, Frequency, Low Pass RC Filter, Harmonics

## 1. PENDAHULUAN

Penarangan lampu Pijar, Floresen, dan Lampu Hemat Energi (LHE) mulai diminati oleh masyarakat sebagai pengganti penerangan ketika malam hari. Selain harga terjangkau untuk menarik perhatian, dan konsumsi energi daya listrik yang rendah Selain keuntungan hemat konsumsi energi listrik yang dimiliki lampu hemat energi tetapi juga mempunyai suatu kerugian harmonisa yang dapat ditimbulkan. Efek harmonisa yang ditimbulkan disebabkan oleh penggunaan komponen-komponen elektronika daya bersifat nonlinier. Komponen yang digunakan untuk *switching* seperti *thyristor*, transistor, diode, kapasitor,

dan induktor, sehingga menghasilkan arus yang dijadikan gelombang sinusoidal terdistorsi. Distorsi yang terjadi disebabkan oleh gangguan non- linier yang terdapat pada gelombang tegangan dan arus, sehingga mengakibatkan pembentukan gelombang-gelombang pada frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamental.

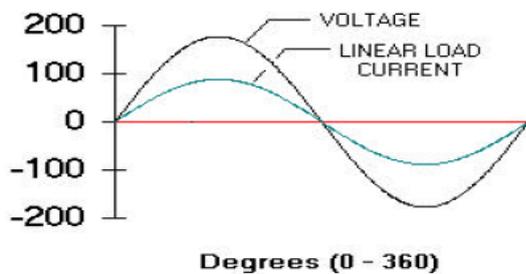
Harmonisa dapat memberikan dampak negatif pada sistem kelistrikan skala kecil (rumah tangga) sampai pada sistem distribusi tenaga listrik. Berikut dampak harmonisa pada sistem kelistrikan yaitu panas berlebih pada kumparan motor, trafo, kapasitor, kawat netral, dan nyala lampu berkedip. Pemutus beban

kadang tidak dapat bekerja secara normal, karena tidak dapat mendeteksi arus *rms* yang riil. Berdasarkan beberapa dampak negatif yang ditimbulkan oleh lampu hemat energi tersebut, maka pada penelitian ini akan dirancang filter untuk meredam persentase THD arus yang dibangkitkan oleh beban lampu hemat energi, dengan cara memasang *low pass RC filter* pada beban LHE.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 1. Beban Linier

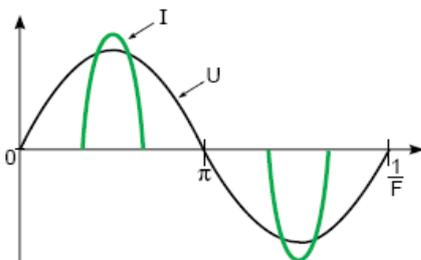
Beban linier merupakan beban dengan nilai arusnya sebanding terhadap nilai tegangannya. Terjadi hubungan linier terhadap arus dan tegangannya, sehingga menghasilkan bentuk gelombang arus dan tegangan yang sama, diperlihatkan pada Gambar 1. Beban linier bila disuplai oleh tegangan sinusoidal maka arusnya juga menyerap gelombang sinusoidal. Sebagai gambaran beban linier antara lain motor listrik, pemanas, lampu pijar, dan lainnya [1].



Gambar 1 Bentuk gelombang tegangan dan arus beban nonlinier [1]

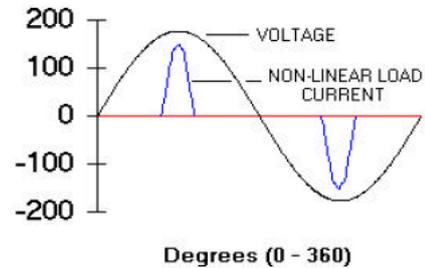
### 2. Beban nonlinier

Beban non linear merupakan beban dengan nilai arusnya tidak sebanding terhadap nilai tegangannya dimana bentuk gelombang arus dan tegangannya berbeda. Sehingga tidak terdapat hubungan linier antara tegangan dan arusnya. Beban nonlinier mampu menyerap arus non sinusoidal serta arus harmonik, walaupun disuplai tegangan gelombang sinusoidal [1]. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Arus yang diserap oleh beban nonlinier [6], [7].

