DESAIN PENYEARAH 1 FASE DENGAN POWER FACTOR MENDEKATI UNITY DAN MEMILIKI THD MINIMUM MENGGUNAKAN KONTROL PID-fuzzy PADA BOOST CONVERTER

Ainur Rofiq N[1] , Irianto[2] , Setyo Suka Wahyu[3]

[1]Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

[2]Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

[3]Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Industri Program Studi D4

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – Institut Teknologi Sepuluh November

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Email : setyojv@yahoo.com

Abstrak

Konverter AC to DC secara umum merupakan beban non linier akibat proses penyaklaran arus untuk mendapatkan output DC yang baik. Dan hal tersebut berbanding terbalik dengan kualitas pada sisi input dimana bentuk arus yang tidak sinus lagi dikarenakan muncul harmonisa frekuensi rendah. Selain itu juga membuat power factor menjadi rendah.

Sehingga dalam paper ini memaparkan tentang desain penyearah AC to DC yang memiliki power factor mendekati unity dan THD minimum dimana bentuk arus input bisa sinus mengikuti bentuk tegangan input dan sefasa . Metode perbaikan faktor daya dan meminimalkan nilai THD pada penyearah AC to DC ini menggunakan kontrol PID-fuzzy dengan mengatur switching pada boost converter. Dimana rangkaian ini terdiri dari penyearah AC to DC satu fasa, rangkaian boost converter satu switching, filter DC output dan rangkaian kontroller PID-fuzzy dengan THD 3.67% dan power factor 0.99.

Kata kunci : konverter AC to DC satu fasa, switching boost converter, faktor daya, harmonisa

PEMBUKAAN

Ketika penyearah AC to DC secara umum masih dibutuhkan untuk suplai beban – beban DC tetapi permasalahan muncul pada sisi input yaitu bentuk arus yang yang tidak sinus lagi akibat pengaruh harmonisa meskipun outputnya sudah bagus. THD pada penyearah biasa dengan filter C 660uF dan beban motor DC dapat mencapai angka 81% terutama pada harmonisa 3, 5, 7. Selain itu juga nilai power faktor yang rendah yaitu sekitar 0.68. Sehingga penelitian disini mencoba untuk merancang desain konverter AC to DC satu fasa yang memiliki faktor daya mendekati unity dan memiliki THD minimum dengan metode switching boost converter menggunakan kontrol PID-fuzzy.

Kelemahan dalam menggunakan metode ini terletak pada munculnya harmonisa frekuensi tinggi yang dihasilkan konverter akibat proses switching sehingga diperlukan EMI filter pada sisi input untuk mereduksinya.

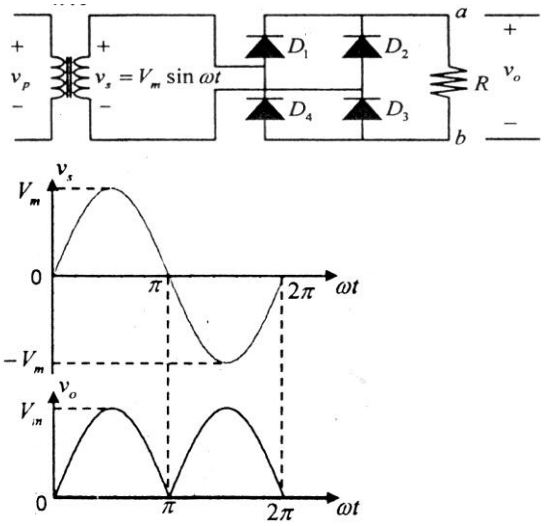
Kontrol switching yang digunakan dalam penelitian ini adalah kontrol konvensional PID (*Proporsional Integrator Differentiotor)* dan kontrol Fuzzy logic. Dengan kontroller ini diharapkan dapat bekerja dengan baik pada beban DC.

