

# ANALISIS DAN REDUKSI HARMONISA ARUS PADA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI MEDAN MENGGUNAKAN *SINGLE TUNED PASSIVE FILTER*

Mustamam<sup>1)</sup>, Marwan Affandi<sup>2)</sup>, Azmi Rizki Lubis<sup>3)</sup>

<sup>1,2)</sup>Dosen Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan

<sup>3)</sup>Dosen Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara

Email : mustamam@unimed.ac.id

## Abstrak

Kualitas energi listrik sangat diperlukan sekarang ini, akibat dari semakin canggihnya teknologi penggunaan beban nonlinier juga semakin banyak sehingga mempengaruhi kualitas energi listrik. Fakultas teknik universitas negeri medan merupakan satu diantara perguruan tinggi negeri yang banyak menggunakan beban nonlinier, dari hasil pengukuran pada fakultas teknik universitas negeri medan diperoleh harmonisa arus orde ketiga sebesar 19,70 % sampai orde ketiga belas sebesar 5,80 %. Dengan menggunakan single tuned passive filter harmonisa arus orde ketiga berhasil berkurang menjadi 3,91 % dan harmonisa arus orde ketiga belas menjadi 2,61 %, hasil ini sudah berada dibawah batas yang diizinkan oleh IEEE sehingga single tuned passive filter berpengaruh signifikan terhadap pengurangan kandungan harmonisa arus.

**Kata-Kata Kunci :** Harmonisa Arus, Single Tuned Passive Filter, Individual Harmonic Distortion (IHDi),

## I. PENDAHULUAN

Bidang tenaga listrik telah mengalami perkembangan yang sangat pesat pada saat ini, hal ini disebabkan oleh karena semakin banyaknya pengguna teknologi yang serba canggih sehingga muncul dua buah jenis beban yaitu beban linier dan beban non linier (Nessemon dan Popov, 2018). Beban nonlinier merupakan beban yang menimbulkan harmonisa sehingga terjadi distorsi gelombang tegangan dan arus pada sistem tenaga listrik. Kelipatan frekuensi bilangan bulat dari frekuensi fundamentalnya yang menimbulkan gelombang distorsi arus dan tegangan (Sugiarto, 2012). Harmonisa yang muncul akibat adanya beban nonlinier ini juga akan mempengaruhi kesalahan pengukuran pemakaian energi listrik di industri maupun rumah tangga sehingga akan merugikan pihak penyedia energi listrik (Lubis dkk., 2018)(Srividyadevi P., 2013).

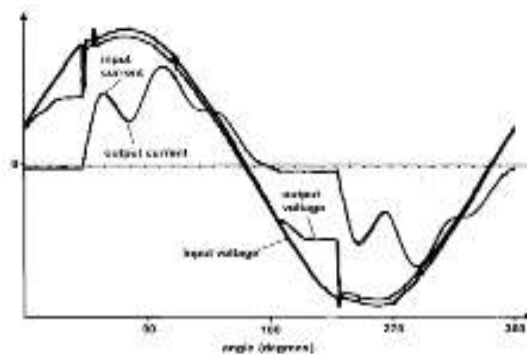
Selain dapat menimbulkan kesalahan pengukuran harmonisa juga dapat mengakibatkan panas berlebih pada peralatan – peralatan tenaga listrik yang terdapat pada jaringan tenaga listrik, dengan begitu maka usia dari pemakaian peralatan tersebut juga akan berkurang (Kumala and Setiarni, 2016). Harmonisa yang timbul ini dapat diatasi dengan menggunakan filter satu diantaranya dengan menggunakan *single tuned passive filter* (Bedi dkk., 2018).

