

DESAIN FILTER UNTUK MENGURANGI DISTORSI HARMONIK DAN MEMPERBAIKI FAKTOR DAYA SISTEM KELISTRIKAN DI GEDUNG ADMINISTASI PUSAT POLINES

Adi Wasono¹⁾, Daeng Supriyadi Pasisarha²⁾,
Yusnan Badruzzaman³⁾, Aggie Brenda Vernandez⁴⁾

¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang,
Jl. Prof. H. Soedarto, SH Tembalang, Semarang, 50275
*E-mail: adi.wasono@polines.ac.id

Abstract

Office electrical equipment in the Polines central administration building is dominated by computers, air conditioners, printers, TVs, and projectors where the loads are non-linear loads. This type of load can cause total losses called total harmonic distortion (THD). THD values below the standard can cause damage to electrical equipment in long-term use. This study aims to design a harmonic filter to suppress high THD numbers. The filter used in this research is a second order low pass filter which is an active filter type. The measured electric currents to supply the central administration building for each phase R, S, T are 29.37 A, 30.06 A, and 28.95 A, respectively, with THD values of 13.73%, 22.75% , and 9.48%. The current values after passing through the filter process are 29.96 A, 30.16 A, 29.61 A with THD values of 1.55%, 3.95%, and 3.36 % , respectively. The average current THD (THDi) without a filter is 15.32 % , while the current THD (THDi) using a filter is 2.95%. The current THD for each phase after passing through the filtering process has met the allowable harmonic standard, which is already below 8%.

Keywords: *Current, Filter, Harmonic, THD*

Abstrak

Peralatan listrik perkantoran pada gedung administrasi pusat Polines didominasi oleh komputer, AC, printer, TV, dan proyektor dimana beban tersebut adalah beban non linear. Tipe beban seperti ini dapat menimbulkan total rugi-rugi yang disebut *total harmonic distortion* (THD). Nilai THD dibawah standar dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik pada pemakaian jangka panjang. Penelitian ini bertujuan merancang filter harmonik untuk menekan angka THD yang tinggi. Filter yang digunakan adalah filter low pass ordo dua yang merupakan jenis filter aktif. Arus listrik terukur untuk mensuplai gedung administrasi pusat untuk tiap fasa R, S, T masing-masing adalah 29,37 A, 30,06 A, dan 28,95 A dengan nilai THD masing-masing 13,73 %, 22,75 %, dan 9,48 %.. Nilai arus setelah melewati proses filter adalah 29,96 A, 30,16 A, 29,61 A dengan nilai THD masing-masing 1,55 % 3,95 %, dan 3,36 %. Rata-rata THD arus (THDi) tanpa filter adalah 15,32 %, sedangkan THD arus (THDi) menggunakan filter adalah 2,95 %. THD arus untuk tiap fasa setelah melewati proses filterisasi sudah memenuhi standar harmonik yang diijinkan, yaitu sudah dibawah 8%.

Kata Kunci: *Arus, Filter, Harmonik, THD*

PENDAHULUAN

Beban tenaga listrik pada sisi konsumen sangat beraneka ragam. Dari peralatan elektronik, motor listrik, dan yang lainnya. Secara umum kriteria beban listrik dapat

