

ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA PENGGUNAAN FILTER PASIF DAN FILTER AKTIF PADA PENYEARAH TERKENDALI SATU PHASA

Sri Kurniati A.

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik, Undana, Jl. Adisucipto Penfui-Kupang

E-mail : sri_kurniatia@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja penyearah terkendali satu phasa dengan melakukan perbandingan penggunaan filter pasif dan filter aktif yang dibebani tahanan (resistor) sebesar 20 Ohm. Nilai Total Distorsi Harmonik (THD) dan faktor kerja (PF) yang menunjukkan kinerja penyearah diukur secara langsung di dalam simulasi rangkaian dengan menggunakan PSPICE versi 7.1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa harmonisa atau THD yang timbul pada penyearah terkendali satu phasa dengan menggunakan filter pasif pada sudut penyalaan $10^0 - 60^0$ adalah 1,914% -2,591%, sedangkan pada filter aktif sebesar 0,448% - 0,769%. Dari sisi keluaran penyearah diperoleh riak tegangan sebesar 17,13% - 52,52% pada filter pasif, sedangkan filter aktif sebesar 21,53% - 30,92%. Berdasarkan riak tegangan yang diperoleh dari kedua filter ini, maka diperoleh faktor daya antara 0,27 - 0,52 (leading) dan efisiensi antara 78,38%-97,15% pada filter pasif sedangkan pada filter aktif diperoleh faktor daya sebesar 0,76 - 0,9 (lagging) dan efisiensi 91,27%-95,57. Dari hasil analisis dari kedua filter tersebut menunjukkan bahwa kinerja filter aktif lebih baik dibanding dengan filter pasif.

Abstract

This study aims to determine the performance of the controlled rectifier single phase by performing comparisons using passive filters and active filters are loaded resistance of 20 Ohm. Total harmonic distortion (THD) value and the power factor (PF) indicating rectifier performance measured directly in simulation using PSPICE version 7.1. The results showed that the harmonics arising in a phase controlled rectifier using a passive filter at an angle of firing $10^0 - 60^0$ is 1.914% -2.591%, while in the active filter at 0.448% - 0.769. Obtained from the rectifier output voltage ripple of 17.13% - 52.52% in the passive filter, while the filter is active by 21.53% - 30.92%. Based on the ripple voltage obtained from the rectifier, the obtained power factor between 0.27 - 0.52 (leading) and efficiency of between 78.38% - 97.15% in the passive filter, while on active filter power factor of 0,76 - 0.9 (lagging) and the efficiency of 91.27% -95.57. This analysis shows that the performance of the active filter is better than the passive filter.

Keyword: Contolled Rectifier, Filter, THD

1. Pendahuluan

Pertimbangan tentang distorsi harmonik pada daya konverter memegang peranan yang penting. Penyearah terkendali satu phasa merupakan salah satu penghasil harmonik yang terbesar dalam sistem tenaga listrik [1]. Oleh karena itu penggunaan penyearah terkendali tiga phasa disamping untuk meningkatkan daya penyearah juga dapat mengurangi harmonik yang timbul pada tegangan masukan. Seperti yang telah diungkapkan oleh [2], penyearah dengan keluaran multi pulsa merupakan salah satu cara perbaikan performansi penyearahan. Indikator kinerja suatu penyearah

meliputi bentuk gelombang, harga rata-rata atau harga rms dan harmonik yang timbul dari tegangan dan arus.

Selain itu, untuk mengurangi kadar harmonik dan menaikkan faktor kerja penyearah biasanya dipasang filter pasif pada bagian keluaran [3], menggunakan *L/C tuned filter* [4], dan menggunakan kompensasi fluks magnetik dengan cara menginjeksi ke dalam sistem untuk mengurangi harmonik [5]. Kemudian beberapa peneliti lainnya menggunakan injeksi hubungan Z/D [6], dan kompensasi kapasitor bank yang dikontrol secara otomatis [7], atau dikontrol secara otomatis dengan menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) [8]. Namun usaha-

usaha yang telah dilakukan ini belum sepenuhnya menurunkan kadar harmonik dan menaikkan faktor kerja penyearah, karena semua teknik ini hanya akan menghasilkan satu pulsa per setengah siklus dari arus masukan konverter, dan akibatnya harmonik dengan orde terendah adalah harmonik ketiga [9].

