

# Studi Kineja Filter Aktif Satu Fasa dengan Sensor Arus Beban

Hasan Surya<sup>1</sup>, Toto Tohir<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung  
Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40559 (022) 2013789  
e-mail: hasansurya@polban.ac.id

## ABSTRAK

Semakin berkembangnya teknologi elektronika maka beban-beban listrikpun semakin berkembang, semula beban listrik bersifat linier, akibat perkembangan teknologi eleektonika muncul beban listrik yang bersifat non linier. Beban non-linear yang terpasang pada suatu sistem tenaga listrik satu fasa dapat menghasilkan distorsi harmonisa arus maupun tegangan. Dengan semakin besarnya kandungan harmonisa pada suatu sistem maka kualitas daya listrik yang dihasilkan pun akan semakin memburuk. Penggunaan filter harmonisa dalam sistem ketenaga listrikan, khususnya filter aktif telah terbukti mampu meredam distorsi harmonisa tegangan maupun arus yang ditimbulkan oleh beban non-linear. Terdapat bermacam-macam topologi rangkaian filter aktif maupun sistem kendalinya. Penelitian ini bertujuan melakukan kajian terhadap kinerja filter aktif satu fasa dengan strategi pengendalian menggunakan sensor arus beban untuk mengkompensasi arus harmonisa. Dari hasil pembahasan diperoleh bahwa pada beban non linier yang berupa penyearah satu fasa dengan filter kapasitor memiliki komponen harmonisa yang sangat tinggi, yaitu Total Harmonics Distorsion arus, THD<sub>I</sub>, dapat mencapai 183%. Dengan memasang filter aktif secara parallel dengan beban nilai THD<sub>I</sub>, dapat direduksi sampai dengan 9,5%

### Kata kunci

Harmonisa, beban non-linear, filter aktif, Sensor arus beban

## 1. PENDAHULUAN

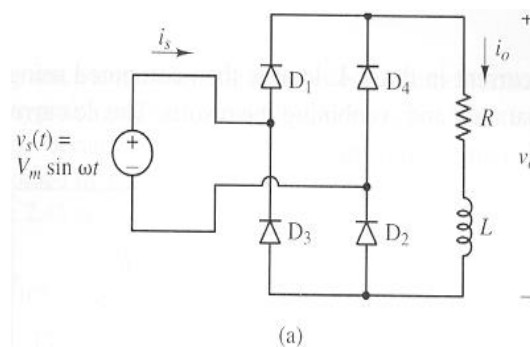
Beban Listrik sistem satu fasa dalam area komersil, seperti gedung perkantoran, apartemen dan rumah tinggal pada umumnya berupa lampu penerangan, televisi, Air Conditioner, dan sebagainya. Seiring dengan perkembangan teknologi elektronika, beban listrik juga berkembang, misalnya untuk lampu penerangan yang sekarang umumnya menggunakan LHE atau LED. Televisi, Laptop bahkan Air Condition yang berteknologi inverter. Beban-beban semacam ini adalah beban non linier. Beban non linier adalah beban listrik yang menyerap arus secara non linier terhadap tegangan. Beban ini merupakan beban dimana bentuk gelombang arusnya non sinusoid. Pada gelombang non sinusoid akan menghasilkan arus harmonisa yang efeknya akan meningkatkan rugi-rugi pada jaringan listrik [1], sehingga diperlukan upaya menekan rugi-rugi ini dengan mereduksi atau bahkan mengeliminasi arus harmonisa yang ditimbulkan oleh beban non linier.

Beban listrik non linier seperti yang disebutkan di atas merupakan beban yang pada dasarnya menggunakan sumber tegangan DC, yang diperoleh dengan mengkonversi sistem tegangan AC satu fasa dari PLN menjadi tegangan DC menggunakan penyearah diode dan di filter menggunakan kapasitor.

