

Efisiensi Daya Pada Beban Dinamik Dengan Kapasitor Bank Dan Filter Harmonik

Bambang Wahyono¹, Suhariningsih², Indhana Sudiharto³

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 60111

Email: bambang.elin07@gmail.com

Abstrak

Efisiensi daya listrik dapat ditingkatkan dengan cara memperbaiki kualitas daya. Kualitas daya yang baik dapat dilakukan dengan cara memperbaiki: drop tegangan, power faktor, rugi-rugi daya dan mereduksi harmonisa. Pemakaian penyearah 3 fasa menyebabkan timbulnya harmonisa yang besar. Tingginya tingkat kandungan arus harmonisa dapat menimbulkan berbagai macam persoalan pada sistem tersebut, antara lain adalah faktor daya sistem menjadi rendah, arus netral sistem meningkat, rugi-rugi daya sistem bertambah dan terjadi resonansi. Pada proyek akhir ini dilakukan pemasangan kapasitor bank hubungan star sebesar 11.5 uF dan filter harmonik pada harmonisa ke-5 sebesar 35.27 mH dan pada harmonisa ke-7 sebesar 17.99 mH untuk memperbaiki power faktor dan mereduksi harmonisa.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan filter harmonik dapat menurunkan THD arus dan power faktor mengalami penurunan. THD arus mengalami penurunan dari 29.11 % menjadi 26.51 % dan power faktor mengalami penurunan dari 0.96 menjadi 0.9.

Keywords: kualitas daya, power faktor, harmonisa, penyearah 3 fasa

1. PENDAHULUAN

Efisiensi daya listrik dapat ditingkatkan dengan cara memperbaiki kualitas daya. Kualitas daya yang baik dapat dilakukan dengan cara memperbaiki drop tegangan, power faktor, rugi-rugi daya dan mereduksi harmonisa. Perbandingan daya aktif dan daya semu menghasilkan power faktor ($\cos \phi$). Kualitas daya listrik baik adalah jika power faktor ($\cos \phi > 0.85$). Pemakaian konverter sebagai sumber daya searah membawa kerugian pada jaringan listrik, yaitu merusak bentuk gelombang tegangan dan arus bolak-balik sehingga gelombang menjadi tidak sinusoidal murni. Bentuk gelombang arus dan tegangan yang tidak sinusoidal tersebut mengandung gelombang frekuensi dasar dan frekuensi harmonisa.

Tingginya tingkat kandungan arus harmonisa yang terdapat pada sistem distribusi tenaga listrik dapat menimbulkan berbagai macam persoalan pada sistem tersebut, antara lain adalah faktor daya sistem menjadi rendah, arus netral sistem meningkat dan dapat menimbulkan kegagalan instalasi meskipun dalam kondisi beban setimbang, rugi-rugi daya sistem

bertambah, pemanasan lebih pada trafo dan generator, kesalahan operasi pada sistem proteksi, penyimpangan penunjukan pada alat ukur, kerusakan sejak dini pada peralatan-peralatan elektronik, interferensi pada sistem telekomunikasi dan lain sebagainya. Penggunaan filter pasif merupakan solusi yang tepat untuk mengurangi kadar harmonisa yang timbul akibat pemakaian beban non linier berupa penyearah 3 fasa. Pemakaian filter pasif ini berfungsi sebagai penyedia jalur pada impedansi rendah untuk frekuensi resonansi yang diinginkan. Pada proyek ini akan dibuat filter harmonik jenis filter pasif yang dapat memperbaiki nilai power faktor dan mereduksi harmonisa.