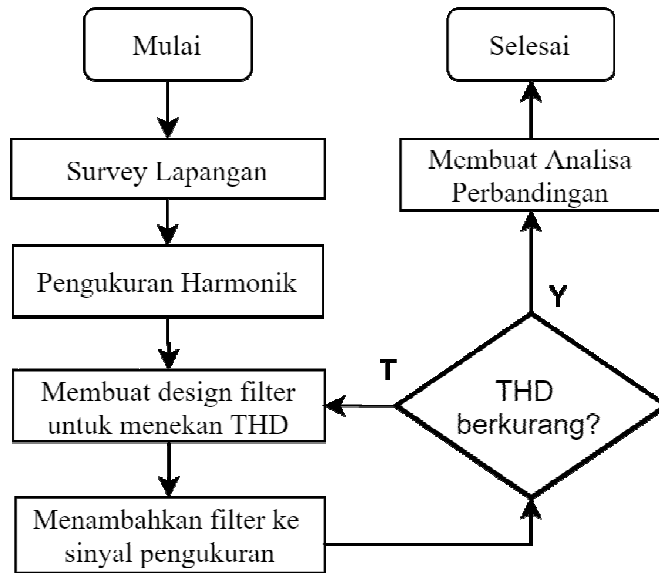
dibedakan menjadi beban linier dan beban non linier (Haroon et al. 2013). Beban linier merupakan beban seperti rangkaian RLC, transformator, dan motor listrik tanpa menggunakan rangkaian pensaklaran apapun. Beban nonlinier merupakan peralatan elektronik yang menggunakan peralatan semikonduktor sebagai komponen *switching*/pensaklaran seperti power supply, VSD (*variable speed drive*), komputer, printer, TV, dan semua perangkat elektronik yang menggunakan power supply SMPS (*switch mode power supply*) (Altintasi et al. 2020). Beban non linier yang banyak terhubung pada sistem distribusi tenaga listrik tegangan rendah dapat menyebabkan arus jala-jala sistem jaringan listrik menjadi kotor dan terdistorsi oleh efek gelombang baru yang ditimbulkan oleh peralatan yang berbasis elektronik tersebut. Hal ini menyebabkan muncul efek harmonisa pada arus jala-jala sistem tenaga (Altintasi et al. 2020). Tingginya tingkat kandungan arus harmonik yang terdapat pada sistem distribusi tenaga listrik dapat menimbulkan berbagai macam persoalan pada sistem tersebut, antara lain faktor daya sistem menjadi rendah, munculnya arus pada penghantar netral, hal ini dapat menimbulkan kegagalan instalasi meskipun dalam kondisi beban setimbang, menambah rugi-rugi daya sistem, pemanasan lebih pada trafo. kesalahan operasi pada sistem proteksi, penyimpangan atau kerusakan penunjukan pada alat ukur akibat komponen elektronik yang sensitif interferensi kepada sistem telekomunikasi dan lain sebagainya (Zhou et al. 2022).

Penelitian ini diangkat dari permasalahan utama yang dihadapi di dalam lingkungan kampus Polines, dimana hampir setiap gedung di Polines terdapat komputer, AC inverter, monitor LCD/LED, dimana tipe beban seperti ini adalah tipe beban non linier sehingga memunculkan rugi harmonik yang tinggi. Untuk mengatasi berbagai persoalan yang ditimbulkan oleh arus harmonik pada sistem distribusi tenaga listrik pada jaringan listrik, dapat dilakukan dengan cara mengurangi kandungan arus harmonik pada sistem tersebut sampai memenuhi suatu standard batasan harmonik yang diijinkan. Dua standard batasan harmonik yang populer yaitu standard IEC 555-2-991 dan rekomendasi praktis IEEE-159-1994 (Altintasi et al. 2020).

Penelitian ini bertujuan menganalisa karakteristik distorsi hamonik pada sistem kelistrikan gedung administrasi pusat Polines. Berdasarkan data data hasil analisa untuk merancang filter yang optimum untuk mereduksi distorsi harmonic dan untuk memperbaiki faktor daya pada sistem kelistrikan di gedung administrasi pusat

