

JURNAL TEKNOLOGI INDUSTRI

Aplikasi Agen Penyaring Informasi di *Internet* Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan

Rancang Bangun Sistem Pendukung Keputusan Kelompok untuk Anamnesis, Diagnosis dan Terapi Gangguan Jiwa

Sistem Pakar untuk Diagnosis Penyakit THT Berbasis Web dengan "e2gLite Expert System Shell"

Penerapan *Association Rule Mining* untuk Perancangan Data Mining BDP (Barang Dalam Proses) Obat

Kompensasi Arus Harmonisa Menggunakan Filter Aktif Paralel Berdasarkan Pada Teori Daya Sesaat

Pembangunan Aplikasi untuk Penulisan Buku Secara Kolaboratif

Pembangunan Aplikasi SMS untuk Pencarian dan Pemesanan Buku Perpustakaan

Studi Komparasi untuk Unjuk Kerja Komputer pada Proses Perhitungan *Fractal*

Pemetaan Organisasi Sistem Kerja Usaha Mikro Kecil dan Menengah di Daerah Istimewa Yogyakarta

JTI	Vol. XII	No. 1	Hal. 1 -84	Yogyakarta Januari 2008	ISSN 1410-5004
-----	----------	-------	------------	----------------------------	-------------------



DEWAN REDAKSI

Penanggung Jawab
Paulus Mudjihartono

Pemimpin Redaksi
Yashinta S. Setio Wigati

Redaksi Pelaksana
Thomas Suselo

Anggota Redaksi
Alb. Joko Santoso
Benyamin L. Sinaga
Luciana Triani Dewi
V. Darsono

Redaksi Ahli
A.M. Madyana
Universitas Gadjah Mada
B. Kristyanto
Universitas Atma Jaya Yogyakarta
F. Soesianto
Universitas Atma Jaya Yogyakarta
I Nyoman Pujawan
Institut Teknologi Surabaya
Inggriani Liem
Institut Teknologi Bandung
Subanar
Universitas Gadjah Mada
Suyoto
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Layanan *online* internet tersedia dengan
alamat: <http://fti.uajy.ac.id/jurnal>

Alamat Redaksi

Tata Usaha Fakultas Teknologi Industri
Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Jln. Babarsari No. 43, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 487711 Fax. (0274) 485223
E-mail: jti@mail.uajy.ac.id
Home page: <http://fti.uajy.ac.id/jurnal>

Jurnal Teknologi Industri diterbitkan oleh Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta sebagai media untuk menyalurkan pemahaman tentang aspek-aspek teknologi baik teknologi industri maupun teknologi informasi berupa hasil penelitian lapangan atau laboratorium maupun studi pustaka. Jurnal ini terbit empat kali dalam setahun yaitu pada bulan **Januari, April, Juli, dan Oktober**. Redaksi menerima sumbangan naskah dari dosen, peneliti, mahasiswa maupun praktisi dengan ketentuan penulisan seperti tercantum pada halaman dalam sampul belakang.

Distribusi

Pusat Pemasaran Universitas (PPU)
Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Gedung Don Bosko
Jln. Babarsari No. 5, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 487711 Fax. (0274) 487748
E-mail: ppu@mail.uajy.ac.id

Biaya Berlangganan

Langganan Rp 200.000,00/tahun
Eceran Rp 60.000,00/nomor

Biaya Penulisan

Bagi penulis yang naskahnya diterbitkan, penulis diwajibkan membayar biaya sebesar Rp 500.000,00 per naskah (sudah termasuk biaya berlangganan selama 1 tahun).

Rekening (Bank Account)

Bank Lippo Kantor Kas UAJY Babarsari
a.n. Universitas Atma Jaya Yogyakarta
No. Acc. 787-30-00754-2

Kompensasi Arus Harmonisa Menggunakan Filter Aktif Paralel Berdasarkan Pada Teori Daya Sesaat

Bambang Purwahyudi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya

Jl. A. Yani 114 Surabaya.

E-mail: bmb_pur@telkom.net.

Abstract

This paper presents a parallel active filter which employed a three phase voltage source inverter with six controllable switches, one capacitor in the dc side and three line inductances in the ac side. The representative non-linear load is a diode bridge rectifier to generate load current harmonics. Parallel active filter is used to compensate current harmonics. Control strategy of active filter based on instantaneous power theory is introduced and theoretically analyzed. From result of simulation show that by using active filter the THD of supply current decrease 17.2% from 26.9% to 9.7 % and the PF increase 0.03 from 0.96 to 0.99, respectively.

