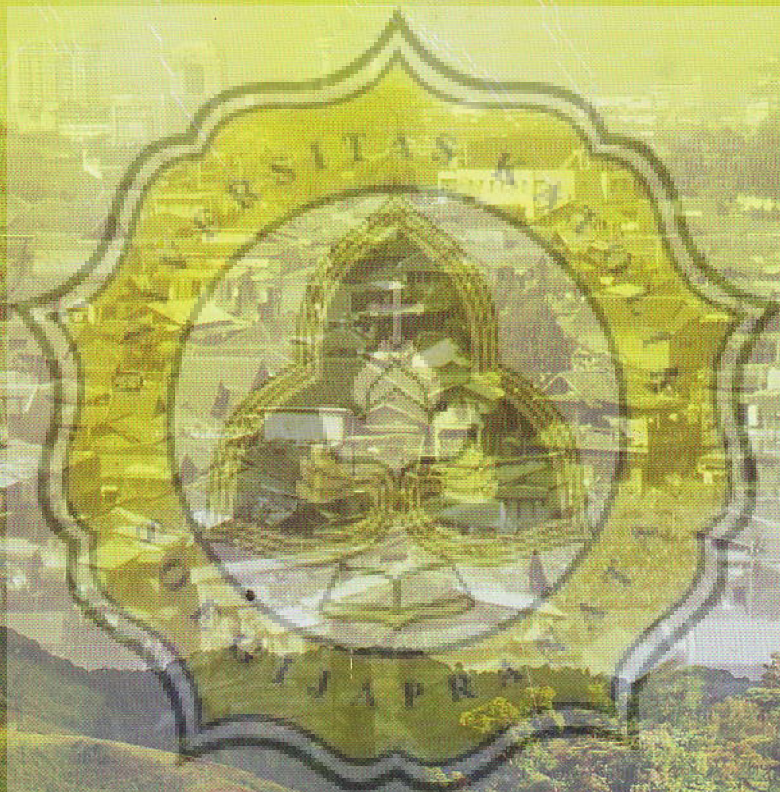


# VITAS PHERE

Jurnal Manajemen Kualitas Hidup



Program Pascasarjana Universitas Katolik Soegijapranata  
Jl. Pawiyatan Luhur IV No. 1 Benda Dhuwur Semarang, 50234  
Telepon 024 8441555 Faksimile 024 8415429, 0248445265  
E-mail: pasca@unika.ac.id <http://www.unika.ac.id>



**VITASPHERE** Jurnal Manajemen Kualitas Hidup

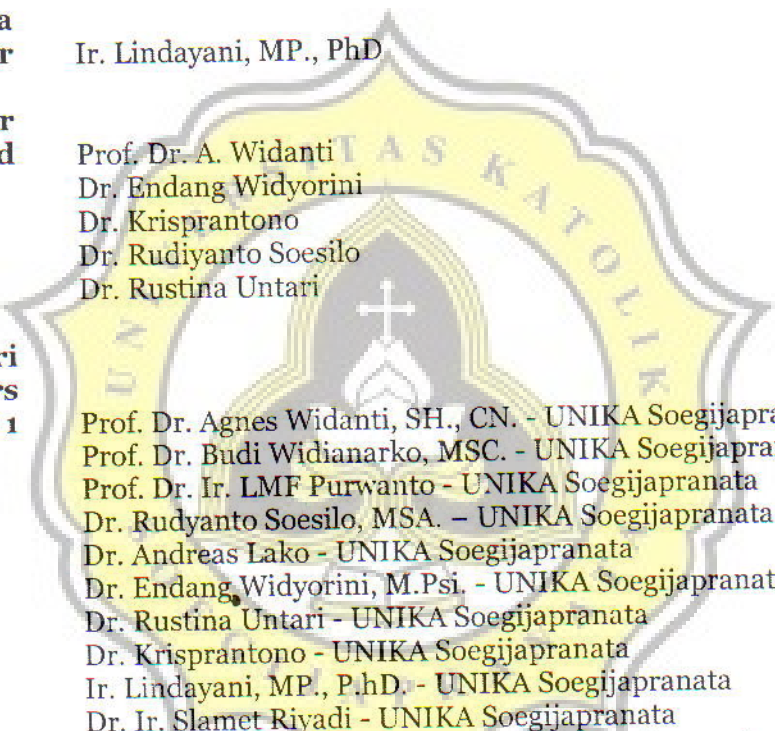
**Penanggungjawab** Direktur Program Pasca Sarjana UNIKA Soegijapranata