2. DASAR TEORI

2.1. Kualitas Daya

Perkalian arus dan tegangan efektif dalam rangkaian AC dinyatakan dalam voltampere (VA) atau kilovoltampere (kVA). Satu kVA sama dengan 1.000 VA. Daya yang berguna atau daya nyata diukur dalam watt dan diperoleh jika voltampere dari rangkaian dikalikan dengan faktor yang disebut dengan faktor daya. Maka dalam rangkaian AC tiga fasa adalah:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\cos \phi = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times I} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

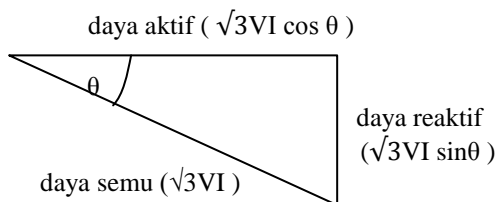
P = Daya Aktif (Watt)

V = Tegangan Jala-Jala (Volt)

I = Arus Beban (A)

$\cos \phi$ = Faktor Daya

Jadi faktor daya dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya nyata dalam watt dengan voltampere dari rangkaian AC. Harga faktor daya tergantung pada besarnya beda fasa antara arus dan tegangan. Jika arus dan tegangan sefasa, daya nyata sama dengan $\sqrt{3} \times V \times I$, atau dengan kata lain faktor daya sama dengan satu. Jika arus dan tegangan berbeda fasa 90° seperti dalam rangkaian kapasitif atau induktif murni, daya nyata sama dengan $\sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$.

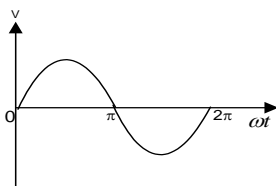


Gambar 1 Hubungan antara daya aktif, daya semu dan daya reaktif

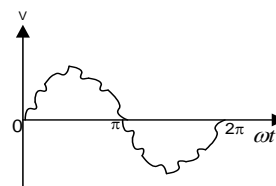
Gambar 1 menunjukkan hubungan daya aktif, daya semu, daya reaktif. Daya semu sama dengan $\sqrt{3}VI$, daya aktif adalah $\sqrt{3}VI \cos \theta$, dan daya reaktif $\sqrt{3}VI \sin \theta$.

2.2. Harmonisa

Pada sistem tenaga listrik, daya yang didistribusikan adalah pada level tegangan dengan frekuensi tunggal (50 Hz atau 60 Hz), tetapi karena perkembangan beban listrik yang semakin pesat dan kompleks, terutama penggunaan beban-beban non linier, akan menimbulkan perubahan pada bentuk gelombang sinusnya, sehingga yang semula seperti Gambar 2, tetapi setelah dialirkan ke beban-beban non linier, bentuk gelombangnya tidak lagi sinus atau terdistorsi seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 2 Gelombang Sinus Murni

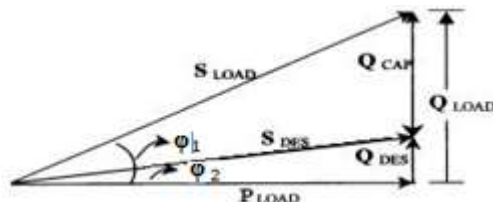


Gambar 3 Gelombang Sinus yang Terdistorsi

Cacat gelombang yang disebabkan oleh interaksi antara bentuk gelombang sinusoidal sistem dengan komponen gelombang lain yang disebabkan oleh pemakaian beban non linier lebih dikenal dengan harmonisa, dengan kata lain harmonisa adalah komponen gelombang lain yang mempunyai frekuensi kelipatan integer dari komponen frekuensi fundamental.

2.3. Penggunaan Segitiga Daya dan Tabel Cos φ Untuk Analisa Perbaikan Faktor Daya

Hubungan antara daya aktif, daya reaktif dan daya semu dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Segitiga Daya

Penjumlahan dari daya aktif dan daya reaktif menghasilkan daya nyata.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

- Dimana:
 P = Daya Aktif (kW)
 S = Daya Semu (kVA)
 Q = Daya Reaktif (kVAR)

Faktor daya:
 $\frac{\text{daya aktif}}{\text{daya semu}} = \frac{P}{S} = \cos \theta \dots\dots\dots(2.4)$

Daya reaktif kompensator
 $Q_{cap} = P \times (\tan \theta - \tan \phi) \dots\dots\dots(2.5)$