Di Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan banyak pegawai maupun dosen menggunakan peralatan yang dapat menimbulkan harmonisa seperti komputer, printer, scanner, proyektor, inverter, konverter dan lainnya (Adhigunarto, Mulyana dan Surya, 2017). Untuk itu perlu dilakukan upaya mereduksi harmonisa yang muncul untuk menghindari kerusakan pada peralatan lain yang berada dalam satu jaringan listrik yang sama.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Harmonisa

Timbulnya harmonisa tegangan dan arus disebabkan oleh adanya beban linier dalam sistem tegangan arus bolak balik. Harmonisa merupakan bentuk gelombang arus yang frekuensinya kelipatan bilangan bulat dari frekuensi fundamentalnya yang beroperasi pada frekuensi 50/60 Hz. Bentuk gelombang yang terdistorsi dapat diurai menjadi sejumlah frekuensi dasar dan frekuensi harmonisa yang berasal dari beban nonlinier yang terdapat didalam sistem tenaga listrik (Dugan dkk., 2002).



Gambar 1. Gelombang dipengaruhi harmonisa

### 2.2. Pengaruh Harmonisa

Harmonisa yang muncul akan berdampak negatif terhadap peralatan misalnya munculnya getaran mekanik pada panel listrik, bertambahnya torsi pada kwh meter jenis elektromekanis yang menggunakan piringan mekanis berputar, gangguan frekuensi pada sistem telekomunikasi, pemutusan beban pada kondisi dibawah arus yang terukur, mengurangi efisiensi pada sistem kelistrikan, mengurangi pemakaian isolasi peralatan catu daya, dan meningkatkan resonansi pada sistem tenaga listrik.

**2.3. Beban Nonlinier**

Beban yang menghasilkan harmonisa disebut juga dengan beban nonlinier. Yang termasuk kedalam jenis beban nonlinier adalah penyearah, lampu TL, ballast, komputer personal, lampu LED, *variable speed drives* dan lain sebagainya.

Semakin banyak penggunaan bebna nonlinier maka akan menyebabkan arus tidak sinusoidal, dimana terdapat kandungan arus harmonisa pada arus dasar (fundamental) (Wildi, 2006).

**2.4. Standar Harmonisa Menurut IEEE**

Tabel 1 dibawah menunjukkan batasan distorsi harmonisa arus yang diizinkan oleh IEEE pada jaringan distribusi, transmisi dan subtransmisi yang bebannya dibandingkan dengan kapasitas system hubung singkat.

**Tabel 1. Batas THD<sub>i</sub> sesuai standar IEEE 519-1992**

I <sub>sc</sub> /I <sub>L</sub>	Orde harmonik (dalam %)					Total Demand Distortion (TDD)
	h < 11	11 ≤ h < 17	17 ≤ h < 23	23 ≤ h < 35	35 ≤ h	
<20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20 – 50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50 – 100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100 – 1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
>1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

**2.5. Current Individual Harmonic Distortion (IHD<sub>i</sub>)**

*Current Individual Harmonic Distortion* (IHD<sub>i</sub>) diperoleh dari perbandingan antara nilai dari hasil pengukuran dengan alat ukur (RMS) dengan harmonik individual dari fundamental. Persamaan yang digunakan untuk mencari nilai IHD<sub>i</sub> seperti berikut (Arrillaga, Bradley dan Bodger, 1985):

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

Dimana

- IHD<sub>i</sub> : *Current Individual Harmonic Distortion* (%)
- I<sub>h</sub> : Arus harmonik pada orde ke – h (Ampere)
- I<sub>1</sub> : Arus fundamental (I<sub>rms</sub>) (Ampere)
- h : Orde harmonik

**2.6. Total Distorsi Harmonik**

Pada sistem tenaga listrik untuk melihat distorsi Harmonik pada komponen fundamentalnya diistilahkan dengan THD atau *Total Harmonik Distortion*. Persentase total distorsi harmonisa (THD) tegangan dan arus dirumuskan sebagai berikut :

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

Dimana :

- V<sub>h</sub> = Komponen Harmonik tegangan ke – h
- V<sub>1</sub> = Tegangan frekuensi fundamental (rms)

