

# Rancang Bangun Rangkaian AC to DC Full Converter Tiga Fasa dengan Harmonisa Rendah

**Mochammad Abdillah, Endro Wahyono, SST, MT<sup>1</sup>, Ir. Hendik Eko H.S., MT<sup>2</sup>**

1 Mahasiswa D4 Jurusan Teknik Elektro Industri

2 Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

3 Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60293

Email: [mochammad.abdillah@gmail.com](mailto:mochammad.abdillah@gmail.com)

## ABSTRAK

*Proyek ini mengerjakan suatu rangkaian ac to dc full converter tiga fasa tak terkontrol dimana pada rangkaian ini sudah di desain agar harmonisa di sisi arus input rendah dengan cara dilakukan pemasangan filter pasif hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan untuk mereduksi harmonisa arus ke 5 dan 7. Dari hardware yang sudah diuji, diperoleh data hasil pengujian bahwa harmonisa ke 5 semula 19,41% turun menjadi 7,98% dan harmonisa ke 7 semula 0,78% menjadi 0,08% sehingga THD berkurang sebesar 7,5%. Kemudian tegangan output dari AC to DC Full Converter tiga fasa tak terkontrol mampu untuk menyuplai motor dc sebesar 220 volt DC.*

*Keyword : harmonisa 5 dan 7, filter pasif, THD*

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi listrik di Indonesia dengan tegangan dc belum bisa diperoleh secara langsung dari PLN karena sejauh ini PLN hanya menghasilkan tegangan ac. Oleh karena itu masih diperlukan rangkaian yang bisa mengkonversi tegangan ac to dc. Namun sayangnya rangkaian yang dibutuhkan tersebut berdampak buruk terhadap tegangan di sisi sumber, yaitu menyebabkan tegangan sinus yang dihasilkan dari PLN menjadi cacat. Maka pada proyek akhir ini diajukan upaya agar converter rangkaian ac to dc ini seminim mungkin menimbulkan masalah. Pada proyek akhir ini dirancang rangkaian filter input pasif yang bisa menekan harmonisa ke 5 dan ke 7 akibat adanya beban non linier berupa desain AC to DC Full Converter Tak Terkontrol. Sehingga setelah dilakukan pemasangan filter, harmonisa tersebut bisa berkurang.

### 1.2 Tujuan

Tujuan proyek akhir ini adalah membuat filter harmonisa pasif ke 5 dan 7 agar harmonisa ke 5 dan 7 yang dihasilkan oleh AC to DC Full Converter Tak Terkontrol pada proyek akhir ini bisa ditekan seminim mungkin. Dan converter yang dibuat di proyek akhir ini jenis AC to DC Full Converter Tak

Terkontrol yaitu menghasilkan gelombang 6 pulsa, dimana rangkaian ini beresiko menghasilkan harmonisa ke 5 dan 7.

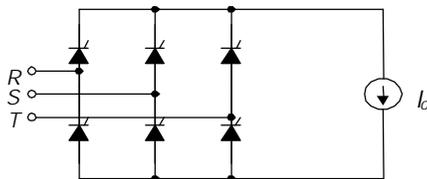
## TEORI PENUNJANG

### 2.1 Rangkaian AC to DC Full Converter Tak Terkontrol Tiga Fasa

Yang dimaksud dengan AC to DC Full Converter Tak Terkontrol Tiga Fasa adalah full converter yang rangkaian inputnya menggunakan AC suplai 3 fasa. Melalui MCB sumber AC suplai 3 fasa 380 V masuk ke dalam variac tiga fasa kemudian melalui rangkaian penyearah dengan *diode bridge*, arus AC tersebut dirubah menjadi arus DC 110 V yang masih mengandung ripple lebih rendah dibanding dengan ripple full converter tiga fasa akan tetapi masih diperlukan juga rangkaian filter untuk lebih memperkecil ripple tegangan input. Dalam mendesain penyearah melibatkan penentuan rating diode. Rating diode biasanya ditentukan dalam arus rata-rata, arus rms, arus puncak. dan tegangan balik puncak. Tidak ada prosedur yang baku untuk mendesain, tetapi hal tersebut diperlukan untuk menentukan bentuk arus dan tegangan diode. Pada saat ini, ac to dc full converter tak terkontrol adalah sumber utama harmonisa tak terkendali (dengan dioda).