**Ketua Dewan Editor  
Editor in Chief** Prof. Dr. Budi Widianarko

**Editor Pelaksana  
Managing Editor** Ir. Lindayani, MP., PhD

**Dewan Editor  
Editorial Board**  
Prof. Dr. A. Widanti  
Dr. Endang Widyorini  
Dr. Krisprantono  
Dr. Rudyanto Soesilo  
Dr. Rustina Untari

**Mitra Bestari  
Peer Reviewers  
Volume 1, Nomor 1**



Prof. Dr. Agnes Widanti, SH., CN. - UNIKA Soegijapranata  
Prof. Dr. Budi Widianarko, MSC. - UNIKA Soegijapranata  
Prof. Dr. Ir. LMF Purwanto - UNIKA Soegijapranata  
Dr. Rudyanto Soesilo, MSA. - UNIKA Soegijapranata  
Dr. Andreas Lako - UNIKA Soegijapranata  
Dr. Endang Widyorini, M. Psi. - UNIKA Soegijapranata  
Dr. Rustina Untari - UNIKA Soegijapranata  
Dr. Krisprantono - UNIKA Soegijapranata  
Ir. Lindayani, MP., P.hD. - UNIKA Soegijapranata  
Dr. Ir. Slamet Riyadi - UNIKA Soegijapranata  
Ir. Tjahjono Rahardjo, MA. - UNIKA Soegijapranata  
Rudi Elyadi, SE., MM. - UNIKA Soegijapranata

**Alamat Redaksi** Sekretariat Program Pasca Sarjana, Universitas Katolik  
Soegijapranata, Gd. Thomas Aquinas Lt. IV, Jl. Pawiyatan Luhur IV/  
1, Semarang 50234 Telp. 024-8441555 (ext. 301), Fax: 024-844265,  
E-mail: [vitasphere@unika.ac.id](mailto:vitasphere@unika.ac.id).

# VITAS PHERE

Jurnal Manajemen Kualitas Hidup



Program Pascasarjana Universitas Katolik Soegijapranata

Jl. Pawiyatan Luhur I No. 1 Benda Dhuwur Semarang, 50234

Telepon 024 8441555 Faksimile 024 8415429, 0248445265

E-mail: pasca@unika.ac.id <http://www.unika.ac.id>



# VITASPHERE

## Jurnal Manajemen Kualitas Hidup

- *Shelter and The Quality of Life of The Urban Poor* - Tjahjono Rahardjo 1-12
- *Field Studies of Thermal Comfort and Quality of Life Issues in Multi-storey Low Income Housings* - Moediartianto 13-21
- *Peningkatan Kualitas Hidup Masyarakat Nabire, Pasca Gempa* - L.M.F. Purwanto 22-29
- *The Impact of Sugar Industry on Urban Growth in Java During The Colonial Period the Case of Semarang The Capital of Central Java* - Krisprantono 30-37
- *Effect of Different Heating Conditions Casein-sugar Conjugates on The Emulsion Stability* - Inneke Hantoro\*, Tim J. Wooster 38-52
- *Kehamilan dan Melahirkan: Sebuah Krisis Kehidupan? Persepsi dan Efek-efeknya* - Margaretha Sih Setija Utami 53-61
- *Pergeseran Fungsi Sosial Rumah Sakit dan Pemenuhan Hak Atas Pelayanan Kesehatan bagi Masyarakat Miskin* - Endang Wahyati Yustina 62-79
- *Kegagalan Pengadilan HAM untuk Memberi Rasa Keadilan Bagi Masyarakat dan Korban (studi Kasus Pengadilan HAM Abepura dengan Terdakwa Brigjen Pol. Drs. Johny Wainal Usman)* - Trihoni Nalesti Dewi 80-93
- *Pengaruh Harmonisa terhadap Kualitas Daya Listrik dan Solusi Reduksi Melalui Tapis Daya Aktif* - Slamet Riyadi 94-101
- *Inovasi Pelayanan Melalui Analisis Kepuasan Pelanggan (Studi Kasus pada Usaha Rental Sound System "x")* - Erik Kristiyanto 102-125