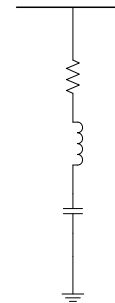
$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_2^h I_h^2}}{I_1} \times 100\%$$

Dimana :

- I<sub>h</sub> = Komponen Harmonik arus ke – h
- I<sub>1</sub> = Arus frekuensi fundamental (rms)

**2.7. Single Tuned Passive Filter**

Keunggulan dari *single tuned passive filter* adalah impedansinya yang kecil pada frekuensi resonansi sehingga nantinya arus yang frekuensinya sama dengan frekuensi resonansi akan dialirkan ke filter. *Single tuned passive filter* ini memiliki tiga buah komponen pasif yaitu resistor, induktor dan kapasitor yang dihubungkan secara seri, konfigurasi *single tuned passive filter* ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2. Rangkaian Passive Single Tuned Filter**

**2.8. Perancangan *single tuned passive filter***

Untuk merancang sebuah *single tuned passive filter* hal yang harus dilakukan adalah menentukan nilai daya reaktif kapasitor (Q<sub>c</sub>) untuk memperbaiki faktor daya, dapun persamaan yang digunakan adalah :

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

Dimana

- P : Daya beban (kW)
- pf<sub>1</sub> : Faktor daya pengukuran
- pf<sub>2</sub> : Faktor daya yang akan diperbaiki

Setelah diperoleh nilai kapasitas kapasitor hal selanjutnya yang harus dilakukan adalah menentukan nilai reaktansi kapasitif (X<sub>c</sub>) yang persamaannya adalah sebagai berikut :

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

Dimana

- X<sub>c</sub> : Reaktansi kapasitif(Ω)
- h<sub>n</sub> : Orde harmonisa ke-n
- Q<sub>c</sub> : Daya reaktif kapasitor (VAR)

Setelah didapat nilai  $X_c$  maka dapat ditentukan nilai yang akan digunakan pada kapasitor, persamaan yang digunakan untuk mencari besar nilai kapasitor adalah :

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

Dimana

- $C$  : Kapasitansi kapasitor (Farad)
- $f_0$  : Frekuensi fundamental (Hz)
- $X_c$  : Reaktansi kapasitif( $\Omega$ )

Selanjutnya mencari nilai reaktansi induktif dari induktor dengan menggunakan persamaan :

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

Dimana

- $X_L$  : Reaktansi induktif ( $\Omega$ )
- $X_c$  : Reaktansi kapasitif( $\Omega$ )
- $h_n$  : Orde harmonisa ke-n

Setelah diperoleh nilai  $X_L$  maka dapat ditentukan nilai yang akan digunakan pada induktor (L) dengan menggunakan persamaan :

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

Dimana

- L : Induktansi Induktor (H)
- $X_L$  : Reaktansi induktif ( $\Omega$ )
- $f_0$  : frekuensi sistem (Hz)

Setelah diperoleh reaktansi kapasitif kemudian dicari nilai reaktansi karakteristik dari filter ( $X_n$ ) dengan menggunakan persamaan :

$$X_n = h_n X_L$$

Dimana

- $X_n$  : Reaktansi karakteristik filter ( $\Omega$ )
- $X_L$  : Reaktansi induktif ( $\Omega$ )
- $h_n$  : Orde harmonisa ke-n

Setelah diperoleh nilai reaktansi karakteristik filter yang terakhir dapat ditentukan besaran nilai resistansi (R) pada filter dengan menggunakan persamaan :

