

Analisis Pemasangan Filter Pasif Single Tuned Untuk Mereduksi Harmonisa Pada Motor Listrik Satu Fasa

Andika Irawan¹, Zulfahri², Monice³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning

E-Mail: andikairawan@gmail.com, zulfahri@unilak.ac.id, monice@unilak.ac.id

Corresponded Author : zulfahri@unilak.ac.id

Submitted : 08 Agustus 2022

Accept : 09 Desember 2024

Abstrak

Penggunaan beban non linier berupa motor listrik satu fasa mengakibatkan timbulnya harmonisa pada sistem tenaga listrik. Dalam memperbaiki kualitas daya yang turun akibat harmonisa, digunakan peralatan yang dapat mereduksi harmonisa yaitu filter harmonisa. Filter harmonisa yang sering digunakan yaitu filter pasif single tuned. Tujuan penelitian adalah merekognisi dan menelaah pengaruh penggunaan filter pasif single tuned untuk melakukan reduksi harmonisa lalu melakukan simulasi pemasangan filter pasif single tuned melalui penggunaan program Matlab, dengan melakukan perbandingan atas pengaruh filter pasif single tuned bertimbal pada acuan global IEC 61000-3-2 Kelas D. Metode penelitian sebuah simulasi, mulai pengumpulan data, pengukuran harmonisa, acuan filter, dan pertaksiran parameter filter. Penilaian dilaksanakan terhadap perangkat yang memakai motor listrik satu fasa. Dari pengukuran ini didapatkan sebuah nilai Total Harmonisa tegangan (THDv) dan nilai Total Harmonisa arus (THDi). Acuan beban dan filter disimulasikan melalui penggunaan program Matlab. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) Perakitan filter pasif single tuned, dapat mereduksi THDi sebesar 68,24% dan THDv sebesar 0,95% untuk beban mesin cuci. Serta THDi 79,22% dan THDv sebesar 0,99% untuk beban pompa air, (2) Perakitan filter pasif single tuned dapat mereduksi harmonisa dari orde ke 3 sampai orde ke 29 sinkron dengan tolak ukur IEC 61000-3-2 Kelas D, (3) Filter pasif single tuned mendapatkan reduksi nilai Harmonisa Individu arus (IHDi) yaitu 19,2% untuk beban mesin cuci dan 46,62% untuk beban pompa air.

Kata Kunci: Harmonisa, Filter Pasif Single Tuned, THDi, THDv

Abstract

The use of non-linear loads in the form of single-phase electric motors results in the generation of harmonics in the power system. In improving the quality of power that drops due to harmonics, equipment is used that can reduce harmonics, namely harmonic filters. Harmonic filters that are often used are single tuned passive filters. The research objective is to recognize and examine the effect of using a single tuned passive filter to reduce harmonics and then simulate the installation of a single tuned passive filter through the use of the Matlab program, by comparing the effect of a leaded single tuned passive filter to the global reference IEC 61000-3-2 Class D. The research method is a simulation, starting from data collection, harmonics measurement, filter reference, and filter parameter estimation. The assessment was carried out on a device that uses a single-phase electric motor. From this measurement, a Total Harmonic Voltage (THDv) value and a Total Harmonic Current (THDi) value were obtained. The reference load and filter were simulated through the use of the Matlab program. The results showed that: (1) Single tuned passive filter assembly can reduce THDi by 68.24% and THDv by 0.95% for washing machine load. As well as THDi of 79.22% and THDv of 0.99% for water pump loads, (2) Single tuned passive filter assembly can reduce harmonics from 3rd order to 29th order synchronous with IEC 61000-3-2 Class D benchmarks, (3) Single tuned passive filters get a reduction in the value of H

Keywords: *Harmonics, Single Tuned Passive Filter, THDi, THDv*

1. PENDAHULUAN

Pemakaian dan pemanfaatan energi listrik yang besar, seperti penggunaan peralatan-peralatan yang merupakan beban listrik yang akan terus menerus mengalami perkembangan dan permasalahan yang mengikuti akan terjadi seperti halnya kualitas daya. Penggunaan beban non-linier menyebabkan terpengaruhnya kualitas daya listrik oleh beban konsumen, dimana hal tersebut mengakibatkan timbulnya harmonisa terhadap sistem tenaga listrik. Harmonisa dapat didefinisikan sebagai salah satu fenomena dalam kualitas daya yang terjadi karena adanya cacat dari gelombang arus serta tegangan. Tidak sinusoidal sebuah gelombang arus serta tegangan adalah akibat dari harmonisa, dimana akan terjadinya rugi-rugi daya, menurunnya suatu kualitas daya dan faktor daya, dan juga timbulnya kelebihan panas yang dapat menjadi pemicu kerusakan sebuah peralatan [1].