- Dimana:
 P : Daya Aktif (Watt)
 Q_{cap} : Daya Reaktif Kompensator(VAR)
 θ : Sudut Sebelum Diperbaiki
 φ : Sudut Setelah Diperbaiki

2.4 Filter pasif

Dengan semakin meningkatnya permasalahan mengenai harmonisa yang disebabkan oleh banyaknya penggunaan peralatan elektronika yang non linier, seperti komputer, printer dan lain-lain. Sehingga perlu dibuat suatu alat untuk dapat mengatasi permasalahan tersebut, karena harmonisa pada suatu sistem distribusi dapat menyebabkan menurunnya masa pakai dari peralatan listrik dan dapat mengganggu jalur komunikasi dan akibat buruk lainnya.

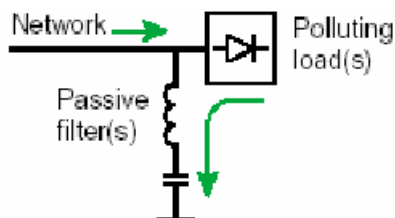
Tujuan pokok dari filter harmonisa adalah untuk mereduksi amplitude frekuensi-frekuensi tertentu dari sebuah tegangan atau arus. Dengan penambahan filter harmonisa pada suatu sistem tenaga listrik yang mengandung sumber-sumber harmonisa, maka penyebaran arus harmonisa ke seluruh jaringan dapat ditekan sekecil mungkin. Selain itu filter harmonisa pada frekuensi fundamental dapat mengkompensasi daya reaktif dan dipergunakan untuk memperbaiki faktor daya sistem.

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 melewatkan arus harmonisa agar tidak menuju ke sumber.

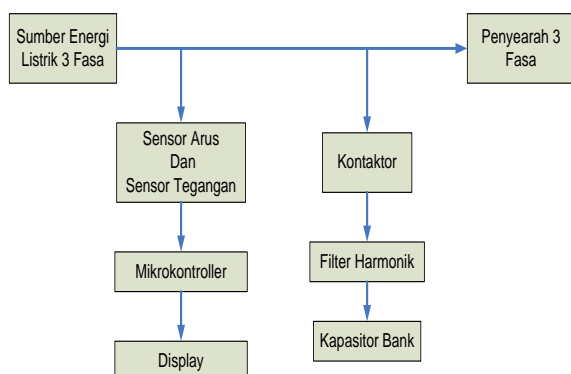


Gambar 5 Rangkaian Filter Pasif dalam Sistem

Dari gambar 5 filter pasif dipasang pada sisi sumber yang dipakai untuk melewatkan arus harmonisa agar tidak menuju ke sumber. Filter Pasif tersusun dari kapasitor dan induktor dengan satu frekuensi yang disetting pada frekuensi tegangan harmonisa yang akan dihilangkan.

3. Perencanaan Sistem

Perancangan sistem secara keseluruhan dapat dijelaskan seperti gambar 6 dibawah ini :



Gambar 6 Blok diagram efisiensi daya pada beban dinamik dengan kapasitor bank dan filter harmonik

Tugas Akhir efisiensi daya pada beban dinamik dengan kapasitor bank dan filter harmonik menggunakan beban motor induksi 3 fasa paralel dengan penyearah 3 fasa. Untuk memperbaiki power faktor ($\cos \theta$) pada sistem tenaga listrik dan menurunkan nilai THD harmonisa dilakukan pemasangan kapasitor bank dan filter harmonik. Dengan banyaknya beban induktif yang digunakan akan menyebabkan power faktor rendah dan pemakaian beban penyearah 3 fasa juga akan menimbulkan timbulnya harmonisa. Harmonisa tersebut akan mereduksi faktor daya dan jika cukup banyak akan merusak motor yang digunakan, maka diperlukan suatu kompensator daya reaktif berupa kapasitor bank dan filter harmonik yang dapat menurunkan nilai THD harmonisa dan memperbaiki faktor daya.

