

Analisa dan Rancang *Single Tuned Passive Filter* Untuk Mereduksi Harmonisa Dari Dampak Penggunaan *Variable Frequency Drive* (VFD)

Safiudin¹, Titiek Suheta², Novian Patria³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
e-mail: shaf.udin05@gmail.com

ABSTRACT

The use of Variable Frequency Drive (VFD) can cause harmonics in an electrical system and if ignored continuously will cause problems in electrical equipment such as increased losses in conductor wire, primary and secondary coil temperatures in transformers, shortening the life of electronic equipment. One way to reduce harmonics is to install a Single Tuned Passive Filter. In this study, before the filter was installed, the initial values for THDV on buses 8, 9, and 10 were 5.00%, 5.13%, and 5.14%, respectively. However, after the installation of the filter which was tuned to the 5th order, the THDV values decreased by 4.11%, 4.21%, and 4.22% and in the 7th order the THDV values were 4.19%, 4.30%, and 4.31%.

Kata kunci: VFD, Harmonics, Single Tuned Filter, THDV

ABSTRAK

Penggunaan *Variable Frequency Drive* (VFD) dapat menyebabkan timbulnya harmonisa dalam suatu sistem kelistrikan dan apabila diabaikan secara terus menerus akan menimbulkan masalah pada peralatan listrik seperti meningkatnya rugi-rugi pada kawat konduktor, suhu kumparan primer dan sekunder pada transformer, memperpendek masa pakai peralatan elektronik. Salah satu cara untuk mereduksi harmonisa adalah dengan melakukan pemasangan *Single Tuned Passive Filter*. Pada penelitian ini sebelum dilakukan pemasangan filter, nilai awal THDV pada bus 8, 9, dan 10 masing-masing bernilai 5.00 %, 5.13 %, dan 5.14 %. Namun setelah pemasangan filter yang dituning pada orde ke-5 didapatkan nilai THDV mengalami penurunan sebesar 4.11 %, 4.21 %, dan 4.22 % dan pada orde ke-7 nilai THDV sebesar 4.19 %, 4.30 %, dan 4.31 %.

Kata kunci: VFD, Harmonisa, Single Tuned Filter, THDV

PENDAHULUAN

Perkembangan dalam dunia teknologi khususnya untuk peralatan elektronika yang digunakan dalam bidang industri baik dalam skala kecil atau besar mengalami perkembangan yang begitu pesat. Salah satu peralatan elektronik yang paling banyak ditemui dalam bidang industri yaitu *Variable Frequency Drive* (VFD), yang merupakan salah satu contoh dari beban listrik non linier. Penggunaan VFD yang luas dalam bidang industri telah menjadikannya sebagai salah satu peralatan yang menyebabkan adanya distorsi terhadap tegangan atau arus pada suatu sistem kelistrikan [1][2][3].

Tingginya distorsi yang disebabkan banyaknya penggunaan beban non linier akan menimbulkan beberapa kerugian pada suatu sistem kelistrikan, diantaranya : Meningkatkan rugi-rugi pada kawat penghantar, meningkatnya suhu pada bagian kumparan primer dan sekunder pada transformer, meningkatnya arus Eddy dan rugi-rugi histerisis pada transformer, memperpendek masa pakai peralatan elektronik, dan sebagainya [4][5][6].

Salah satu upaya untuk meminimalisir tingginya distorsi tersebut dengan memasang filter pada sistem kelistrikan, hal ini dikarenakan filter pasif memiliki elemen induktansi dan kapasitansi yang dirancang beresonansi pada frekuensi tertentu (frekuensi resonansi). Sehingga apabila

terdapat nilai frekuensi resonansi yang sama dengan frekuensi harmonisa, maka filter pasif akan menfilter harmonisa tersebut [7][8].

TINJAUAN PUSTAKA

Harmonisa

Suatu kondisi dimana terjadinya gangguan pada sebuah sistem kelistrikan yang diakibatkan terdistorsinya gelombang arus dan tegangan. Dimana frekuensi dasar $f = 60 \text{ Hz}$, besar nilai frekuensi pada harmonisa ke-3 adalah $3 \times 60 \text{ Hz} = 100 \text{ Hz}$ dan seterusnya. Gelombang yang mengandung harmonisa pada umumnya bentuk gelombang sinusnya menjauhi bentuk gelombang sinusoidal sebenarnya.