Keywords: parallel active filter, harmonics, instantaneous power theory

1. Pendahuluan

Di jaman sekarang ini kebutuhan akan kualitas daya listrik sudah sangat mendesak. Kualitas daya yang kurang baik tentu akan merugikan pihak produsen listrik maupun pihak konsumen/pelanggan. Polusi harmonisa dan daya reaktif merupakan permasalahan kualitas daya yang sangat penting. Penggunaan beban-beban nonlinear dalam aplikasi industri dan sistem distribusi tenaga listrik, seperti penyearah, *computer*, *uninterruptable power system* (UPS), pengendali tegangan ac, pengemudian motor-motor listrik dan peralatan elektronika daya lainnya, menyebabkan menurunnya kualitas daya sistem tenaga listrik. Lebih jauh, permasalahan polusi harmonisa menyebabkan peralatan-peralatan listrik menjadi *overheating*, *over voltages* pada sistem tenaga listrik, kesalahan pengukuran, dan lain-lain. Banyak standar internasional (IEEE 519, IEC61000 dll.) sudah mendefinisikan kualitas daya listrik dan batasannya (Key, T.S. dan Lai, J.S, 1998).

Permasalahan-permasalahan kualitas daya dalam sistem tenaga pada umumnya dibagi menjadi dua kelompok, yaitu yang berasal dari sumber daya dan dari beban. Pengelompokan ini dapat dilihat pada Table 1 (Moran, L. A et al 1999).

Tabel 1. Permasalahan kualitas daya di industri

Dari Sumber AC ke Beban	Dari Beban ke Sumber AC
- Voltage sag dan swell	- Current harmonics
- Voltage unbalances	- Reactive current
- Voltage distortions	- Current unbalance
- Voltage interruptions	- Voltage notching
- Voltage oscillations	- Voltage flicker

Berbagai macam metoda diusulkan dalam literatur untuk menyelesaikan permasalahan harmonisa. Salah satu metoda ini adalah teknik filter pasif. Walaupun metoda ini mempunyai keuntungan lebih sederhana, murah dan handal, tetapi mempunyai beberapa permasalahan dalam aplikasinya :

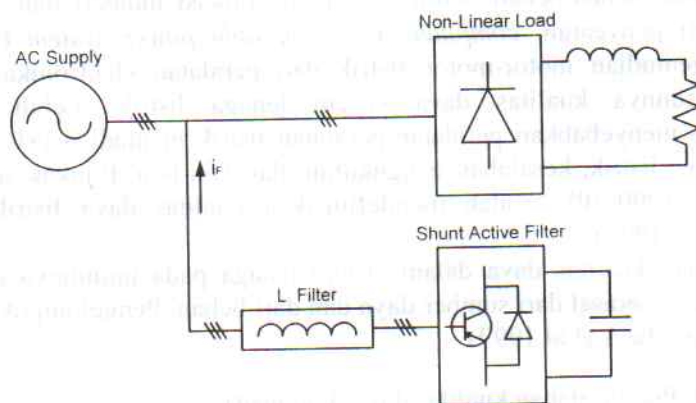
- Filter pasif hanya bekerja pada frekwensi yang se-belumnya ditentukan.
- Impedansi sumber harus diketahui dengan teliti, karena kenyataannya hal ini betul-betul mempengaruhi unjuk kerja kompensasi filter pasif. Sebaliknya konfigurasi sistem bervariasi.
- Permasalahan resonansi dapat disebabkan dengan interaksi antara filter pasif dan beban-beban lain atau sumber (Marks, J.H. dan Green, T.C, 2001).

Oleh karena kerugian dan keterbatasan filter pasif, filter aktif telah dipelajari dan dikembangkan pada tahun-tahun terakhir untuk menyelesaikan permasalahan harmonisa. Dalam paper ini, prinsip filter aktif paralel berdasarkan pada *instantaneous power theory* dianalisa dan diperkenalkan untuk mengkompensasi arus harmonisa yang diakibatkan oleh beban. Unjuk kerja filter aktif paralel ditunjukkan dengan hasil simulasi.

2. Topologi Filter Daya Aktif

Filter daya aktif mempunyai tiga atau empat kaki. Dalam makalah ini filter daya aktif mempunyai tiga kawat yang meliputi enam saklar (tiga kaki), satu kapasitor di bagian dc dan tiga induktansi di bagian ac. Gambar 1 menunjukkan diagram blok hubungan filter aktif paralel. Filter aktif paralel terdiri dari inverter dan bagian filter, controller, serta signal umpan balik. Induktor filter digunakan untuk mengkonversikan output inverter sumber tegangan ke sumber arus yang mampu menginjeksikan arus harmonisa (i_f) ke beban (Marian Gaicean, 2005).