Untuk memperbaiki kinerja filter pasif, maka dirancang suatu filter aktif untuk meredam harmonik dan meningkatkan faktor kerja penyearah terkendali 1 fasa. Dalam paper ini akan melakukan perbandingan kinerja penyearah antara filter pasif dan filter aktif pada penyearah terkendali 1 fasa. Dalam hal ini parameter yang akan dibandingkan dan dianalisis berupa harmonik, faktor kerja riak tegangan dan efisiensi.

2. Metode Penelitian

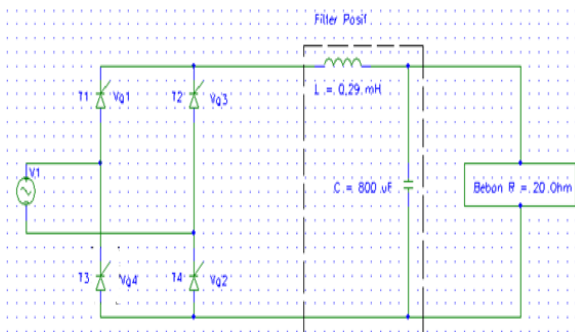
2.1 Tahapan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan simulasi sesuai dengan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- Merancang filter LC yang tepat pada penyearah terkendali 1 fasa.
- Melakukan simulasi yang berulang-ulang sampai diperoleh nilai THD yang terkecil.
- Melakukan kajian pustaka dari desain filter aktif yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya.
- Melakukan simulasi seperti pada langkah no. 2 untuk mengetahui nilai THD yang ditimbulkan.
- Melakukan analisis THD yang ditimbulkan oleh antara penggunaan filter pasif dan filter aktif.
- Melakukan perhitungan untuk mendapatkan perbandingan nilai THD dan faktor daya yang diperoleh antara penggunaan filter pasif dan filter aktif.

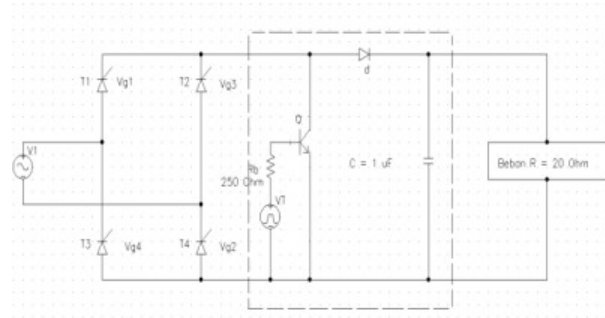
2.2 Desain Perangkat Keras

Desain Filter Pasif



Gambar 1. Desain Penyearah Terkendali 1 Fasa dengan Filter Pasif

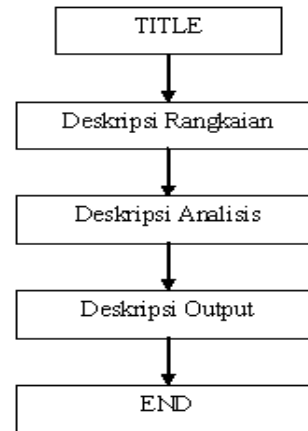
Desain Filter Aktif



Gambar 2. Desain Penyearah Terkendali Satu Fasa dengan Filter Aktif

2.3 Desain Perangkat Lunak

Desain perangkat lunak menggunakan program PSPICE. Teknik pembuatan Listing PSPICE digunakan sistem Netlist seperti diagram alur berikut ini (M. Rashid, 1993):



Gambar 3. Diagram Alur Program PSPICE

2.4 Bahan dan Alat yang Digunakan

Bahan yang digunakan adalah komponen-komponen elektronik yang dibutuhkan dalam desain dan tersedia di pasaran. Adapun parameter-parameter yang digunakan dalam rangkaian ini adalah:

- Tegangan masukan = 220V.
- Resistansi dan induktansi masukan : $R_s = 0,1 \text{ Ohm}$ dan $L_s = 0,5 \text{ mH}$.
- Beban keluaran $R_b = 20 \text{ Ohm}$.
- Thyristor tipe IR S18F

Sedangkan alat yang digunakan untuk melakukan simulasi menggunakan perangkat keras komputer PC Pentium IV dan perangkat lunak PSPICE Versi 7.1

