

Peredaman Harmonik Arus pada *Personal Computer All In One* Menggunakan *Passive Single Tuned Filter*

Mustamam¹⁾, Azmi Rizki Lubis²⁾

Universitas Negeri Medan⁽¹⁾, Universitas Islam Sumatera Utara⁽²⁾
Jln. Willem Iskandar Psr V Medan Estate⁽¹⁾, Jln. SM Raja Teladan Medan⁽²⁾
mustamam@unimed.ac.id¹⁾; rizki.loebiez@gmail.com²⁾

Abstrak

Paper ini menyajikan hasil analisis Passive Single Tuned Filter dalam meredam harmonik arus pada Personal Computer All In One. Dari data pengukuran yang dilakukan, terdapat harmonik pada Individual Harmonic Distortion (IHDi) arus orde – 3 sampai orde – 29 yang tidak sesuai standar IEEE 519 – 1992. Upaya yang dilakukan dalam mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan Passive Single Tuned Filter yang disimulasikan menggunakan MATLAB/Simulink. Hasil simulasi menunjukkan bahwa Individual Harmonic Distortion (IHDi) arus orde – 3 sampai orde – 29 pada Personal Computer All In One berkurang sesuai dengan standar IEEE 519 – 1992.

Kata Kunci : Harmonik, Individual Harmonic Distortion (IHDi), Passive Single Tuned Filter, Personal Computer All In One

I. PENDAHULUAN

Di zaman yang serba canggih seperti sekarang ini telah memberikan banyak pengaruh terhadap berbagai bidang termasuk di dalamnya bidang tenaga kelistrikan. Oleh karena itu maka semakin bertambah pula peralatan-peralatan listrik baru dengan karakteristik yang baru pula. Dengan adanya peralatan listrik yang baru ini juga mempengaruhi kualitas daya listrik yang akan dikirimkan ke pengguna energi listrik.

Hal yang perlu diperhatikan di dalam kualitas daya listrik adalah tegangan, arus dan frekuensi. Bentuk-bentuk penyimpangan dari tegangan, arus dan frekuensi akan mempengaruhi kualitas daya listrik.

Di dalam sistem tenaga listrik terdapat beban linier dan beban non linier di mana beban linier akan menghasilkan bentuk gelombang sinusoidal sedangkan beban non linier akan menghasilkan bentuk gelombang non sinusoidal akibat dari distorsi harmonik.

Beban-beban nonlinier ini biasanya terdapat pada peralatan-peralatan seperti motor berputar, transformator, peralatan elektronika daya, ballast lampu penerangan, komputer, dan peralatan yang memiliki bahan semikonduktor lainnya. Selain itu beban non linier juga terdapat pada industri yang memerlukan energi yang besar, beban perkantoran dan juga rumah tangga.

Harmonik adalah pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Misalnya, frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50 Hz, maka harmonik keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100 Hz dan harmonik ketiga dengan frekuensi 150 Hz dan seterusnya (Arrillaga and Watson, 2004).

Keberadaan harmonik akan mempengaruhi kinerja komponen pada sistem ketenagalistrikan bahkan terjadinya kerusakan pada komponen tersebut. Salah satu dampak dari harmonik adanya tambahan rugi-rugi pada penghantar berupa panas yang dapat menimbulkan gagalnya sebuah sistem isolasi pada level tertentu maupun panas berlebih pada kawat netral dan transformator akibat timbulnya harmonik ketiga yang dibangkitkan oleh peralatan listrik satu fasa (Novix J. A., 2007).

Pemasangan filter harmonik diperlukan untuk mengurangi distorsi harmonik dan juga dapat untuk memperbaiki faktor daya. Salah satu jenis filter yang dapat digunakan adalah *passive single tuned filter* yang merupakan metode penyelesaian yang efektif dan ekonomis untuk mengalihkan arus harmonik yang tidak diinginkan dalam sistem tenaga listrik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Beban Linier dan Nonlinier

Beban linier merupakan beban yang tidak menghasilkan harmonik sedangkan beban nonlinier merupakan beban yang menghasilkan harmonik. Beban nonlinier dapat menyebabkan reaktansi jenuh adalah penyearah atau pensaklaran secara mekanik yang bekerja menutup dan membuka secara berkala. Beban nonlinier akan menyebabkan arus tidak sinusoidal. Dimana pada frekuensi fundamental (I_F) terdapat frekuensi harmonik (I_H) (Theodore W, 2007).