Tidaklah harus melakukan pengurangan harmonisa yang ada pada suatu sistem, namun cukup dengan tindakan penurutan sebagian harmonisa yang ada tersebut yang akan memperoleh nilai yang diizinkan yaitu dibawah tolak ukur. Pembatasan Harmonisa yang dikeluarkan International Electrotechnical Commission (IEC) merupakan pembatasan harmonisa tolak ukur yang digunakan pada penelitian ini yang memiliki pengaturan batasan beban kecil satu fasa maupun tiga fasa. Terhadap beban yang ada, tolak ukur IEC 61000-3-2 yang mengklasifikasikan saat kelas A, B, C, dan D digunakan pada umumnya.

Dalam memperbaiki kualitas daya yang turun akibat harmonisa, digunakan suatu peralatan yang dapat memitigasi harmonisa yang disebut filter harmonisa. Terdapat 3 jenis filter harmonisa yang dapat digunakan yaitu merupakan pasif, aktif, dan hybrid. Filter pasif merupakan filter yang dimana komponennya memanfaatkan bagian pasif R, L dan C. Filter ini merupakan cara paling sederhana dan ekonomis dalam mereduksi harmonisa [2][4].

Saat sekarang ini, banyak peralatan-peralatan rumah tangga yang memakai listrik. Diantaranya adalah home appliance yang terdiri dari mesin cuci, mesin pengering, mesin air, kipas angin, mixer, dan lain-lain. Peralatan-peralatan tersebut memanfaatkan motor listrik satu fasa. Penggunaan motor listrik pada berbagai industri sangat sering digunakan, dimana motor listrik tersebut sangat rentan terhadap

gangguan arus lebih dan harmonisa. Penyebab dari terjadinya harmonisa dan arus lebih ini akan mengakibatkan terjadinya panas pada kumparan motor, akibatkan akan terjadi penurunan kemampuan dari motor itu sendiri [3].

Oleh sebab itu, penggunaan filter untuk mereduksi harmonisa pada motor listrik tersebut harus dilakukan untuk memperpanjang umur peralatan tersebut. Untuk peralatan-peralatan yang memanfaatkan motor listrik satu fasa, filter pasif adalah filter yang paling sering digunakan, dimana jenis yang umum adalah single tuned filter, yang mana komponen utama dari filter harmonisa ini terdiri atas resistif (R), induktif (L), dan kapasitif (C) [4].

2. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian

Metode simulai merupakan metode yang paling sering digunakan pada penelitian dimana metode ini akan diawali pengumpulan data dan pengukuran harmonisa, acuan filter serta taksiran nilai parameter filter. Evaluasi yang dilakukan terhadap peralatan yang memanfaatkan motor listrik satu fasa, yaitu mesin cuci dan pompa air. Hasil dari evaluasi ini berupa nilai total harmonisa tegangan ($THDv$) dan nilai total harmonisa arus ($THDi$). Langkah awal yang diperlukan adalah melakukan taksiran penentuan nilai parameter filter pasif *single tuned*. Selanjutnya, hasil data pengukuran dan data hasil taksiran dimana filter dan penodelan beban akan disimulasikan oleh program Matlab. Hasil pengujian yaitu jumlah individual distorsi harmonisa arus ($IHDi$) sesudah simulasi akan diproses dengan melakukan perbandingan atas tolak ukur IEC 61000-3-2 Kelas D.