2.5 Teknik Analisis Data

Nilai efektif (rms) komponen AC

$$V_{ac} = \sqrt{V_{rms}^2 - V_{dc}^2} \tag{1}$$

Nilai faktor riak

$$RF = \frac{V_{ac}}{V_{dc}} \times 100\% \tag{2}$$

Efisiensi penyearah

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} \times 100\% \tag{3}$$

Faktor Daya

- Sebelum ada harmonik:

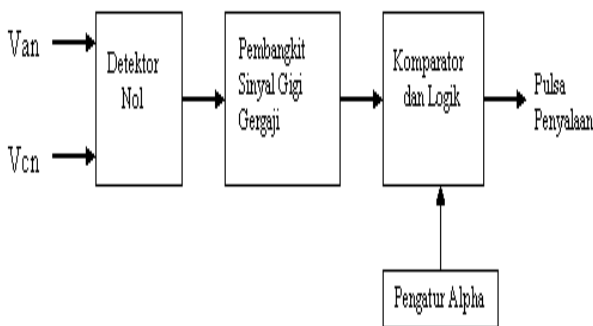
$$PF = \frac{P}{V \cdot I} \tag{4}$$

- Setelah ada harmonik:

$$PF = \frac{1}{\sqrt{(1+THD^2)}} \cos \alpha \tag{5}$$

2.6 Rangkaian dan Sistem Kendali yang Digunakan

Sistem kendali yang digunakan adalah tipe penyalan jarak sama, dimana sudut penyalan ditentukan oleh titik *zero crossing* antara tegangan masukan $V_{an} - V_{cn}$. Oleh karena itu untuk tegangan seimbang titik nolnya berada pada $\pi/6$ seperti yang diperlihatkan secara blok diagram pada Gambar 3.



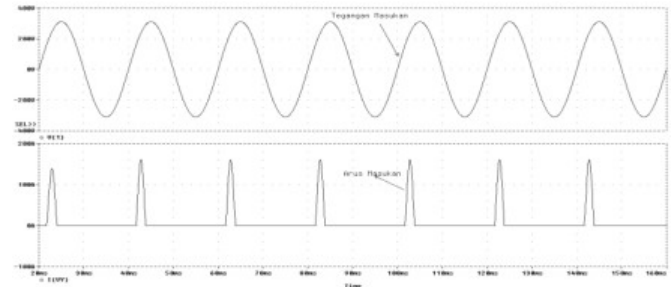
Gambar 4. Sistem Kendali Tipe Penyalan Jarak Sama

3. Hasil dan Pembahasan

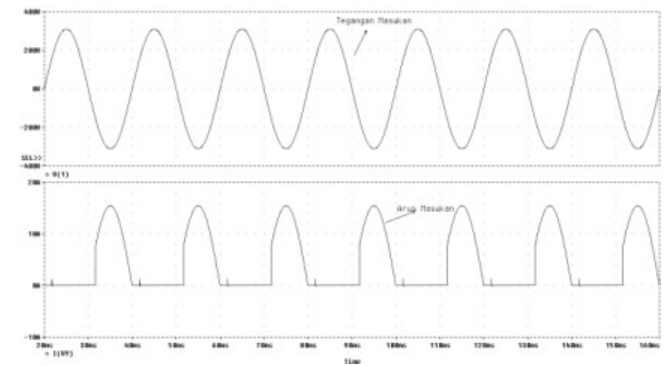
3.1 Hasil Penelitian

1. Bentuk Gelombang Arus dan Tegangan Masukan

Setelah dilakukan simulasi dari kedua tipe filter yang digunakan pada penyearah terkendali 1 phasa, maka diperoleh hasil bentuk gelombang harmonic arus dan tegangan masukan seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 5.