AC to DC Full Converter Tak Terkontrol Tiga Fasa dengan diode menghasilkan harmonisa dalam

jumlah besar. AC to DC Full Converter Tak Terkendali Tiga Fasa dengan diode yang akan digunakan sebagai rangkaian full converter pada proyek akhir ini. AC to DC Full Converter Tak Terkendali Tiga Fasa adalah penyumbang harmonisa terbesar dari sektor perumahan dan perkantoran. Penyearah tak terkendali tiga fasa sangat banyak dijumpai dalam sektor industri. Pada gambar 2.1 diperlihatkan topologi dan bentuk arus penyearah terkendali tiga fasa.



**Gambar 2.1 Topologi penyearah terkendali tiga fasa**

Bentuk arus penyearah terkendali tiga fasa hampir sama dengan bentuk arus penyearah tak terkendali tiga fasa, terkecuali mempunyai beda fasa terbelakang terhadap tegangan.

Jembatan penyearah tiga fasa biasa digunakan pada aplikasi dengan menggunakan daya tinggi. Ini adalah penyearah gelombang penuh, yang dapat dioperasikan dengan atau tanpa trafo dan memberikan enam pulsa ripple pada tegangan keluaran. Diode-diode dinomori berdasarkan urutan konduksi dan tiap sudut untuk tiap konduksinya adalah  $120^\circ$ . Urutan konduksi untuk diode adalah 2, 3, 4, 5, 6, dan 1. Pasangan diode yang dihubungkan di antara pasangan jalur sumber memiliki jumlah tegangan line ke line instantaneous tertinggi akan konduksi. Tegangan line ke line adalah  $\sqrt{3}$  kali tegangan fasa sumber tiga fasa yang terhubung wye.

Diode – diode semikonduktor banyak ditemukan dalam berbagai aplikasi bidang rekayasa elektronika. Diode secara luas juga digunakan dalam aplikasi rangkaian elektronika untuk mengkonversi daya elektrik. Beberapa rangkaian diode yang sering digunakan dalam rangkaian elektronika daya untuk pemrosesan daya antara lain adalah rangkaian penyearah penuh gelombang tiga fasa. Secara umum diode digunakan untuk mengkonversi sinyal ac ke dc, pengubah atau konverter sinyal ac ke dc dikenal dengan istilah *Rectifier* atau penyearah.

### 2.1.1 Diode

Diode merupakan peralatan utama yang digunakan untuk mengkonversi sinyal ac menjadi sinyal dc, atau arus bolak – balik menjadi arus searah, hal ini karena diode berfungsi sebagai saklar. Selain memiliki fungsi sebagai saklar diode juga memiliki peran sebagai freewhelling dalam regulator saklar, pengisian balik kapasitor dan pengiriman daya antar

komponen, selain itu juga dapat digunakan sebagai isolasi tegangan dan energi menuju sumber daya.

### 2.2 Penyearah Gelombang Penuh

Penyearah adalah rangkaian yang digunakan untuk mengkonversi sinyal ac menjadi dc. Dalam hal ini akan membahas penyearah gelombang penuh tiga fasa. Penyearah gelombang tiga fasa merupakan kombinasi dari dua penyearah setengah gelombang yang bekerja secara bergantian untuk setiap setengah gelombang dari gelombang masukan.

### 2.3 Penyearah Gelombang Penuh Model Jembatan

Pada setengah siklus tegangan sekunder yang positif, diode yang diatas mengalami prategangan maju dan yang di bawah mengalami prategangan balik. Sehingga arus yang mengalir melalui dioda diatas, tahanan beban selama setengah siklus negative. Arus yang mengalir melalui dioda yang dibawah, tahanan beban, dan setengah belitan dibawah. Hal ini disebabkan karena arus mengalir melalui tahanan beban dari arah yang sama tanpa memperhatikan dioda mana yang menghantar. Jadi, tegangan beban berbentuk sinyal, bentuk sinyal gelombang penuh yang disearahkan. Tegangan dari penyearah gelombang penuh dengan menggunakan rangkaian jembatan. Bahwa pada setengah siklus positif yaitu 0 sampai dengan  $T/2$ . dioda D1 dan D3 dalam keadaan kondisi ON dan menghasilkan setengah siklus dan pada saat setengah siklus negative yaitu dari  $T/2$  sampai dengan  $T$ . Maka dioda 2 dan D4 akan konduksi dan menghasilkan setengah siklus gelombang keluaran. Keluaran gelombang yang terjadi adalah positif, karena titik A adalah nol dan titik B adalah positif. Pada penyearah gelombang penuh ini mempunyai ripple lebih kecil dari pada dengan bentuk gelombang keluaran penyearah setengahgelombang, makin kecil ripple dari sebuah rangkaian penyearah, maka makin baik hasil tegangan keluaran DC.