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

Dimana

- R : Tahanan dari filter ( $\Omega$ )
- Q : Faktor kualitas digunakan 100

### III. METODE PENELITIAN

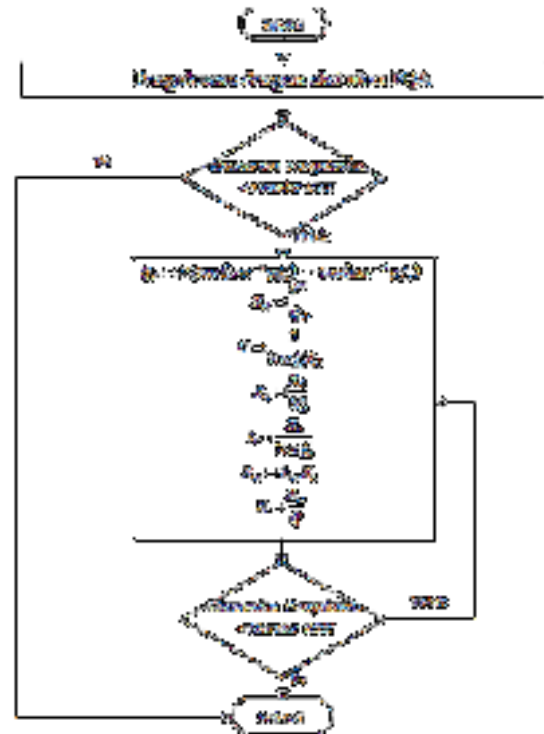
#### 3.1. Teknis Pengukuran

Pengukuran dilakukan di lingkungan Universitas Negeri Medan tepatnya di Fakultas Teknik dengan menggunakan alat ukur *Power Quality Analyzer (PQA) merk YOKOGAWA CW 140*. Dari pengukuran diperoleh hasil seperti pada :

**Tabel 2. Hasil Pengukuran Dengan Alat Ukur PQA**

Tegangan	215 volt	
Arus	5,75 A	
Daya	3070 W	
Power Factor	0,673	
IHD <sub>i</sub> Orde ke 1	100	7,56
IHD <sub>i</sub> Orde ke 3	19,7	1,49
IHD <sub>i</sub> Orde ke 5	11	0,83
IHD <sub>i</sub> Orde ke 7	9	0,68
IHD <sub>i</sub> Orde ke 9	8,7	0,66
IHD <sub>i</sub> Orde ke 11	8,7	0,66
IHD <sub>i</sub> Orde ke 13	5,8	0,44
THDi	27,84	

#### 3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

### IV. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Perhitungan Nilai C *single tuned passive filter*

Untuk mendapatkan nilai kapasitas dari kapasitor maka komponen – komponen yang harus dihitung adalah nilai dari daya reaktif kapasitor ( $Q_c$ ) dan nilai reaktansi kapasitif ( $X_c$ ), diasumsikan bahwa perbaikan faktor daya menjadi 0,9 sehingga perhitungannya adalah sebagai berikut :

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

Maka

$$\begin{aligned} Q_c &= P\{\tan(\cos^{-1}(0,673)) - \tan(\cos^{-1}(0,90))\} \\ &= 3070\{\tan(\cos^{-1}(0,673)) - \tan(\cos^{-1}(0,90))\} \\ &= 1887,13 \text{ VAR} \approx 1,887 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

$$X_c = \frac{V^2}{\Delta Q} = \frac{215^2}{1887,13} = 24,47\Omega$$

$$C = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 50 \times 24,47} = 1,3 \times 10^{-6}$$

Setelah dilakukan perhitungan dengan persamaan yang telah ditetapkan maka diperoleh hasil untuk nilai kapasitansi dari kapasitor *single tuned passive filter* sebesar  $1,3 \times 10^{-6}$ .

**4.2. Perhitungan Nilai L**

Dalam menghitung besar nilai induktor (L) pada *single tuned passive filter* maka harus dicari terlebih dahulu nilai reaktansi induktif ( $X_L$ ) sebagai berikut :

$$X_L = \frac{X_C}{h_n^2} = \frac{24,47}{5^2} = 0,98\Omega$$

Dari hasil perhitungan nilai reaktansi induktif diatas dapat kita lihat bahwa harmonisa yang akan di filter adalah harmonisa pada orde ke – 5. Sehingga dapat ditentukan nilai reaktansi karakteristik dari filter yang orde harmonisa akan dikurangi dalam penelitian ini harmonisa orde ke – 5 yang akan dikurangi.