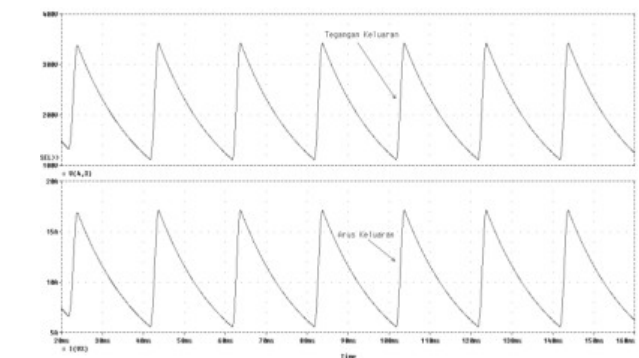
(a) Filter Pasif



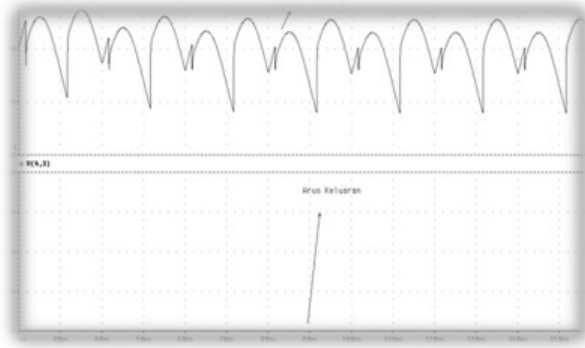
(b) Filter Aktif

Gambar 5. Bentuk Gelombang Arus dan Tegangan Masukan Penyearah dengan Sudut Penyalan Alfa 30°

2. Bentuk Gelombang Arus dan Tegangan Keluaran



(a) Filter Pasif

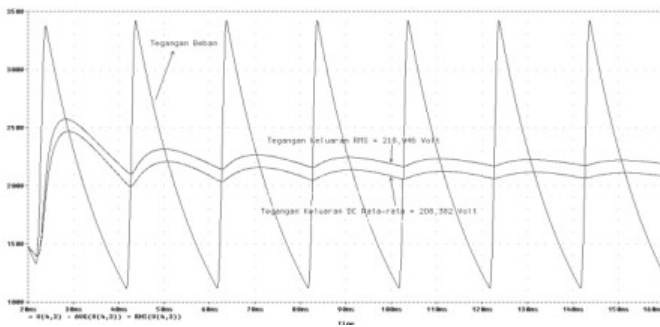


(b) Filter Aktif

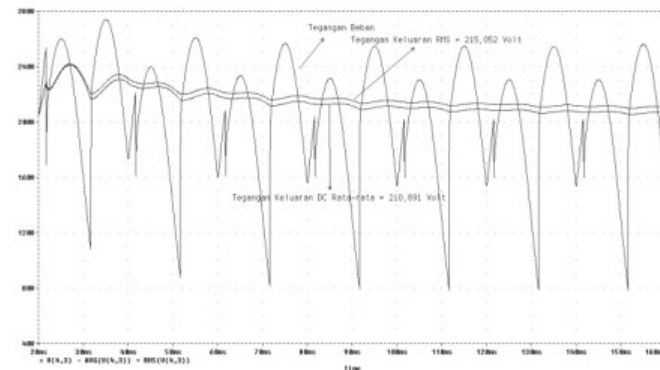
Gambar 6. Bentuk Gelombang Tegangan dan Arus Keluaran Penyearah dengan Sudut Penyalaan Alfa 30°

2. Bentuk Gelombang Tegangan Beban DC Rata-Rata (Average) dan Tegangan Efektif (RMS)

Dari hasil simulasi diperoleh tegangan DC rata-rata (Average) dan tegangan efektif (RMS) dengan memplot AVG (V(4,3)) dan RMS (V(4,3)) seperti Gambar 7.



(a) Filter Pasif



(b) Filter Aktif

Gambar 7. Bentuk Gelombang Tegangan Beban DC Rata-Rata (Average) dan Tegangan Efektif (RMS) pada Penyearah dengan Penyalaan Alfa 30°

Kemudian dengan menggunakan hasil plot nilai tegangan keluaran DC rata-rata dan nilai RMS untuk berbagai sudut penyalaan, maka dengan menggunakan rumus (1), (2), dan (3) dapat diperoleh hasil perhitungan seperti dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Simulasi dan Perhitungan Tegangan DC, Tegangan RMS, Faktor Riak dan Efisiensi Berbagai Sudut Penyalaan pada Filter Pasif

Sudut Penyalaan	Tegangan Keluaran RMS	Tegangan Keluaran DC	Riak Tegangan (%)	Efisiensi (%)
Derajat	Volt	Volt	(%)	(%)
0	94,135	69,496	91,36	54,50
10	161,749	143,198	52,52	78,38
20	208,687	198,562	32,34	90,53
30	218,946	208,382	32,24	90,58
40	239,779	228,110	32,39	90,5
50	283,841	279,955	16,72	97,28
60	294,062	289,841	17,13	97,15