Konfigurasi yang diperlihatkan dalam Gambar 1 menggunakan umpan balik arus beban. Sistem mampu menggunakan umpan balik arus sumber utiliti dimana arus harmonisa diperkecil. Filter daya aktif membangkitkan arus harmonisa untuk mengkompensasi arus harmonisa dari total beban, sehingga sumber hanya menyalurkan komponen fundamental.



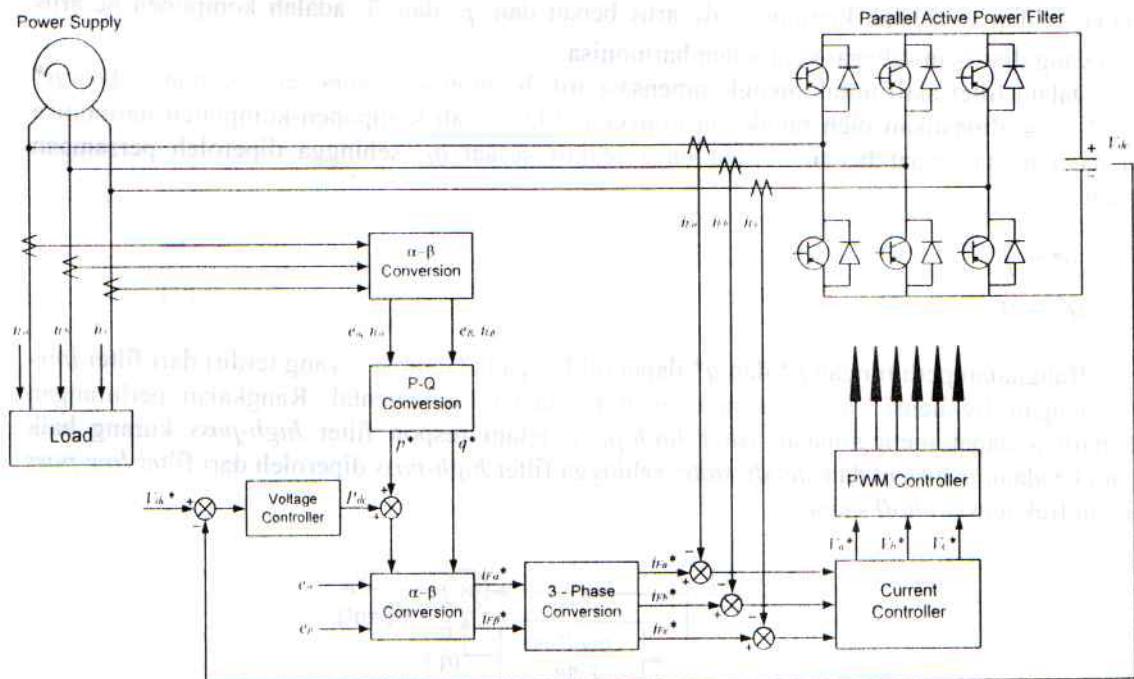
Gambar 1. Hubungan Filter Aktif Parelel

3. Sistem Kendali

Teknik kendali yang terkenal dan banyak digunakan adalah teori daya sesaat (*instantaneous power theory (IPT)*) atau terkenal seperti teory pq (Akagi,H., Y. Kanazawa dan A. Nabae, 1983)-(Akagi,H., Y. Kanazawa, K. Fujita dan A. Nabae, 1983). Struktur sistem kendali untuk filter daya aktif ditunjukkan dalam Gambar 2. Dimulai dari nilai-nilai sesaat

tegangan fasa (e_a, e_b, e_c) dan arus beban (i_{La}, i_{Lb}, i_{Lc}) sistem tiga fasa untuk menghitung daya nyata sesaat beban p_L dan daya reaktif sesaat q_L (Peng, F. Z., G.W. Ott dan D.J. Adams, 1987). Untuk mengkompensasi harmonisa, daya sesaat dipisahkan menjadi dua bagian, yaitu komponen dc dan komponen ac, sehingga sumber hanya menyuplai daya nyata yang konstan.