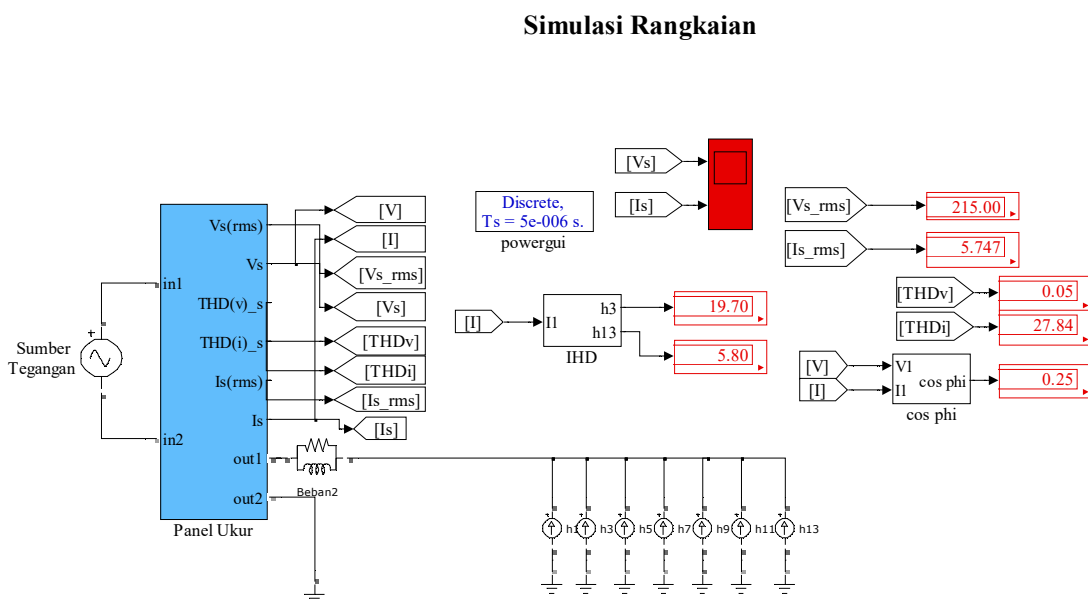
$$X_n = 5 \times 0,98 = 4,89 \Omega$$

$$R = \frac{X_n}{Q} = \frac{4,89}{100} = 0,0489 \Omega$$

Dari hasil perhitungan nilai hambatan (R) seperti diatas maka besar nilai hambatan (R) *single tuned passive filter* adalah 0,0489  $\Omega$ .

**4.4. Rangkaian Simulasi Single Tuned Passive Filter**

Simulasi rangkaian *single tuned passive filter* dirancang dengan cara membuat pemodelan dengan perangkat lunak, pada pemodelan ini terdapat komponen sumber tegangan, panel ukur, tampilan hasil pengukuran harmonisa orde ketiga dan orde ketiga belas, tegangan, arus, *total harmonic distortion* untuk tegangan dan arus serta  $\cos \phi$ . Untuk melihat hasil yang diperoleh pada rangkaian simulasi dapat diklik *Block Power GUI* bagian *Fast Fourier Transform (FFT) Analysis*, simulasi rangkaian *single tuned passive filter*.



**Gambar 4. Rangkaian simulasi sebelum pemasangan single tuned passive filter**

Dari hasil perhitungan reaktansi induktif maka dapat diperoleh besar nilai induktansi pada induktor (L) yaitu :