METODE PENELITIAN

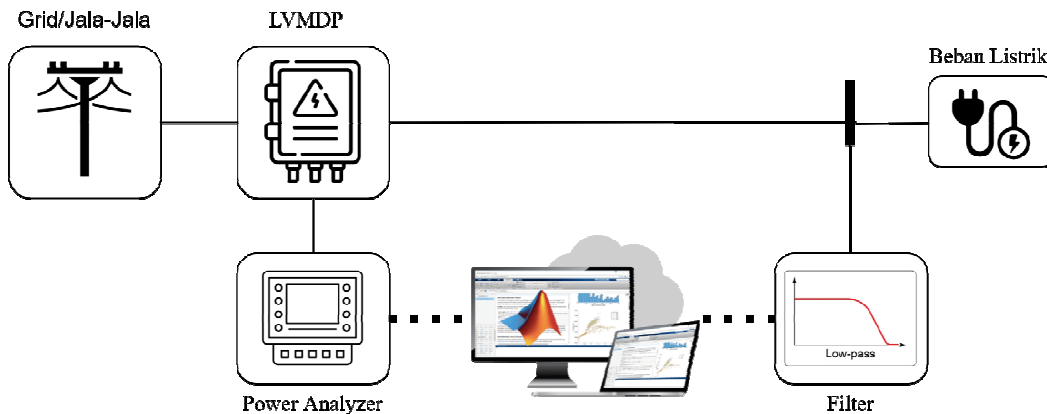
Metode yang digunakan di dalam penelitian ini mengikuti diagram alir seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Komponen utama yang digunakan di dalam penelitian ini adalah Alat ukur arus *clamp meter*, *Power Analyzer*, dan software MATLAB.

Skema rangkaian uji yang dibuat adalah dengan melakukan pengukuran arus pada panel utama distribusi tegangan rendah / *low voltage main distribution panel* (LVMDP) gedung administrasi pusat menggunakan *clamp meter*, lalu hasilnya direkam dalam bentuk data log dengan *power analyzer* di dalam osiloskop seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

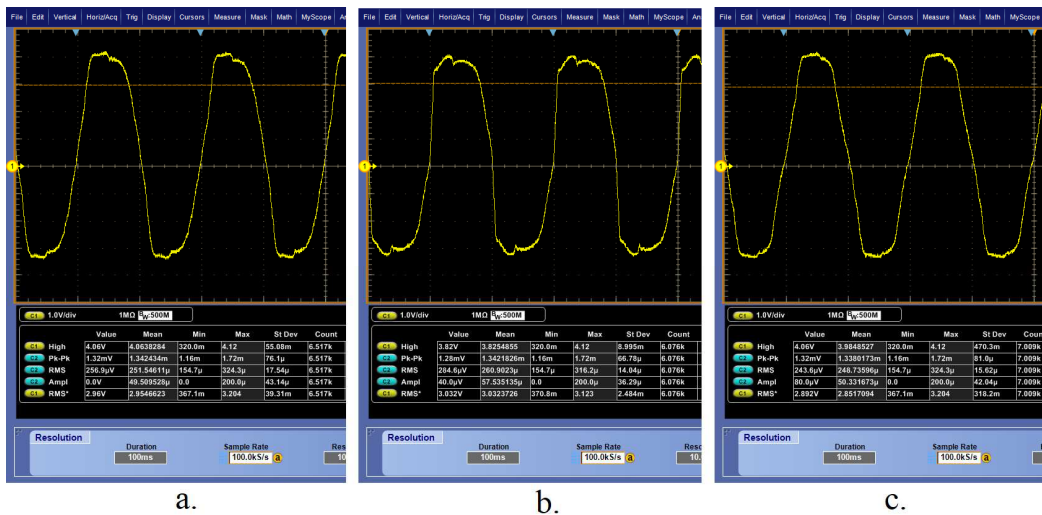


Gambar 2. Skema rangkaian pengujian

Data Log hasil pengukuran arus di gedung administrasi pusat selanjutnya di rekonstruksi ulang menggunakan software MATLAB. Proses pengolahan data ini bertujuan untuk mencari besaran filter yang akan digunakan. Perhitungan filter yang sudah tepat selanjutnya digunakan untuk memperbaiki gelombang arus dan menekan rugi harmonik yang ditimbulkan oleh peralatan beban listrik.