## 2. LANDASAN TEORI

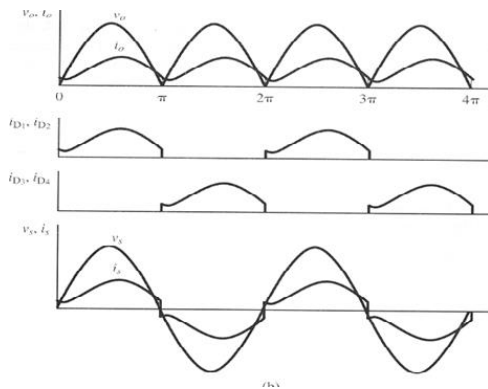
### 2.1 Penyearah satu fasa system jembatan

Penyearah satu fasa adalah suatu konverter yang digunakan untuk mengubah system tegangan AC menjadi system tegangan DC. Gambar 1 adalah gambar rangkaian penyearah 1 fasa gelombang penuh dalam system jembatan dengan beban R-L.



Gambar 1. Penyearah system jembatan beban R-L

Bentuk gelombang tegangan dan arus ditunjukkan pada gambar 2.

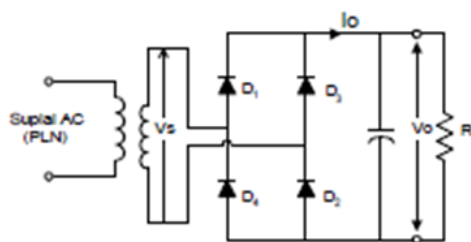


Gambar 2. Bentuk gelombang tegangan dan arus pada sisi output dan input penyearah.

Nampak bahwa gelombang keluaran penyearah tidak smooth atau tidak rata. Untuk menghasilkan gelombang DC yang rata digunakan Filter. Ada beberapa macam filter diantaranya adalah filter Kapasitor.

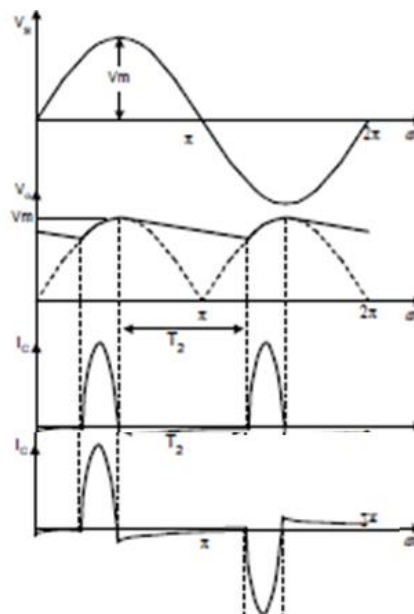
## 2.2 Harmonisa Beban non linier penyearah filter kapasitor

Seperti disampaikan bahwa supply daya listrik untuk beban di area komersil, apartemen dan rumah tinggal, seperti Televisi, Laptop, lampu LED dsb. adalah tegangan Dc yang berasal dari penyearah dengan filter kapasitor, rangkaian penyearah ini ditunjukkan pada gambar 3



Gambar 3. Penyearah dengan filter Kapasitor

Kapasitor akan terisi muatan listrik saat tegangan yang ada pada kapasitor lebih kecil dari tegangan yang bekerja pada kapasitor (tegangan penyearah dioda), yang berarti pada kapasitor terjadi arus pengisian. Kapasitor akan melepaskan muatannya apabila tegangan yang ada pada kapasitor lebih besar dari tegangan yang penyearah diodanya. Bentuk gelombang tegangan arus keluaran serta arus masukan penyearah ini ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Arus input penyearah filter kapasitor.

Nampak bahwa bentuk gelombang arus input penyearah tidak sinusoid. Bentuk gelombang arus yang demikian akan memunculkan harmonisa.