Total Harmonic Distortion Voltage (THD_v)

Merupakan nilai hasil prosentase besarnya gangguan dari harmonisa terhadap sinyal fundamentalnya dan nilai tersebut didapatkan dari beberapa nilai orde harmonisa (IHD_v) yang diakumulasikan menggunakan persamaan:

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} V^2_n}}{V_1} \dots\dots\dots(1)$$

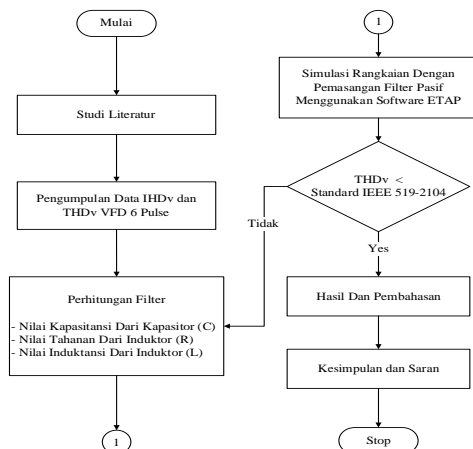
Single Tuned Passive Filter

Salah satu jenis filter pasif yang dituning pada salah satu order harmonisa (biasanya pada orde harmonisa rendah). Filter ini tersusun dari rangkaian seri resistor, reaktor, kapasitor atau biasanya disingkat RLC. Pemasangan rangkaian *Single Tuned Passive Filter* biasanya ditempatkan berdekatan dengan sumber distorsi atau dengan beban yang menjadi penyebab munculnya harmonisa.



Gambar 1. Rangkaian *Single Tuned Passive Filter*

METODE



Gambar 2. *Flowchart* Penelitian

Beberapa tahapan pada penelitian ini:

Studi Literatur

Mempelajari hal-hal yang terkait dengan harmonisa dan filter harmonisa bersumber dari referensi berupa jurnal, buku, paper, tutorial ataupun website.

Pengumpulan Data

Data-data penunjang penelitian ini adalah data saluran, data transformator, data beban, data spektrum harmonisa, data motor dan data *Variable Frequency Drive* (VFD).

Pemodelan dan Simulasi Sistem

Memodelkan sistem kelistrikan dengan memasukkan semua data yang sudah dikumpulkan menjadi *Single Line Diagram* (SLD). Setelah SLD dirancang, dilakukan simulasi sistem untuk menentukan nilai harmonisa yang sesuai standard.

Perancangan *Single Tuned Passive Filter*

Dari hasil simulasi didapatkan nilai THD_V yang melebihi standard pada bus 8, 9, dan 10, dengan nilai IHD_V yang muncul pada orde ke 5 dan 7 secara merata pada masing-masing bus. Untuk itu perlu dilakukan penambahan filter *Single Tuned Passive Filter* yang akan dituning pada orde ke-5 dan ke-7 untuk meredam nilai harmonisa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah-langkah dalam menentukan spesifikasi filter :

1. Menentukan nilai daya reaktif kapasitor (Q_C):

$$Q_C = \{P \tan(\cos^{-1} pf^1) - \tan(\cos^{-1} pf^2)\}$$

$$Q_C = \{7588 \tan(\cos - 1 0.93) - \tan(\cos - 1 0.97)\} = 1100.26 \text{ kVar} \approx 1100260 \text{ Var}$$

2. Menentukan nilai reaktansi kapasitif (X_C)

$$X_C = \frac{V^2}{Q_C} = \frac{23000^2}{1100260} = 480.795 \Omega$$

3. Menentukan nilai kapasitor (C)

$$C = \frac{1}{2 \pi f_0 X_C} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 480.795} = 0.000006623 \text{ F}$$