Tujuan dari perancangan desain ini diharapkan dapat menaikkan faktor daya agar tampak seperti beban resistif pada sistem dan juga meminilkan nilai THD yang ditimbulkan. Alasan menggunakan boost konverter dikarenakan relatif lebih mudah dalam pengontrollan karena hanya menggunakan 1 mosfet dan juga input arus memalui induktor yang dapat berperan sebagai filter arus.

PRINSIP KERJA

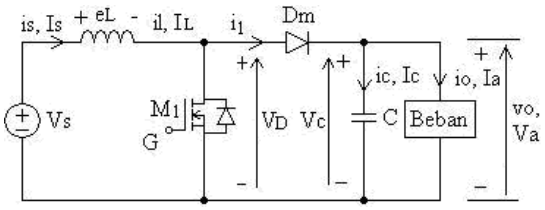
- **Penyearah satu fasa**
  Secara umum dalam perancangan DC power supply satu fase selalu diawali oleh proses penyearahan gelombang sehingga diperoleh bentuk gelombang searah. Umumnya menggunakan penyearah fullbridge atau model jembatan dimana dengan memasang 4 buah diode sebagai saklar atau switch untuk mengatur arah aliran gelombang ke output beban.
  Untuk menghitung besar tegangan DC output untuk fullwave yaitu :

$$V_{dc} = 0.636V_m$$



Gambar1. Rangkaian dan gelombang penyearah Satu Fasa

- **Boost converter**



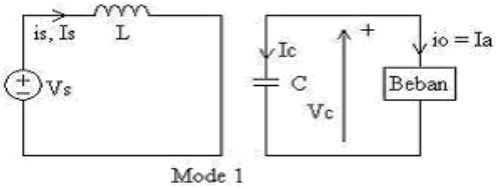
Gambar 2. Rangkaian Boost Converter.

Prinsip kerja dari boost ini terbagi menjadi 2 mode yaitu :

- Mode 1
  Mode 1 dimulai ketika M_1 di on-kan pada t = 0. Arus masukan yang meningkat mengalir melalui induktor L dan Q_1. Karena tegangan pada kapasitor masih 0 sehingga beban tidak mendapat supply tegangan saat M_1 pertama kali di on-kan.

$$\Delta i_{L\,(closed)} = \frac{V_d DT}{L}$$

Rangkaian ekivalen Mode 1 ditujukkan pada Gambar dibawah

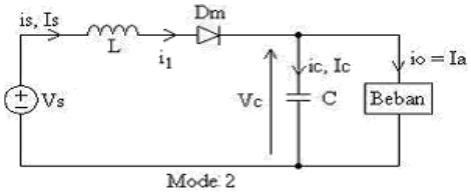


Gambar 3. Rangkaian Ekivalen Mode 1.

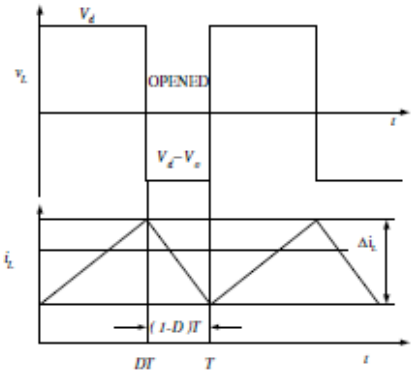
- Mode 2
  Mode 2 dimulai pada saat M_1 di off-kan pada t = t_1. Arus yang mengalir melalui Q_1 akan mengalir melalui L, C, beban, dan diode Dm. Arus induktor akan turun sampai transistor di on-kan kembali pada siklus berikutnya. Energi yang tersimpan pada induktor L dipindahkan ke beban.

$$\Delta i_{L\,(opened)} = \frac{(V_d - V_o)(1 - DT)}{L}$$

Rangkaian ekivalen Mode 2 ditujukkan pada Gambar di bawah.