Contoh beban nonlinier antara lain penyearah (*power supply*, UPS, komputer, pengatur kecepatan motor, lampu-lampu pelepasan), motor DC, dan tungku busur api, serta lainnya.



Gambar 3 Bentuk gelombang arus dan tegangan pada beban nonlinier [1]

Sebagian besar beban nonlinier dapat dinyatakan sebagai *deforming loads* atau merupakan jenis konverter statis. Beban tersebut dapat berdaya besar pada jumlah yang sedikit, sebaliknya dapat berdaya rendah pada jumlah beban yang banyak. Sebagai contoh beban ini antara lain :

1. Komputer
2. Lampu TL (*fluorescent lamps*)
3. Lampu Hemat Energi (LHE)

Peralatan elektronik seperti TV, *microwave*, radio, AC, dan lemari es.

### 3. Sumber Harmonisa

Bentuk gelombang non sinusoidal dapat terjadi karena empat sebab dasar [2], yaitu:

1. Sumber tegangan atau sumber arus non sinusoidal, sedangkan komponen rangkaian (resistor, induktor, dan kapasitor) merupakan linear.
2. Sumber tegangan atau sumber arus berupa sumber DC, sedangkan rangkaian mengandung elemen yang berubah secara periodik.
3. Sumber tegangan atau sumber arus sinusoidal, sedangkan komponen rangkaian mengandung unsur nonlinier.
4. Sumber tegangan atau sumber arus non sinusoidal, sedangkan komponen rangkaian nonlinier.

### 4. Lampu hemat energi (LHE)

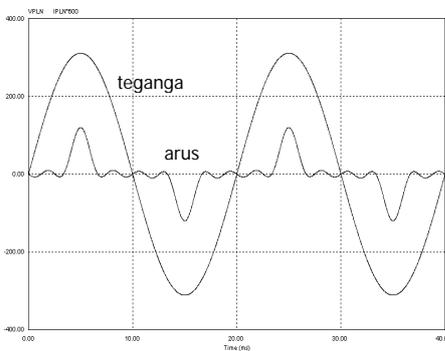
Saat ini, produsen lampu mulai mempopulerkan "lampu hemat energi" (LHE). LHE merupakan lampu *fluorescent* dioperasikan dengan frekuensi ~10-200 KHz. Frekuensi tinggi tersebut diperoleh dari rangkaian inverter pada ballast elektronik [3]. Penyearah tak terkendali ini digunakan untuk mensuplai inverter.

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 kandungan harmonik pada LHE yang ada di pasaran (Newton, PL, 20 W). Gambar 4 menunjukkan bentuk gelombang lampu lain merk (Hokiko, PL, 18W).

Tabel 1 Kandungan harmonisa arus lampu PL Newton [3]

$I_{rms}$ (A)	$I_1$ (A)	$I_3$ (A)	$I_5$ (A)	$I_7$ (A)
0.13	0.08	0.06	0.03	0.02

Terlihat bahwa kandungan harmonik pada orde 3, 5, serta 7 lebih besar bila dibandingkan dengan arus fundamental ( $I_{rms}$ ). Kandungan harmonisa ini menyumbang dampak yang besar terhadap arus efektif (rms) seperti ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4 Distorsi Harmonik Total (Total Harmonic Distortion) [3].

THD adalah ukuran dari nilai efektif bentuk gelombang yang terdistorsi dari komponen harmonisa. Harmonik arus atau tegangan diukur dari besarnya nilai masing-masing harmonik terhadap nilai dasar yang dinyatakan dalam persen [3]. Dalam mencari suatu parameter digunakan untuk menilai harmonik dipakai THD (Total Harmonic Distortion).

THD dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut, yaitu :

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{h_{max}} M_h^2}}{M_1} \quad (1)$$

$M_h$  adalah nilai rms komponen harmonik h dalam jumlah M.

THD juga dapat dinyatakan dalam persamaan lain yaitu:

$$THD = \frac{1}{U_1} \left( \sum_{n=2}^k U_n^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Dengan :

$U_1$  = Komponen harmonik fundamental

$U_n$  = Komponen harmonik ke-n

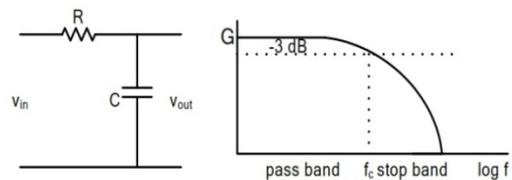
$K$  = Komponen harmonik maksimum yang diamati.

