

## Analisa Pemasangan Filter Pasif Sebagai Peredam Harmonisa Akibat Beban Non Linier

### *Analysis of Passive Filter Installation as a Harmonic Damper Due to Non-Linear Loads*

**Hari Prasetijo<sup>1\*</sup>, Priswanto<sup>2</sup>, Widhiatmoko H.P.<sup>3</sup>, Irunowo<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,  
Universitas Jenderal Soedirman, Banyumas, Indonesia  
Jl. Mayjen Sungkono Km 5, Purbalingga, 53371, Indonesia

\*Corresponding author: [hari.prasetijo@unsoed.ac.id](mailto:hari.prasetijo@unsoed.ac.id)

#### ABSTRAK

DOI;  
10.30595/jrst.v7i1.16677

#### Histori Artikel:

Diajukan:  
20/01/2023

Diterima:  
13/02/2023

Diterbitkan:  
01/03/2023

Studi ini bertujuan menganalisa dampak pemasangan filter pasif pada beban listrik yaitu salah satu konsumen 3 phase PT. PLN. Variabel yang diamati adalah total harmonic distortion (THD) arus, THD tegangan, faktor daya dan putaran kwh meter elektromekanik. Metode yang digunakan adalah pengukuran total harmonic distortion (THD) pada beban listrik 3 phase dilakukan menggunakan spectrum analyzer, perancangan filter pasif *single tuned* untuk THD arus tertinggi, simulasi menggunakan aplikasi Mathlab dan Analisa. Data yang diperoleh arus orde 3 memiliki distorsi paling tinggi, yaitu THD arus total sebesar 15,05% dan THD tegangan total sebesar 9,39%. Hasil pemasangan filter pasif orde 3 yang dilakukan secara simulasi menurunkan THD arus total menjadi 10,40%, THD tegangan total menjadi 6,61%, peningkatan faktor daya dari 0,971 menjadi 0,985 serta penurunan putaran kwh meter elektromekanik sebesar 36 putaran per jam.

**Kata Kunci:** Filter, THD, Faktor Daya, kwh Meter

#### ABSTRACT

*This study aims to analyze the impact of installing a passive filter on the electrical load, namely one of the 3 phase consumers of PT. PLN. The variables observed were current total harmonic distortion (THDi), voltage total harmonic distortion THDv, power factor and electromechanical kwh meter rotation. The method used is the measurement of total harmonic distortion (THD) on a 3-phase electrical load using a spectrum analyzer, designing a single tuned passive filter for the highest current THD, simulating using the Mathlab and Analysis. The data obtained is a 3rd order current has the highest distortion, with the total current THD of 15.05% and the total voltage THD of 9.41%. The installation result of a passive filter of order 3 which was carried out by simulation reduced the total current THD to 10.40%, total voltage THD to 6.61%, increased power factor from 0.971 to 0.992 and decreased electromechanical kWh meter rotation by 36 revolutions per hour.*

**Keywords:** Filter, THD, Power Factor, kwh Meter

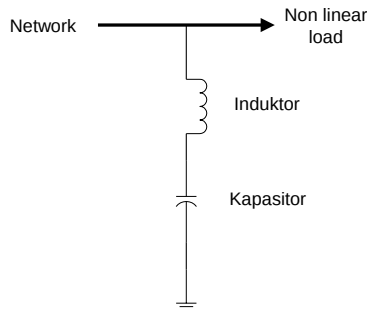
#### 1. PENDAHULUAN

Beban non-linear prinsipnya dirancang untuk penghematan penggunaan energi listrik (Yuri, 2016) dan lebih efisien karena menggunakan komponen semi konduktor sehingga dapat diatur waktu kerjanya (Fekete, 2012). Contoh beban-beban non linier adalah variable speed drive, komputer, peralatan yang

menggunakan SCR seperti *furnace*, konverter-konverter statis kendali motor listrik, komputer, lampu fluorescent dengan balast elektronik, dan peralatan-peralatan otomatis lainnya. Di sisi lain, penggunaan dari komponen semi konduktor ini juga menyebabkan distorsi sinyal arus dan tegangan yang menuju ke sistem tenaga listrik.