### 2.4 Filter Pasif

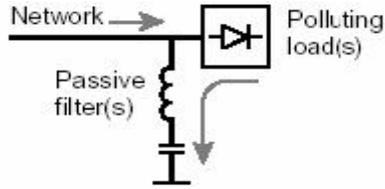
Filter pasif banyak digunakan untuk mengkompensasi kerugian daya reaktif akibat adanya harmonisa pada sistem instalasi. Rangkaian filter pasif terdiri dari komponen R, L, dan C. Komponen utama yang terdapat pada filter pasif adalah:

#### 1. Kapasitor.

Kapasitor dihubungkan seri atau paralel untuk memperoleh sebuah total rating tegangan dan kVar yang diinginkan.

## 2. Induktor.

Induktor digunakan dalam rangkaian filter dirancang mampu menahan selubung frekuensi tinggi yaitu efek kulit (*skin effect*).



**Gambar 2.18 Rangkaian Passive Filter**

Filter Pasif tersusun dari kapasitor dan inductor dengan satu frekuensi yang disetting pada frekuensi tegangan harmonisa yang akan dihilangkan.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (15)$$

Dimana:

$f_r$  = Frekuensi setting.

$L$  = Induktansi.

$C$  = Kapasitansi.

Karakteristik susunan frekuensi setting filter:

$$nr = \frac{f_r}{f_1} \quad (16)$$

Dimana:

$nr$  = Orde dari resonansi.

$f_r$  = Frekuensi setting.

$f_1$  = Frekuensi fundamental.

Karakteristik kompensasi daya reaktif:

$$Q_{var} = \frac{n_r^2}{n_{r-1}^2} u_1^2 C 2\pi f_1 \quad (17)$$

Dimana:

$Q_{var}$  = Daya reaktif untuk kompensasi.

$U_1$  = Tegangan fasa-fasa.

$C$  = Kapasitansi.

$f_1$  = Frekuensi fundamental.

Karakteristik impedansi:

$$X_o = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (18)$$

Dimana:

$X_o$  = Impedansi filter.

Karakteristik faktor kualitas:

$$q = \frac{X_o}{r} \quad (19)$$

Dimana:

$q$  = Faktor kualitas dari reaktor.

$X_o$  = Impedansi filter.

$r$  = Tahanan reaktor.

(Nilai  $q = 75$  untuk inti udara dan  $q > 75$  untuk inti besi).

## PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pembahasan dalam bab ini diarahkan pada langkah-langkah perencanaan tugas akhir yang meliputi perencanaan dan pembuatan perangkat keras yang sesuai dengan hasil keluaran yang diharapkan, yaitu Rangkaian AC to DC Full Converter Tak Terkontrol Tiga Fasa dapat bekerja sebagai penyearah yang baik meminimalisasi harmonisa dengan baik dan filter dapat mereduksi harmonisa yang dikehendaki yaitu harmonisa ke 5 dan 7.

### 3.1 Perancangan Alat Rangkaian AC to DC Full Converter Tak Terkontrol Tiga Fasa

Rangkaian AC to DC full converter tak terkontrol tiga fasa digunakan untuk menyearahkan tegangan AC menjadi tegangan DC. Rangkaian penyearah yang digunakan adalah jembatan. Secara umum sistem yang dibangun pada proyek akhir ini, dapat dilihat pada blok diagram berikut ini:



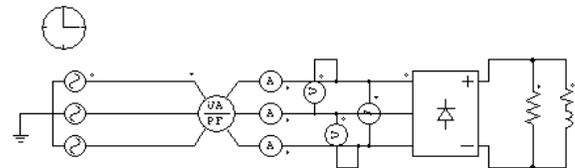
**Gambar 3.1 Blok diagram Rectifier 3 Fasa**

### 3.2 Simulasi Rangkaian

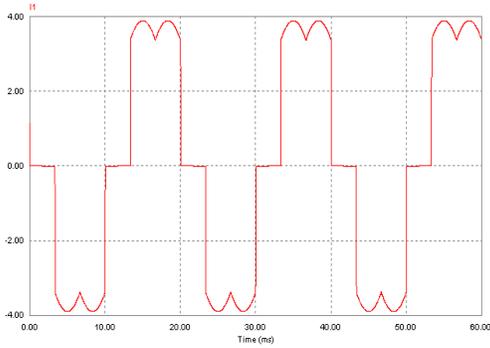
Untuk pembuatan perangkat keras dibuat modul alat yang mungkin dapat digunakan untuk perbaikan kualitas daya. Berikut gambar desain perangkat keras sebelum di filter dan sesudah di filter.