### 5 Pemanfaatan filter harmonisa

Salah satu upaya untuk meredam harmonisa yang di bangkitkan oleh beban nonlinier (pada beban lampu hemat energi) dengan menambahkan filter. Filter yang digunakan adalah filter jenis pasif. Dilihat dari sisi ekonomis filter pasif jauh lebih rendah dari pada menggunakan filter lainnya (aktif) [4].

Filter merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk membuang tegangan keluaran pada frekuensi tertentu. Dalam merancang filter digunakan komponen (Resistor, induktor, dan Capacitor). Pada dasarnya filter pasif dapat dibedakan berdasarkan response frekuensinya menjadi 4 (empat) jenis [5], seperti: Low pass filter, high pass filter, Band pass filter dan Band stop filter.

Low Pass Filter (LPF) merupakan jenis filter hanya meloloskan frekuensi rendah dari frekuensi cut-off ( $f_c$ ), di atas frekuensi tersebut keluarannya dilemahkan (idealnya tidak ada). Rangkaian RC (LPF) dan tanggapan frekuensinya dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Rangkaian dan tanggapan frekuensi LPF [5] .

Dalam mencari nilai tegangan keluaran dari rangkaian seri RC atau mirip seperti rangkaian pembagi tegangan, sehingga tegangan keluarannya menjadi:

$$V_{out} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{\frac{1}{j\omega C} + R} \quad (3)$$

Penguatan tegangan dapat dinyatakan sebagai Gain  $G = \left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right|$ , namun pada filter menggunakan penguatan daya, sehingga kalau dinyatakan dalam satuan dB penguatan dayanya adalah

$$G = 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (4)$$

Frekuensi *cut-off* nya

$$\omega = \frac{1}{RC} \text{ atau } f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (5)$$

Atau

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1.C_1.R_2.C_2}} \quad (6)$$

Dimana:

- $f_c$  = frekuensi *cut out* (Hz)
- $R_1$  = tahanan ke-1 (Ohm)
- $C_1$  = kapasitor ke-1 ( $\mu$ F)
- $R_2$  = tahanan ke-2 (Ohm)
- $C_2$  = kapasitor ke-2 ( $\mu$ F)

### 6 Standar IEEE 519-2014

Standar *harmonic* yang di gunakan pada penelitian ini mengacu pada standar IEEE 519-2014. kriteria yang di gunakan dalam mengevaluasi *distortion harmonic ini ada dua*, yaitu batas *harmonic* Arus (THDi) dan batas *harmonic* tegangan (THDv) seperti ditunjukkan tabel 2 dan 3.

Tabel 2 Batas distorsi arus [6]

Maximum Harmonic Current Distortion In % IL						
Individual Harmonic Order (Odd Harmonic)						
Isc/IL	h<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	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

*Even harmonics are limited to 2.5% of the odd harmonic limitid above*

*Carrunt distortions that result in a DC offset, e.g., half-wave converters, are not allowed*

*\*All power generation equipment is limited to these values of current distortions, regardless of actual Isc/IL*

where  
 $I_{sc}$  = maximum short circuit current at PCC  
 $IL$  = maximum demand load current (fundamentan frequency componen) at PCC

Tabel 3 Batas distorsi tegangan [6]

Bus Voltage at PCC	Individual Voltage Distortion (%)	Total Harmonic Voltage Distortion THD (%)
69 kV and bellow	3.0	5.0
69.00001 kV through 161 kV	1.5	2.5
161 kV and above	1.0	1.5

### 3. METODELOGI PENELITIAN

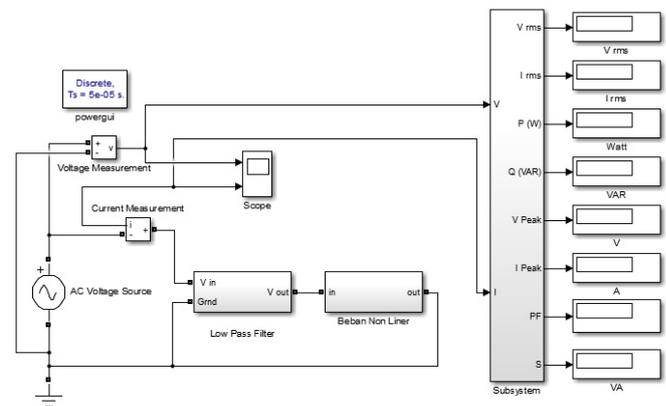
Alur Analisis data dalam penelitian ini dilakukan beberapa langkah-langkah yaitu :