Harmonisa adalah semua bentuk gelombang sinusoid yang frekuensinya merupakan kelipatan frekuensi fundamental, sebagaimana Fourier menyatakan bahwa setiap bentuk gelombang dapat dinyatakan dalam suatu deret sebagai berikut :

$$y(t) = Y_0 + Y_1(t) + Y_2(t) + \dots + Y_n(t)$$

$$= Y_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (A_k \cos k \omega t + B_k \sin k \omega t) \quad (1)$$

Atau dapat dinyatakan sebagai :

$$y(t) = Y_0 + \sum_{k=1}^{\infty} C_k \sin(k\omega t + \theta_k) \quad (2)$$

dimana :

$$C_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2} \text{ dan } \theta_k = \tan^{-1} \left( \frac{A_k}{B_k} \right) \quad (3)$$

Dimana konstanta  $Y_0$  adalah nilai rata-rata dari  $y(t)$  dan dinyatakan dengan :

$$y_0 = \frac{1}{T} \int_0^T y(t) dt \quad (4)$$

$$y_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} y(\omega t) d(\omega t) \quad (5)$$

Sedang konstanta  $A_k$  dan  $B_k$  dinyatakan dengan :

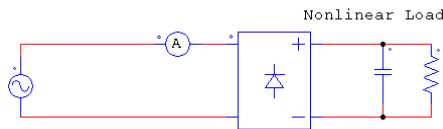
$$A_k = \frac{2}{T} \int_0^T y(t) \cdot \cos kt \, dt \quad k = 1, 2, 3 \dots \infty \quad (6)$$

$$A_k = \frac{1}{\pi} \int_0^T y(\omega t) \cdot \cos k\omega t \, d(\omega t) \quad k = 1, 2, 3 \dots \infty \quad (7)$$

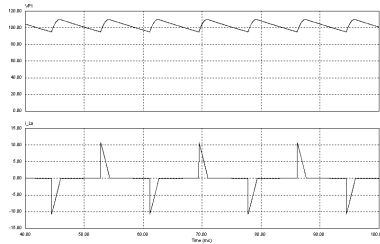
$$B_k = \frac{2}{T} \int_0^T y(t) \cdot \sin kt \, d(t) \quad k = 1, 2, 3 \dots \infty \quad (8)$$

$$B_k = \frac{1}{\pi} \int_0^T y(\omega t) \cdot \sin k\omega t \, d(\omega t) \quad k = 1, 2, 3 \dots \infty \quad (9)$$

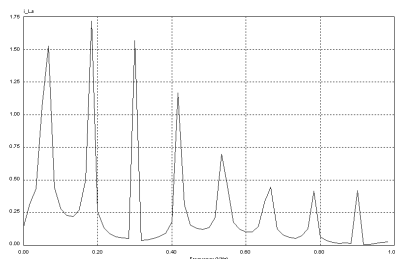
Dimana nilai – nilai konstanta ini menyatakan nilai spektrum harmonisa. Filter aktif ini dirancang untuk untuk beban rumah tinggal sederhana yang umumnya berdaya 900 VA atau sekitar 4 Ampere. Apabila pembebanan dirumah tinggal tersebut diasumsikan sama dengan 80% atau sekita 3,2 amere, maka suply beban non linier yang merupakan rangkaian penyearah satu fasa dengan filter kapasitor yang pembebaanannya ditunjukkan pada gambar 5, serta gelombang arus pada gambar 6, memiliki harmonisa yang spektrumnya ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 5. Beban non linier 1 fasa



Gambar 6. Bentuk gelombang tegangan output dan arus input



Gambar 7. Spektrum harrmonisa beban non linier 1 fasa

Dari spektrum ini terlihat bahwa komponen harmonisa arus seperti pada table 1.