4. Hasil Pengujian Sistem

4.1 Pengujian Rangkaian Sensor

Pengujian rangkaian sensor meliputi pengujian sensor tegangan menggunakan rangkaian pembagi tegangan dan sensor arus ACS 712.

4.1.1 Sensor tegangan



Gambar 7 Hardware sensor tegangan

Gambar 7 menunjukkan gambar hardware sensor tegangan. Hasil dari sensor tegangan menggunakan rangkaian pembagi tegangan sesuai dengan harapan.

Tabel 1 Data percobaan sensor tegangan

Vin(V)	Vout AC teori(V)	Vout AC(V)	Vout Dc(V)	ADC	% error Vout AC
20	0.292	0.282	0	0	3.31
40	0.583	0.574	0.275	54	1.60
60	0.875	0.858	0.626	128	1.94
80	1.167	1.146	1.002	207	1.77
100	1.458	1.426	1.368	284	2.22
120	1.750	1.712	1.748	361	2.17
140	2.042	1.992	2.109	441	2.43
160	2.333	2.294	2.461	513	1.69
180	2.625	2.598	2.791	583	1.03
200	2.917	2.884	3.076	646	1.12
220	3.208	3.176	3.342	704	1.01
240	3.500	3.463	3.608	755	1.06

4.1.2 Sensor arus



Gambar 8 hardware sensor arus

Dari rangkaian aplikasi IC ACS 712 Gambar 8 diatas, didapatkan hasil output berupa tegangan AC

tanpa komponen DC. Setiap perubahan 0.456 ampere arus input maka hasil output berupa tegangan AC akan berubah tiap 11 mV, seperti pada Table 2 dibawah. Sinyal output yang dihasilkan IC ACS 712 merupakan inverting dari sinyal input. Sehingga diperlukan inverting amplifier agar sinyal output sama dengan sinyal input IC ACS 712

Tabel 2 Data percobaan sensor arus ACS 712

No.	Arus AC (Ammeter)	Tegangan Sensing Out ACS
		(Vac)
1	0,456 A	11 mV
2	0,912 A	33 mV
3	1,368 A	49 mV
4	1,824 A	66 mV
5	2,28 A	84 mV
6	2,736 A	100,1 mV
7	3,192 A	118 mV
8	3.648 A	136 mV
9	4,104 A	153 mV
10	4,56 A	171 mV

4.2 Pengujian Rangkaian Sistem

Pengujian rangkaian sistem meliputi pengujian beban penyearah 3 fasa tanpa dipasang filter harmonik dan pengujian beban penyearah 3 fasa dengan pemasangan filter harmonik pada harmonisa ke-5 dan ke-7.

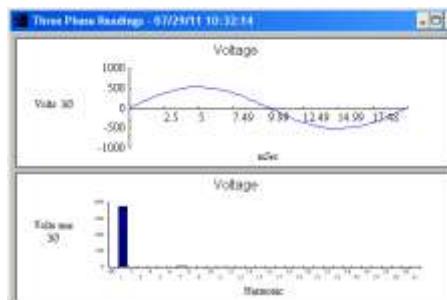
4.2.1 Pengujian Beban Penyearah 3 Fasa

Pada pengujian ini penyearah 3 fasa yang dihubungkan ke beban lampu dengan daya total lampu sebesar 1750 W. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan harmonisa akibat pemakaian penyearah 3 fasa.



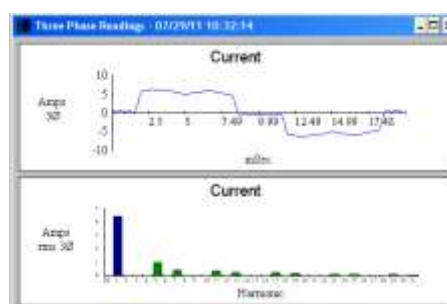
Gambar 9 penyearah 3 fasa dan beban lampu

Gambar 9 menunjukkan beban penyearah 3 fasa dan lampu. Beban penyearah 3 fasa menyebabkan munculnya harmonisa yang besar. Berikut ini dapat dilihat bentuk gelombang dan spektrum tegangan input dan arus input seperti yang terlihat pada gambar 10 dan 11.



