

## Filter Pasif Single Tuned LC sebagai Kompensator Harmonisa Pada Beban Listrik Rumah Tangga Menggunakan Matlab Simulink

Totok Harianto<sup>1</sup>, Yanu Shalahuddin<sup>2</sup>, Diah Arie W.K.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, <sup>2,3</sup>Dosen Fakultas Teknik, Universitas Islam Kediri, Kediri

### Informasi Artikel

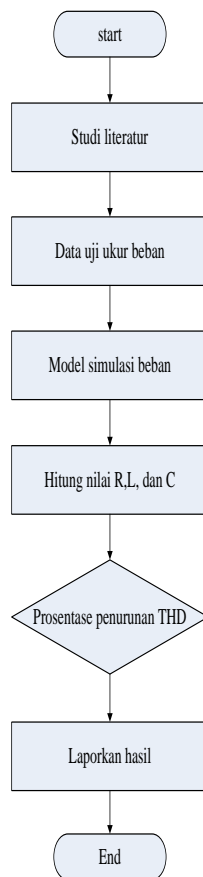
Naskah Diterima : 14 Mei 2018

Direvisi : 14 April 2018

Disetujui : 15 Juni 2018

\*Korespondensi Penulis :  
totokharianto402@yahoo.com

### Graphical Abstract



### Abstract

This research is based on the analysis of the effect of nonlinear load usage on household power consumer of 450 VA to 2200 VA power. Due to the emergence of harmonics on the electrical load of the house that is decreasing the quality of electric power so that the power factor becomes lower. In overcoming this is done designing and simulating the installation of single tuned filter consisting of resistors, inductors, and capacitors to reduce harmonics. The next stage creates the harmonics load modeling and calculates the filter values using Simulink. From the simulation results obtained THD current in each power capacity decreased by 0.27 A, 1.7 A, 0.28 A, 3.05 A. As for THD voltage is also reduced in each variation of power that is 23.67% repaired to 15.87%, 23.33% to 13.93%, 22.89% to 14.73% and 22.27% to 14.41%.

**Keywords:** total harmonic distortion, harmonics, single tuned filter, Simulink

### Abstrak

Penelitian ini berdasarkan analisa pengaruh penggunaan beban-beban non linier pada konsumen listrik rumah tangga daya 450 VA sampai 2200 VA. Akibat timbulnya harmonisa pada beban listrik rumah yaitu menurunnya kualitas daya listrik sehingga faktor daya menjadi lebih rendah. Dalam mengatasi hal tersebut dilakukan perancangan dan simulasi pemasangan single tuned filter yang terdiri dari resistor, induktor, dan kapasitor untuk mengurangi harmonisa. Tahapan berikutnya membuat pemodelan beban harmonisa dan menghitung nilai filter menggunakan Simulink. Dari hasil pengujian simulasi didapat THD arus pada masing-masing kapasitas daya mengalami penurunan yaitu sebesar 0.27 A, 1.7 A, 0.28 A, 3.05 A. Sedangkan untuk THD tegangan juga tereduksi pada tiap variasi dayanya yakni 23,67% diperbaiki menjadi 15,87 %, 23,33% menjadi 13,93%, 22,89% menjadi 14,73% dan 22,27% menjadi 14,41%.

**Kata kunci :** total harmonic distortion, harmonisa, single tuned filter, simulink

© 2018 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

## 1. PENDAHULUAN

Beban listrik rumah tangga banyak menggunakan rangkaian elektronika daya, seperti televisi, komputer/laptop, kipas angin, ac (*air conditioner*), printer, lampu hemat energi, dan peralatan listrik lainnya. Peralatan tersebut merupakan beban non linier yang dapat menyebabkan deviasi munculnya arus dan tegangan dengan frekuensinya melebihi besarnya frekuensi fundamental atau kelipatannya yang di sebut frekuensi harmonik atau harmonisa, harmonisa yang muncul akibat adanya beban-beban non linier tersebut terhubung ke sistem distribusi dan memberikan dampak menurunnya kualitas daya listrik.

Tingginya harmonisa yang terdapat pada beban listrik atau pada sistem distribusi tenaga listrik, dapat menyebabkan kualitas daya sistem menjadi lebih buruk, karena faktor daya sistem menjadi lebih rendah, bentuk gelombang tegangan sistem terdistorsi, rugi-rugi daya pada sistem meningkat, pemanasan lebih pada transformator, dan penggunaan energi listrik menjadi tidak efisien.