Gambar 4. Rangkaian Ekivalen Mode 2



Gambar 5. Gelombang arus pada induktor

Dan tegangan keluaran rata – rata :

$$\Delta i_{L\,(closed)} + \Delta i_{L\,(opened)} = 0$$

$$\frac{V_d DT}{L} + \frac{(V_d - V_o)(1 - DT)}{L} = 0$$

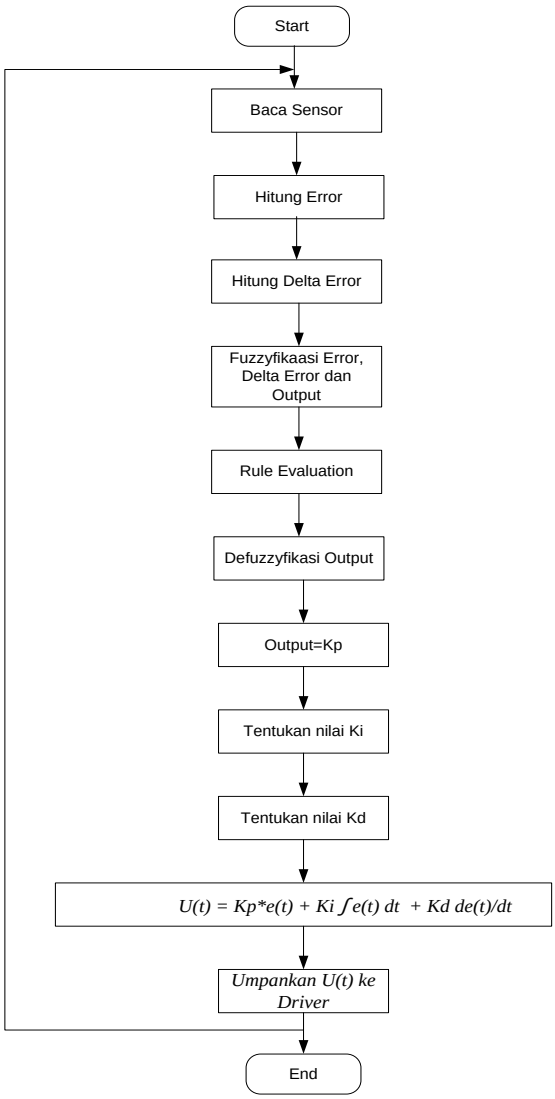
$$V_o = \frac{V_d}{1 - D}$$

- **PID-fuzzy**

Langkah peyusunan PID Fuzzy adalah sebagai berikut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5:

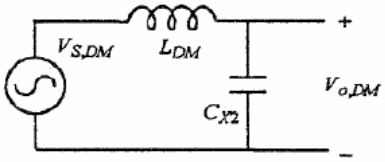
- Menentukan nilai Kp, Ki dan Kd yang digunakan pada kontrol PID dengan metode try and error. Kontroller Proportional – Integral - Defrensial (PID) memiliki persamaan fungsi alih sebagai penjumlahan dari gain proportional, gain integral dan gain defrensial atau Gpi = Gp + Gi+Gd, Fungsi alihnya adalah sebagai berikut :
  - *U(t) = Kp*e(t) + Ki ∫ e(t) dt + Kd de(t)/dt*

- Menentukan fuzzyfikasi – proses memetakkan nilai masukan sistem kedalam fungsi keanggotaan untuk menentukan resultan nilai kebenaran untuk setiap label (fungsi keanggotaan), hasilnya adalah masukan fuzzy.
- Menentukan evaluasi Rule Perhitungan relatif yang dapat digunakan, atau "nilai kebenaran" tiap rule. Dalam inferen MIN-MAX, hal ini sama dengan nilai minimum anticedent (masukan fuzzy) untuk rule tersebut. Keluaran fuzzy dihitung dengan menentukan nilai maksimum rule strength untuk tiap label keluaran.
- Menentukan proses defuzzyfikasi – Proses penghitung center of gravity (COG) seluruh keluaran fuzzy untuk variabel keluaran yang diberikan untuk menentukan nilai output yang diberikan. Output dari COG digunakan sebagai niali Kp dari kontroller PID.