Gambar 10 Bentuk gelombang dan spektrum tegangan input

Gambar 10 menunjukkan bentuk gelombang tegangan input sebelum difilter tidak mengalami cacat gelombang.



Gambar 11 Bentuk gelombang dan spektrum arus input

Gambar 11 menunjukkan bentuk gelombang arus input sebelum difilter mengalami cacat gelombang. Harmonisa yang paling dominan yaitu harmonisa ke-5 dan ke-7, sehingga perlu dilakukan pemasangan filter harmonik untuk harmonisa ke-5 dan ke-7. Besar THDi sebelum difilter sebesar 29.11%.

Pemakaian penyearah 3 fasa mengakibatkan munculnya harmonisa pada frekuensi ke-5, 7, 11, 13, 17, 19 dst karena pada penyearah 3 fasa harmonisa yang muncul pada orde $6n \pm 1$ dengan n adalah bilangan integer. Harmonisa $6n+1$ untuk urutan negatif dan $6n-1$ untuk urutan positif. Pada pengujian rangkaian penyearah 3 fasa nilai arus 4.63 A, power faktor 0.96, besar THD arus 29.11 % seperti data yang ditampilkan power meter 41B pada gambar 12.

Three Phase Readings - 07/29/11 10:32:14				
Summary Information		Voltage	Current	
Frequency	50.05	RMS	377.4	4.63
Power		Peak	546.3	6.36
KW	2.89	DC Offset	-0.5	-0.04
KVA	3.03	Crest	1.45	1.37
KVAR	0.20	THD Rms	1.88	27.95
Peak KW	*	THD Fund	1.88	29.11
Phase	4° lead	HRMS	7.1	1.29
Total PF	0.96	KFactor		7.87
DPF	1.00			

Gambar 12 Data pengukuran meter digital Power Fluke Meter 41B

Harmonics	Freq.	V Mag	2V RMS	V Ø*	I Mag	2I RMS	I Ø*	Power (KW)
DC	0.00	0.47	0.12	0	0.04	0.78	0	*
1	50.05	377.13	99.93	0	4.44	95.85	4	*
2	100.09	0.50	0.13	-34	0.01	0.13	-148	*
3	150.14	0.31	0.08	-54	0.02	0.42	122	*
4	200.18	0.47	0.12	91	0.00	0.11	148	*
5	250.23	2.59	0.69	82	1.03	22.35	175	*
6	300.28	0.22	0.06	-127	0.00	0.07	78	*
7	350.32	5.56	1.47	-136	0.45	9.72	164	*
8	400.37	0.16	0.04	138	0.00	0.08	11	*
9	450.41	0.63	0.17	41	0.02	0.39	49	*
10	500.46	0.03	0.01	-110	0.00	0.09	-63	*
11	550.51	0.59	0.16	-78	0.40	8.54	-22	*
12	600.55	0.09	0.02	-111	0.00	0.04	-158	*
13	650.60	2.41	0.64	70	0.26	5.70	-23	*

Gambar 13 Data nilai magnitude arus tiap-tiap frekuensi

Gambar 13 menunjukkan besar nilai magnitude arus untuk tiap frekuensi. Nilai magnitude paling dominan yaitu pada $f = 250$ Hz sebesar 1.03 A, pada $f = 350$ Hz sebesar 0.45, pada $f = 550$ Hz sebesar 0.4.

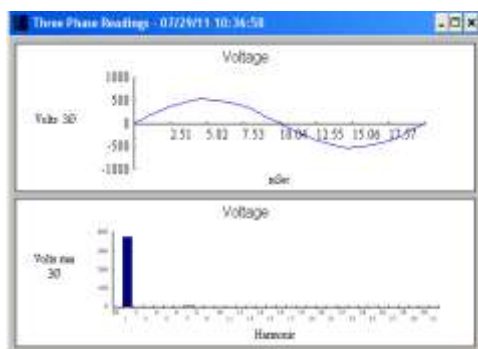
4.2.2 Pengujian Beban Penyearah 3 Fasa Dipasang Filter Harmonik

Pada pengujian ini dilakukan pemasangan induktor untuk harmonisa ke-5 sebesar 35.27 mH dan untuk harmonisa ke-7 sebesar 17.99 mH. Gambar 14 menunjukkan induktor dihubungkan seri dengan kapasitor bank 11.5 uF hubungan star.