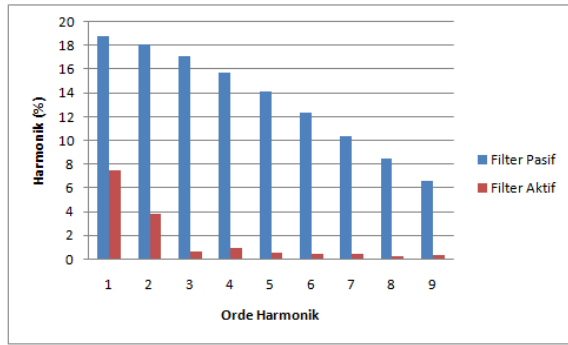
Tabel 2. Hasil Simulasi dan Perhitungan Tegangan DC, Tegangan RMS, Faktor Riak dan Efisiensi Berbagai Sudut Penyalaan pada Filter Aktif

Sudut Penyalaan	Tegangan Keluaran RMS	Tegangan Keluaran DC	Riak Tegangan (%)	Efisiensi (%)
Derajat	Volt	Volt	(%)	(%)
0	160,784	149,8	38,99	86,8
10	168,745	161,212	30,92	91,27
20	187,177	182,597	22,53	95,17
30	215,052	210,891	19,96	96,17
40	248,561	243,712	20,05	96,14
50	276,772	271,1	20,56	95,94
60	298,256	291,577	21,53	95,57

3. Bentuk Spektrum Harmonik Arus Masukan

Untuk mengetahui perbandingan harmonik yang ditimbulkan oleh penyearah menggunakan filter pasif dan penyearah menggunakan filter aktif, maka analisis dilakukan pada daya yang sama. Karena terdapat perbedaan tegangan keluaran antara penyearah menggunakan filter pasif dan penyearah menggunakan filter aktif, maka terlebih dahulu harus dilakukan iterasi ulang agar diperoleh tegangan keluaran yang sama sehingga diperoleh daya yang sama.

Adapun perbandingan komponen *fourier* dari arus masukan penyearah terkendali satu fasa pada sudut penyalaan 30° antara filter pasif dan filter aktif dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan Spektrum Harmonik Arus Masukan pada Sudut Penyalaaan 30° antara Filter Pasif dan Filter Aktif

4. Analisis Faktor Kerja

Untuk menganalisis perbandingan faktor kerja penyearah dengan menggunakan filter pasif dan filter aktif berbagai sudut penyalaaan digunakan rumus (4) dan (5). Adapun hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Faktor Daya Penyearah Dengan Menggunakan Filter Pasif pada Sudut Penyalaaan yang Bervariasi

Sudut Penyalaaan Derajat	Sudut Perpindahan Derajat	Input THD %	Faktor Daya	
			Tanpa THD	Dengan THD
0	86,33	0,00014	0,064	0,064
10	53,96	1,914	0,59	0,27
20	43,01	1,956	0,73	0,33
30	38,21	2,016	0,78	0,35
40	31,51	2,129	0,85	0,36
50	21,09	1,51	0,93	0,51
60	13,52	1,591	0,97	0,52

Tabel 4. Hasil Perhitungan Faktor Daya Penyearah Dengan Menggunakan Filter Aktif pada Sudut Penyalaaan yang Bervariasi

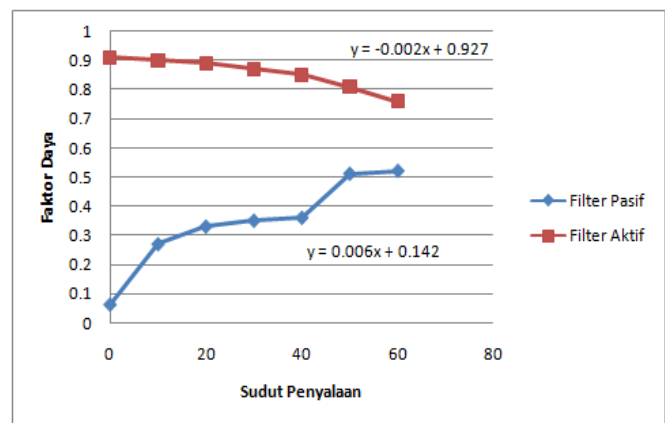
Sudut Penyalaaan Derajat	Sudut Perpindahan Derajat	Input THD %	Faktor Daya	
			Tanpa THD	Dengan THD
0	-179,9	0,437	0,99	0,91
10	179,7	0,448	0,99	0,9
20	178,2	0,484	0,99	0,89
30	175,8	0,539	0,99	0,87
40	172,5	0,606	0,99	0,85
50	168,6	0,683	0,98	0,81
60	164,2	0,769	0,96	0,76