1. Mengukur THDi dan THDv masing-masing merk lampu hemat energi (LHE).
2. Data hasil pengukuran dikelompokkan berdasarkan tipe atau karakteristik lampu dalam tabel pengukuran.
3. Data hasil pengukuran awal dibandingkan nilai maksimum THDi sesuai IEEE standard 519 – 2014 yang di ijinakan.
4. Data hasil perbandingan THDi yang tidak sesuai dengan standar IEEE 519-2014 di jadikan acuan untuk perancangan filter pasif.
5. Menguji filter pasif yang telah dirancang pada Simulink Matlab.
6. Data THDi hasil pengujian dengan filter pasif dibandingkan dengan standard IEEE 519 – 2014 sesuai yang di ijinakan untuk mengetahui THD masing-masing lampu sudah sesuai standar atau tidak.
7. Data hasil Simulink Matlab yang sudah dibandingkan dikelompokkan untuk dianalisa.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Harmonisa pada beban LHE

Harmonisa yang di analisa dalam penelitian ini merupakan harmonisa yang terjadi pada beban LHE. Adapun gambar rancangan pada simulink ditunjukkan pada gambar 6



Gambar 6 Perancangan *low pass RC filter* pada beban LHE

#### 2. Hasil

Dalam menentukan nilai komponen resistor dan kapasitor yang akan di gunakan pada filter, terlebih dahulu dilakukan pengukuran pada beban lampu yang

diuji untuk memperoleh data yang dijadikan acuan dalam menentukan nilai dari masing-masing komponen. Data hasil pengukuran Lampu Hemat Energi (LHE) dapat dilihat pada tabel 4 data hasil pengukuran lampu sebelum di pasang *low pass filter RC* dan tabel 5 data hasil pengukuran individual harmonik sebelum di pasang *low pass filter RC* dibawah:

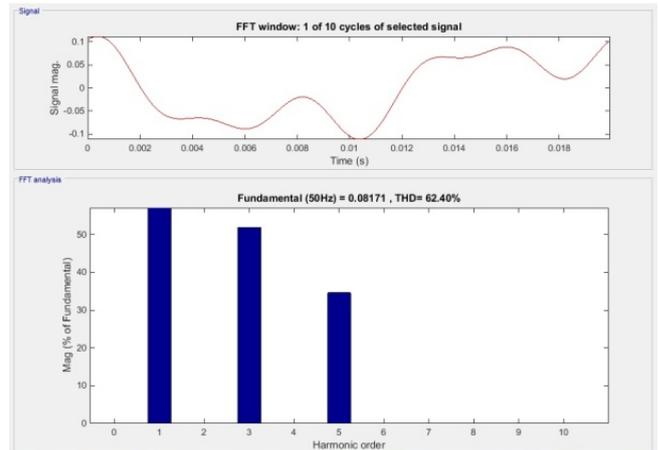
Tabel 4 Data hasil pengukuran lampu sebelum dipasang *low pass RC filter*

No	Merk Lampu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Aktif (W)	Daya Nyata (VA)	Daya Reaktif (Var)	Cos $\phi$	THD-I (%)
1	OMI	227	0.096	15.01	22	11.39	0.6824	60.22
2	FANOS	227.6	0.3528	47.58	80.29	38.72	0.5926	84.44
3	PHILIPS	225.4	0.2428	35.02	54.73	27.25	0.6399	72.20
4	MAXTRON	227.6	0.0681	10.15	15.5	8.365	0.6546	62.40

Tabel 5 Data hasil pengukuran individual harmonik sebelum di pasang *low pass RC filter*

No	Merk Lampu	HARMONISA ARUS (%)				THD-I (%)
		3	5	7	9	
1	OMI	48.17	24.09	24.09	12.05	60.22
2	FANOS	59.36	37.1	33.39	33.39	84.44
3	PHILIPS	55.88	30.48	30.48	15.24	72.20
4	MAXTRON	51.29	34.62	0	0	62.40