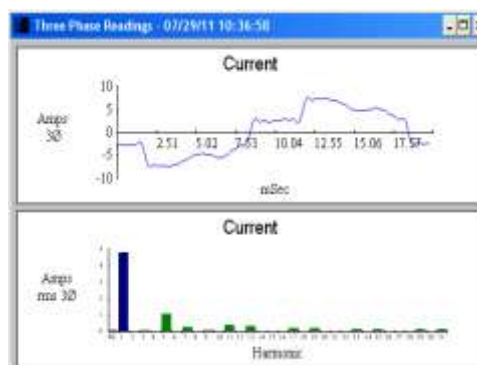
Gambar 14 Filter harmonik dan kapasitor bank

Berikut ini dapat dilihat bentuk gelombang dan spektrum tegangan masukan dan arus masukan seperti yang terlihat pada gambar 15 dan 16.



Gambar 15 Bentuk gelombang dan spektrum tegangan input

Gambar 16 menunjukkan bentuk gelombang tegangan input setelah difilter tidak mengalami cacat gelombang.



Gambar 16 Bentuk gelombang dan spektrum arus input

Gambar 16 menunjukkan bentuk gelombang arus input setelah difilter. Spektrum harmonisa pada harmonisa ke-7 mengalami penurunan tapi pada harmonisa ke-5 sedikit bertambah, sehingga gelombang arus belum bisa menjadi sinusoidal. Besar THDi setelah difilter menjadi 26.51%.

Pemasangan filter harmonik untuk harmonisa ke-5 sebesar 35.27 mH dan harmonisa ke-7 sebesar 17.99 mH serta kapasitor bank sebesar 11.5 uF menyebabkan turunnya nilai THD arus pada sistem menjadi 26.51 %. Nilai arus 4.98, power faktor 0.9, besar THD arus 26.51 % seperti data yang ditampilkan power meter 41B pada gambar 17.

Three Phase Readings - 07/29/11 10:36:58			
Summary Information		Voltage	Current
Frequency	49.81	RMS	377.4
Power		Peak	544.1
KW	-2.92	DC Offset	-0.7
KVA	3.26	Crest	1.44
KVAR	-1.18	THD Rms	1.91
Peak KW	*	THD Fund	1.91
Phase	158° lag	HRMS	7.2
Total PF	-0.90	KFactor	7.16
DPF	-0.93		

Gambar 17 Data pengukuran meter digital Power Fluke Meter 41B

Harmonics	Freq.	V Mag	2V RMS	V Ø*	I Mag	2I RMS	I Ø*	Power (KW)
DC	0.00	0.66	0.17	0	0.05	0.95	0	*
1	49.81	377.44	100.00	0	4.81	96.60	-158	*
2	99.63	0.16	0.04	39	0.01	0.18	112	*
3	149.44	0.31	0.08	79	0.07	1.36	-68	*
4	199.26	0.03	0.01	-4	0.04	0.70	-146	*
5	249.07	3.84	1.02	86	1.06	21.34	-1	*
6	298.89	0.19	0.05	122	0.04	0.84	-92	*
7	348.70	5.20	1.40	-149	0.26	5.22	-5	*
8	398.51	0.06	0.02	-29	0.01	0.28	-34	*
9	448.33	1.94	0.51	-179	0.05	0.97	-82	*
10	498.14	0.09	0.02	-120	0.00	0.10	25	*
11	547.96	1.13	0.30	-64	0.37	7.35	160	*
12	597.77	0.03	0.01	39	0.00	0.05	-94	*
13	647.58	0.34	0.09	-176	0.33	6.55	160	*

Gambar 18 Data nilai magnitude arus tiap-tiap frekuensi

Gambar 18 menunjukkan besar nilai magnitude arus untuk tiap frekuensi. Pemasangan filter harmonik pada harmonisa ke-5 dan ke-7 menyebabkan turunnya nilai magnitude arus yaitu sebelum pemasangan filter harmonik pada $f = 350$ Hz sebesar 0.4 A menjadi 0.26 A. Untuk frekuensi 250 Hz mengalami kenaikan dari 1.03 A menjadi 1.06 A.