Distorsi ini dikenal dengan sebutan harmonik (Thomas, 2021).

Harmonik dalam sistem tenaga listrik menimbulkan efek negatif antara lain peningkatan rugi daya, peningkatan pemanasan pada peralatan, penurunan faktor daya, masalah resonansi dan lain-lain (M. Jawad, 2015). Penurunan distorsi harmonik dapat meningkatkan kualitas tenaga listrik. Salah satu cara untuk menekan harmonik adalah dengan menggunakan filter harmonik (Byungju Park, 2021).

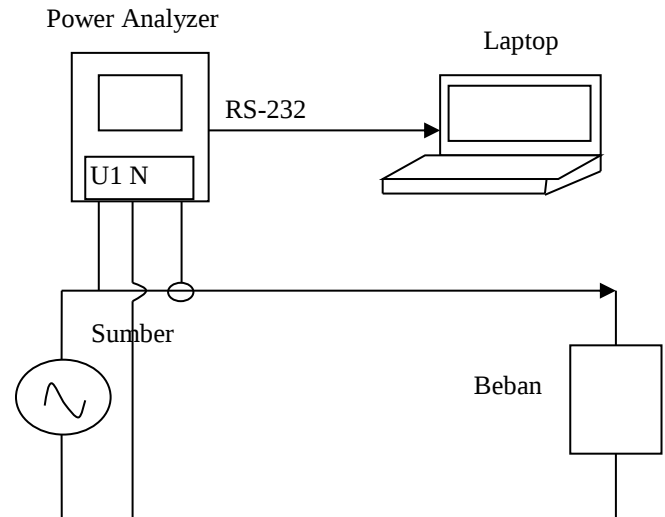


**Gambar 1.** Prinsip filter pasif

Filter harmonik selain dapat meredam harmonik juga dapat berfungsi sebagai kompensator reaktif pada frekuensi fundamental (L.R. Limongi, 2018). Salah satu jenis filter yang cukup sederhana dan dapat digunakan untuk meredam harmonik adalah filter pasif. Penerapan filter pasif adalah salah satu cara efektif dan ekonomis (Ye Yuan, 2022) menangani harmonisa karena selain untuk menurunkan tingkat harmonisa, filter pasif juga digunakan untuk mengkompensasi kerugian daya reaktif akibat adanya harmonik pada sistem instalasi. Filter pasif didesain untuk mengalihkan arus harmonisa yang dominan dalam sistem tenaga. Pada prinsipnya filter pasif terdiri dari induktor dan kapasitor yang dirangkai secara seri agar beresonansi pada frekuensi tertentu, seperti dalam gambar 1.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah: 1. pengukuran beban listrik meliputi daya semu (S), daya aktif (P), faktor daya serta spektrum harmonik arus dan tegangan, 2. Perancangan filter orde harmonisa arus paling dominan untuk mendapatkan spesifikasi filter pasif, 3. Analisa perhitungan dan 4. analisa simulasi pengaruh penambahan filter pasif terhadap THDi, THDv, faktor daya dan perubahan kecepatan putar kwh meter. Gambar 2 menunjukkan rancangan pengukuran.



**Gambar 2.** Rancangan pengukuran

Putaran kWh-meter diketahui melalui perhitungan menggunakan persamaan 1 s.d. 3. Persamaan (1) menunjukkan relasi antara daya listrik, waktu, dan putaran piringan.

$$P.t = N/C \quad (1)$$

dengan :

N = Jumlah putaran piringan

C = Konstanta KWH-meter (put/KWH)

P = Daya (KW)

t = Waktu (det)