Dari data pada tabel 4 di atas, terlihat bahwa data hasil pengukuran arus berkisaran 0.081A sampai 0,3528 A, pengukurkan daya yang terbaca 10,15 W hingga 47,58 W, dan power factor mulai dari 0,5926 sampai 0,6824. dari data tersebut tentunya untuk ukuran lampu hemat energi masih kurang efisien berhubung *power factornya* masih rendah. Dari data hasil pengukuran pada tabel 5 dapat di ketahui Total Harmonik Distorsi (THD<sub>i</sub>) untuk arus yang ditimbulkan oleh lampu hemat energi adalah 60,22% hingga 84,44%. adapun pengukuran individual harmonik pada orde ke -3 berkisar 48,17% sampai 59,36% dari fundamental. Dan pada harmonik orde ke-9 12,05% hingga 33,39%. Karena nilai harmonik ke-3 nilainya cukup signifikan tinggi dengan frekuensi mulai 150 Hz, maka untuk mereduksi frekuensi *cut off* nya mulai dari frekuensi 150 Hz. Hal ini dapat dilihat melalui spektrum harmonik yang di tunjukkan oleh bantuan *soft ware simulink matlab* gambar 7



Gambar 7 Spektrum harmonik LHE sebelum di pasang *low pass RC filter*

### 3. Perancangan *low pass RC filter* pada lampu LHE

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah di lakukan pada empat sampel Lampu Hemat Energi menunjukkan bahwa tingkat distorsi harmonik yang ditimbulkan dengan penggunaan LHE tersebut cukup tinggi yaitu dengan rata-rata THD mencapai 69,81%, maka perlu dirancang sebuah filter yang mampu mereduksi harmonik dengan komponen terdiri dari resistor dan kapasitor. Filter ini diharapkan mampu mereduksi harmonik yang berada di atas frekuensi *cut-off* nya dan meloloskan frekuensi di bawah frekuensi *cut off*. Dalam perancangan filter ini frekuensi *cut off* nya ditentukan sebesar 150 Hz.

Dalam menghitung besarnya nilai resistor dan kapasitor yang digunakan, terlebih dahulu ditentukan nilai frekuensi *cut-off* nya sebesar 150 Hz, selanjutnya di hitung masing-masing nilai komponen resistor dan kapasitornya dengan menggunakan persamaan berikut:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$$

Mencari besarnya nilai  $f_c$  dengan menentukan nilai komponen  $R_1 = 1k2$ ,  $R_2 = 1k17$ ,  $C_1 = 4\mu F$ , dan  $C_2 = 200 nF$  dengan menggunakan persamaan 4.1, maka

$$\begin{aligned} f_c &= \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}} \\ &= \frac{1}{2\pi\sqrt{1200 \times 4 \times 10^{-6} \times 1170 \times 2 \times 10^{-7}}} \\ &= 150,2 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan menggunakan persamaan 6, besarnya  $f_c = 150,2 \text{ Hz}$ . Untuk

menghitung nilai masing-masing komponen pada filter lampu yang lain langkahnya sama.

4. Hasil Pengukuran Lampu LHE Setelah di Pasang *Low Pass RC Filter*

Hasil pengukuran variabel kelistrikan dari sampel lampu hemat energi yang terdiri dari tegangan (V), arus (I), Daya aktif (P), Daya Reaktif (Q), Daya Nyata (S), faktor daya ( $\cos\phi$ ), serta Total Harmonik Distorsi (THD<sub>i</sub>) dapat di lihat pada tabel 6. Sedangkan hasil pengukuran individual harmonik arus tiap merk lampu hemat energi pada harmonik orde ke 3, 5, 7, dan 9 di perlihatkan pada tabel 7

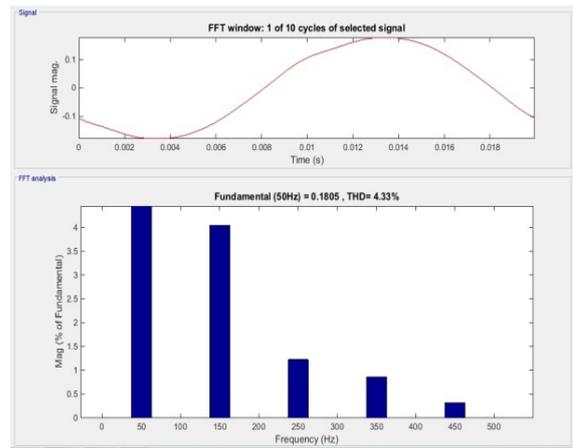
Tabel 6 Data hasil pengukuran lampu setelah di pasang *low passRC filter*