Metode Pengukuran

Pengukuran serta pengambilan data dilakukan pada mesin cuci dengan daya 135 Watt dan pompa air dengan daya 125 Watt yang memanfaatkan motor listrik satu fasa. Objek penelitian pada penelitian adalah individual harmonisa arus ($IHDi$) terbesar yang melampaui tolak ukur IEC 61000-3-2 Kelas D yang telah ditetapkan. Alat ukur yang digunakan dalam pengukuran ini memakai alat ukur Power Quality Analyzer. Skala yang diambil adalah harmonisa tegangan, harmonisa arus, faktor daya aktif, daya reaktif dan daya semu. Nilai dari setiap

orde harmonisa dan daya yang ternilai akan terlihat dari pengukuran ini, terutama terhadap daya reaktif yang dipergunakan untuk data simulasi, serta digunakan juga sebagai taksiran besaran nilai komponen filter pasif [7][8]. Hasil pengukuran akan difungsikan sebagai data untuk melakukan simulasi pada Matlab.

Menghitung Filter Pasif Single Tuned

Penentuan skala daya dari kapasitor (Q_c) terhadap keperluan daya reaktif sebagai perubahan faktor daya dengan rumus [5][7]:

$$Q_c = P \{ \tan(\cos^{-1}pf1) - \tan(\cos^{-1}pf2) \} \quad (1)$$

Keterangan:

P = Beban (kW)

pf1 = Faktor daya mula-mula diperbaiki

pf2 = Faktor daya sesudah diperbaiki

Menentukan reaktansi kapasitor (X_c), ditunjukkan dengan rumus:

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c} \quad (2)$$

Keterangan:

X_c = Reaktansi kapasitif (Ω)

V2 = Tegangan (Volt)

Q_c = Daya reaktif (VAR)

Penentuan nilai kapasitansi dari kapasitor (C), dengan rumus berikut:

$$C = \frac{1}{2\pi f_0 X_c} \quad (3)$$

Keterangan:

C = Kapasitansi kapasitor (Farad)

f_0 = Frekuensi fundamental (Hz)

Penentuan nilai reaktansi induktif dari induktor (X_L), dengan rumus berikut:

$$X_L = \frac{X_c}{h_n^2} \quad (4)$$

Keterangan:

X_L = Reaktansi Induktif (Ω)

h_n = Harmonisa orde ke n

Penentuan nilai induktansi dari induktor (L), dengan rumus berikut:

$$L = \frac{X_L}{2\pi f_0} \quad (5)$$

Penentuan nilai reaktansi karakteristik dari filter (X_n), dengan rumus berikut:

$$X_n = h_n \cdot X_L \quad (6)$$

Penentuan nilai tahanan (R) dari induktor, dengan rumus berikut:

$$R = \frac{X_n}{Q} \quad (7)$$

Keterangan:

R = Tahanan dari induktor (Ω)

Q = Faktor kualitas dari filter pasif single tuned

Tabel 1. Hasil Pengukuran Faktor Daya Peralatan

Mesin Cuci			Pompa Air		
Parameter	Satuan	Hasil	Parameter	Satuan	Hasil
V	Volt	216,3	V	Volt	216,3
I	Ampere	0,19	I	Ampere	1,03
S	KVA	0,04	S	KVA	0,22
P	KW	0,14	P	KW	0,2
Q	KVAR	0,06	Q	KVAR	0,03
PF		0,63	PF		0,75
PF ²		0,96	PF ²		0,96
Frequency	Hz	50,2	Frequency	Hz	50,2
Quality	Q	60	Quality	Q	60
Factor			Factor		
THDv		2,7	THDv		2,6
THDi		76,3	THDi		94,1

Pada tabel 2 merupakan hasil pengukuran IHDi dan IHDv dengan orde harmonisa dari pertama hingga harmonisa ke-29 dengan nilai yang berbeda disetiap orde.

Tabel 2. Hasil Pengukuran IHDi dan IHDv

Harmonisa	Mesin Cuci		Pompa Air	
	IHDi	IHDv	IHDi	IHDv
1	1,03	203,6	1,03	204,3
3	0,2574	3	0,9362	3,9
5	0,2142	3,7	0,6550	3,6
7	0,1720	1,3	0,0937	0,5
9	0,1287	1,3	0,1874	0,4
11	0,0854	1,1	0,0937	0,8
13	0,0432	0,2	0,2801	0,3
15	0,1720	0,6	0,1308	0,4
17	0,0432	0,6	0,2811	0,4
19	0,2142	0,3	0,7488	0,2
21	0,2575	0,3	0,2811	0,3
23	0,1720	0,1	0,4686	0,1
25	0,0854	0	0,0937	0
27	0,0854	0,1	0,3749	0,1
29	0,2142	0,1	0,3749	0,1

Sebelum merancang filter pasif *single tuned*, terlebih dahulu perlu memahami bahwa orde harmonisa merupakan penilaian yang

sinkron dengan tolak ukur IEC 61000-3-2 Kelas D.