3.2 Pembahasan Hasil Penelitian

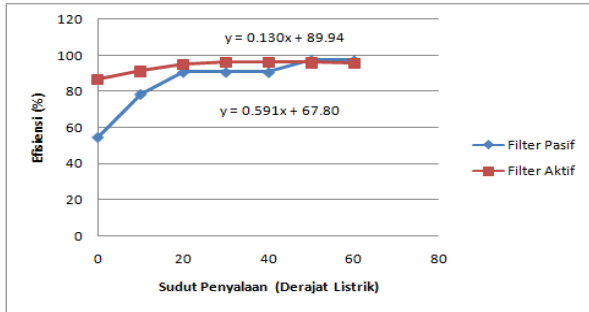
Dari hasil perhitungan jika menggunakan penyearah dengan menggunakan filter pasif, riak tegangan yang dihasilkan

semakin kecil pada sudut penyalaaan 0° sampai 50° dan kemudian kembali meningkat pada sudut penyalaaan 60°. Efisiensi semakin meningkat dari sudut penyalaaan 0° sampai 50° dan kemudian kembali menurun pada sudut penyalaaan 60°. Sedangkan faktor daya semakin meningkat dari sudut penyalaaan 0° sampai sudut penyalaaan 60°. Faktor daya yang terbesar terdapat pada sudut penyalaaan 60°. Faktor daya bersifat leading karena pada rangkaian filter pasif nilai kapasitor cukup besar sehingga arus cenderung mendahului tegangan. Hubungan antara sudut penyalaaan, riak tegangan dan faktor daya pada penyearah dengan menggunakan filter pasif dapat dilihat pada Tabel 3. Penelitian ini hanya dilakukan sampai sudut penyalaaan 60° saja karena setelah disimulasikan menggunakan Program PSPICE, kemampuan penyearah ini hanya bisa dinyalakan sampai sudut penyalaaan 60°.

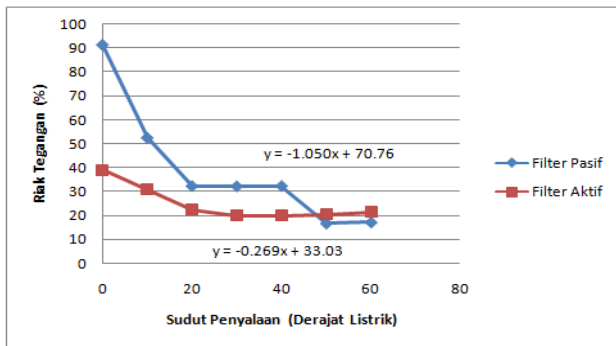
Selanjutnya, dari hasil perhitungan jika menggunakan penyearah dengan menggunakan filter aktif, riak tegangan yang dihasilkan semakin menurun pada sudut penyalaaan 0° sampai 30° dan kemudian kembali meningkat dari sudut penyalaaan 40° sampai 60°. Efisiensi semakin meningkat dari sudut penyalaaan 0° sampai 30° dan kemudian kembali menurun dari sudut penyalaaan 40° sampai 60°. Sedangkan semakin kecil sudut penyalaaan semakin besar faktor daya yang dihasilkan. Faktor daya bersifat lagging, karena pada rangkaian filter aktif besar nilai kapasitor cukup kecil sehingga arus cenderung tertinggal dari tegangan. Hubungan antara sudut penyalaaan, riak tegangan dan faktor daya pada penyearah dengan menggunakan filter aktif dapat dilihat pada Tabel 4. Selain itu, faktor daya pada filter aktif pun akan semakin menurun jika sudut penyalaaan lebih besar dari 60°. Untuk mengetahui perbandingan kinerja dari penyearah yang menggunakan filter pasif dan filter aktif berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 9 - 12.