No	Merk Lampu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Aktif (W)	Daya Nyata (VA)	Daya Reaktif (Var)	Cos $\phi$	THD <sub>i</sub> (%)
1	OMI	227	0.1277	24.25	29	15.85	0.863	4.33
2	FANOS	227.6	0.1613	35.41	36.72	9.616	0.9644	3.66
3	PHILIPS	225.4	0.2238	46.11	50.44	20.38	0.9141	3.48
4	MAXTRON	227.6	0.122	22.04	27.76	16.84	0.7938	4.43

Tabel 7 Data hasil pengukuran individual harmonik setelah di pasang *low passRC filter*

No	Merk Lampu	HARMONISA ARUS (%)				THD <sub>i</sub> (%)
		3	5	7	9	
1	OMI	4.05	1.23	0.86	0.33	4.33
2	FANOS	3.29	1.24	0.8	0.62	3.66
3	PHILIPS	3.22	1.06	0.76	0.29	3.48
4	MAXTRON	4.11	1.65	0	0	4.43

Dari hasil pengukuran kelistrikan dan persentase harmonik pada masing-masing rangkaian lampu hemat energi setelah di pasang *low pass RC filter* terjadi perubahan pengukuran Daya dari 15.05W menjadi 24,25W, arus dari 0.096A menjadi 0,1277A, daya nyata dari 22 VA menjadi 29 VA, daya reaktif dari 11,39 Var menjadi 15,85 Var, dan faktor daya dari 0,682 menjadi 0,863. Serta terdapat penurunan persentase harmonic yang cukup signifikan untuk total harmonik distorsi arus (THD<sub>i</sub>) yaitu dari 62,22% menjadi 4,33%, sedangkan untuk individual harmoniknya dapat di lihat pada tabel 7 dan gambar 8 yakni pada harmonik orde 3 dari 48,17% menjadi 4,05%, dan pada harmonik orde 9 dari 12.05% menjadi 0.33%.



Gambar 8 Spektrum harmonik LHE OMI 2 x 20W setelah di pasang *low pass RC filter*

hasil pengukuran yang di perlihatkan pada tabel 6, selanjutnya di bandingkan dengan standar IEEE 519-2014.

Tabel 8 Data perbandingan hasil pengukuran setelah di filter dengan standar IEEE 519-2014.

No.	Merk Lampu	THDi Standar IEEE 519-2014	THDi Hasil Pengukuran	Keterangan
1	OMI	5%	4,33%	Sesuai
2	FANOS	5%	3,66%	Sesuai
3	PHILIPS	5%	3,48%	Sesuai
4	MAXTRON	5%	4,43%	Sesuai

Pada tabel 8 memperlihatkan data hasil penggunaan *Low pass RC Filter* sudah mampu meredam harmonisa yang di bangkitkan oleh beban lampu LHE dan sudah sesuai dengan standar IEEE 519-2014 nilai THDi tidak lebih dari 5%.

5. Kinerja *Low Pass RC Filter* Dalam Meredam THDi Pada Lampu LHE

Untuk mengetahui seberapa besar *low pass RC filter* yang di rancang mampu meredam *total harmonic distortion* yang dibangkitkan oleh masing-masing lampu hemat energi dengan menggunakan persamaan (1), dan menghitung seberapa besar peredaman yang mampu di lakukan oleh filter tersebut.

1. Pada lampu pertama kita masukan dalam persamaan berikut:

$$THD = \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2}}{I_1}$$

$$THD = \frac{\sqrt{0,0073^2 + 0,0022^2 + 0,0016^2 + 0,0006^2}}{0,1805}$$

$$THD = \frac{\sqrt{0,007819}}{0,1805}$$

$$THD = 4,33\%$$

Nilai THD hasil perhitungan dengan nilai THD pengukuran yang di peroleh sama sebesar 4,33%, untuk nilai prosentase peredaman THD arus pada filter adalah

$$THD = THD_{(Sebelum)} - THD_{(Setelah)}$$

$$THD = 62,40\% - 4,43\%$$

$$THD = 57,97\%$$

Jadi nilai THDi yang mampu diredam setelah pemasangan *low pass RC filter* sebesar 57,97%. Hal ini dikarenakan oleh pada frekuensi *harmonic* mulai dari 150 Hz ke atas diredam dan frekuensi di bawah 150 Hz diloloskan oleh filter (sesuai deengan frekuensi yang di setel pada filter).