Apabila nilai dari setiap orde harmonisa hasil perhitungan dari tolak ukur IEC 61000-3-2 Kelas D, maka dirancang filter pasif single tuned untuk mereduksi harmonisa, sebaliknya apabila hasil pengukuran tidak melampaui dari tolak ukur yang telah ditentukan, tidak lagi memerlukan perancangan filter untuk mereduksinya [8][9]. Perbandingan hasil penilaian dengan tolak ukur IEC 61000-3-2 Kelas D, dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 3. Perbandingan Hasil Pengukuran Mesin Cuci Terhadap Tolak ukur IEC 61000-3-2 Kelas D.

Orde Harmonisa	IHDi	IEC 61000-3-2 Kelas D Untuk P=135 Watt		Keterangan
		IHDi	P=135 Watt	
1	1,03	0,14	-	-
3	0,2574	0,474	-	Sinkron
5	0,2142	0,263	-	Sinkron
7	0,1720	0,132	-	Melampaui
9	0,1287	0,068	-	Melampaui
11	0,0854	0,046	-	Melampaui
13	0,0432	0,039	-	Melampaui
15	0,1720	0,034	-	Melampaui
17	0,0432	0,03	-	Melampaui
19	0,2142	0,026	-	Melampaui
21	0,2575	0,024	-	Melampaui
23	0,1720	0,022	-	Melampaui
25	0,0854	0,019	-	Melampaui
27	0,0854	0,018	-	Melampaui
29	0,2142	0,017	-	Melampaui

Tabel 4. Perbandingan Hasil Pengukuran Pompa Air Terhadap Tolak ukur IEC 61000-3-2 Kelas D

Orde Harmonisa	IHDi	IEC 61000-3-2 Kelas D Untuk P=125 Watt		Keterangan
		IHDi	P=125 Watt	
1	1,03	0,13	-	-
3	0,9362	0,423	-	Melampaui
5	0,6550	0,242	-	Melampaui
7	0,0937	0,118	-	Sinkron
9	0,1874	0,058	-	Melampaui
11	0,0937	0,039	-	Melampaui
13	0,2801	0,032	-	Melampaui
15	0,1308	0,028	-	Melampaui
17	0,2811	0,026	-	Melampaui
19	0,7488	0,022	-	Melampaui
21	0,2811	0,019	-	Melampaui
23	0,4686	0,018	-	Melampaui
25	0,0937	0,017	-	Melampaui
27	0,3749	0,016	-	Melampaui

29 0,3749 0,015 Melampaui

Hasil Penelitian

Menghitung Nilai Filter Pasif Single Tuned

Untuk menghitung besaran nilai filter pasif single tuned yang terdiri dari kapasitor, induktor, dan resistor, terlebih dahulu dicari nilai kapasitansi tahanan dari resistor (R). Dalam menghitung nilai kapasitor (C), induktor (L) dan resistor (R), berdasarkan hasil pengukuran faktor daya.

Menghitung Nilai Filter Pasif Single Tuned Untuk Mesin Cuci

Untuk menentukan nilai skala daya kapasitor (Qc) yang mengacu pada kebutuhan daya reaktif untuk perbaikan faktor daya, dengan rumus (1):

$$Q_c = P \{ \tan(\cos^{-1}(f_1)) - \tan(\cos^{-1}(pf_2)) \}$$

$$Q_c = 135 \{ \tan(\cos^{-1}(0,63)) - \tan(\cos^{-1}(0,96)) \}$$

$$Q_c = 135 \{ 1,23 - 0,291 \}$$

$$Q_c = 135 \{ 0,939 \}$$

$$Q_c = 126,765 \text{ VAR}$$

$$Q_c = 0,12675 \text{ kVAR}$$

Sesudah didapatkannya nilai kapasitansi dari kapasitor (Qc), selanjutnya dicari nilai dari reaktansi dari kapasitor, dengan rumus (2):