$V_{input} = 220\text{volt}$

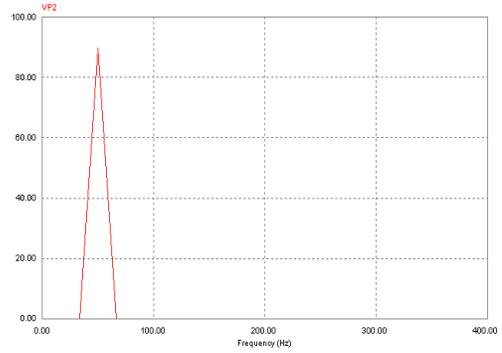
$I_{input} = 3 \text{ Ampere}$



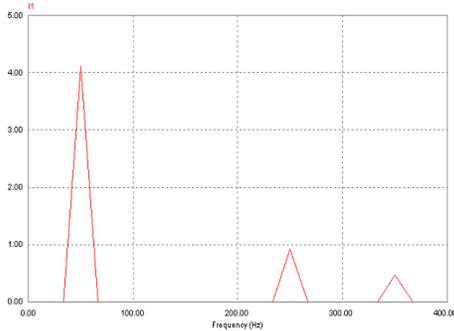
**Gambar 3.2 Perencanaan Rangkaian Full Converter dengan beban lampu pijar diparalel dengan Motor DC**



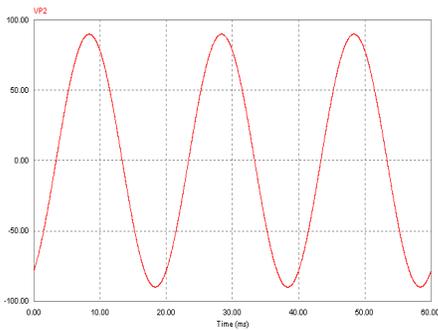
Gambar 3.3 Gelombang Arus Input



Gambar 3.6 Gelombang Harmonisa Tegangan



Gambar 3.4 Harmonisa Arus Input



Gambar 3.5 Gelombang Tegangan Input

### Perhitungan Nilai Kapasitor dan Induktor Desain Filter Pasif

Tegangan input 3 fasa,

$$V_{rms} = 391,2 \text{ Volt}$$

$$I_{rms} = 0,44 \text{ A}$$

$$S = 391,2 \times 0,44 = 172,128 \text{ VA}$$

$$\text{Arc cos } \theta^0 = 0,83$$

$$\theta^0 = 33,90^\circ$$

$$\text{Sin } 33,90^0 = 0,557$$

$$Q1 = V \times I \times \text{sin } \theta = 391,2 \times 0,44 \times 0,557 = 95,87 \text{ VAR}$$

$$P1 = V \times I \times \text{cos } \theta = 391,2 \times 0,44 \times 0,83 = 142,86 \text{ Watt}$$

$$\text{Cos } \theta1 = 0,98$$

$$\theta1 = 11,47$$

$$\text{Sin } 11,47 = 0,198$$

$$Q2 = V \times I \times \text{sin } 11,47 = 391,2 \times 0,44 \times 0,198 = 34,25 \text{ VAR}$$

$$P2 = V \times I \times \text{cos } 11,47 = 391,2 \times 0,44 \times 0,98 = 168,68 \text{ Watt}$$

$$\Delta Q = Q1 - Q2 = 95,87 - 34,25 = 61,62 \text{ VAR}$$

$$P = V^2 / R \rightarrow \Delta Q = V^2 / Xc \rightarrow 61,62 = (391,2)^2 / Xc$$

$$Xc = (391,2)^2 / 61,62 = 2483,56$$

$$Xc = 1 / 2 \times \pi \times f \times C \rightarrow 2483,56 = 1 / 2 \times 3,14 \times 50 \times C$$

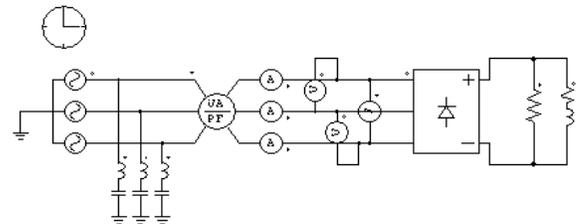
$$C = 1 / 314 \times 2483,56 = 1,282 \text{ } \mu\text{F}$$

$$Xc = Xl \rightarrow 1 / 2 \times \pi \times f \times C = 2 \times \pi \times f \times L$$