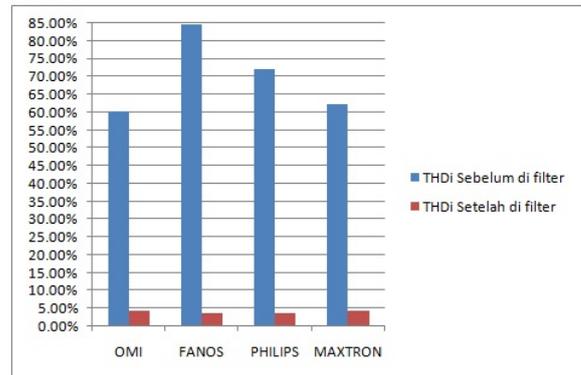
Untuk data hasil peredaman masing-masing lampu LHE di perlihatkan pada tabel 9 berikut.

Tabel 9 Data hasil peredaman pada masing-masing lampu LHE.

No	Merk Lampu	IEEE 519-2014	THDi Sebelum di Filter Pasif	THDi Setelah di filter pasif	Penurunan THDi
1	OMI	5%	60,22%	4,33%	55,89%
2	FANOS	5%	84,44%	3,66%	80,78%
3	PHILIPS	5%	72,20%	3,48%	68,71%
4	MAXTRON	5%	62,40%	4,43%	57,97%

Tabel 9 memperlihatkan data hasil peredaman pada masing-masing lampu LHE setelah menggunakan *Low Pass RC Filter*. Pada lampu pertama peredaman harmonisa arus mencapai 55,89%, lampu kedua 80,78%, lampu ketiga 68,71%, dan lampu ke empat mencapai 57,97%. dalam hal ini filter yang di rancang

sudah berhasil meredam harmonisa yang di bangkitkan oleh beban LHE. Lebih jelasnya dapat di lihat pada gambar grafik berikut.



Gambar 9 Grafik perbandingan sebelum dan setelah di pasang *low pass RC filter*

## 6. Pembaharuan Pada Penelitian

Perancangan *Low Pass RC Filter* dapat dikembangkan untuk meredam harmonisa pada beban lain dengan menghitung ulang sesuai kebutuhan. Perancangan filter ini dapat dipasang pada beban lampu untuk mengurangi THD.

## 6. KESIMPULAN

Dari hasil simulink yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan Sebelum di pasang *low pass RC filter*, hasil pengukuran menunjukkan *Total Harmonic Distortion Current (THDi)* pada 4 *sample* lampu hemat energi mencapai 84,44%, Setelah di pasang *low pass RC filter*, hasil pengukuran menunjukkan *Total Harmonic Distortion Current (THDi)* pada 4 *sample* lampu hemat energi mencapai 4,43%. Rancangan *low pass RC Filter* harmonisa ini sudah berhasil meredam *Total Harmonic Distortion* sesuai pada frekuensi yang di setel (*frekuensi cut off*) 150 Hz pada orde 3.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Pramnamto, A., 2008. Analisis Penggunaan *Single Tuned Filter* Sebagai Salah Satu Solusi Masalah Harmonik Pada Beban Rumah Tangga. Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
- [2]. Susiono. 1999. Penentuan Lokasi Lokasi Filter Harmonik Optimum Pada Sistem Distribusi Daya Listrik. Surabaya : Program Studi Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh November.

- [3]. Dugan ; McGranaghan ; Santoso ; Beaty . 2003. *Electrical Power System Quality - Second Edition*. USA : McGraw-Hill.
- [4]. Tanoto, Y., L, L., K.K, L., 2007. Simulasi filter pasif dan perbandingan unjuk kerja dengan filter aktif dan filter aktif *hybrid* dalam meredam *harmonic* pada *Induction Furnace*. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- [5]. Antaka, E.P., 2009. Analisis Penggunaan Filter Aktif Shunt untuk Menanggulangi THD (*Total Harmonic Distortion*) di RSUP Sanglah. Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana, Jimbaran.
- [6]. *IEEE Power and Energy Society, 2014. IEEE Recommended Practice and Requirments for Harmonic Control in Electric Power Systems. IEEE 3 Park Avenue New York.*