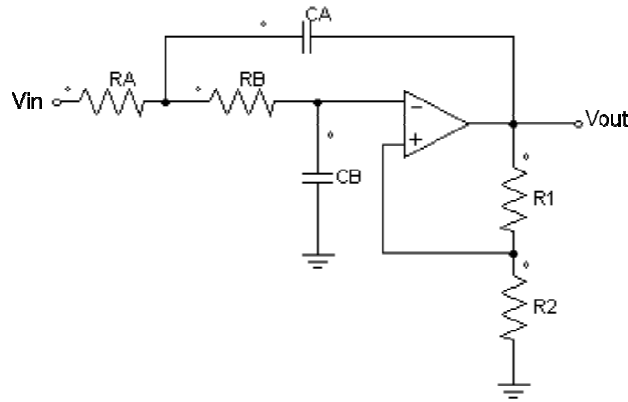
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran dan pengujian arus pada panel kendali selama beroperasi disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Arus tiap fasa pada objek yang diteliti. (a) Fasa R, (b) Fasa S, (c) Fasa T

Selanjutnya hasil pengukuran arus listrik akan diumpankan pada filter *low pass*. Penelitian ini menggunakan filter *low pass* tipe aktif yang menggunakan op-amp sebagai elemen aktif. Keuntungan filter aktif dibanding filter pasif (R, L, and C) adalah penguatan yang ditimbulkan pada perangkat op-amp sehingga sinyal tidak melemah dan dapat melewati filter dengan baik.



Gambar 3. Filter Aktif *low pass* ordo dua

Fungsi alih rangkaian filter aktif frekuensi rendah (*Low Pass Active Filter*) ordo 2 dapat dituliskan menggunakan (Nguyen et al. 2018).

$$\frac{V_{o(s)}}{V_{in(s)}} = \frac{A}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana

A= penguatan

ξ = faktor redaman

ω_n = frekuensi natural

The Sallen-Key Low-Pass Filter adalah salah satu filter aktif kutub dua (ordo 2) yang digunakan pada konfigurasi rangkaian yang paling umum dan digunakan untuk tipe filter pada penelitian ini. Filter ini menggunakan penguatan/gain = 1, sehingga Persamaan (1) dapat ditulis menjadi Persamaan (2) (Peretti, Romero, and Marqués 2008)

$$\frac{V_{o(s)}}{V_{in(s)}} = \frac{1}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \dots\dots\dots(2)$$

Nilai frekuensi natural dapat ditentukan dari kombinasi nilai resistansi dan kapasitansi rangkaian seperti ditunjukkan pada Persamaan (3).

$$\omega_n^2 = \frac{1}{R_A R_B C_A C_B} \dots\dots\dots(3)$$

Bahwa $\omega_n = 2\pi f_c$, maka

$$(2\pi f_c)^2 = \frac{1}{R_A R_B C_A C_B}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_A R_B C_A C_B}} \dots\dots\dots(4)$$