Kecepatan piringan watt-hourmeter  $\omega$  dapat dihitung dengan persamaan (2) :

$$\omega = N/t = CP \quad (2)$$

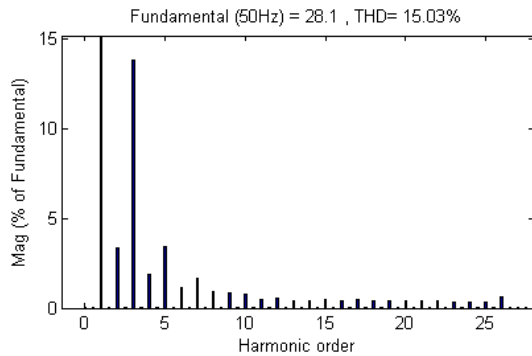
dengan  $P = V.I.\cos \phi$  maka

$$\omega = N/t = C.V.I.\cos \phi \quad (3)$$

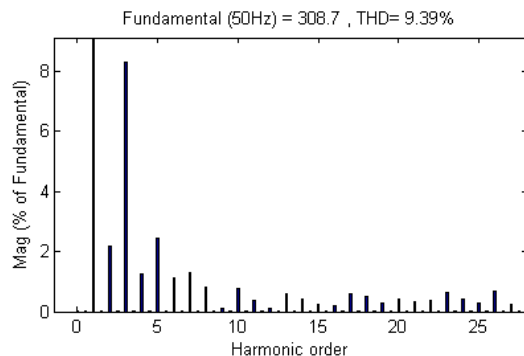
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Pengukuran beban listrik

Pengukuran dilakukan pada beban listrik 3 phase konsumen PT PLN menggunakan alat power analyzer. Data yang diambil meliputi daya semu (S) 4400 VA, daya aktif (P) 4200 watt, faktor daya 0,971. Selain itu juga diukur spektrum arus input dan tegangan seperti pada gambar 3 dan 4. Gambar 3 menunjukkan THD arus orde 3 sebesar 13,8% dengan THD arus total 15,03%. Gambar 4 menunjukkan THD tegangan orde 3 sebesar 8,31% dengan THD tegangan total 9,39%.



**Gambar 3.** Spektrum THD arus sebelum pemasangan filter



**Gambar 4.** Spektrum THD tegangan sebelum pemasangan filter

### 3.2. Perancangan filter pasif

Perancangan dilakukan dengan target faktor daya 0,985, dengan tahapan sbb :

- Menentukan sudut dari faktor daya  
PF awal : 0,971, sudut  $\phi_1 = 13,83^\circ$   
PF akhir : 0,985, sudut  $\phi_2 = 9,94^\circ$
- Menentukan daya reaktif Qc  
 $Q_c = P \times (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$   
 $= 4200 \times (\tan 13,83^\circ - \tan 9,94^\circ)$   
 $= 336 \text{ Var}$
- Menentukan frekwensi tuning dengan *safety factor* 5%. Dari pengukuran spektrum arus (gambar 1), arus orde 3 memiliki distorsi yang paling tinggi yaitu 13,8%.

$$3 - (5\% \times 3) = 2,85$$

- Menentukan kapasitansi kapasitor

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c} = \frac{218,4^2}{336} = 141,96 \Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_c} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 141,96} = 2,24 \times 10^{-5} F$$

- Menentukan induktansi induktor

$$X_L = \frac{X_c}{n^2} = \frac{141,96}{2,85^2} = 17,48 \Omega$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{17,48}{2\pi \cdot 50} = 55,67 \times 10^{-3} H$$

### 3.3. Perhitungan penerapan filter pasif

Pengaruh pemasangan filter pasif yang telah dirancang dialisa dengan perhitungan berikut :