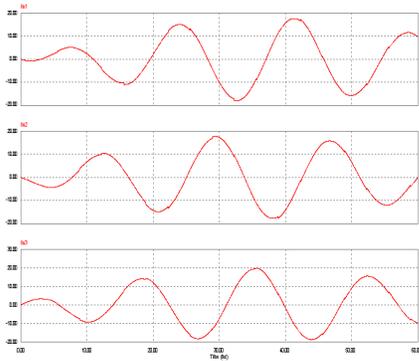
$$1 / 2 \times \pi \times 249,84 \times 1,282 \times (10)^{-6} = 2 \times \pi \times 249,84 \times L$$

$$L = (10)^6 / 4 \times \pi^2 \times (249,84)^2 \times 1,282$$

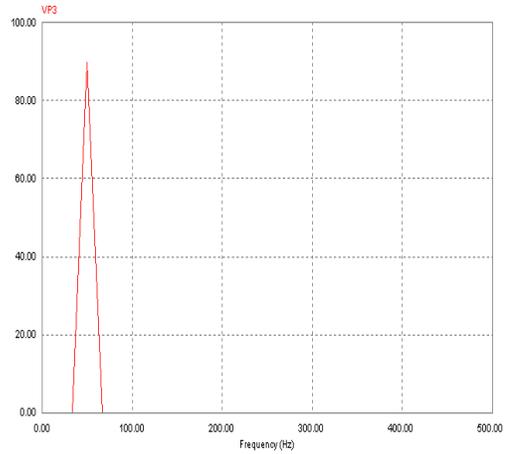
$$L = (10)^6 / 3155958,292 = 0,3168 \text{ H} = 316,8 \text{ mH}$$



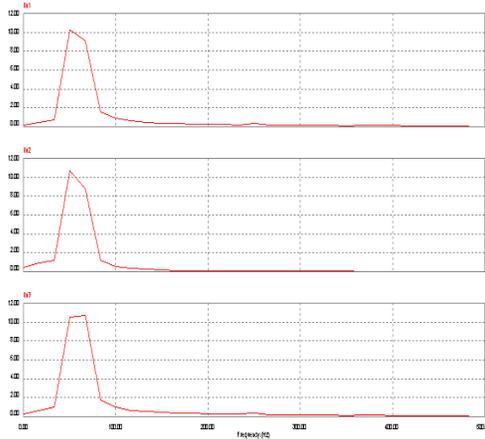
Gambar 3.7 Perencanaan Rangkaian Full Converter dengan Filter Pasif LC Hubungan Bintang Dibebani Motor DC Diparalel Dengan Lampu Pijar



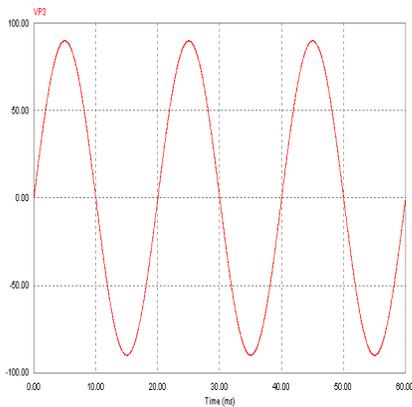
**Gambar 3.8 Gelombang Arus Input Setelah Di Filter**



**Gambar 3.11 Harmonisa Tegangan Input**



**Gambar 3.9 Harmonisa Arus Input Setelah Di Filter**



**Gambar 3.10 Gelombang Tegangan Input**

**PENGUJIAN DAN ANALISA**

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian perangkat keras yang telah dibuat, yaitu dengan mengambil data harmonisa dengan alat flukemeter. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat yang telah dibuat sudah sesuai keinginan atau belum. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui rangkaian Full Converter AC to DC Tak Terkontrol Tiga Fasa sebelum dan setelah dipasang Filter Pasif LC.