4. Menentukan nilai induktif induktor (X_L)

$$X_L = \frac{X_C}{h_n^2} = \frac{480.795}{5^2} = 19.231 \Omega$$

5. Menentukan nilai induktor (L)

$$L = \frac{X_L}{2 \pi f_0} = \frac{19.231}{2 \times 3.14 \times 50} = 0.061 \text{ H}$$

6. Menentukan nilai reaktansi karakteristik filter (X_n)

$$X_n = h_n X_L = 5 \times 19.231 = 96.15 \Omega$$

7. Menentukan nilai resistansi filter (R)

$$R = \frac{X_n}{Q} = \frac{96.15}{50} = 1.923 \Omega$$

8. Menentukan nilai impedansi filter (Z)

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{1.923^2 + (19.231 - 480.795)^2} = 461.56 \Omega$$

Hasil Penambahan Filter yang Dituning pada orde ke-5

Hasil perbandingan antara nilai THD_V sebelum dan sesudah dilakukan pemasangan filter yang dituning para orde ke-5 ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Nilai THD_V sebelum dan sesudah dipasang filter pada orde ke-5

BUS		Sebelum		Sesudah		Prosentase	Standard	Keterangan
ID	kV	Voltage		Voltage			IEEE	
		Fund	THDV	Fund	THDV	519 - 2014		
		%	%	%	%	%	< THDV	
2	23	99.17	4.14	99.44	3.45	16.6	5.00	Sesuai
2	23	99.20	4.10	99.46	3.42	16.5	5.00	Sesuai
3	23	98.91	4.29	99.19	3.56	17.0	5.00	Sesuai
4	23	98.64	4.45	98.94	3.68	17.3	5.00	Sesuai
5	23	98.38	4.60	98.70	3.81	17.1	5.00	Sesuai
6	23	98.18	4.73	98.51	3.90	17.5	5.00	Sesuai
7	23	97.98	4.86	98.33	4.01	17.4	5.00	Sesuai
8	23	97.83	5.00	98.20	4.11	17.8	5.00	Sesuai
9	23	97.68	5.13	98.07	4.21	17.9	5.00	Sesuai
10	23	97.67	5.14	98.05	4.22	17.8	5.00	Sesuai
11	23	99.05	4.18	99.32	3.49	16.5	5.00	Sesuai
12	23	99.00	4.23	99.27	3.53	16.5	5.00	Sesuai
13	23	98.95	4.27	99.22	3.57	16.3	5.00	Sesuai
14	23	98.98	4.18	99.25	3.49	16.5	5.00	Sesuai
15	23	98.94	4.18	99.20	3.49	16.5	5.00	Sesuai
16	23	98.98	4.18	99.24	3.49	16.5	5.00	Sesuai
17	23	98.32	4.63	98.64	3.83	17.2	5.00	Sesuai
18	23	98.26	4.65	98.58	3.85	17.2	5.00	Sesuai
19	23	98.23	4.68	98.55	3.87	17.3	5.00	Sesuai
20	23	98.23	4.65	98.55	3.85	17.2	5.00	Sesuai

Hasil Penambahan Filter yang Dituning pada orde ke-7

Hasil perbandingan antara nilai THD_V sebelum dan sesudah dilakukan pemasangan filter yang dituning para orde ke-7 ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Nilai THD_V sebelum dan sesudah dipasang filter orde ke-7