B. Sumber Harmonik

Beban nonlinier yang umumnya yang merupakan peralatan elektronik yang didalamnya banyak terdapat komponen semikonduktor, dalam proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan. Peralatan elektronik yang didalamnya

banyak terdapat komponen semikonduktor atau elektronika daya sebagai rangkaian pengendali motor listrik (Arrillaga dan Watson, 2004).

C. Standar Harmonik

Arus harmonik yang terinjeksi ke dalam sistem tenaga listrik dapat menimbulkan efek yang merugikan pada peralatan sistem tenaga listrik terutama pada kapasitor, transformator, dan menyebabkan pemanasan dan pembebanan berlebih pada motor.

Tabel 1. Batas THD_v sesuai standar IEEE 519-1992

Tegangan bus pada PCC	Distorsi Tegangan individu	Total Harmonic Distorsi Tegangan (THD _v)
V ≤ 69KV	3,0	5,0
69KV < V ≤ 161KV	1,5	2,5
V > 161KV	1,0	1,5

D. Current Individual Harmonic Distortion (IHD_i)

Current Individual Harmonic Distortion (IHD_i) adalah perbandingan antara nilai RMS dari harmonik individual dengan nilai RMS dari fundamental. Rumus dari IHD_i adalah sebagai berikut (Irianto, C. G dkk, 2008):

$$IHD_i = \sqrt{\left(\frac{I_h}{I_1}\right)^2} \times 100\%$$

Di mana

IHD_i : Current Individual Harmonic Distortion (%)

I_h : Arus harmonik pada orde ke – h (Ampere)

I₁ : Arus fundamental (I_{rms}) (Ampere)

h : Orde harmonik

4. Total Distorsi Harmonik

Pada sistem tenaga listrik untuk melihat distorsi Harmonik pada komponen fundamentalnya diistilahkan dengan THD atau Total Harmonic Distortion. Persentase total distorsi Harmonik (THD) tegangan dan arus dirumuskan sebagai berikut (Dugan, McGranaghan et al. 1996):

$$THD_v = \frac{\sqrt{\sum_2^h V_h^2}}{V_1} \times 100\%$$

Dimana :

V_h = Komponen Harmonik tegangan ke – h

V₁ = Tegangan frekuensi fundamental (rms)

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_2^h I_h^2}}{I_1} \times 100\%$$

Di mana :

I_h = Komponen Harmonik arus ke – h

I₁ = Arus frekuensi fundamental (rms)

5. Passive Single-Tuned Filter

Passive single-tuned filter adalah filter yang terdiri dari komponen-komponen pasif R, L dan C terhubung seri, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Passive Single Tuned Filter (Chang, G. W., et al, 2002)

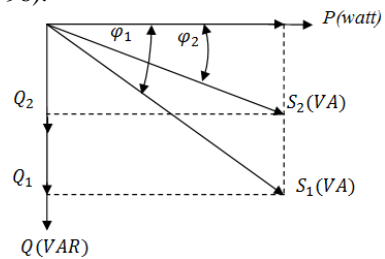
Passive single-tuned filter akan mempunyai impedansi yang kecil pada frekuensi resonansi sehingga arus yang memiliki frekuensi yang sama dengan frekuensi resonansi akan dibelokkan melalui filter. Untuk mengatasi harmonik di dalam sistem tenaga listrik industri yang paling banyak digunakan adalah passive single-tuned filter.

6. Merancang passive single-tuned filter

Merancang passive single-tuned filter yang terdiri dari hubungan seri komponen-komponen pasif induktor, kapasitor dan tahanan, adalah bagaimana menentukan besarnya komponen-komponen dari filter tersebut.

Langkah-langkah merancang passive single-tuned filter adalah:

- a. Untuk menentukan kebutuhan daya reaktif dapat digambarkan dalam bentuk segitiga daya seperti Gambar 2 (Dugan, R. C., et al, 1996).



Gambar 2. Segitiga daya untuk menentukan kebutuhan daya reaktif Q

Kebutuhan daya reaktif dapat di hitung dengan pemasangan kapasitor untuk memperbaiki faktor daya beban. Komponen daya aktif (P) umumnya konstan, daya semu (S) dan daya reaktif (Q) berubah sesuai dengan faktor daya beban.

$$\text{Daya Reaktif (Q)} = \text{Daya Aktif (P)} \times \tan \phi$$

Dengan merujuk vektor segitiga daya maka daya reaktif pada PF awal diperoleh sebagai berikut ini.

$$Q_1 = P \times \tan \phi_1$$

Daya reaktif pada PF yang diperbaiki diperoleh dengan persamaan berikut.

$$Q_2 = P \times \tan \varphi_2$$

Sehingga rating kapasitor yang diperlukan untuk memperbaiki faktor daya yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif } \Delta Q &= Q_1 - Q_2 \\ \text{Atau} \\ \Delta Q &= P(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \end{aligned}$$

Besar nilai ΔQ yang didapat, selanjutnya menentukan nilai reaktansi kapasitif yang besarnya ditentukan dan besar nilai kapasitansi kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya diperoleh dengan persamaan berikut.