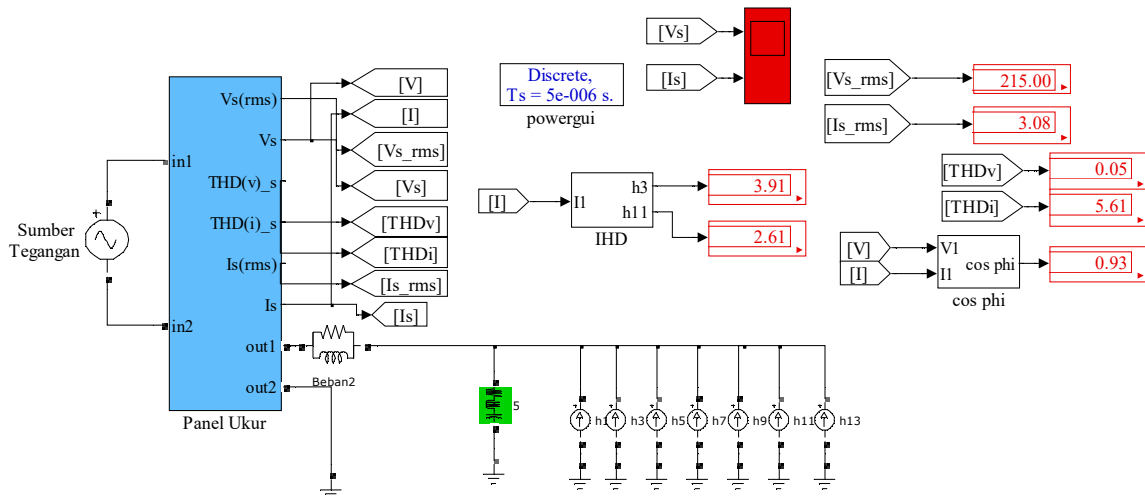
$$L = \frac{X_L}{2\pi f_0} = \frac{0,98}{2 \times 3,14 \times 50} = 0,0031 H$$

Dari hasil perhitungan nilai induktansi (L) seperti diatas maka besar nilai induktansi induktor (L) *single tuned passive filter* adalah 0,0031H.

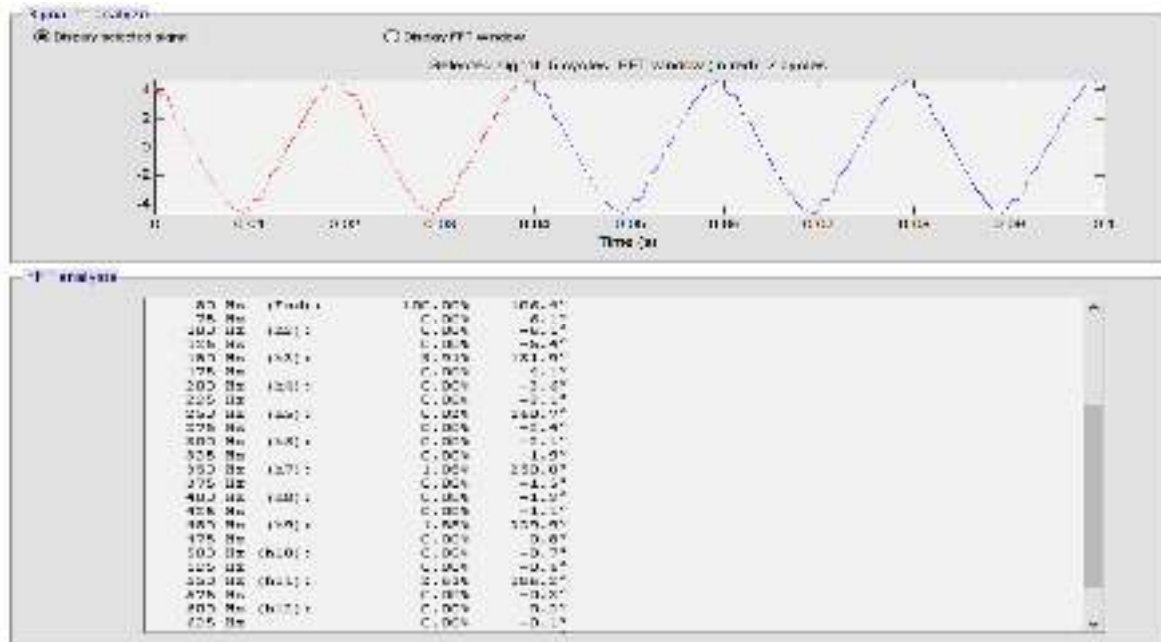
**4.3. Perhitungan Nilai R**

Untuk mendapatkan besar nilai hambatan pada resistor *single tuned passive filter* digunakan persamaan sebagai berikut :