ISSN 2085 - 7683



## PENGARUH HARMONISA TERHADAP KUALITAS DAYA LISTRIK DAN SOLUSI REDUKSI MELALUI TAPIS DAYA AKTIF

*Slamet Riyadi*<sup>1</sup>

### ABSTRACT

*Electric energy is consumed to drive many equipments in industry, office and home applications. It is based on the flexibility of the electric energy. Modern electric loads commonly make currents be distorted that result in negative impacts in the system. Due to the disturbed continuity in electric energy supply, efficiency in converting this energy becomes a serious problem. Some attempts to increase efficiency by improving power quality are chosen as an alternative way. In this paper, the relationship between power efficiency and harmonic contents is described. A concept to reduce harmonics by using current injection is derived. Controlled current source which is implemented by PWM converter is functioned as an active power filter to inject compensating currents so the source current distortion can be minimized. A new method to control three-phase four-wire shunt active power filter is proposed in this paper, this is based on the concept of decomposing the source instantaneous power into the desired and undesired power components. Elimination of the undesired power components will make the source side only generate the dc component of real power related to the fundamental active currents. To verify the accuracy of the analysis, a laboratory scaled prototype is designed to support experimental works. This research also gives the contribution in the developments of the active filtering on three-phase four-wire systems that are commonly faced in Indonesia.*

**Keywords :** *harmonics, power quality, active power filter*

### Pendahuluan

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang banyak dimanfaatkan oleh manusia karena sifat energi listrik yang mudah diubah menjadi bentuk energi lain. Pada awalnya, energi listrik banyak dimanfaatkan oleh konsumen untuk menyalakan lampu pijar, pemanas dan mesin listrik. Tetapi seiring dengan perkembangan jaman, perilaku dalam memanfaatkan energi listrik juga berubah. Dewasa ini pemanfaatan energi listrik didominasi oleh lampu hemat energi, perangkat berbasis informasi serta untuk menjalankan mesin listrik melalui suatu konverter guna efisiensi konversi energi. Peralatan-peralatan tersebut umumnya

menggunakan piranti semikonduktor yang akan menyebabkan distorsi pada arus listrik akibat adanya proses pensaklaran.

Jika dikaji lebih jauh, suatu distorsi sebenarnya dapat diartikan sebagai munculnya kandungan harmonisa dalam sistem. Pada sistem yang ideal, energi listrik dikirimkan pada tegangan tertentu dengan frekuensi tunggal (di Indonesia digunakan frekuensi standar sebesar 50 Hz). Dengan terjadinya distorsi maka arus yang mengalir tidak hanya memiliki frekuensi 50 Hz, tetapi juga frekuensi kelipatan dari 50 Hz. Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan

<sup>1</sup> Fakultas Teknologi Industri Unika Soegijapranata Semarang

oleh para ahli, adanya harmonisa pada sistem akan mengakibatkan dampak negatif pada sistem di antaranya adalah : memperpendek umur peralatan, membuat alat ukur tidak berfungsi dengan baik dan menjadikan arus netral meningkat (Peng, 1998).

Di sisi lain, munculnya kandungan harmonisa juga mengakibatkan nilai faktor daya menurun. Dengan demikian kapasitas energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit (PLN) sebagian akan diubah menjadi daya harmonisa sehingga diperlukan kapasitas daya lebih besar untuk mencatu konsumen dengan beban penghasil harmonisa (beban tak linier). Mengingat dewasa ini di Indonesia sedang menghadapi kendala kontinuitas pasokan energi listrik (sering terjadi pemadaman energi listrik secara bergilir) maka harmonisa menjadi masalah yang sangat serius (Akagi, 1996), (Grusz, 1990).