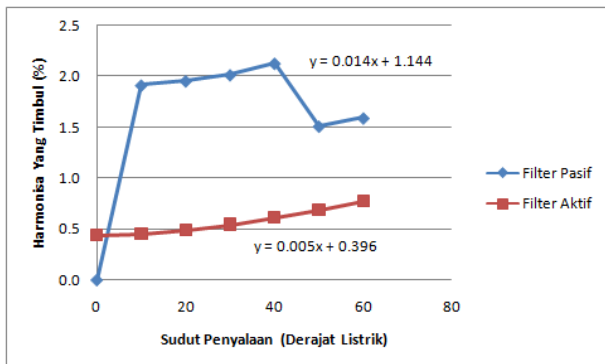
Gambar 9. Grafik Hubungan antara Sudut Penyalaaan dengan Faktor Daya antara Penyearah dengan Filter Pasif dan Filter Aktif



Gambar 10. Grafik Hubungan Antara Sudut Penyalan dengan Efisiensi antara Penyearah dengan Filter Pasif dan Filter Aktif



Gambar 11. Grafik Hubungan Antara Sudut Penyalan dengan Riak Tegangan pada Penyearah dengan Filter Pasif



Gambar 12. Grafik Hubungan antara Sudut Penyalan dengan Presentase Harmonisa yang Timbul pada Penyearah dengan Filter Pasif dan Filter Aktif

4. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Riak tegangan yang dihasilkan pada penyearah terkendali satu fasa dengan menggunakan filter pasif dengan sudut penyalan $0^0 - 60^0$ adalah antara 16,72% - 91,36%. Sedangkan diperoleh riak tegangan yang lebih kecil pada filter aktif, yaitu antara 19,96% - 38,99%.

2. Harmonisa yang timbul pada penyearah terkendali satu fasa dengan menggunakan filter pasif dengan sudut penyalan $0^0 - 60^0$ adalah 0,00014% - 2,129%, sedangkan pada filter aktif diperoleh nilai yang lebih kecil, yakni sebesar 0,437% - 0,769%.
3. Hasil perhitungan dari data yang diolah oleh program pada penyearah dengan menggunakan filter pasif diperoleh faktor daya sebesar 0,064 (*leading*) - 0,53 (*leading*) sedangkan pada penyearah dengan menggunakan filter aktif diperoleh faktor daya sebesar 0,35 (*lagging*) - 0,91 (*lagging*).
4. Besar efisiensi pada filter pasif dengan sudut penyalan $0^0 - 60^0$ diperoleh antara 54,50% - 97,28%. Sedangkan efisiensi yang diperoleh pada filter aktif berkisar antara 86,8% - 96,17%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sri Kurniati A. dkk. 2006. *Perbaikan Kinerja Penyearah Tiga Fasa Terkendali dengan Menggunakan Filter Hybrid*. Laporan Penelitian Dosen Muda. Lembaga Penelitian Undana.
- [2] Syafri Martinius, dkk.1999. *Penyearah 18 Pulsa*. Proceedings Third Workshop on Electro Communication and Information (WECI) III. Department of Electrical Engineering ITB Bandung. pp. I 22-I 25.
- [3] Ahmad Saudi Samosir, dan Pekik Argo Dahono.1999. *Suatu Metoda Baru untuk Meminimisasi Harmonisa Orde Rendah Konverter DC-ke-DC dengan Menggunakan Umpan Balik Riak*. Department of Electrical Engineering ITB Bandung. pp. I 55 - I 58.
- [4] J. Arrillaga, D.A. Bradley and Bodger. 1985. *Power System Harmonics Analyzer*, John Wiley and Sons.
- [5] Prasad N. Enjeti, et.al. 1994. *Analysis and Design of a New Active Power Filter to Cancel Neutral Current Harmonics in Three Phase Four Wire Electric Distribution System*. IEEE Transaction on Industry Application. Vol 30 No. 6.
- [6] Yahya Chusna Arif. 2001. *Rancang Bangun DC Power Suplay Tiga Fasa dengan Harmonik Rendah*. Jurnal EEPIS.
- [7] O. Penangsang, Wibowo. RS. 2002. *Analisis dan Simulasi Peningkatan Faktor Daya pada System Kelistrikan yang Mengandung Harmonik*. Studi Kasus Sistem Kelistrikan Pabrik semen Tuban I, II, III. Lembaga Penelitian ITS.
- [8] Yahya Chusna Arif. 2002. *Teknik Perbaikan Kualitas Daya pada Penyearah Terkontrol 3 Fasa dengan Menggunakan Sistem Simetri dan Injeksi harmonik ketiga*. IES.
- [9] Muhammad Rashid. 1993. *Elektronika Daya*, PT Prenhallindo, Jakarta.