Tabel 1. Spektrum harmonisa beban non linier

Harmonisa	Ampere	Persen
Fundanental	1,5	100
3	1,75	117
5	1,6	107
7	1,2	80
9	0,7	47
11	0,48	32

Dari table di atas, dapat dihitung nilai arus bebn efektif adalah

$$I_{\text{eff}} = [1,5^2 + 1,75^2 + 1,6^2 + 1,2^2 + 0,7^2 + 0,48^2]^{1/2}$$

$$= 3,16 \text{ Amp.}$$

dan

$$\text{THD}_1 = \frac{[1,75^2 + 1,6^2 + 1,2^2 + 0,7^2 + 0,48^2]^{1/2}}{1,5}$$

$$= 183 \%$$

### 3. FILTER AKTIF SATU FASA

Filter aktif stu fasa pada dasarnya terdiri dari inverter satu fasa baik itu Voltage Source Inverter (VSI) maupun Current Source Inverter (CSI) dengan strategi pengendalian yang berbeda [2]. Terdapat banyak strategi pengendalian diantaranya adalah mengkompensasi arus harmonisa tanpa mengkompensasi daya reaktif [3], Single phase aktif filter dengan kompensasi daya reaktif [4], dan yang lainnya. Filter aktif satu fasa dengan sensor arus beban ini dirancang hanya untuk mengkompensasi arus harmonisa dan bekerja dengan cara sebagai berikut :

Arus beban 3,16 ampere dengan  $\text{THD}_1$  183% di sensor menggunakan current adaptor sehingga dihasilkan arus yang persamaannya ekivalen dengan arus beban (9), arus ini terdiri dari arus fundamental dan arus harmonisa yang mewakili arus beban, dinyatakan dengan persamaan deret fourier :

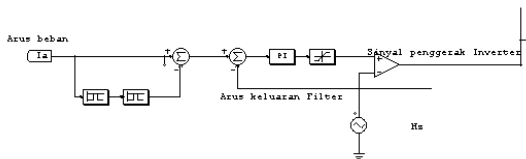
$$i(\omega t) = 1,5 \sin \omega t + 17,5 \sin 3\omega t + 1,6 \sin 5\omega t + 1,2 \sin 7\omega t + 0,7 \sin 9\omega t + 0,48 \sin 11\omega t + \dots \quad (9)$$

Selanjutnya arus beban ini di filter dengan menggunakan Lowpass filter, sehingga hanya arus fundamental  $1,5 \sin \omega t$  saja yang dilewatkan. Kemudian arus fundamental ini dikurangkan terhadap arus beban, sehingga dihasilkan aus

harmonisa saja, yang dapat dinyatakan dalam deret Fourier :

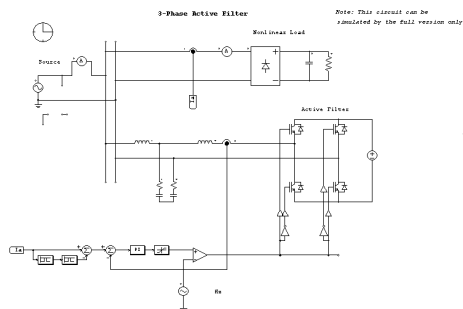
$$i(\omega t) = 17,5\sin 3\omega t + 1,6\sin 5\omega t + 1,2\sin 7\omega t + 0,7\sin 9\omega t + 0,48\sin 11\omega t + \dots \quad (10)$$

Arus harmonisa ini selanjutnya menjadi referensi arus harmonisa yang dibandingkan terhadap keluaran arus filter aktif, dan dengan menggunakan rangkaian kendali PI, arus keluaran inverter akan sama dengan arus harmonisanya dengan polaritas berlawanan. Proses ini digambarkan dalam skematik rangkaian seperti gambar 8.



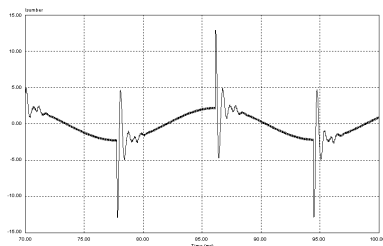
Gambar 8. Rangkaian kendali filter aktif satu fasa sensor arus beban

Selanjutnya arus ini diinjeksikan ke sumber dimana beban non linier dihubungkan. Dengan cara seperti ini, maka arus pada sumber harmonisanya dapat direduksi bahkan dieliminasi. Rangkaian filter ini ditunjukkan pada gambar 9.