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c} = \frac{216,32}{126,765} =$$

$$X_c = 369,07 \text{ Ohm}$$

Sesudah nilai didapatkan reaktansi kapasitor (Xc), selanjutnya dicari nilai kapasitansi dari kapasitor, dengan rumus (3):

$$C = \frac{1}{2 \pi f_0 X_c} = \frac{1}{2 * 314 * 50 * 369,07}$$

$$C = 86,29 \mu F$$

Menentukan reaktansi induktif dari induktor (XL) dengan rumus (4):

$$X_L = \frac{X_c}{h_n^2} = \frac{369,07}{3}$$

$$X_L = 53,38 \text{ Ohm}$$

Sesudah mendapatkan nilai reaktansi induktif dari induktor (X_L), selanjutnya dicari kapasitansi dari induktor, dengan rumus (5):

$$L = \frac{X_L}{2\pi f_0} = \frac{41,01}{2 * 3,14 * 50}$$

$$L = 0,17 \text{ H}$$

Sesudah mendapatkan nilai kapasitansi dari induktor (L), selanjutnya dicari nilai reaktansi dari filter (X_n), dengan rumus (6):

$$X_n = hnXL = 3 * 41,01$$

$$X_n = 160,14 \text{ Ohm}$$

Menentukan nilai tahanan (R) dari induktor, dengan rumus (7):

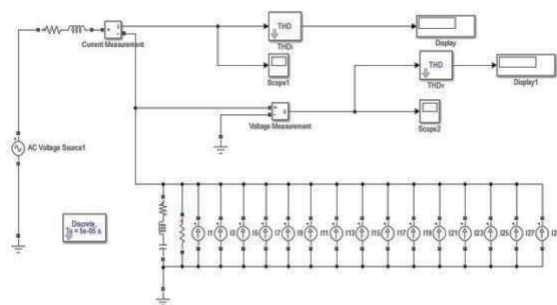
$$R = \frac{X_n}{Q} = \frac{160,14}{60}$$

$$R = 2,669 \text{ Ohm}$$

Berdasarkan taksiran nilai parameter-parameter filter pasif single tuned di atas, maka didapatlah nilai $C = 66,28 \mu\text{F}$, $L = 0,17 \text{ H}$ dan $R = 2,669 \text{ Ohm}$.

Simulasi Pemasangan Filter Pasif Single Tuned

Rangkaian simulasi yang dibuat sesudah dilakukannya pemasangan filter pasif single tuned adalah dengan menambahkan blok RLC, pada parameter yang sinkron dengan hasil nilai dari diatas. Berikut rangkaian simulasi sesudah pemasangan filter pasif single tuned:



Gambar 1. Rangkaian Simulasi Sesudah Pemasangan Filter

Hasil Simulasi Sesudah Pemasangan Filter Pada Mesin Cuci

Berdasarkan pada Gambar 1 di atas, dilakukan simulasi untuk melihat harmonisa yang terjadi dengan melakukan Fast Fourier Transform (FFT) analisis pada bagian blok Power GUI. Pada tabel 5 pada dilihat hasil yang berasal dari FFT analisis tersebut berupa nilai IHDi

Tabel 5. Hasil Simulasi Arus Harmonisa Sesudah Pemasangan Filter Pada Mesin Cuci Terhadap IEC 61000-3-2 Kelas D

Orde Harmonisa	IHDi	IEC 61000-3-2 Kelas D Untuk P=135 W	
		Ukuran	Ket
1	1,03	0,14	-
3	0,02752	0,474	Sinkron
5	0,02245	0,263	Sinkron
7	0,01812	0,132	Sinkron
9	0,01389	0,068	Sinkron
11	0,00957	0,046	Sinkron
13	0,02245	0,039	Sinkron
15	0,00957	0,034	Sinkron
17	0,00422	0,03	Sinkron
19	0,02245	0,026	Sinkron
21	0,01389	0,024	Sinkron
23	0,02270	0,022	Sinkron
25	0,01812	0,019	Sinkron
27	0,00957	0,018	Sinkron
29	0,00957	0,017	Sinkron

Berdasarkan tabel 5, poin individual harmonisa arus (IHDi) dapat dilihat sesudah pemasangan filter pasif single tuned berada dibawah nilai tolak ukur IEC 61000-3-2 Kelas D untuk power sebesar 135 Watt, sehingga nilai IHDi sesudah dipasang filter sinkron dengan tolak ukur yang diizinkan.