Berbagai kajian tentang harmonisa telah dilakukan oleh para peneliti, baik terkait dengan sumber, dampak maupun bagaimana mengatasi harmonisa. Di beberapa negara maju, kandungan harmonisa dalam suatu sistem telah dibatasi dengan aturan tertentu guna menjaga kualitas daya listrik. Para konsumen yang menggunakan beban-beban penghasil harmonisa diwajibkan membatasi kandungan harmonisa pada nilai tertentu. Banyak peralatan dipasang oleh konsumen maupun penyedia energi listrik guna membatasi kandungan harmonisa. Terdapat dua konsep dalam membatasi kandungan harmonisa yaitu dengan cara antisipasi dan perbaikan (Akagi, 1994). Cara antisipasi dilakukan pada peralatan-peralatan yang baru terpasang melalui penggunaan catu daya berunjuk kerja tinggi, yaitu suatu penyearah yang mampu menyediakan tegangan searah bagi

peralatan-peralatan modern dengan tetap menjaga arus masukan memiliki kualitas yang baik (kandungan harmonisa yang kecil). Sedangkan cara perbaikan dilakukan pada sistem dengan peralatan-peralatan yang sudah lama terpasang melalui tapis daya yang mampu menyerap komponen harmonisa.

Pada artikel ini diuraikan suatu kajian tentang pengaruh kualitas daya akibat harmonisa terhadap efisiensi pemanfaatan energi listrik. Metoda perbaikan kualitas daya melalui tapis daya aktif juga dijabarkan sebagai kelanjutan kajian. Sebagai validasi kajian maka hasil pengujian laboratorium yang dilakukan penulis akan dipaparkan. Pengujian laboratorium dilakukan dengan menggunakan prototip alat yang dioperasikan dengan metoda baru dengan beberapa keunggulan.

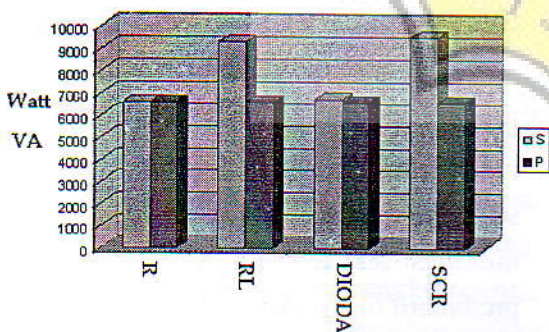
#### **Pengaruh Harmonisa Terhadap Efisiensi Pemanfaatan**

Dalam sistem di mana konsumen tidak menggunakan beban penghasil harmonisa maka energi listrik yang dikirimkan oleh pembangkit akan diubah menjadi daya nyata dan daya reaktif. Daya nyata merupakan komponen daya yang dapat diubah menjadi kerja bermanfaat sedangkan daya reaktif merupakan komponen daya yang terperangkap dalam saluran. Daya reaktif dikirimkan oleh pembangkit tetapi tidak dapat diubah menjadi kerja bermanfaat (Watanabe et al., 1993). Kondisi ini menyebabkan penyedia energi listrik membutuhkan pembangkit dengan kapasitas melebihi daya nyata konsumen, makin besar daya reaktif maka akan semakin besar kapasitas daya yang dibutuhkan.

Sedangkan untuk sistem dengan konsumen yang menggunakan beban penghasil harmonisa

maka akan muncul komponen daya lain, yaitu daya harmonisa. Komponen daya harmonisa merupakan komponen daya yang dikirimkan oleh pembangkit ke konsumen dan sebaliknya dengan nilai rata-rata sama dengan nol. Adanya daya harmonisa dan daya reaktif menyebabkan kapasitas daya yang harus disediakan oleh penyedia energi listrik bertambah besar. Pada Gb-1 disajikan gambar yang menunjukkan hubungan antara daya nyata (Watt = W) dengan kapasitas daya yang harus disediakan (Volt-Ampere = VA) untuk berbagai kondisi, yaitu :

- Beban resistif (R), kondisi ini terjadi jika konsumen hanya memanfaatkan energi listrik untuk menyalakan lampu pijar dan pemanas.
- Beban induktif (RL), terjadi jika konsumen menggunakan energi listrik untuk menjalankan motor-motor listrik secara langsung.
- Beban DIODA, terjadi jika konsumen menggunakan penyearah jenis dioda.
- Beban SCR, terjadi jika konsumen menggunakan penyearah dengan pengendalian sudut fasa.