- Arus fundamental yang melalui filter

$$I_{f(1)} = \frac{V_s}{|X_{C(1)} - X_{L(1)}|}$$

$$= \frac{218,4}{|141,96 - 17,48|} = 1,75 A$$

- Arus fundamental melalui beban

$$I_L = \frac{S}{V}$$

$$= \frac{4400}{218,4} = 20,146$$

$$I_1 = 20,146 - 1,75 = 18,396 A$$

- Arus orde 3 melalui filter

$$X_{L(3)} = 3X_{L(1)}$$

$$= 3 \times 17,48$$

$$= 52,44 \Omega$$

$$X_{C(3)} = \frac{1}{3\omega C_{(1)}}$$

$$= \frac{X_{C(1)}}{3}$$

$$= \frac{141,96}{3}$$

$$= 47,32 \Omega$$

$$X_{hs(3)} = 3X_{hs(1)}$$

$$= 1,22 \times 3$$

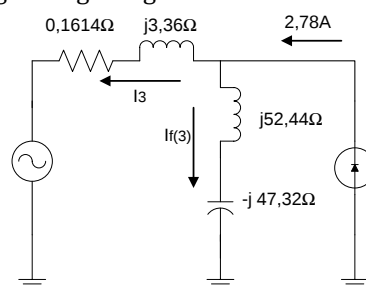
$$= 3,36 \Omega$$

$$R_{hs(3)} = R_{hs(1)} = 0,1614 \Omega$$

- Arus harmonik orde 3 dari beban

$$I_3 = 13,8\% \times 20,146 = 2,78 A$$

Rangkaian ganti pemasangan filter dengan arus harmonik orde 3 seperti dalam gambar 5. Gambar 5 menunjukkan pengaruh pemasangan filter orde 3 arus harmonik eksisting dari beban sebesar 2,27 A tidak masuk ke sistem distribusi listrik seluruhnya karena sebagian arus akan melalui filter menuju ground, sehingga mengurangi THD arus sistem.



**Gambar 5.** Rangkaian ganti dengan filter orde 3

- e. Arus harmonik orde 3 melalui filter

$$Z_{hs} = \sqrt{0,1614^2 + 3,36^2} = 3,364 \, \Omega$$

$$I_{f(3)} = \frac{3,364}{3,364 + |52,44 - 47,32|} \times 2,78 = 1,10277 \, A$$

- f. Arus harmonik orde 3 ke sistem

$$I_3 = 2,78 - 1,10277 = 1,6773 \, A$$

Perbandingan arus harmonik orde 3 dengan arus fundamental :

$$I_3/I_1 = \frac{1,6773}{20,146} \times 100\% = 8,33 \, \%$$

Maka dengan pemasangan filter pasif orde 3 harmonik mengalami penurunan dari 13,8% menjadi 8,33%.

### 3.4. Simulasi penerapan filter pasif

Simulasi dilakukan untuk menganalisis pengaruh penerapan filter pasif orde 3 pada sistem. Simulasi dilakukan dengan aplikasi Matlab Simulink dengan rangkaian seperti dalam gambar 6. Gambar 6 menunjukkan representasi single line diagram dari sistem ke beban dengan pemasangan filter pasif orde 3 sebagai model untuk dapat mengamati dampak pemasangan filter. Parameter hasil perhitungan digunakan sebagai input simulasi.

Dari simulasi didapatkan:

- a. Faktor daya

Dengan pemasangan filter pasif orde 3 faktor daya naik menjadi 0,985.

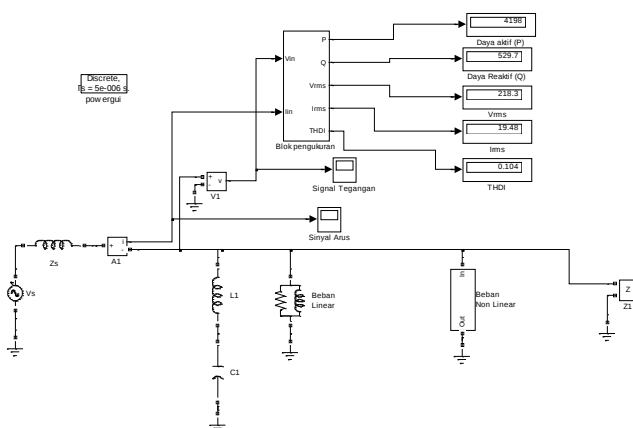
$$P = 4198 \, \text{watt}$$

$$Q = 529,7 \, \text{VAR}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{4198^2 + 529,7^2}$$