Gambar 6. Logika PID-fuzzy

- **EMI filter input**
  Ketika melakukan proses penyaklaran frekuensi tinggi pada boost converter akan timbul harmonisa frekuensi tinggi pada arus input. Sehingga perlunya untuk meminimalkannya dengan memasang EMI filter pada sisi input, dimana rangkaian ekivalennya akan tampak seperti gambar berikut :



Gambar 7. Rangkaian ekivalent EMI filter

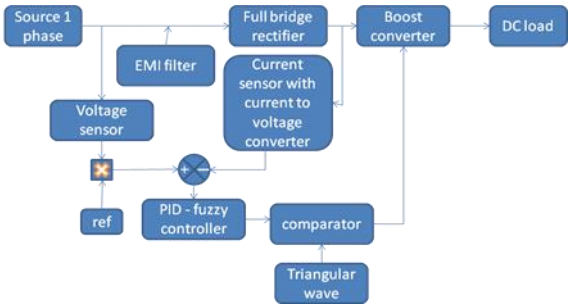
Untuk merancangnya dapat menggunakan persamaan berikut :

$$i_{in,n} = \frac{Xc_{in} \cdot I_{ia,n}}{n^2 \cdot Xl_{in} - Xc_{in}}$$

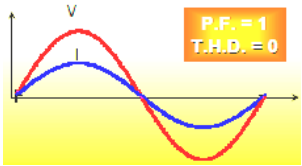
$$\frac{Xl_{in}}{Xc_{in}} = \frac{1}{n^2}\left[\frac{I_{ia,n}}{I_{in,n}} + 1\right]$$

$$\frac{Xl_{in}}{Xc_{in}} = \frac{1}{(fb-1)}\left[\frac{I_{ia,n,fb-1}}{I_{in,n}} + 1\right]$$

METODE PENGONTROLLAN



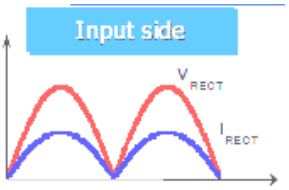
Gambar 8. Blok diagram sistem



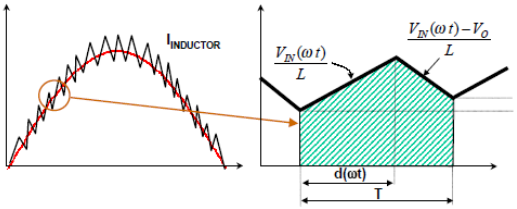
Gambar 9. Bentuk gelombang input

Gambar 8 diatas menunjukkan konfigurasi dasar dari konverter AC to DC dengan metode arus rata-rata pada boost converter. Sehingga perlu dilakukan pengaturan yang lebih baik pada kontroller agar hasilnya diharapkan tampak pada gambar 9.

Dari gambar 10 menunjukkan arus dan tegangan yang disensing setelah disearahkan dimana ini nantinya dijadikan referensi pembanding yang akan diinputkan ke kontroller. Kemudian kontroller ini yang akan bertugas untuk mengatur seberapa besar switching untuk mengatur aliran arus induktor pada boost converter seperti tampak pada gambar 11 dimana T adalah periode switching d(wt) adalah lamanya charging pada induktor.