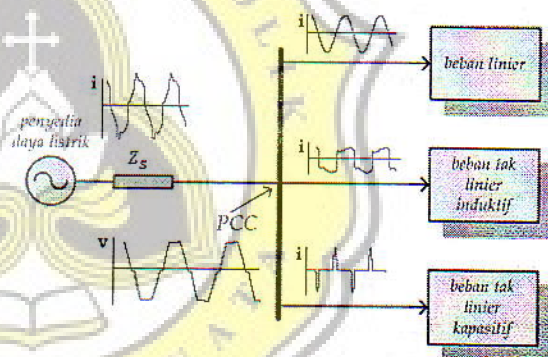


Gambar -1.

Perbandingan daya nyata (W) daya kapasitas daya (S) untuk beberapa macam pembebanan.

### Perbaikan Kualitas Daya Melalui Tapis Daya Aktif Shunt

Di dalam sistem tenaga listrik, seharusnya energi listrik dikirimkan pada tegangan dengan amplituda konstan dan frekuensi tunggal, tetapi dalam praktis di lapangan kondisi ini sangat sulit tercapai. Gb-2 menunjukkan berbagai macam beban yang tersambung pada PCC (*Point of Common Coupling*), akibat adanya beban penghasil harmonisa maka distorsi arus dan tegangan terjadi. Tingkat distorsi tegangan/ arus biasanya menjadi parameter dalam menilai kualitas daya suatu sistem. Kualitas daya merupakan suatu terminologi yang umum digunakan untuk menggambarkan kondisi daya listrik yang disalurkan oleh penyedia energi listrik kepada konsumen, baik konsumen industri, perkantoran maupun domestik.



Gambar-2.

Beberapa jenis pembebanan yang tersambung pada sistem

Permasalahan yang terkait kualitas daya umumnya disebabkan oleh gangguan-gangguan yang terjadi di dalam sistem tenaga listrik tersebut. Dari beberapa gangguan yang terkait kualitas daya sistem, gangguan akibat harmonisa merupakan salah satu gangguan yang sangat merugikan di dalam sistem tenaga listrik karena terjadi pada kondisi tunak sehingga permasalahan yang ditimbulkan oleh harmonisa menjadi masalah serius dalam perbaikan kualitas daya sistem.

Permasalahan kualitas daya pada umumnya selalu terkait dengan ketidaknormalan yang terjadi pada tegangan, arus dan frekuensi serta dapat menyebabkan kegagalan operasi, terputusnya penyaluran daya listrik hingga akhirnya memberi dampak ekonomi bagi konsumen. Beberapa pertimbangan lain yang dapat dijadikan alasan guna melakukan perbaikan kualitas daya sistem tenaga listrik adalah

- Teknologi mikroelektronika mendominasi peralatan-peralatan di berbagai sektor, implementasinya dalam bentuk *chip* yang bekerja pada *rating* daya kecil tetapi membutuhkan tegangan yang stabil.
- Teknologi elektronika daya telah banyak menghasilkan catu daya dengan efisiensi tinggi yang selalu ditingkatkan kapasitasnya. Peralatan berbasis teknologi elektronika daya ini merupakan penyebab terjadinya distorsi pada sistem, diperkirakan aplikasi teknologi ini akan terus meningkat di masa mendatang.
- *Capacitor bank* banyak dipasang baik oleh penyedia daya listrik maupun konsumen untuk memperbaiki faktor daya. Kapasitor ini sangat rentan jika diimplementasikan pada sistem yang terkontaminasi harmonisa.
- Harmonisa dapat menyebabkan dampak negatif kepada peralatan-peralatan yang terpasang pada sistem.
- Walaupun sisi pembangkitan menghasilkan daya listrik dengan kualitas baik tetapi jika jaringan distribusi banyak didominasi beban penghasil harmonisa maka konsumen tetap akan menerima tegangan dengan kualitas yang rendah.