- a. Tentukan ukuran kapasitansi kapasitor Q_c berdasarkan kebutuhan daya reaktif untuk perbaikan faktor daya. Daya reaktif kapasitor (Q_c) adalah:

$$Q_c = \{P \tan(\cos^{-1}pf_1) - \tan(\cos^{-1}pf_2)\}$$

Di mana

- P : beban (kW)
- pf₁ : faktor daya mula-mula sebelum diperbaiki
- pf₂ : faktor daya setelah diperbaiki

- b. Tentukan reaktansi kapasitif (X_c):

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c}$$

Di mana

- X_c : Reaktansi kapasitif (Ω)
- h_n : Orde harmonik ke-n
- Q_c : Daya reaktif kapasitor (VAR)

- c. Tentukan kapasitansi dari kapasitor (C):

$$C = \frac{1}{2 \pi f_0 X_c}$$

Dimana

- C : Kapasitansi kapasitor (Farad)
- f_0 : Frekuensi fundamental (Hz)

- d. Tentukan reaktansi induktif dari induktor (X_L):

$$X_L = \frac{X_c}{h_n^2}$$

- e. Tentukan induktansi dari induktor (L):

$$L = \frac{X_L}{2 \pi f_0}$$

- f. Tentukan reaktansi karakteristik dari filter (X_n):

$$X_n = h_n X_L$$

- g. Tentukan Tahanan (R) dari Induktor:

$$R = \frac{X_n}{Q}$$

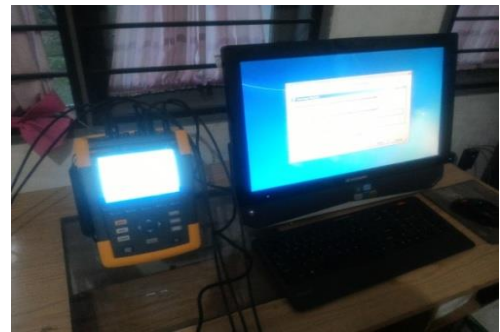
Di mana

- R : Tahanan dari induktor (Ω)
- Q : Faktor kualitas

III. METODE PENELITIAN

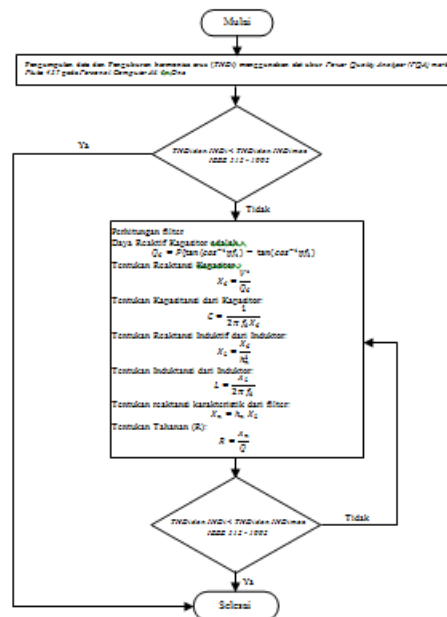
A. Teknis Pengukuran

Pengumpulan data dilakukan dengan pengukuran dengan menggunakan alat ukur *Power Quality Analyzer* (PQA) merk *Fluke 437* pada peralatan Personal Komputer All In One merk *Lenovo B520 23 inch Core i5 Multi touch*.



Gambar 3. Pengukuran harmonik Personal Computer

B. Bagan Penelitian



Gambar 4. Diagram alir penelitian

IV. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

A. Data Pengukuran

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan pada *Personal Computer All In One* dengan menggunakan alat ukur kualitas daya *Fluke 437* maka diperoleh data– data pengukuran ditunjukkan pada Tabel berikut ini.