Gambar 10. Perbandingan bentuk arus dan tegangan



Gambar 11. Proses switching pada induktor

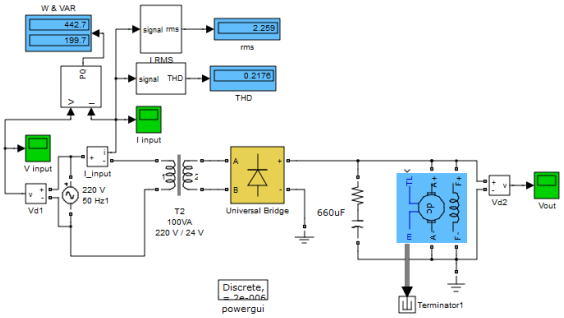
Dengan melihat blok gambar 8 diatas tampak bahwa sensor tegangan dan sensor arus menyensor pada posisi input yang kemudian disearahkan untuk mendapat nilai error yang dihasilkan. Sebelum dibandingkan dengan nilai arus maka dipasang multification dengan tegangan referensi untuk mengatur arus input yang dibutuhkan.

Kontrol PID-fuzzy ini bertindak untuk meminimalkan error yang dihasilkan. Output dari PID kontrol ini akan diatur tegangannya dengan limiter sesuai output yang dihasilkan kontroller. Nilai ini kemudian dikomparatorkan dengan gelombang gigi gerjaji untuk menghasilkan PWM pada gate MOSFET.

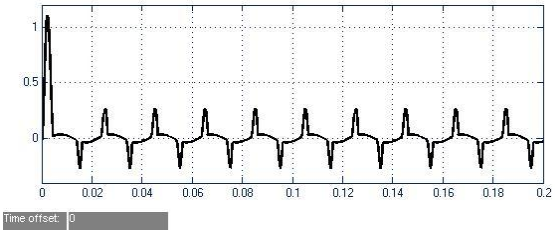
Tegangan ripple output yang dihasilkan oleh boost converter diminimalisir dengan memasang filter kapasitor.

PENGUJIAN MELALUI SIMULASI

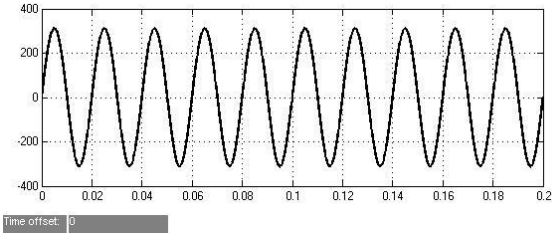
Sebagai bahan perbandingan dalam pengujian metode PFC ini, berikut adalah simulasi rangkaian penyearah biasa dengan Vin = 220V, filter kapasitor 660uF dan beban motor DC sebelum menggunakan metode PFC.



Gambar 12. Rangkaian konverter tanpa PFC



Gambar 13. Bentuk arus input



Gambar 14. Bentuk tegangan input

Dan ketika disimulasikan dengan metode PFC dengan parameter sebagai berikut :

Vin = 220V

f = 50Hz

fs = 25KHz

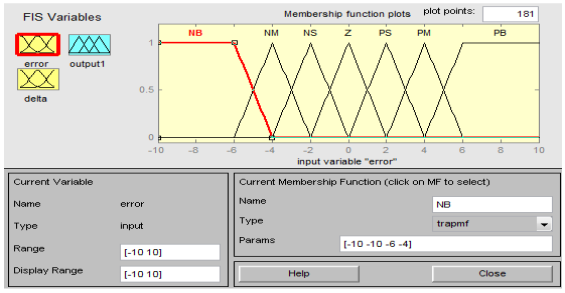
dengan menggunakan persamaan, $L = \frac{Vi\,x\,k}{f\,x\,\Delta I}$ dan $C = \frac{Io\,x\,k}{f\,x\,\Delta Vc}$ maka didapat nilai L=1.98mH dan C=660uF

sedangkan parameter untuk EMI filter adalah :