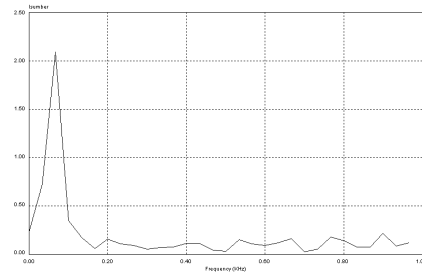
Gambar 9. Rangkaian filter aktif 1 fasa

Dengan demikian gelombang arus harmonisa pada sumber akan berkurang. Hasil simulasi rangkaian ini ditunjukkan pada gambar 10



Gambar 10. Bentuk gelombang arus sumber setelah di filter

Spektrum harmonis gelombang arus ini ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Spektrum harmonisa arus sumber

Dari gambar di atas nampak bahwa komponen arus sumber yang dominan adalah komponen fundamental, sedangkan komponen harmonisa direduksi sangat signifikan. Komponen arus sumber ini dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Komponen arus sumber

Harmonisa	Ampere	Persen
Fundamental	2.1	100
3	0,1	5
5	0,1	5
7	0,1	5
9	0,1	5
11	0,1	5

Dari komponen arus sumber tersebut, berdasarkan deret Fourier, nilai arus sumber efektif adalah

$$I_{eff} = [2,1^2 + 0,1^2 + 0,1^2 + 0,1^2 + 0,1^2 + 0,1^2]^{1/2} = 2,11 \text{ Amp.}$$

Dan  $THD_1 = 9,5 \%$

#### 4. KESIMPULAN

Dari data yang diperoleh, beban listrik rumah tinggal yang umumnya merupakan beban non linier yang dikonstruksi dari penyearah sistem jembatan dengan filter kapasitor memiliki komponen harmonisa sangat tinggi, dengan nilai  $THD_1$  dapat mencapai 183%. Setelah dipasang filter aktif yang diparalelkan dengan beban komponen arus harmonisa dapat direduksi dengan signifikan, sehingga nilai  $THD_1$  bisa direduksi menjadi 9,5% dan nilai arus efektif pada sumber juga bisa direduksi dari 3,16 Ampere menjadi 2,11 Ampere.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] S. A. Purwanto<sup>1</sup>, Renny Rakhmawati<sup>2</sup> and Hendik Eko H. S.<sup>2</sup>, "Penggunaan Inverter sebagai Filter Daya Aktif Paralel," pens.ac.id.
- [2] F. P. d. Souza and Ivo Barbi, "Single-phase Active Power Filters for Distributed Power Factor Correction," 2000.
- [3] J. R. Mattar, J. C. Strutz, S. V. G. Oliveira, R. Hausmann and A. Péres, "Harmonic compensation using a single phase active filter," Cordoba (Spain), 2014.
- [4] B. Dobrusky and H. Kim, "Single Phase Poer Active Filter and Compensator using Instantaneuos Reactive Power," Osaka, 2002.
- [5] M. V. Ataide and J. A. P Q , . "Single-phase Shunt Active Filter: a Design Procedure Considering Harmonics and EMI Standard"Campinas - Brazil, 1997
- [6] J. Bangaraju and V. Rajagopal, A. Jayalaxmi, "Shunt Active Power Filter for Power Quality Enhancement Using Reduced Sensor Switching Control Strategy", Kathmandu, Nepal, 2013
- [7] Engin Ozdemir Mehmet Ucar Metin Kesler Murat Kale, "The Design and Implementation of a Shunt Active Power Filter based on Source Current Measurement, 2007