Tabel 2. Data hasil pengukuran

Parameter	Satuan	Transformator arus (CT)
S (Apparent Power)	VA	80
P (Active Power)	Watt	60
Q (Reactive Power)	VAR	10
PF (Power Factor)	–	0,75
THDi	%	53,48
Frekuensi	Hz	50
V (Phase Voltage)	Volt	230
I (Phase Current)	Ampere	0,3

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa data hasil pengukuran *Current Individual Harmonic Distortion* (IHD_i) dari setiap orde harmonik. Orde harmonik yang ditampilkan adalah orde harmonik ganjil dari orde ke-1 sampai dengan orde ke-29 dengan nilai yang berbeda untuk setiap harmonik. Jika dibandingkan dengan standar IEEE 519 – 1992, ada beberapa orde harmonik arus (IHD_i) pada *Personal Computer* dari hasil pengukuran yang tidak sesuai dengan standar.

Tabel 3. Data hasil pengukuran harmonik arus dan tegangan

Harmonik ke-n	Individual Distorsi Harmonik (IHD) Arus (i) (%)	THDi (%)
3	47	53,48
5	16,28	
7	16,37	
9	5,95	
11	3,77	
13	2,40	
15	4,56	
17	2,77	
19	2,11	
21	3,70	
23	2,96	
25	2,08	
27	1,53	
29	1,07	

B. Perhitungan Passive Single Tuned Filter

Dalam menentukan besarnya parameter *passive single-tuned filter* yang dibutuhkan terlebih dahulu ialah nilai selisih dari orde harmonik arus yang tidak sesuai standar IEEE 519-1992 pada transformator arus. Dari Tabel 3.3 diperoleh orde harmonik ke-5 tidak sesuai dengan standart IEEE

519-1992, oleh karena itu *passive single-tuned filter* yang digunakan adalah *passive single-tuned filter* untuk harmonik ke-3.

C. Perhitungan Nilai C

Menentukan kebutuhan kapasitor sebagai perbaikan faktor daya, dengan memasukan nilai dari pengukuran. Diasumsikan bahwa faktor daya diperbaiki (*pf2*) menjadi 0,95. Untuk menghitung kapasitas kapasitor yang dibutuhkan di hitung menggunakan Persamaan berikut:

$$Q_c = P\{\tan(\cos^{-1}pf_1) - \tan(\cos^{-1}pf_2)\}$$

Maka:

$$Q_c = P\{\tan(\cos^{-1}(0,75)) - \tan(\cos^{-1}(0,95))\}$$

$$= 60\{\tan(\cos^{-1}(0,75)) - \tan(\cos^{-1}(0,95))\}$$

$$= 33 \text{ VAR} \approx 0,033 \text{ KVAR}$$

Jadi kebutuhan kapasitor C per fasa sebesar 33 VAR

$$X_c = \frac{V^2}{\Delta Q} = \frac{230^2}{33} = 1593,66 \Omega$$

$$C = \frac{1}{314 \times 1593.66} = 1.99 \times 10^{-6}$$

Dari hasil perhitungan nilai C, maka diperoleh besar nilai kapasitor yang akan digunakan pada *passive single-tuned filter* adalah 1.99×10^{-6} .

D. Perhitungan Nilai L

Menentukan besar nilai parameter indikator (L) sebagai filter mereduksi harmonisa, dengan memasukan nilai dari pengukuran. Kemudian tentukan reaktansi induktif dari induktor:

$$X_L = \frac{1593.66}{32} = 177,07 \Omega$$

Tentukan reaktansi karakteristik dari filter pada *orde tuning*:

$$X_n = 3 \times 177.07 = 531,22 \Omega$$

Tentukan Tahanan (R) dari Induktor:

$$R = \frac{531.22}{100} = 5,31 \Omega$$

Jadi induktansi dari inductor (L) :

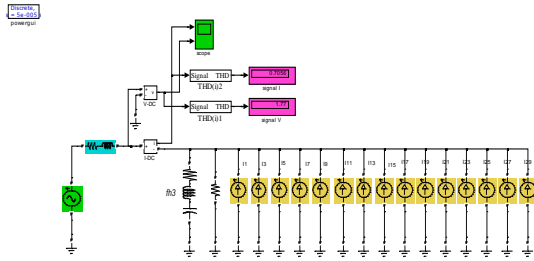
$$L = \frac{177.07}{2 \times 3.14 \times 50} = 0,56 \text{ H}$$

Dari perhitungan nilai L, maka diperoleh nilai L yang akan digunakan pada *passive single-tuned filter* adalah 0,56 H.