Sistem kendali tercapai karena terdapat dua loop, yaitu loop tegangan dan loop arus. Sistem kendali arus dilakukan dalam sistem koordinat $a-b-c$. Pembangkitan referensi dilakukan sesuai dengan metoda Akagi (Akagi, H., Y. Kanazawa, dan A. Nabae, 1984). Logika kendali pada dasarnya didasarkan pada perhitungan daya aktif dan reaktif sesaat beban, oleh karena itu arus harmonisa harus dibangkitkan dalam sistem dari filter aktif untuk mengkompensasi arus harmonisa yang dibangkitkan oleh beban. Perhitungan referensi arus filter ditunjukkan juga dalam Gambar 2. Daya nyata sesaat p_L dan daya reaktif sesaat q_L yang mengalir ke beban dapat dihitung menggunakan blok konversi P-Q.



Gambar 2. Sistem Kendali Filter Aktif Paralel

Sebelum masuk ke blok konversi P-Q, tegangan dan arus beban sesaat dirubah dahulu dalam sistem koordinat $\alpha-\beta$ menggunakan transformasi Clarke seperti persamaan berikut:

$$\begin{bmatrix} e_\alpha \\ e_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} i_{L\alpha} \\ i_{L\beta} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{La} \\ i_{Lb} \\ i_{Lc} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Dalam blok P-Q daya nyata sesaat p_L dan daya reaktif sesaat q_L dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{bmatrix} p_L \\ q_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_\alpha & e_\beta \\ -e_\beta & e_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{L\alpha} \\ i_{L\beta} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Dari persamaan (3) daya nyata sesaat p_L dan daya reaktif sesaat q_L dipisahkan menjadi dua nilai daya:

$$p_L = \bar{p}_L + \tilde{p}_L \quad (4)$$

$$q_L = \bar{q}_L + \tilde{q}_L \quad (5)$$

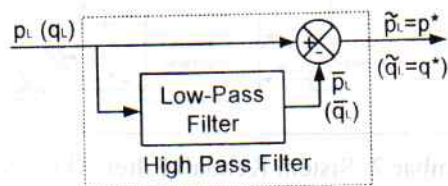
dimana \bar{p} dan \bar{q} adalah komponen dc arus beban dan \tilde{p} dan \tilde{q} adalah komponen ac arus beban yang diartikan sebagai komponen harmonisa.

Dalam filter aktif untuk mengkompensasi arus harmonisa, komponen-komponen daya p^* dan q^* yang dihasilkan oleh rangkaian konversi P-Q adalah komponen-komponen harmonisa dari daya nyata sesaat beban p_L dan daya reaktif sesaat q_L , sehingga diperoleh persamaan berikut:

$$p^* = \tilde{p}_L \quad (6)$$

$$q^* = \tilde{q}_L \quad (7)$$

Rangkaian perhitungan p^* dan q^* dapat dilihat pada Gambar 3 yang terdiri dari filter *low-pass* dengan frekuensi *cutoff* sama dengan frekuensi fundamental. Rangkaian perhitungan sebenarnya dapat menggunakan filter *high-pass*, tetapi respon filter *high-pass* kurang baik dalam keadaan *transient* dan *steady state*, sehingga filter *high-pass* diperoleh dari filter *low-pass* dengan frekuensi *cutoff* sama.

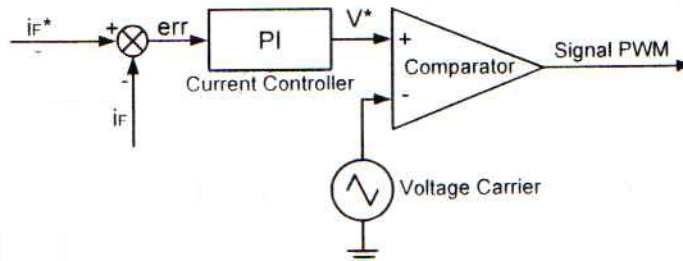


Gambar 3. Rangkaian Perhitungan p^* dan q^*

Dari Gambar 2 juga terlihat bahwa daya nyata sesaat kapasitor P_{dc} dihitung dari *loop* tegangan diperlukan untuk memaksa tegangan kapasitor V_{dc} mengikuti tegangan referensinya V_{dc}^* . Pengaturan tegangan (*voltage controller*) menggunakan *propor-tional integral* (PI). Daya nyata sesaat P_{dc} ditambah-kan ke komponen harmonisa daya beban p^* untuk menghitung arus referensi filter aktif. Arus referensi filter aktif dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_{Fa}^* \\ \dot{i}_{Fb}^* \\ \dot{i}_{Fc}^* \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 \\ -1/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_\alpha & e_\beta \\ -e_\beta & e_\alpha \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} p^* + P_{dc} \\ q^* \end{bmatrix} \quad (8)$$