Lin = 107.06mH

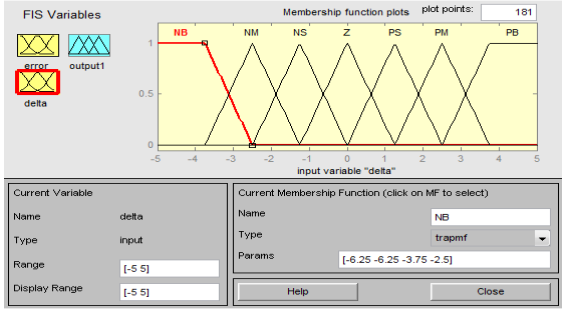
Cin = 0.28uF

Kontroller fuzzy logic menggunakan 2 input yaitu input error dan delta error. Berikut membership function untuk error :



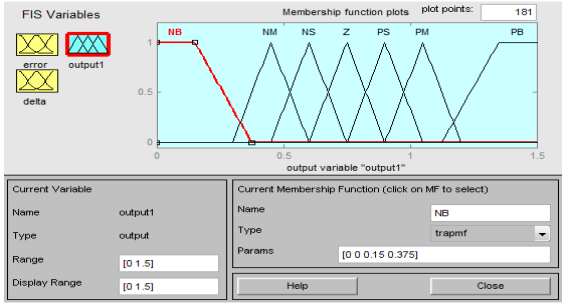
Gambar 15. MF error

Untuk delta error adalah sebagai berikut :



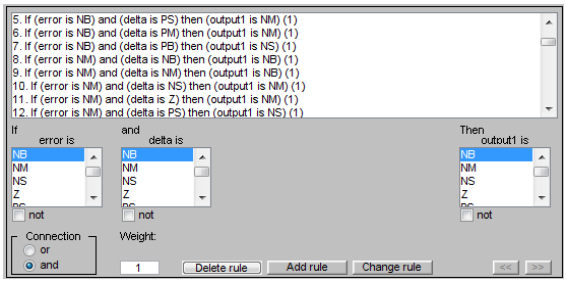
Gambar 16. MF delta_error

Sedangkan untuk outputnya adalah :



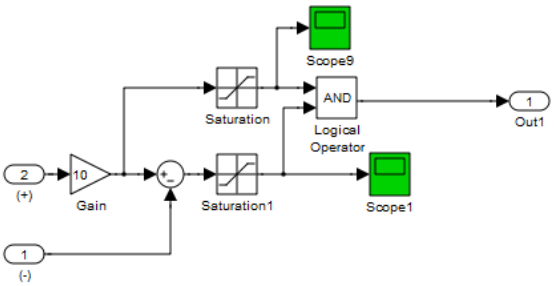
Gambar 17. MF output

Dan berikut adalah rule yang digunakan



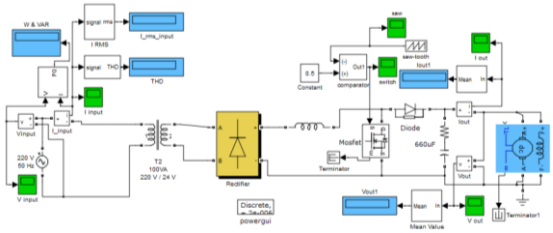
Gambar 18. Rule fuzzy

Sedangkan untuk gain Ki sebesar 4e-5 dan Kd sebesar 6e-6. Desain komparatornya adalah sebagai berikut :



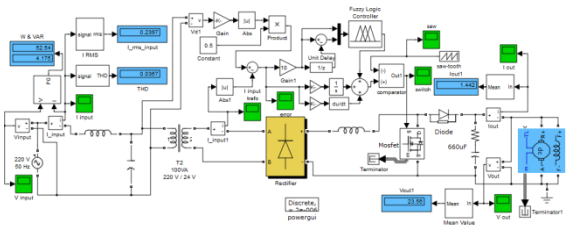
Gambar 19. komparator

Berikut adalah desain rangkaian penyearah dan boost converter



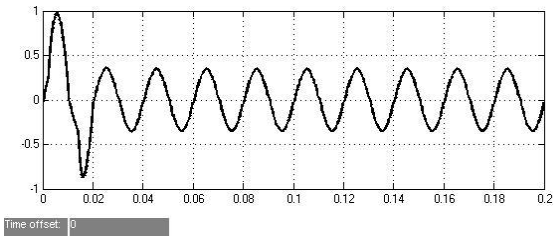
Gambar 20. Penyearah + boost converter

Dibawah ini adalah bentuk konfigurasi rangkaian yang telah dilengkapi dengan kontroller PID-fuzzy