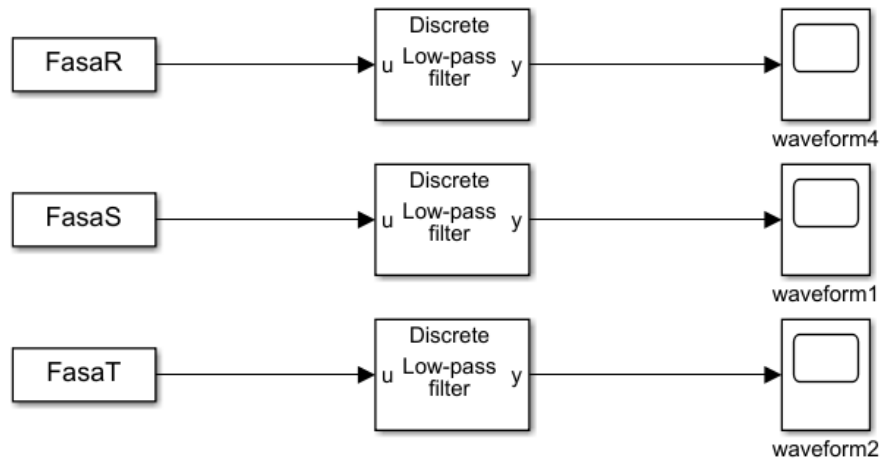
Dimana

f_c = frekuensi *cut off*

R_A dan R_B = resistansi rangkaian topologi filter

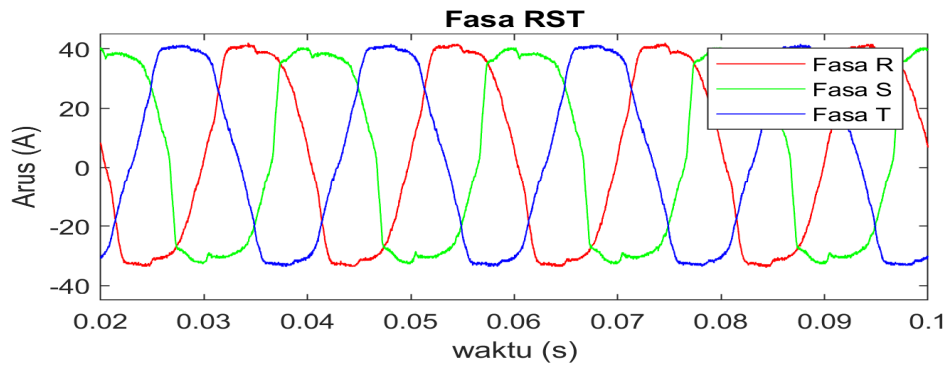
C_A dan C_B = kapasitansi rangkaian topologi filter

Desain filter diterapkan pada simulasi MATLAB seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

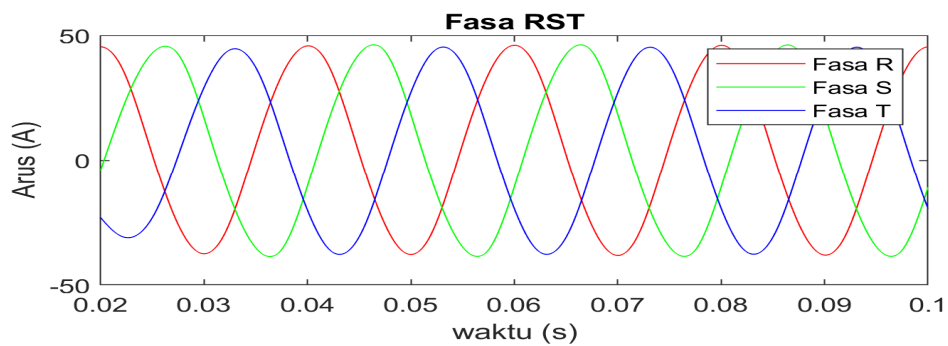


Gambar 4. Desain Filter

Perubahan bentuk gelombang arus sebelum dan sesudah filterisasi dapat dilihat pada Gambar 5. Gambar 5(a) memperlihatkan bentuk gelombang arus sebelum difilter dengan bentuk yang tidak simetris dan terdistorsi, sedangkan Gambar 5(b) memperlihatkan bentuk gelombang arus sesudah difilter dengan bentuk yang lebih simetris.



a.



b.

Gambar 5. Arus pembebanan. (a) Sebelum difilter, (b) Sesudah difilter

Hasil pengujian *Total Harmonic Distortion* (THD) pada keadaan sebelum dan sesudah difilter dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1

THD arus fasa keadaan tanpa filter dan dengan filter

Arus Fasa (A)	Total Harmonic Distortion (%)		Standar IEEE
	Tanpa Filter	Dengan Filter	
R	13,73	1,55	8
S	22,75	3,95	8
T	9,48	3,36	8
Rata-Rata	15,32	2,95	8

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa arus pembebanan tiap fasa R, S, dan T saat tidak menggunakan filter mempunyai nilai bervariasi yaitu 13,73%, 22,75%, dan 9,48%. Nilai THD ini melebihi standar IEEE yang mengatur mengenai standar harmonik pada tegangan rendah. Hal ini tidak baik sehingga implementasi filter ke dalam rangkaian sangat diperlukan untuk menekan THD. Nilai arus pembebanan tiap fasa R, S, dan T

setelah menggunakan filter mempunyai masing-masing yaitu 1,55%, 3,95%, dan 3,36%. Nilai THD ini tidak melebihi standar IEEE yang mengatur mengenai standar harmonik pada tegangan rendah, sehingga implementasi filter sudah cukup baik untuk menekan angka harmonik.