Simulasi Rangkaian



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



Gambar 6. Hasil simulasi yang ditunjukkan pada FFT analysis

Gambar 4 menunjukkan simulasi rangkaian sebelum dipasang *single tuned passive filter*, dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa kandungan harmonisa arus orde kesatu sebesar 19,7% masih diatas standar yang diizinkan oleh IEEE yaitu sebesar 12% dan kandungan harmonisa arus orde ketiga sebesar 5,80 % masih juga diatas standar yang diizinkan oleh IEEE. Berdasarkan hasil yang pengukuran dengan menggunakan alat ukur dan

melalui pemodelan dengan menggunakan perangkat lunak maka harus dilakukan reduksi harmonisa supaya kandungan harmonisa arus dapat berkurang. Dalam hal ini harmonisa orde kelima yang akan direduksi dengan menggunakan *single tuned passive filter*. Simulasi rangkaian setelah dipasang *single tuned passive filter* dapat dilihat pada Gambar 5.

## V. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi diperoleh pengurangan kandungan harmonisa arus maupun total distorsi harmonisa yang sangat signifikan dimana harmonisa arus orde ketiga turun menjadi 3,91 % dan harmonisa arus orde ketiga belas turun menjadi 2,61 %. Hasil yang diperoleh ini sudah dibawah batas yang diizinkan oleh standar IEEE, gelombang arus yang dihasilkan pun sudah mendekati sinusoidal murni.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adhigunarto, S., Mulyana, E. and Surya, W. 2017, *pengukuran Harmonisa Tegangan Dan Arus Listrik Di Gedung Direktorat Tik Universitas Pendidikan Indonesia*'.
- [2] Arrillaga, J., Bradley, D. A. and Bodger, P. S. 1985, *Power System Harmonics*. Wiley (A Wiley-interscience publication).
- [3] Bedi, T. *et al*, 2018, *Harmonic Reduction By Using Single-Tuned Passive Filter In Plastic Processing Industry Harmonic Reduction By Using Single-Tuned Passive Filter In Plastic Processing Industry*. doi: 10.1088/1757-899X/308/1/012035.
- [4] Dugan, R. C. *et al.*, 2002, *Electrical Power Systems Quality*. Mcgraw-hill (McGraw-Hill professional engineering).
- [5] Kumala, H. and Setiarini, A., 2016, *Kajian Harmonisa Arus pada Gedung M. Nuh Lantai 3 Politeknik Negeri Madiun*, 1(1), pp. 13–18.
- [6] Lubis, A. R. *et al.*, 2018, *Harmonic Meter Design Using Arduino*', *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(2.13), pp. 381–384. doi: 10.14419/ijet.v7i2.13.16925.
- [7] Nessemon, K. D. and Popov, I. V, 2018, *The Analysis of Harmonics on LED Lamps*. doi: 10.1088/1757-899X/384/1/012061.
- [8] Srividya Devi P., P. D. V. and S. P. M., 2013, *Measurement of Power and Energy Using Arduino*, *Research Journal of Engineering Sciences*, 2 (10), pp. 10–15.
- [9] Sugiarto, H., 2012, *Kajian Harmonisa Arus Dan Tegangan Listrik di Gedung Administrasi Politeknik Negeri Pontianak*', 8, pp. 80–89.
- [10] Wildi, T., 2006, *Electrical Machines , Drives and Power Systems*. Sixth Edit. New Jersey: Pearson Prentice Hall.