Menurunnya harmonisa individu menjadikan harmonisa arus semua orde harmonisa berbanding sama dengan dengan tolak ukur IEC 61000-3-2 Kelas D. Nilai perbandingan hasil simulasi sebelum hingga selesai menggunakan filter pasif single tuned RLC untuk arus harmonisa orde n dapat dilihat tabel 6 berikut ini:

Tabel 6. Perbandingan Arus Harmonisa Terhadap Mesin Cuci Sebelum dan Setelah Pemasangan Filter Pasif Single Tuned RLC

Orde Harmonisa	<i>IHDI</i> Sebelum Pemasangan Filter <i>RLC</i>	<i>IHDI</i> Sesudah Pemasangan Filter <i>RLC</i>	Keterangan
1	1,03	1,03	-
3	0,2574	0,02752	Sinkron
5	0,2142	0,02245	Sinkron
7	0,1720	0,01812	Sinkron
9	0,1287	0,01389	Sinkron
11	0,0854	0,00957	Sinkron
13	0,0432	0,02245	Sinkron
15	0,1720	0,00957	Sinkron
17	0,0432	0,00422	Sinkron
19	0,2142	0,02245	Sinkron
21	0,2575	0,01389	Sinkron
23	0,1720	0,02270	Sinkron
25	0,0854	0,01812	Sinkron
27	0,0854	0,00957	Sinkron
29	0,2142	0,00957	Sinkron

Nilai perbandingan arus harmonisa sebelum hingga sesudah pemasangan pada Tabel 6, nilai *IHDI* sebelum pemasangan filter *RLC*, yaitu nilai *IHDI* saat pengukuran, terjadi reduksi nilai *IHDI* sesudah dipasang filter *RLC*, sehingga sinkron dengan tolak ukur *IEC 61000-3-2* Kelas D.

Hasil Simulasi Sesudah Pemasangan Filter Pada Pompa Air

Berdasarkan pada Gambar 1 di atas, dilakukan simulasi untuk melihat harmonisa yang terjadi dengan melakukan *Fast Fourier Transform (FFT)* analisis pada bagian blok *Power GUI*. Hasil dari *FFT* analisis tersebut berupa nilai *IHDI*.

Tabel 7. Hasil Simulasi Arus Harmonisa Sesudah Pemasangan Filter Pada Pompa Air Terhadap *IEC 61000-3-2* Kelas D

Orde Harmonisa	<i>IHDI</i>	<i>IEC 61000-3-2</i> Kelas D Untuk <i>P=125 W</i>	Keterangan
1	1,03	0,13	-
3	0,11628	0,423	Sinkron
5	0,08137	0,242	Sinkron
7	0,01122	0,118	Sinkron
9	0,01122	0,058	Sinkron
11	0,01122	0,039	Sinkron
13	0,03502	0,032	Tidak Sinkron
15	0,01627	0,028	Sinkron

17	0,03502	0,026	Tidak Sinkron
19	0,00463	0,022	Sinkron
21	0,00463	0,019	Sinkron
23	0,00504	0,018	Sinkron
25	0,00123	0,017	Sinkron
27	0,00236	0,016	Sinkron
29	0,00236	0,015	Sinkron

Hasil simulasi arus harmonisa sesudah pemasangan filter pasif *single tuned* berada dibawah nilai tolak ukur *IEC 61000-3-2* Kelas D untuk power sebesar 125 Watt, sehingga nilai *IHDI* sesudah dipasang filter sinkron dengan tolak ukur yang diizinkan.

Menurunnya harmonisa individu menjadikan harmonisa arus semua orde harmonisa telah ditetapkan dengan tolak ukur *IEC 61000-3-2* Kelas D kecuali pada orde ke 13 dan orde ke 17. Perbandingan hasil simulasi sebelum dan setelah pemakaian filter pasif *single tuned RLC* untuk arus harmonisa orde n:

Tabel 8. Perbandingan Arus Harmonisa pada Pompa Air Sebelum dan Sesudah Pemasangan Filter Pasif *Single Tuned RLC*