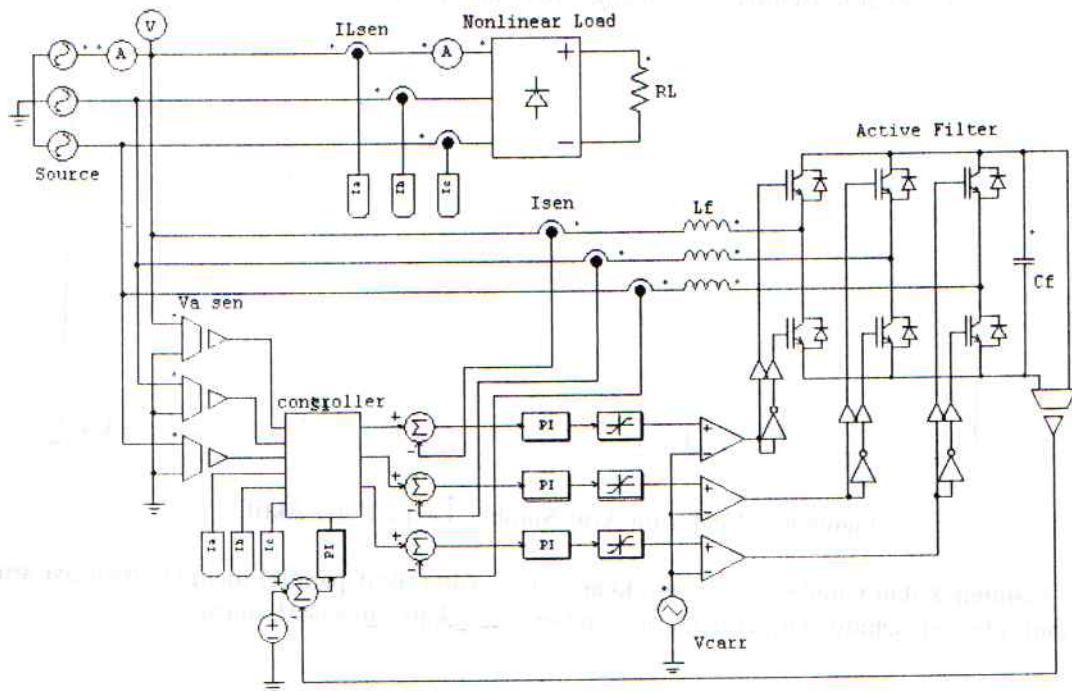
Persamaan (8) menghasilkan arus referensi filter aktif dalam sistem koordinat $a-b-c$ yang digunakan untuk memaksa filter aktif membangkitkan arus harmonisa ke dalam sistem, sehingga arus harmonisa yang dihasilkan oleh beban dapat dikompensasi. Pengaturan arus (*current controller*) dalam *loop* arus ini menggunakan *proportional integral* (PI). Gambar 4 menunjukkan pengaturan arus PI dan pembangkitan signal PWM. Signal PWM diperoleh dengan membandingkan atarara signal keluaran pengaturan arus dengan tegangan pembawa (*voltage carrier*) menggunakan komparator. Signal PWM ini digunakan sebagai *driver* filter aktif.



Gambar 4. Pembangkitan Signal PWM

4. Simulasi dan Analisa

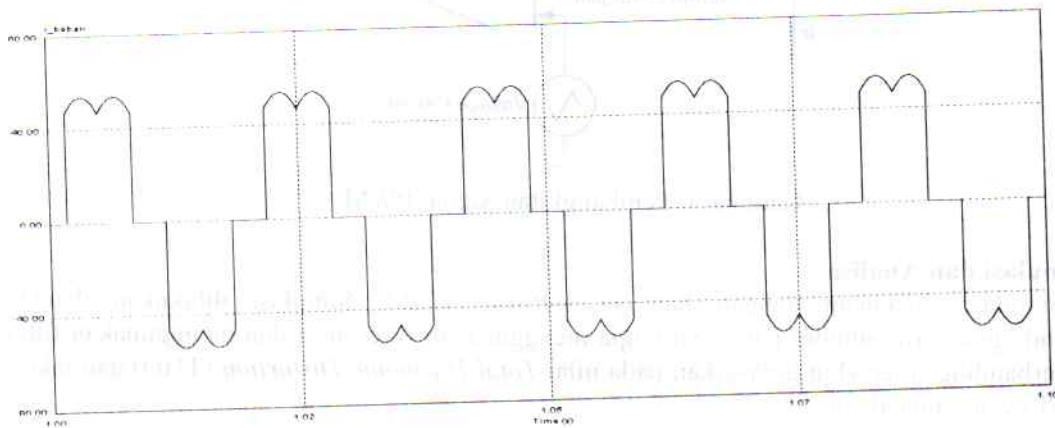
Simulasi dilakukan dengan bantuan *software* PSIM. Simulasi dilakukan dengan membandingkan arus sumber pada saat tanpa menggunakan filter aktif dan menggunakan filter aktif. Perbandingan tersebut didasarkan pada nilai *Total Harmonic Distortion* (THD) dan faktor kerja (PF) yang dihasilkan.