$$= 4231 \, \text{VA}$$

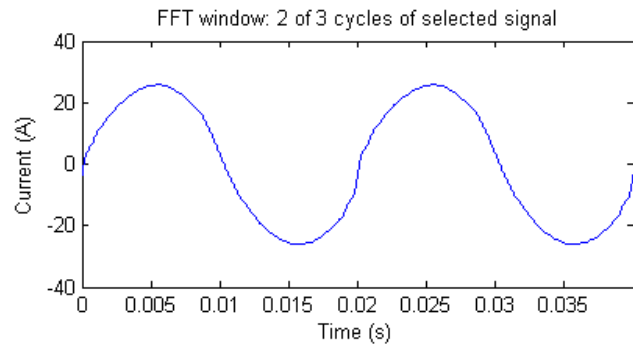
$$\text{PF} = P/S = 4198/4231 = 0,985$$



**Gambar 6.** Rangkaian simulasi Matlab simulink

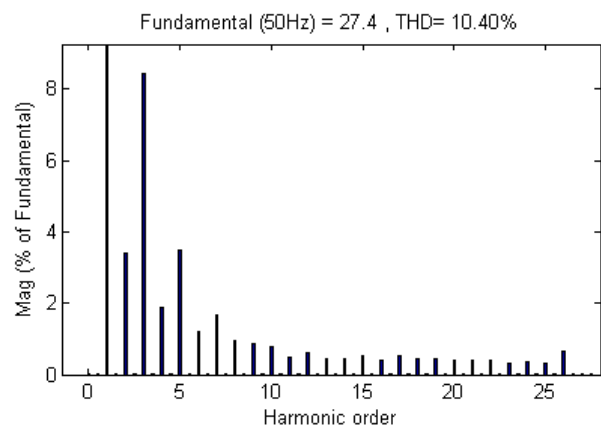
- b. THD arus

Bentuk signal arusnya setelah pemasangan filter pasif orde 3 seperti terlihat pada gambar 7. Gambar 7 menunjukkan 2 siklus sinyal arus pada sisi sistem distribusi dalam fungsi waktu. Secara umum bentuk gelombang adalah sinusoida namun terdapat sedikit noise.



**Gambar 7.** Sinyal THD arus setelah pemasangan filter

Dengan menggunakan FFT Analysis pada simulink dapat diketahui pengaruh pemasangan filter pada harmonik orde 3 dari spektrum arusnya dalam fungsi frekwensi seperti dalam gambar 8. Gambar 8 menunjukkan persentase magnitud arus semua orde arus harmonik terhadap magnitud arus orde 1 (fundamental) yang cenderung menurun dibanding sebelum pemasangan filter.



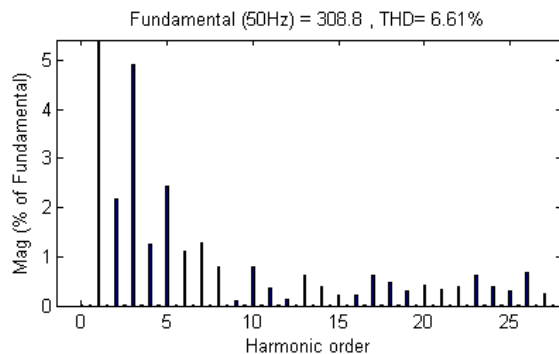
**Gambar 8.** Spektrum THD arus setelah pemasangan filter

Pemasangan filter pasif orde 3 menurunkan THDi total dari 15,03% menjadi 10,40%. Karena filter di tune pada orde 3 maka harmonik orde 3 yang paling banyak mengalami penurunan yaitu dari 13,8% menjadi 8,41%.

- c. THD tegangan

Spektrum tegangan setelah pemasangan filter pasif orde 3 dapat dilihat pada gambar 9. Gambar 9 menunjukkan persentase magnitud

tegangan semua orde tegangan harmonik terhadap magnitud tegangan orde 1 (fundamental) yang cenderung menurun dibanding sebelum pemasangan filter.



**Gambar 9.** Spektrum THD arus setelah pemasangan filter

Pemasangan filter pasif dapat menurunkan THD tegangan total dari 9,39% menjadi 6,61%.