Orde Harmonisa	<i>IHDI</i> Sebelum Pemasangan Filter <i>RLC</i>	<i>IHDI</i> Sesudah Pemasangan Filter <i>RLC</i>	Keterangan
3	0,9362	0,11628	Sinkron
5	0,6550	0,08137	Sinkron
7	0,0937	0,01122	Sinkron
9	0,1874	0,01122	Sinkron
11	0,0937	0,01122	Sinkron
13	0,2801	0,03502	Tidak Sinkron
15	0,1308	0,01627	Sinkron
17	0,2811	0,03502	Tidak Sinkron
19	0,7488	0,00463	Sinkron
21	0,2811	0,00463	Sinkron
23	0,4686	0,00504	Sinkron
25	0,0937	0,00123	Sinkron
27	0,3749	0,00236	Sinkron
29	0,3749	0,00236	Sinkron

Berdasarkan tabel diatas, nilai *IHDI* sebelum pemasangan filter *RLC*, yaitu nilai *IHDI* saat pengukuran, terjadi reduksi nilai *IHDI*

sesudah dipasang filter *RLC*, sehingga sinkron dengan tolak ukur *IEC 61000-3-2* Kelas D.

3. PEMBAHASAN

Pada simulasi menggunakan filter pasif *single tuned* terhadap beban mesin cuci dan pompa air yang memanfaatkan motor listrik satu *phasa*, dapat dilihat langsung perbandingan langsung harmonisa arus berdasarkan hasil pengukuran dengan hasil replikasi yang memanfaatkan filter pasif *single tuned RLC*. Dapat diperlihatkan bahwa harmonisa dapat diredam oleh filter pasif *single tuned RLC* memakai program Matlab, sehingga *Total Harmonic Distortion* arus (*THDi*) untuk beban mesin cuci dapat diturunkan sebanyak 68,24%, dari awal sebelum dipasang filter sebesar 76,3%, sesudah dipasangkan filter menjadi 8,06%. Demikian juga dengan beban pompa air, *Total Harmonic Distortion* arus (*THDi*) dapat diturunkan sebanyak 79,22%, dari awal sebelum dipasang filter sebesar 94,1%, sesudah dipasangkan filter menjadi 14,88%. Sehingga nilai harmonisa individu arus (*IHDi*) yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 9, sinkron tolak ukur *IEC 61000-3-2* Kelas D

Tabel 9. Reduksi Arus Harmonisa Untuk Mesin Cuci Sebelum dan Sesudah Pemasangan Filter Pasif *Single Tuned RLC*

	<i>IHDi</i> Sebelum Pemasangan Filter <i>RLC</i>	<i>IHDi</i> Sesudah Pemasangan Filter <i>RLC</i>	Total	Reduksi i (%)
1	1,03	1,03	-	-
3	0,2574	0,02752	0,22988	10,69
5	0,2142	0,02245	0,19175	10,48
7	0,1720	0,01812	0,15388	10,53
9	0,1287	0,01389	0,11481	10,79
11	0,0854	0,00957	0,07583	11,21
13	0,0432	0,02245	0,02075	51,97
15	0,1720	0,00957	0,16243	5,56
17	0,0432	0,00422	0,03898	9,77
19	0,2142	0,02245	0,19175	10,48
21	0,2575	0,01389	0,24361	5,39
23	0,1720	0,02270	0,1493	13,20
25	0,0854	0,01812	0,06728	21,22
27	0,0854	0,00957	0,07583	11,21
29	0,2142	0,00957	0,20463	4,47

Berdasarkan hasil reduksi arus diatas, nilai *IHDi* sebelum dan sesudah pemasangan filter pasif *single tuned RLC*, dapat direduksi dengan baik, sehingga semua orde harmonisa telah sinkron dengan tolak ukur yang ditetapkan. Pada tabel 10 dapat dilihat untuk hasil beban pompa air, reduksi nilai harmonisa untuk setiap orde nya:

Tabel 10. Reduksi Arus Harmonisa Untuk Pompa Air Sebelum dan Sesudah Pemasangan Filter Pasif *Single Tuned RLC*