Tabel 2
Arus RMS keadaan tanpa filter dan dengan filter

Arus Fasa (A)	Arus RMS		Selisih	
	Tanpa Filter	Dengan Filter	(A)	(%)
R	29,37	29,96	0,59	2,00885
S	30,06	30,16	0,1	0,33267
T	28,95	29,61	0,66	2,27979
Rata-Rata	29,46	29,91	0,45	1,54044

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa pembebanan tiap fasa R, S, dan T baik sebelum dan sesudah difilter merupakan pembebanan yang tidak seimbang. Hal ini wajar karena di sektor beban sangat mustahil untuk mendapatkan keadaan seimbang. Nilai arus pembebanan rata-rata saat tidak menggunakan filter adalah 29,46A, sedangkan arus pembebanan rata-rata saat menggunakan filter adalah 29,91A.

KESIMPULAN

Arus listrik terukur untuk mensuplai gedung administrasi pusat untuk tiap fasa R, S, T masing-masing adalah 29,37 A, 30,06 A, dan 28,95 A dengan nilai THD masing-masing 13,73 %, 22,75 %, dan 9,48 %. Nilai THD arus saat tidak menggunakan filter melebihi batas standar yang diijinkan yaitu diatas 8% sehingga tidak baik untuk penggunaan jangka panjang karena dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik yang digunakan. Nilai arus setelah melewati proses filter adalah 29,96 A, 30,16 A, 29,61 A dengan nilai THD masing-masing 1,55 % 3,95 %, dan 3,36 %. THD arus untuk tiap fasa sudah memenuhi standar harmonik yang diijinkan, yaitu sudah dibawah 8%. Rata-rata arus RMS sebelum difilter adalah 29,46 A sedangkan rata-rata arus setelah difilter adalah 29,91A. Rata-rata THD arus (THDi) tanpa filter adalah 15,32 %, sedangkan THD arus (THDi) menggunakan filter adalah 2,95 %.

Saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan pengujian secara spesifik terhadap harmonik tegangan pada gedung administrasi pusat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Haroon Farooq, Chengke Zhou, Mohamed Emad Farrag, Analyzing the Harmonic Distortion in a Distribution System Caused by the Non-Linear Residential Loads, *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, vol. 2, no. 1, January 2013
- [2] Theodore Wildi. *Electrical Machines, Drives, and Power Systems*. Bergen: Prentice Hall; 2002.
- [3] Tony K. Hariadi, Agus Jamal, Nurohman Fadilah, Faaris Mujaahid, Current and Voltage Harmonics Analysis in Green Building Case Study in Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, *Journal of Electrical Technology UMY (JET-UMY)*, Vol. 4, No. 2, December 2020
- [4] Altintasi, Cagri, Omer Aydin, M. Cengiz Taplamacioglu, and Ozgul Salor. 2020. 'Power System Harmonic and Interharmonic Estimation Using Vortex Search Algorithm'. *Electric Power Systems Research* 182 (May): 106187. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2019.106187>.
- [5] Nguyen, Lap-Luat, Roland Gautier, Anthony Fiche, Gilles Burel, and Emanuel Radoi. 2018. 'Digital Compensation of Lowpass Filters Imperfection in the Modulated Wideband Converter Compressed Sensing Scheme for Radio Frequency Monitoring'. *Signal Processing* 152 (November): 292–310. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2018.06.011>.
- [6] Peretti, Gabriela, Eduardo Romero, and Carlos Marqués. 2008. 'Testing Digital Low-Pass Filters Using Oscillation-Based Test'. *Microprocessors and Microsystems* 32 (1): 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2007.01.005>.
- [7] Zhou, R., T. Guo, L. Huang, and K. Ullah. 2022. 'Engineering the Harmonic Generation in Graphene'. *Materials Today Physics* 23 (March): 100649. <https://doi.org/10.1016/j.mtphys.2022.100649>.