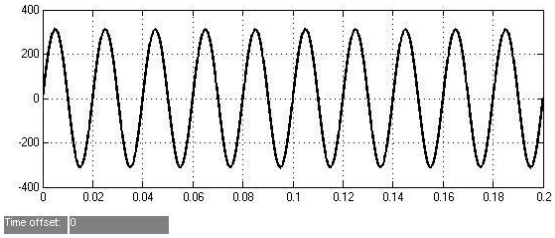


Gambar 21. Rangkaian lengkap

Bentuk arus input dan tegangan output setelah menggunakan PFC dengan kontroller PID-fuzzy untuk beban motor DC



Gambar 22. Input arus



Gambar 23. Bentuk tegangan input

DATA HASIL PENGUJIAN

Setelah dilakukan simulasi maka berikut adalah data THD dan power factor (PF) yang dihasilkan konverter AC to DC sebelum dan sesudah PFC.

Sebelum PFC		Setelah PFC	
PF	**% THD**	**PF**	**% THD**
0,68	**81**	**0,99**	**3,67**

Hasil diatas (setelah PFC) akan semakin baik jika membership function ditambah jumlahnya sehingga meningkatkan ketelitian dalam proses agar output semakin baik. Dan pemasangan besar kapasitor akan mempengaruhi nilai harmonisa dan power factornya.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Tanpa menggunakan metode PFC konverter AC to DC satu fasa akan terlihat seperti sumber harmonisa dengan arus input tidak sinus lagi hal ini tampak pada nilai THD yang besar (81%) serta power factor yang rendah (0,68)
- Menggunakan metode PFC dengan kontroller PID-fuzzy akan tampak sistem yang stabil untuk waktu pengoperasian lama dimana error dapat ditekan sekecil mungkin sehingga kualitas input dan output tetap terjaga walaupun pada beban berubah. Hal ini dapat dilihat pada nilai THD sebesar 3.67% dan power factor 0,99

DAFTAR PUSTAKA

1. Hidayat, Rio, "*Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Satu Fasa Menggunakan Metode Kontrol Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler"*, PENS-ITS, Surabaya, 2003.Indra Fahrudi Rizky,*" Pengaturan Kecepatan Motor Dc Penguat Terpisah Menggunakan Kontrol PID Fuzzy (Perangkat Lunak)"*, EEPIS - ITS, Surabaya, 2004.
2. Liwajhillah Cholison,*" Pengaturan Kecepatan Motor Dc Penguat Terpisah Menggunakan Kontrol PID Fuzzy (Perangkat Keras)"*, EEPIS - ITS, Surabaya, 2004.
3. Ronald, "*Implementasi Fuzzy Logic Kontroller" pada Poengaturan Motor DC dengan Step Down Mode Power Supply* ", PENS-ITS, Surabaya, 2000.
4. Sunarno Epyk, Rofiq N. Ainur dan Wahjono Endro,*" Desain Ac to Dc Semi Konveter Tiga Fasa dengan Harmonisa Rendah dan Faktor Daya Mendekati Unity Menggunakan Kontrol Switching PID Kontroler"*, EEPIS - ITS, Surabaya, 2006.
5. Saiful Rochim, "*Rancang Bangun Ac to Dc Semi Konverter Tiga Fasa dengan Harmonisa Rendah dengan Kontrol Switching PID Fuzzy (Software)",* EEPIS - ITS, Surabaya, 2007