**4.1 Pengukuran AC to DC Full Converter Tak Terkontrol Tiga Fasa**

Data hasil pengukuran AC to DC Full Converter Tak Terkontrol Tiga Fasa :

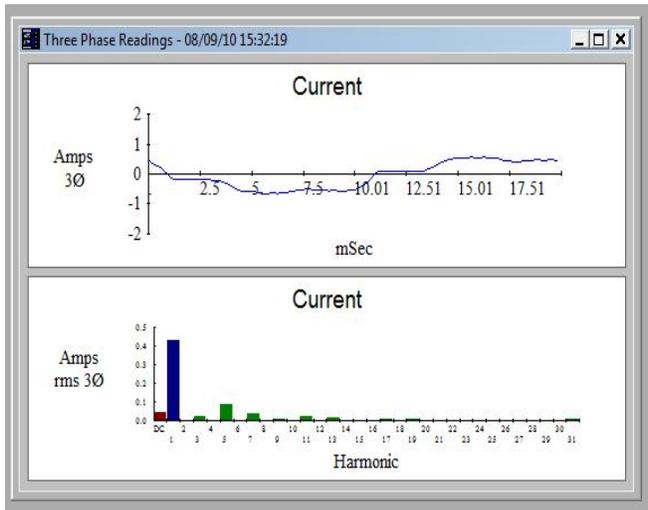


**Gambar 4.1 Rangkaian Full Converter Tiga Fasa**

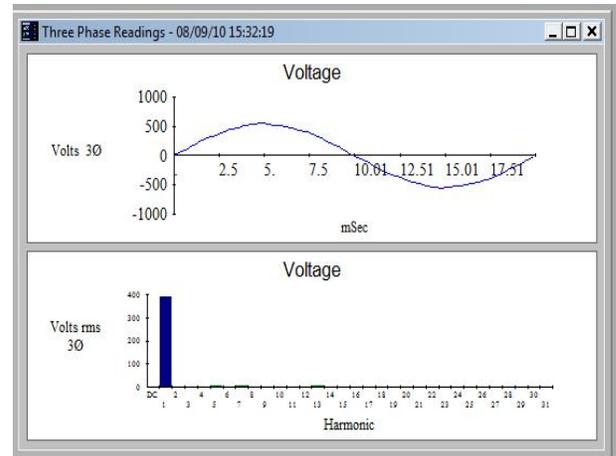
Parameter Input :

Summary Information		Voltage	Current	Record	Max	Average	Min	
Frequency	49.97	RMS	391.2	0.44	V RMS			
Power		Peak	571.1	0.62	A RMS			
Watts	-249.54	DC Offset	-0.2	-0.04	V Peak			
VA	300.23	Crest	1.46	1.41	A Peak			
Vars	149.97	THD Rms	2.20	22.79	V THD-R%			
Peak W	*	THD Fund	2.20	23.41	A THD-R%			
Phase	149° lead	HRMS	8.6	0.10	Watts			
Total PF	-0.83	KFactor		3.19	Volt * Amps			
DPF	-0.86				TPF			
* Only Single Phase data available				DPF				
				Frequency				
Harmonics	Freq.	V Mag	%V RMS	V Ø*	I Mag	%I RMS	I Ø*	Power (W)
DC	0.00	0.25	0.06	0	0.04	9.35	0	*
1	49.97	390.97	99.94	0	0.43	97.47	149	*
2	99.94	0.25	0.06	-67	0.00	0.57	56	*
3	149.90	0.22	0.06	156	0.02	4.68	131	*
4	199.87	0.09	0.02	150	0.00	0.14	8	*
5	249.84	4.56	1.17	71	0.09	19.41	136	*
6	299.81	0.13	0.03	-147	0.00	0.43	-14	*
7	349.79	5.04	1.40	140	0.04	0.70	00	*

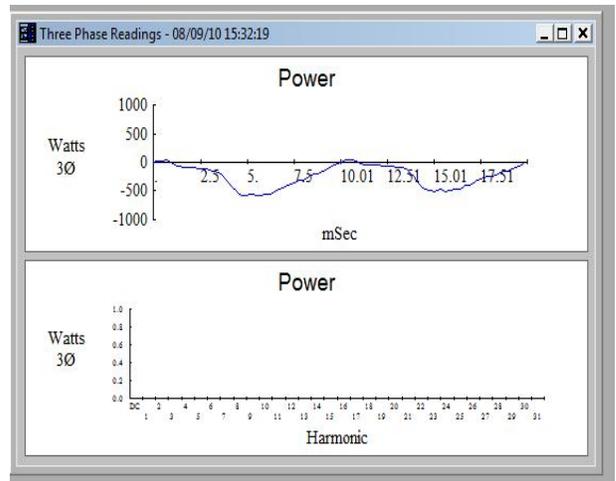
Tabel 4.2 Parameter Input Full Converter Tiga Fasa