Tabel 3. Hasil setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank dan filter harmonik

Parameter	Sistem tanpa kapasitor dan filter harmonik	Sistem dengan kapasitor dan filter harmonik
S (VA)	3030	3260
P (Watt)	2890	2920
Q (Var)	20 lead	1180 lag
IL (A)	4.63	4.98
pf	0.96	0.9
THDi (%)	29.11	26.51

Dari tabel 3 terlihat bahwa untuk beban penyearah 3 fasa tanpa kapasitor nilai daya semu = 3030 VA, power faktor = 0.96, arus beban = 4.63 A dan THDi = 29.11%. Setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank dan filter harmonik nilai daya semu naik menjadi 3260 VA, power faktor turun menjadi 0.9, arus beban naik menjadi 4.98 A dan THDi turun menjadi 26.51%.

5. Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan proses perencanaan, pembuatan dan pengujian alat serta dengan membandingkan dengan teori-teori penunjang, dan dari data yang didapat maka dapat kami simpulkan.

1. Sensor arus dengan ACS 712 dapat menampilkan gelombang arus yang sinusoidal. Pembacaan sensor arus ACS 712 adalah 11 mV untuk tiap 0.456 A arus AC yang disensor.
2. Sensor tegangan dengan rangkaian pembagi tegangan bagus dapat menampilkan gelombang tegangan yang sinusoidal. Pembacaan di LCD memiliki % error yang kecil dibandingkan dengan pembacaan Fluke 41B.
3. Untuk pemakaian beban penyearah 3 fasa, sebelum difilter THD arus input sebesar 29.11%. Sedangkan setelah difilter, THD arus input sebesar 26.5%.
4. Nilai power faktor sebelum pemasangan filter harmonik sebesar 0.96 dan setelah dilakukan pemasangan filter harmonik nilai power faktor turun menjadi 0.9.
5. Dengan mereduksi harmonisa ke-5 dan ke-7 dapat memperbaiki bentuk gelombang arus, sehingga dapat memperkecil harmonisa.

6. Kandungan resistansi yang besar pada induktor menyebabkan induktor tidak bisa bekerja sempurna.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atmel, "8-bit AVR Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash", Atmega16 datasheet, 2002.
- [2] MH Rashid, "Power Electronics Circuits, Devices, and Applications", 3rd Ed., Prentice Hall, 2004.
- [3] ____, "Power Faktor Corection (EPCOS)", Product Profile 2005
- [4] Rety Silvana, Florentina, Indhana Sudiharto, ST, MT "Perbaikan Kualitas Daya menggunakan Soft Switch Static Var Kompensator untuk beban dinamik pada industri", PENS-ITS, Surabaya, 2006.
- [5] Indhana Sudiharto, ST, MT, "Desain Soft Switched Static Var Kompensator Untuk Mengurangi Inrush Current Pada Capasitor Bank", Tesis Teknologi Industri – ITS, 2006.
- [6] Arif, Faisyal, Indhana Sudiharto, ST, MT "Power Faktor Regulator menggunakan PLC Zelio", PENS-ITS, Surabaya, 2007.
- [7] Faizin, Muchammad "Filter Pasif Harmonisa Untuk Variable Speed Drive", PENS-ITS, Surabaya, 2007.
- [8] Ardiyansah, Farit, Indhana Sudiharto, ST, MT "Rancang Bangun PFC yang dilengkapi Metering dengan Pengontrolan Capasitor Bank untuk Beban Dinamis", PENS-ITS, Surabaya, 2007.