	<i>IHDi</i> Sebelum Pemasangan Filter <i>RLC</i>	<i>IHDi</i> Sesudah Pemasangan Filter <i>RLC</i>	Total	Reduksi i (%)
1	1,03	1,03	-	-
3	0,9362	0,11628	0,81992	12,42
5	0,6550	0,08137	0,57363	12,42
7	0,0937	0,01122	0,08248	11,97
9	0,1874	0,01122	0,17618	5,99
11	0,0937	0,01122	0,08248	11,97
13	0,2801	0,03502	0,24508	12,50
15	0,1308	0,01627	0,11453	12,44
17	0,2811	0,03502	0,24608	12,46
19	0,7488	0,00463	0,74417	0,62
21	0,2811	0,00463	0,27647	1,65
23	0,4686	0,00504	0,46356	1,08
25	0,0937	0,00123	0,09247	1,31
27	0,3749	0,00236	0,37254	0,63
29	0,3749	0,00236	0,37254	0,63

Berdasarkan hasil simulasi pada beban mesin cuci dan pompa air, filter pasif *single tuned* menunjukkan efektivitas yang signifikan dalam mereduksi *THDi* dan *IHDi*. Beban pompa air menunjukkan reduksi yang lebih besar dibandingkan mesin cuci, yaitu hingga 79,22% untuk *THDi* dibandingkan dengan 68,24% pada mesin cuci. Hal ini menunjukkan bahwa jenis dan karakteristik beban memengaruhi efektivitas filter.

4. KESIMPULAN

Maka dari itu, dapat disimpulkan dari hasil penelitian yang dilakukan, taksiran dan simulasi filter pasif *single tuned*, maka dapat diambil kesimpulan pemasangan filter pasif *single tuned RLC*, dapat mengurangi Total Harmonic Distortion arus (*THDi*)

sebesar 68,24% dan Total Harmonic Distortion tegangan (THDv) sebesar 0,95% untuk beban mesin cuci. Sedangkan untuk beban pompa air, dapat mengurangi Total Harmonic Distortion arus (THDi) sebesar 79,22% dan Total Harmonic Distortion tegangan (THDv) sebesar 0,99%. Sesudah simulasi pemasangan filter pasif single tuned RLC, nilai Individual Harmonic Distortion arus (IHDi) dari orde ke 3 sampai pada orde ke 29, dapat mereduksi harmonisa rata-rata 13,35% pada mesin cuci dan rata-rata 7% pada pompa air, lebih rendah dari tolak ukur IEC 61000-3-2 Kelas D. Dengan pemasangan filter pasif single tuned RLC ini, dapat mereduksi nilai Individual Harmonic Distortion arus (IHDi) sebesar 19,2% untuk beban mesin cuci dan 46,62% untuk beban pompa air.

(ADALINE) to overcome voltage harmonics in power systems. *International Journal of Science, Technology & Management*, 5(1), 242-248.

- [8] Pratama, I. P. I., Manuaba, I. B. G., Partha, C. G. I., & Wijaya, I. W. A. 2024. Analisis Total Harmonic Distortion Terhadap Penambahan Filter Aktif Pada Modified Buck-Boost Inverter Untuk Mengurangi Common Mode Voltage Pada Motor Induksi. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(2), 512-519.
- [9] Maulana, F. R. 2024. Analisis Terbangkitnya Harmonisa pada Variable Frequency Drive terhadap Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fase Di PT PLN Indonesia Power Pangkalan Susu, (Doctoral dissertation, Universitas Malikussaleh).

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dugan, C Roger. 2004. *Electrical Power System Quality*. New York: McGraw-Hill.
- [2] Mustamam. 2017. Penggunaan Passive Single Tuned Filter Untuk Mereduksi Harmonisa Pada Juicer. *Journal of Electrical Technology*, Vol.2, No.3.
- [3] Lubis, Sudirman. 2018. Analisa Tegangan Keluaran Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif. *Jurnal Teknik Elektro*, Vol 1 No 1.
- [4] Yaman, Supri Hardi. 2013. Peredaman Harmonisa dan Perbaikan Faktor Daya Aplikasi Beban Rumah Tangga. *Jurnal Litek*, Vol.10, No.1.
- [5] Suryono, Adrias Ade dan Efendi, M Zainal. 2015. Penggunaan Filter Pasif Untuk Mereduksi Harmonisa Akibat Pemakaian Beban Non Linier. Surabaya, PENS Institut Teknologi Surabaya.
- [6] Akbar, A. M., Nugraha, C. F. 2024. Analisis Harmonik dan Perbaikan Nilai THD Arus dengan Perancangan Filter Pasif Single-Tuned. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 12(4).
- [7] Jamlaay, M. 2024. Three Phase Series Active Power Filter Based Adaptive Linear Neuron