E. Rangkaian Simulasi Setelah Pemasangan Passive Single-Tuned Filter

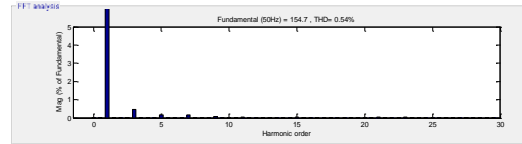
Rangkaian simulasi terdiri dari satu buah *passive single-tuned filter*, sebuah resistor dan individual distorsi harmonik arus (IHD_i) orde ke-3 sampai dengan orde 29. *passive single-tuned filter* terdiri dari sebuah kapasitor, resistor dan induktor yang terhubung secara seri dan nilainya telah diperhitungkan sebelumnya. *passive single-tuned filter* dihubungkan secara paralel terhadap sistem. Sumber arus pada mewakili nilai arus harmonik dari orde ke-3 sampai orde ke-29. Bentuk gelombang arus dan spektrum harmonik arus diperoleh dari *Block Power GUI* bagian *Fast*

Fourier Transform (FFT) Analysis seperti yang ditunjukkan pada Gambar .

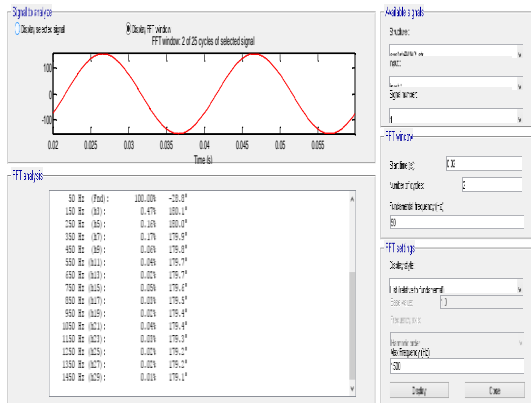


Gambar 5. Rangkaian simulasi setelah pemasangan passive single-tuned filter

Dari Tabel yang merupakan hasil simulasi setelah pemasangan *Passive Single-Tuned Filter* maka diperoleh spektrum harmonik arus dalam bentuk diagram batang yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Spektrum harmonik arus setelah pemasangan passive single-tuned filter



Gambar 6. Hasil simulasi yang ditunjukkan pada FFT analysis

Dari hasil simulasi dan spektrum harmonik arus input diperoleh arus harmonik orde ke-3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27 dan 29 dalam besaran maksimum. Nilai tersebut dibandingkan dengan standar IEEE 519 – 1992.

Tabel 4. Hasil simulasi setelah pemasangan passive single-tuned filter

Parameter	Satuan	Hasil Simulasi
IHD _i orde 1	%	100
IHD _i orde 3	%	0,47
IHD _i orde 5	%	0,16
IHD _i orde 7	%	0,17
IHD _i orde 9	%	0,06
IHD _i orde 11	%	0,04
IHD _i orde 13	%	0,02
IHD _i orde 15	%	0,05
IHD _i orde 17	%	0,03
IHD _i orde 19	%	0,02
IHD _i orde 21	%	0,04
IHD _i orde 23	%	0,03
IHD _i orde 25	%	0,02
IHD _i orde 27	%	0,02
IHD _i orde 29	%	0,01
THD _i	%	0,54

I. KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian dengan menggunakan *Passive Single-Tuned Filter* pada *Personal Computer All In One* hasil yang diperoleh kandungan harmonik arus berhasil direduksi dan sesuai dengan standar yang ditetapkan IEEE 519-1992.

Nilai arus harmonik orde ke-5 berkurang dari 23,81% menjadi 0,04% dan total harmonik distorsi arus sebelumnya 24,8% menjadi 0,28%, sehingga jelas terlihat bahwa filter pasif LC mempunyai peran penting dalam mereduksi harmonik yang muncul pada transformator arus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arrillaga, J. and N. R. Watson, 2004, *Power system harmonics*. England, Wiley.
- [2] Chang, G. W., Chu, S. Y., dan Wang, H. L., 2002, *A new approach for placement of single-tuned passive harmonic filters in a power system, IEEE Power Engineering Society Summer Meeting*, vol. 2, pp. 814-817.
- [3] Dugan, R. C., McGranaghan, M. F., dan Beaty, H. W., 1996, *Electrical power systems quality* vol. 2. New York: McGraw-Hill.
- [4] Irianto, C. G., Sukmawidjaja, M., dan Wisnu, A., 2008, *Mengurangi Harmonisa Pada Transformator 3 Fasa, JETri*, vol. 7, pp. 53-68.
- [5] Novix, J. A., 2007, *Analisis Harmonik Dan Perancangan Single Tuned Filter Pada Sistem Distribusi Standar Ieee 18 Bus Dengan Menggunakan Software Etap Power Station 4.0*. Jurnal Emitor Vol. 15 No.2 : pp. 31 – 46.
- [6] Theodore, W., 2007, *Electrical Machines, Drives And Power Systems*. New Jersey: Pearson Education.