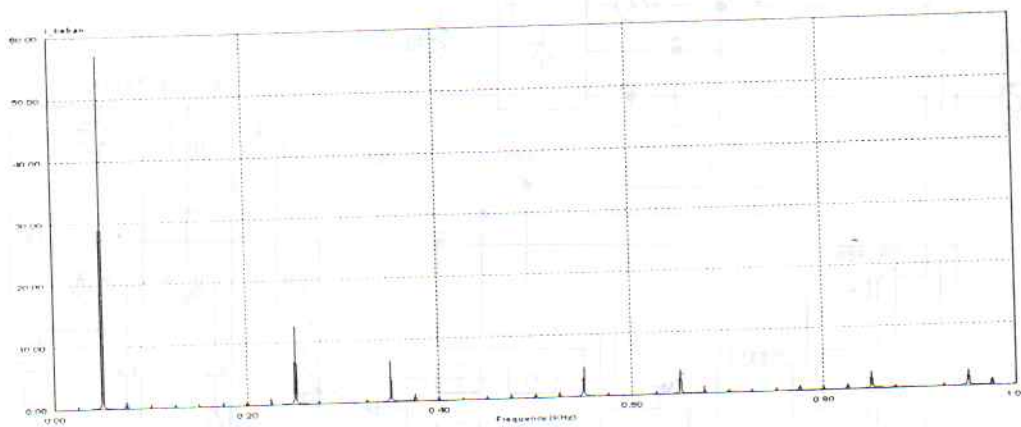
Gambar 5. Rangkaian Simulasi

Rangkaian simulasi filter daya aktif parallel ditunjukkan pada Gambar 5. Penyearah jembatan dioda digunakan sebagai pembangkit harmonisa idial. Filter dihubungkan parallel dengan beban yang dikompensasi, sehingga disebut filter parallel/shunt. Filter ini menggunakan dc capacitor sebagai suplai dan inverter yang dapat dioperasikan pada frekuensi tinggi untuk membangkitkan signal yang akan mengkompensasi arus harmonisa dari beban nonlinear (penyearah jembatan dioda). Sedangkan nilai-nilai parameter yang digunakan dalam simulasi adalah $V_{S(L-L)} = 380$ V, 50 Hz, $R_L = 20$ ohm, $C_F = 1,5$ mF dan $L_F = 1$ mH, $f_S = 20$ kHz dan $V_{dc\ ref} = 600$ V.

Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan arus sumber dan spektrumnya tanpa filter aktif parallel. Dari hasil simulasi tersebut terlihat bahwa beban nonlinear menarik arus harmonisa dari sumber.



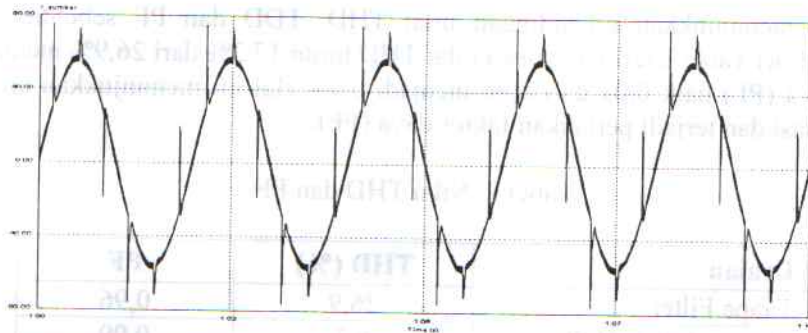
Gambar 6. Bentuk Gelombang Arus Sumber Tanpa Filter Aktif .