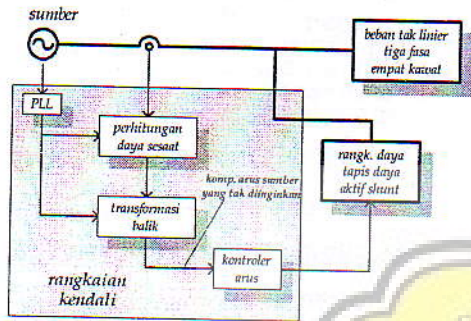
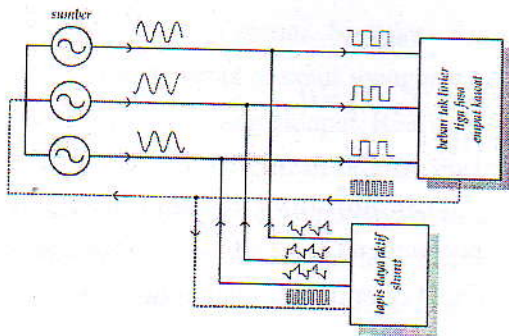
Pada Gb-3a ditunjukkan suatu sistem tiga fasa empat kawat yang dibebani oleh beban penghasil harmonisa. Kondisi beban tersebut akan mengakibatkan distorsi pada arus sumber sehingga menurunkan kualitas daya sistem. Oleh karena itu diperlukan suatu tapis daya aktif shunt guna melakukan perbaikan. Proses perbaikan dilakukan melalui injeksi arus yang tak diinginkan ke sistem, di mana arus tersebut memiliki amplituda sama dengan komponen yang tak diinginkan dari arus beban serta memiliki polaritas berlawanan.

Karena metoda pengendalian yang diusulkan difokuskan untuk membuat arus sumber selalu sinusoidal dan sefasa dengan tegangan sumber maka setelah proses perbaikan diharapkan arus sumber akan memiliki distorsi rendah dan sefasa dengan tegangan sumber. Untuk mengurangi jumlah sensor arus maka deteksi nilai sesaat arus tidak dilakukan pada sisi beban dan sisi tapis daya aktif, melainkan dilakukan deteksi arus pada sisi sumber (Riyadi et al., 2004). Sedangkan untuk membuat metoda pengendalian mampu diterapkan pada tegangan sumber tak ideal serta mengurangi penggunaan sensor tegangan maka digunakan besaran informasi fasa yang diperoleh melalui suatu trafo isolasi. Selanjutnya suatu PLL (*Phase Locked Loop*) dan mikrokontroler digunakan untuk membuat sinyal tegangan representatif berdasarkan informasi fasa tersebut. Sinyal tegangan representatif merupakan gelombang sinusoidal yang sefasa dengan komponen fundamental urutan positif dari tegangan fasa sumber (Gb-3b).

Gambar-3.

Tapis daya aktif shunt tiga fasa empat kawat





Suatu konverter MLP yang difungsikan sebagai sumber arus terkendali pada tapis daya aktif shunt akan menginjeksikan arus kompensasi ke dalam sistem untuk melakukan penapisan secara aktif. Arus kompensasi ditentukan oleh referensi yang diturunkan berdasarkan metoda pengendalian yang diinginkan. Pada sistem tiga fasa tanpa kawat netral, dengan menggunakan tiga buah sumber arus terkendali maka kompensasi dapat dilakukan, sedangkan untuk sistem tiga fasa dengan kawat netral, masih dibutuhkan sumber arus terkendali yang terhubung ke konduktor netral sistem untuk melakukan kompensasi arus urutan nol. Dalam proses penapisan aktif maka suatu fungsi sebagai pengkompensasi arus atau pengkompensasi daya dapat dicapai oleh suatu tapis daya aktif shunt. Fungsi pengkompensasi arus dapat digunakan sebagai dasar untuk menghasilkan arus sumber dengan tingkat distorsi pada batas tertentu. Untuk memperoleh penapisan yang optimal maka referensi arus kompensasi harus ditentukan secara tepat baik melalui proses

ekstraksi komponen tak diinginkan maupun penentuan komponen rata-rata daya nyata beban.