BUS		Sebelum		Sesudah		Prosentase	Standard	Keterangan
ID	kV	Voltage		Voltage			IEEE	
		Fund	THDV	Fund	THDV	519 - 2014		
		%	%	%	%	< THDV		
						%		
2	23	99.17	4.14	99.43	3.49	15.7	5.00	Sesuai
2	23	99.20	4.10	99.46	3.46	15.6	5.00	Sesuai
3	23	98.91	4.29	99.19	3.61	15.8	5.00	Sesuai
4	23	98.64	4.45	98.94	3.74	15.9	5.00	Sesuai
5	23	98.38	4.60	98.69	3.87	15.8	5.00	Sesuai
6	23	98.18	4.73	98.51	3.97	16.0	5.00	Sesuai
7	23	97.98	4.86	98.32	4.08	16.0	5.00	Sesuai
8	23	97.83	5.00	98.19	4.19	16.2	5.00	Sesuai
9	23	97.68	5.13	98.06	4.30	16.1	5.00	Sesuai
10	23	97.67	5.14	98.05	4.31	16.1	5.00	Sesuai
11	23	99.05	4.18	99.31	3.53	15.5	5.00	Sesuai
12	23	99.00	4.23	99.26	3.57	15.6	5.00	Sesuai
13	23	98.95	4.27	99.21	3.61	15.4	5.00	Sesuai
14	23	98.98	4.18	99.24	3.53	15.5	5.00	Sesuai
15	23	98.94	4.18	99.20	3.53	15.5	5.00	Sesuai
16	23	98.98	4.18	99.24	3.53	15.5	5.00	Sesuai
17	23	98.32	4.63	98.63	3.89	15.9	5.00	Sesuai
18	23	98.26	4.65	98.57	3.92	15.6	5.00	Sesuai
19	23	98.23	4.68	98.54	3.94	15.8	5.00	Sesuai
20	23	98.23	4.65	98.54	3.91	15.6	5.00	Sesuai

KESIMPULAN

1. Hasil simulasi setelah dilakukan tuning pada orde ke-5 didapatkan nilai THD_v pada ketiga bus tersebut mengalami penurunan dari nilai awalnya dengan selisih nilai 17.8 - 17.9%.
2. Hasil simulasi setelah dilakukan tuning pada orde ke-7, didapatkan nilai THD_v pada ketiga bus tersebut mengalami penurunan dari nilai awalnya dengan selisih nilai 17.1 - 17.2%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Nayusrizal, I. Untari, A. A. Putra, and C. Hudaya, "Effects of Harmonic Distortions on the Accuracy of Energy and Power Losses Measurements in a Water Treatment Industry," *IEEE 2nd Int. Conf. Power Energy Appl. ICPEA 2019*, pp. 277–281, 2019, doi: 10.1109/ICPEA.2019.8818547.
- [2] M. Al and E. Zondra, "Analisis Harmonisa Menggunakan Filter Pasif pada VSD dengan Beban Motor Electrical Submersible Pump di PT CPI," vol. 15, no. April, pp. 9–17, 2021.
- [3] Satria Ardi Gumara & Puji Slamet, "Analisis Penggunaan Energi Listrik pada Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Menggunakan Variable Speed Drive (Vsd) dan Pressure Transmitter Di Pt. Albea Rigid Packaging Surabaya," 2020.
- [4] M. Jannah and R. Putri, "Penggunaan Single Tuned Filter Untuk Memperkecil Harmonisa yang Ditimbulkan Oleh Beban Non Linier Pada Transformator 400 kVA," vol. 2, no. 1, pp. 116–122, 2018.
- [5] P. Thakur, "Load Distribution and VFD Topology Selection for Harmonic Mitigation in an Optimal Way," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 56, no. 1, pp. 48–56, 2020, doi: 10.1109/TIA.2019.2946111.
- [6] L. Gumilar, A. Kusumawardana, M. A. Habibi, S. Norma Mustika, and W. S. Nugroho, "Current and Voltage Harmonic Distortion Minimization in Nonlinear Loads," *4th Int. Conf. Vocat. Educ. Training, ICOVET 2020*, pp. 13–18, 2020, doi: 10.1109/ICOVET50258.2020.9230217.
- [7] Mustamam, M. Affandi, and A. R. Lubis, "Analisis dan Reduksi Harmonisa Arus pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan Menggunakan Single Tuned Passive Filter," *Semnastek Uisu*, pp. 158–163, 2019.
- [8] I. W. Rinas, "Analisis Perbandingan Penggunaan Filter Pasif Dan Filter Aktif Untuk Menanggulangi Thd Pada Sistem Kelistrikan Di Ruang Puskom Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 1, 2013.
- [9] Y. Setiyawan and A. H. Andriawan, "Pengurangan Harmonisa di Gedung Pascasarjana Universitas 17," p. 8, 2017.
- [10] A. R. Lubis, "Efektivitas Penggunaan Filter Pasif LC dalam Mengurangi Harmonik Arus," *J. Electr. Technol.*, vol. 2, no. 3, pp. 1–8, 2017.