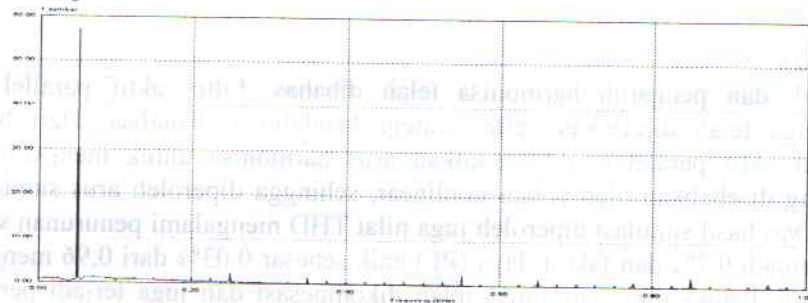
Gambar 7. Spektrum Arus Sumber Tanpa Filter Aktif.

Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan bahwa filter aktif parallel mengkompensasi arus harmonisa beban, sehingga diperoleh arus sumber mendekati sinusoidal murni.

Kompensasi Arus Harmonisa Menggunakan Filter Aktif Paralel Berdasarkan Pada Teori Daya Sesaat (Bambang Purwahyudi)

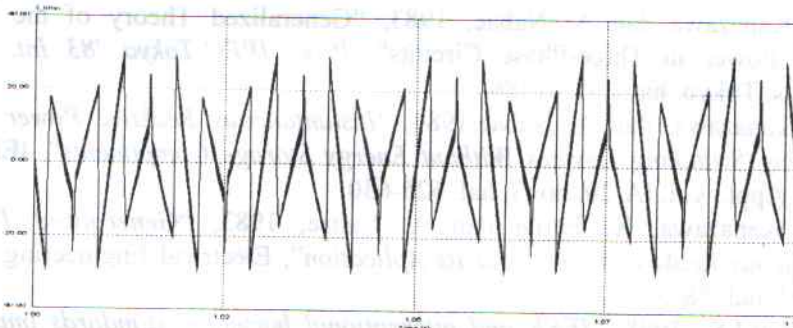


Gambar 8. Bentuk Gelombang Arus Sumber Dengan Filter Aktif.

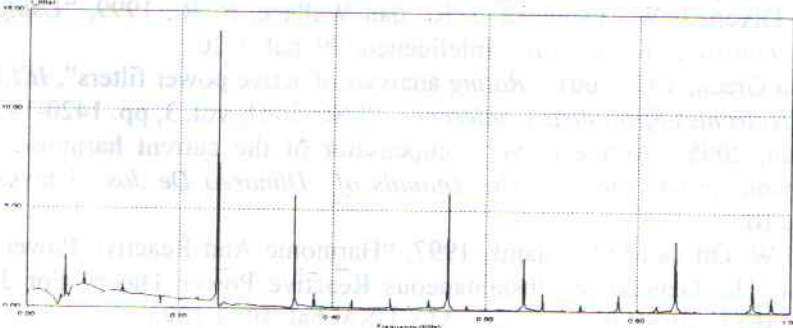


Gambar 9. Spektrum Arus Sumber Dengan Filter Aktif.

Gambar 10 dan Gambar 11 menunjukkan bahwa filter aktif paralel membangkitkan arus harmonisa yang diinjeksikan ke sistem untuk mengkompensasi arus harmonisa yang diakibatkan beban nonlinear.



Gambar 10. Bentuk Gelombang Arus Filter.



Gambar 11. Spektrum Arus Filter.

Tabel 2 menunjukkan erbandingan nilai THD, TDD dan PF sebelum dan sesudah dikompensasi. Dari Tabel 2 terlihat bahwa nilai THD turun 17,2% dari 26,9% menjadi 9,7% dan nilai faktor daya (PF) naik 0,03 dari 0,96 menjadi 0,99. Hal ini menunjukkan arus harmonisa telah dikompensasi dan terjadi perbaikan faktor daya (PF).

Tabel 2. Nilai THD dan PF

Uraian	THD (%)	PF
Tanpa Filter	26,9	0,96
Dengan Filter Aktif	9,7	0,99

5. Kesimpulan

Penyebab dan pengaruh harmonisa telah dibahas. Filter aktif parallel dan prinsip kompensasi juga telah dijelaskan serta strategi kendalinya dianalisa. Dari hasil simulasi diperoleh filter aktif parallel membang-kitkan arus harmonisa untuk mengkompensasi arus harmonisa yang disebabkan oleh beban nonlinear, sehingga diperoleh arus sumber mendekati sinusoid-dal. Dari hasil simulasi diperoleh juga nilai THD mengalami penurunan sebesar 17,2% dari 26,9% menjadi 9,7% dan faktor daya (PF) naik sebesar 0,03% dari 0,96 menjadi 0,99. Hal ini menunjukkan bahwa arus harmonisa telah dikompensasi dan juga terjadi perbaikan faktor daya (PF).