Suatu beban tak linier tiga fasa empat kawat yang terpasang pada sistem akan menarik arus harmonisa dengan orde kelipatan tiga sehingga menyebabkan mengalirnya arus pada kawat netral. Secara matematis arus yang mengalir pada kawat fasanya dapat dinyatakan dengan persamaan

$$i_{Lk}(t) = i_{Lk1}(t) + \sum_{h=2} i_{Lkh}(t) \dots\dots\dots(1)$$

di mana

$i_{Lk1}$  = komponen fundamental arus fasa  $k$  dari beban ( $k = a, b, c$ )

$i_{Lkh}$  = komponen harmonisa orde- $h$  arus fasa  $k$  dari beban ( $k = a, b, c$ )

dan arus yang mengalir pada kawat netral merupakan jumlah dari ketiga arus fasa, dinyatakan

$$i_{Ln}(t) = - \sum_{k=a,b,c} i_{Lk}(t) \dots\dots\dots(2)$$

Jika beban tak linier diasumsikan beban yang seimbang maka arus yang mengalir pada kawat netral (2) merupakan jumlah komponen arus harmonisa orde kelipatan tiga dari masing-masing arus fasa beban

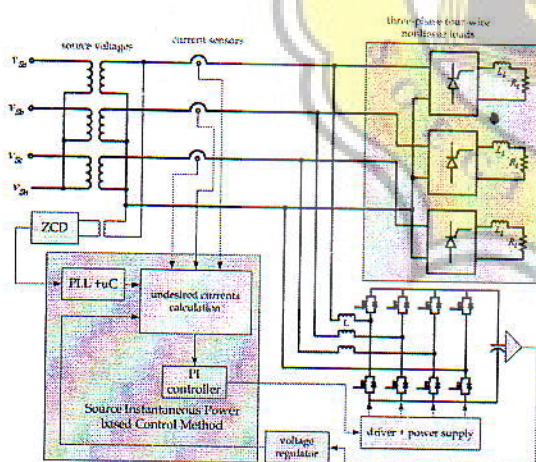
$$i_{Ln}(t) = -3 \sum_{\substack{h=3(2m-1) \\ m=1,2,\dots}} i_{Lh}(t) \dots\dots\dots(3)$$

Jika tapis daya aktif shunt tiga fasa tiga kawat bekerja ideal, tidak adanya kawat netral akan menyebabkan komponen harmonisa orde kelipatan tiga tidak dapat diinjeksikan sehingga arus kompensasinya hanya mengandung komponen harmonisa orde-5,7,11,13,... yang dirumuskan sebagai

$$i_{Ck}(t) = \sum_{h=2} i_{Lkh}(t) - \sum_{\substack{h=3(2m-1) \\ m=1,2,\dots}} i_{Lh}(t) \dots\dots(4)$$



tukan kendali yang sesuai. Simulasi dengan perangkat lunak dilakukan untuk menguji validasi analisa dan model yang didapat. Realisasi dari model yang diimplementasikan melalui perancangan suatu prototip tapis daya aktif shunt disajikan pada Gb-5. Gambar tersebut dapat dianggap mewakili sistem, di mana tegangan sumber (*voltage source*) dapat dianggap sebagai tegangan sistem (PLN), beban tak linier (*nonlinear loads*) mewakili konsumen yang menggunakan beban penghasil harmonisa. Tapis daya aktif shunt diimplementasikan dengan konverter MLP empat lengan tanpa sumber tegangan searah, sebagai pengganti dipakai elemen penyimpan energi berupa kapasitor. Untuk menjaga agar tegangan kapasitor relatif konstan maka dipasang sensor tegangan untuk memberikan sinyal masukan bagi kontroler tegangan (Riyadi & Haroen, 2005). Untuk mendeteksi tegangan sumber digunakan *zero crossing detector* (ZCD) dan *phase locked loop* (PLL).