### 3.5. Pengaruh Pemasangan Filter Terhadap terhadap KWH meter elektromekanik

Kenaikan faktor daya akibat pemasangan filter pasif dari 0,971 menjadi 0,985 arus dari 20,09 A menjadi 19,48 A (0,61 A). Akibat penurunan arus maka torsi dan putaran piringan kwh meter juga akan menurun

Perhitungan putaran piringan kwh meter sebelum pemasangan filter pasif sebagai berikut:

$$C = 900 \text{ put/KWH}$$

$$V = 218,4 \text{ V}$$

$$I = 20,09 \text{ A}$$

$$\cos \phi = 0,971$$

maka

$$\omega = 900 \times (218,4 \times 20,09 \times 0,971) / 1000 \\ = 3834,37 \text{ putaran/jam}$$

Setelah pemasangan filter pasif arus berkurang menjadi 19,48 dan faktor daya naik menjadi 0,985 sehingga:

$$\omega = 900 \times (218,4 \times 19,48 \times 0,985) / 1000 \\ = 3798,36 \text{ putaran/jam}$$

Pemasangan filter pasif menurunkan putaran piringan kwh meter sebesar 3834,37 - 3798,36 putaran/jam ~ 36 putaran/jam.

Tabel 1 menunjukkan rangkuman hasil analisis sebelum dan sesudah pemasangan filter pasif orde 3 terhadap variabel total harmonik arus (THDi), total harmonik tegangan (THDv) dan putaran kWh-meter.

**Tabel 1.** Pengaruh pemasangan filter orde 3

| No | Parameter         | Sebelum Pemasangan Filter | Setelah Pemasangan Filter |
|----|-------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1  | THDi              | 15,05%                    | 10,40%                    |
| 2  | THDv              | 9,40%                     | 6,61%                     |
| 3  | Putaran kWh_meter | 3834,37 putaran/jam       | 3798,36 putaran/jam       |

### 4. KESIMPULAN

Dari bagian hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa pemasangan filter pasif menurunkan THD arus, THD tegangan dan putaran piringan kwh meter. Penurunan putaran piringan kwh meter karena adanya kenaikan faktor daya sehingga arus dan torsi pada kwh meter menurun. Dari hasil pembahasan contoh kasus di atas, pemasangan filter pasif orde 3 yang dilakukan secara simulasi menurunkan THD arus dari 15,05% dari menjadi 10,40%, THD tegangan dari 9,40% menjadi 6,61%, peningkatan faktor daya dari 0,971 menjadi 0,985 serta penurunan putaran kwh meter elektromekanik sebesar 36 putaran per jam.

### DAFTAR PUSTAKA

- Yuri R. Rodrigues, et al. (2016). Impact of Non-Linear Loads and Renewable Generation on a University Research Building. 17th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP). October 2016.
- K. Fekete, Z. Klaic and L. Majdandzic (2012). Expansion of the residential photovoltaic systems and its harmonic impact on the distribution grid. Renewable Energy, vol. 43, pp.140-148, July 2012.
- Thomas Lledo-Ponsati, et al. (2021). Effect of Current Distortion and Unbalanced Loads on Semiconductors Reliability. *IEEE access*. November 15, 2021.
- M. Jawad Ghorbani, H. Mokhtari (2015). Impact of Harmonics on Power Quality and Losses in Power Distribution Systems. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. Vol. 5, No. 1, February 2015, pp. 166~174.
- Byungju Park, et al. (2021). Harmonic Mitigation Using Passive Harmonic Filters: Case Study in a Steel Mill Power System. *Energies*. April 18, 2021.
- L.R. Limongi, et al. (2018). Reactive Power and Current Harmonic Control Using a Dual Hybrid Power Filter for Unbalanced Non-Linear Loads. *Energies*. May 30, 2018.

Ye Yuan and Cheng Liu (2022). Passive Power Filter Optimization Problem Based on Adaptive Multipopulation NSGA-II and CRITIC-TOPSIS. Hindawi Mathematical Problems in Engineering Volume 2022. October 25, 2022.