Gambar 4.3 Gelombang Arus Dan Harmonisa Arus



Gambar 4.4 Gelombang Tegangan Dan Harmonisa Tegangan



Gambar 4.5 Gelombang Daya Dan Harmonisa Tegangan

4.2 Pengukuran AC to DC Full Converter Tak Terkontrol Tiga Fasa menggunakan Filter Pasif LC:

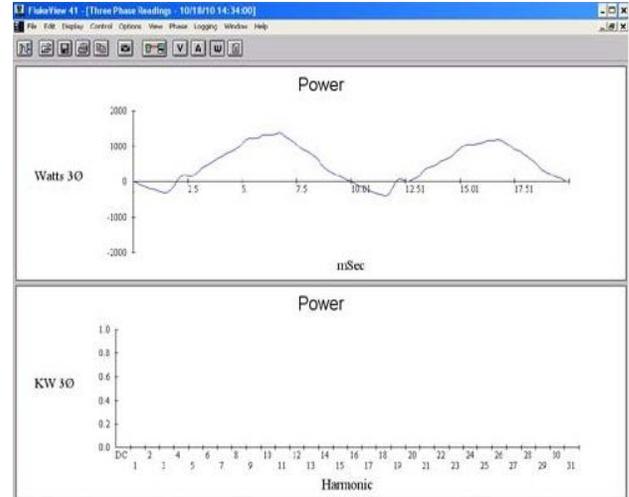


Gambar 4.6 Full Converter Tiga Fasa dengan filter pasif LC secara paralel

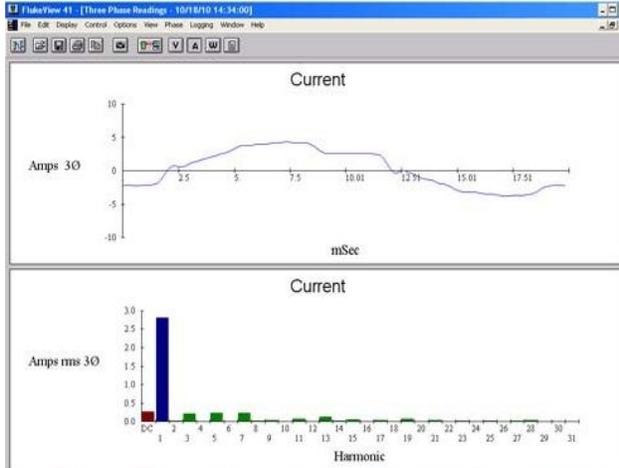
Parameter Input Setelah Di Filter :

Summary Information				Voltage		Current		Record	Max	Average	Min																																																																																	
Frequency	49.97	RMS	144.7	2.91	V RMS																																																																																							
Power	0.52	Peak	197.7	4.16	A RMS																																																																																							
Kw	0.73	DC Offset	-0.2	0.26	V Peak																																																																																							
KVA	-0.47	Crest	1.37	1.43	A Peak																																																																																							
KVAR	*	THD Rms	4.75	15.42	V THD-R%																																																																																							
Peak KW	42° lag	THD Fund	4.75	15.61	A THD-R%																																																																																							
Phase	0.72	HRMS	6.9	0.44	KWatts																																																																																							
Total PF	0.74	KFactor		2.77	KVA																																																																																							
DPF	* Only Single Phase data available																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Harmonics</th> <th>Freq.</th> <th>V Mag</th> <th>%V RMS</th> <th>V Ø*</th> <th>I Mag</th> <th>%I RMS</th> <th>I Ø*</th> <th>Power (KW)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DC</td> <td>0.00</td> <td>0.16</td> <td>0.11</td> <td>0</td> <td>0.26</td> <td>8.99</td> <td>0</td> <td>*</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>49.97</td> <td>144.47</td> <td>99.86</td> <td>0</td> <td>2.81</td> <td>96.91</td> <td>-42</td> <td>*</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>99.94</td> <td>0.03</td> <td>0.02</td> <td>-155</td> <td>0.01</td> <td>0.41</td> <td>-139</td> <td>*</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>149.90</td> <td>3.64</td> <td>2.52</td> <td>38</td> <td>0.21</td> <td>7.13</td> <td>165</td> <td>*</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>199.87</td> <td>0.02</td> <td>0.01</td> <td>-166</td> <td>0.01</td> <td>0.37</td> <td>-129</td> <td>*</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>249.84</td> <td>4.16</td> <td>2.87</td> <td>-167</td> <td>0.23</td> <td>7.98</td> <td>168</td> <td>*</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>299.81</td> <td>0.03</td> <td>0.02</td> <td>127</td> <td>0.01</td> <td>0.22</td> <td>163</td> <td>*</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>349.78</td> <td>2.61</td> <td>1.83</td> <td>15</td> <td>0.22</td> <td>0.99</td> <td>150</td> <td>*</td> </tr> </tbody> </table>												Harmonics	Freq.	V Mag	%V RMS	V Ø*	I Mag	%I RMS	I Ø*	Power (KW)	DC	0.00	0.16	0.11	0	0.26	8.99	0	*	1	49.97	144.47	99.86	0	2.81	96.91	-42	*	2	99.94	0.03	0.02	-155	0.01	0.41	-139	*	3	149.90	3.64	2.52	38	0.21	7.13	165	*	4	199.87	0.02	0.01	-166	0.01	0.37	-129	*	5	249.84	4.16	2.87	-167	0.23	7.98	168	*	6	299.81	0.03	0.02	127	0.01	0.22	163	*	7	349.78	2.61	1.83	15	0.22	0.99	150	*
Harmonics	Freq.	V Mag	%V RMS	V Ø*	I Mag	%I RMS	I Ø*	Power (KW)																																																																																				
DC	0.00	0.16	0.11	0	0.26	8.99	0	*																																																																																				
1	49.97	144.47	99.86	0	2.81	96.91	-42	*																																																																																				
2	99.94	0.03	0.02	-155	0.01	0.41	-139	*																																																																																				
3	149.90	3.64	2.52	38	0.21	7.13	165	*																																																																																				
4	199.87	0.02	0.01	-166	0.01	0.37	-129	*																																																																																				
5	249.84	4.16	2.87	-167	0.23	7.98	168	*																																																																																				
6	299.81	0.03	0.02	127	0.01	0.22	163	*																																																																																				
7	349.78	2.61	1.83	15	0.22	0.99	150	*																																																																																				