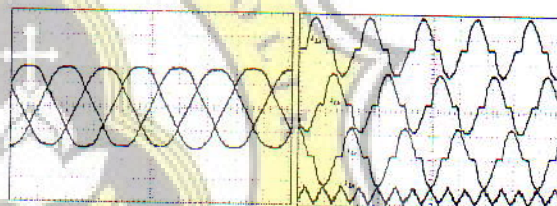


Gambar-5.  
Skema prototip tapis daya aktif shunt untuk sistem tiga fasa dengan kawat netral

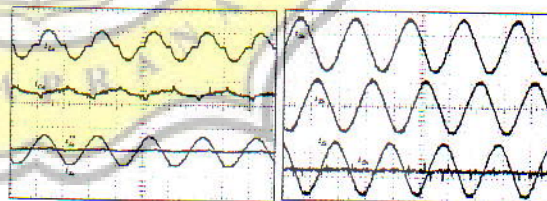
*Undesired current calculation* akan melakukan proses ekstraksi komponen arus yang harus diinjeksikan ke sistem sebagai

referensi. Mengacu pada sinyal tersebut selanjutnya saklar-saklar elektronik akan bekerja untuk mengendalikan gelombang arus kompensasi.

Dalam melakukan pengujian laboratorium, digunakan tegangan sumber seperti tampak pada Gb-6a yang merupakan gelombang sinusoidal tiga fasa seimbang. Sedangkan beban tak linier tiga fasa menarik arus seperti disajikan pada Gb-6b. Tanpa pemasangan tapis daya aktif maka arus sumber akan sama dengan arus beban. Untuk memperbaiki kualitas arus sumber maka tapis daya aktif harus menginjeksikan arus kompensasi (*ica*) seperti Gb-7a, dengan kondisi ini maka arus sumber akan menjadi sinusoidal dan arus netral mendekati nol.



Gambar-6.  
Diagram aliran daya pada sistem tiga fasa empat kawat pada pengkompensasi arus



Gambar-7.  
Diagram aliran daya pada sistem tiga fasa empat kawat pada pengkompensasi arus

Gelombang arus pada Gb-7b merupakan gelombang sinusoidal yang sefasa dengan tegangan sumber sehingga semua daya yang diserap dari sumber akan diubah menjadi daya nyata. Dengan kondisi ini maka efisiensi pemanfaatan energi listrik menjadi lebih baik selain itu kualitas daya juga meningkat.

## Kesimpulan

Kajian tentang dampak kualitas daya terkait dengan harmonisa terhadap efisiensi pemanfaatan energi listrik telah dipaparkan. Metoda perbaikan melalui tapis daya aktif telah dikaji sebagai langkah yang sangat sesuai. Proses kompensasi yang dilakukan mampu menurunkan kandungan harmonisa sehingga kualitas daya dapat diperbaiki begitu juga dengan efisiensi pemanfaatan energi listrik. Dengan hasil ini diharapkan konsumen dengan beban penghasil harmonisa sebaiknya menjaga nilai distorsi pada nilai yang diijinkan (THD 5%). Di Indonesia batasan tentang harmonisa belum diberlakukan, kondisi ini akan sangat merugikan konsumen listrik yang terkena dampak harmonisa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akagi, H. (1994). Trends in Active Power Line Conditioner, *IEEE Trans. on Power Electronics* 9(3), 263-268.
- Akagi, H. (1996). New Trends in Active Filter for Power Conditioning, *IEEE Trans. on Industry Applications* 32(6), 1312-1322.
- Grusz, T. M. (1990). A Survey of Neutral Currents in Three-Phase Computer Power Systems, *IEEE Trans. on Industry Applications* 26(4), 719-725.
- Peng, F.Z. (1998). Application Issues of Active Power Filters, *IEEE Industry Applications Magazine*, Sept/Oct, 21-30.
- Riyadi, S., Haroen, Y., Sudirham & Sughartono, S. (2004). A Virtual Instantaneous Power Based Control Method of a Shunt Active Power Filter for Three-Phase Four-Wire Systems, *Proceedings of International Conference on Electric Machines and Systems (ICEMS)*, South Korea.
- Riyadi, S. & Haroen, Y (2005). A New Control Strategy for Three-Phase Shunt Active Power Filter that based on Source Instantaneous Power, *Proceedings of International Power Engineering Conference (IPEC)*, Singapore
- Watanabe, E.H., Stephan, R.M. & Aredes, M. (1993). New Concepts of Instantaneous Active and Ractive Powers in Electrical Systems with Generic Loads, *IEEE Trans. on Power Delivery*, vol.8, no.2, 697-703.