Daftar Pustaka

- Akagi,H., Y. Kanazawa dan A. Nabae, 1983, "Generalized Theory of the Instantaneous Reactive Power in Three-Phase Circuits", *Proc. IPEC-Tokyo '83 Int. Conf. Power Electricinics*, Tokyo, hal. 1375-1386.
- Akagi,H., Y. Kanazawa, dan A. Nabae,1984, "*Instantaneous Reactive Power Compensator Comprising Switching Devices Without Energy Storage Components*", *IEEE Trans. On Industial Appl.*, vol. IA-20, no. 3, hal. 625-630.
- Akagi,H., Y. Kanazawa, K. Fujita dan A. Nabae, 1983, "*Generalized Theory of the Instantaneous Reactive Power and Its Aplication*", *Electrical Engineering in Japan*, vol. 103, no. 4, hal. 58-66.
- Key,T.S. dan Lai,J.S., 1998, "*IEEE and international harmonic standards impact on power electronic equipment design*", *IEEE IECON'98*, hal. 430-436, New Orleans, LA.
- Moran, L. A., Dixon, J. W., Espinoza, J. R., dan Wallace, R. R., 1999, "*Using active power filters to improve power quality*", *Inteligencia'99*, hal. 1-20.
- Marks, J.H. dan Green, T.C., 2001, "*Rating analysis of active power filters*", *IEEE 32nd Annual Power Electronics Specialists Conference, PESC'2001*, vol. 3, pp. 1420-1425
- Marian Gaicean, 2005, "*Active power compensator of the current harmonics based on the instantaneous power theory*", *The Annuals of "Dunarea De Jos" University of Galati, Fasciclee III*.
- Peng, F. Z., G.W. Ott dan D.J. Adams, 1997, "*Harmonic And Reactive Power Compensation Based on The Generalized Instantaneous Reactive Power Theory For 3-Phase 4-Wire System*", *IEEE, PESC 97, St. Louis, Mo, USA*, hal. 1089-1095.

JURNAL TEKNOLOGI INDUSTRI

Volume XII Nomor 1 Januari 2008

Volume XII tahun 2008 menerbitkan 4 nomor dalam bentuk cetakan dan publikasi secara *online* di internet. Jurnal Teknologi Industri *Online* dapat diakses lewat internet dengan alamat <http://fti.uajy.ac.id/jurnal>. Fasilitas layanan yang tersedia antara lain: informasi langganan, pengiriman naskah dan layanan melalui *e-mail*.

Nomor 1

- | | |
|--|---------|
| Aplikasi Agen Penyaring Informasi di <i>Internet</i> Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan
<i>Bambang Sugiantoro</i> | 1 - 6 |
| Rancang Bangun Sistem Pendukung Keputusan Kelompok untuk Anamnesis, Diagnosis dan Terapi Gangguan Jiwa
<i>Sri Kusumadewi, Sri Hartati, Retantyo Wardoyo, Agus Harjoko</i> | 7 - 18 |
| Sistem Pakar untuk Diagnosis Penyakit THT Berbasis <i>Web</i> dengan “ <i>e2gLite Expert System Shell</i> ”
<i>Lina Handayani dan Tole Sutikno</i> | 19 - 26 |
| Penerapan <i>Association Rule Mining</i> untuk Perancangan <i>Data Mining</i> BDP (Barang Dalam Proses) Obat
<i>Wiwin Suwarningsih</i> | 27 - 32 |
| Kompensasi Arus Harmonisa Menggunakan Filter Aktif Paralel Berdasarkan Pada Teori Daya Sesaat
<i>Bambang Purwahyudi</i> | 33 - 40 |
| Pembangunan Aplikasi untuk Penulisan Buku Secara Kolaboratif
<i>Kusnadi</i> | 41 - 50 |
| Pembangunan Aplikasi SMS untuk Pencarian dan Pemesanan Buku Perpustakaan
<i>Thomas Suselo</i> | 51 - 62 |
| Studi Komparasi untuk Unjuk Kerja Komputer pada Proses Perhitungan <i>Fractal</i>
<i>Wawan Wardiana dan Ana Heryana</i> | 63 - 70 |
| Pemetaan Organisasi Sistem Kerja Usaha Mikro Kecil dan Menengah di Daerah Istimewa Yogyakarta
<i>Baju Bawono, Luciana Triani Dewi, Ign. Luddy Indra Purnama</i> | 71 - 84 |

ISSN 1410 – 5004