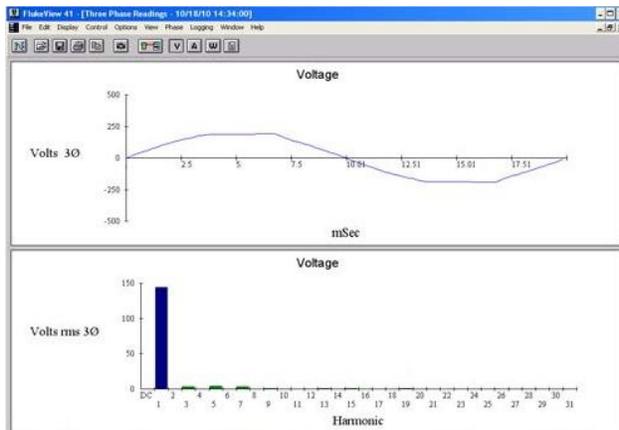
Tabel 4.7 Parameter filter pasif LC secara paralel



Gambar 4.10 Gelombang Daya Dan Harmonisa Tegangan



Gambar 4.8 Gelombang Arus Dan Harmonisa Arus



Gambar 4.9 Gelombang Tegangan Dan Harmonisa Tegangan

## PENUTUP KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan proses perencanaan, pembuatan dan pengujian alat serta dengan membandingkan dengan teori – teori penunjang, maka dapat disimpulkan beberapa hal mengenai hasil dari proyek akhir, yaitu :

1. Dengan memasang filter pasif LC pada harmonisa kelima dapat memperbaiki bentuk gelombang arus, sehingga dapat mereduksi harmonisa.
2. power faktor sebelum difilter sebesar 0.83 sedangkan sesudah difilter menjadi 0.72, penurunan ini terjadi karena munculnya harmonisa kelima.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Robert C. Dugan, Mark F. Mcgranaghan, H. Wayne Beaty. “ *Electrical Power system Quality*”. Mcgraw Hill. 1996.
2. Teguh Arifiyanto, Mochammad “ Filter Pasif Seri Untuk Meredam Harmonik ( Penyearah SCR ) ”. Surabaya. 2005.
3. Adhinata, Anizar “Filter Pasif Paralel Untuk Meredam Harmonisa Akibat Beban Konverter 6 Pulsa Dengan Meminimkan Rugi – Rugi ( Penyearah Dioda )”[3]. Surabaya. 2005.
4. Diktat PENS ITS “ Kualitas Daya”.
5. Eugen C.L, Robetric J.R “Electric Circuit and Machines” 7<sup>th</sup> edition.
6. Muhammad H.Rasyid “Elektronika Daya”. Edisi bahasa Indonesia jilid I.