*Institute of Electrical Electronics Engineers (IEEE)* telah menerbitkan standar tentang batas-batas *voltage total harmonic distortion*, *current total harmonic distortion* dan pengendalian harmonik dalam sistem tenaga pada titik sambung bersama (*point of common coupling*), yaitu standar *IEEE 519-1992* dimana batas nilai thd yang di ijinakan sebesar 5%.

Untuk mengetahui cacat harmonik pada sistem kelistrikannya, maka pada tugas akhir ini akan dianalisis harmonisa pada sistem kelistrikan di rumah tangga dengan menggunakan metode filter pasif *single tuned lc* sebagai kompensator yaitu memodifikasi suatu sistem dinamik sehingga mempunyai spesifikasi yang kita kehendaki tanpa merubah bentuk fisik sistem itu sendiri dan menggunakan perangkat lunak *Matlab simulink R2015a* sebagai simulasi dan analisa..

## 2. METODE PENELITIAN

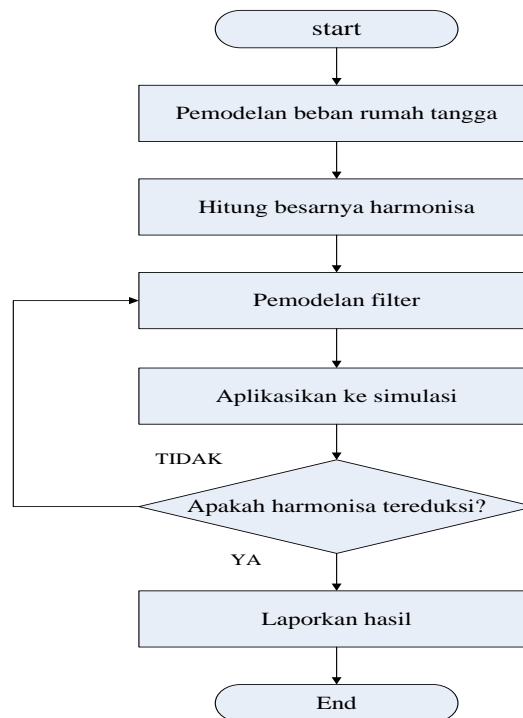
### 2.1 Metode Penelitian

Dilakukan pengumpulan data-data dan studi pustaka yang terkait karakteristik beban rumah tangga yang meliputi beberapa tahapan sebagai berikut:

- Melakukan survey dan pengukuran dengan alat ukur HIOKI 3286-20 ke pelanggan rumah tangga (450 VA sampai 2200 VA) untuk mencari data peralatan listrik yang umumnya digunakan di kelompok pelanggan ini.
- Melakukan perhitungan perancangan filter dan melakukan simulasi menggunakan software.
- Pengujian hasil rancangan filter pada masing-masing variasi beban daya listrik rumah tangga.
- Pengaruh penurunan kinerja pemasangan filter terhadap penerapan model simulasi beban harmonisa.

### 2.2 Diagram Alur Penelitian

Secara sederhana proses penelitian Filter Pasif Single Tuned LC sebagai Kompensator Harmonisa Pada Listrik Rumah Tangga Menggunakan Matlab Simulink dapat dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 2.

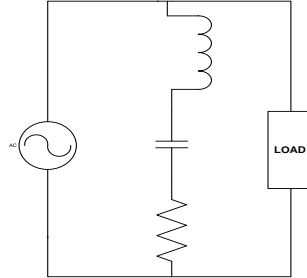


Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

2.3 Perancangan Filter Pasif

2.3.1 Filter Harmonisa

Filter ini terdiri dari induktor, kapasitor dan resistor (RLC). Rangkaian filter dapat di tala pada suatu frekuensi tertentu dimana impedansi induktor bernilai sama dengan impedansi kapasitor. Keefektifan kerja filter ditentukan oleh perubahan impedansi jaringan dan sebelum pemasangan diperlukan studi yang cermat.



Gambar 2 Rangkaian *single tuned passive filter*. [16]

Jenis perancangan filter yang di gunakan pada penelitian ini menggunakan filter pasif jenis *single tuned filter*. Filter ini selain dapat mereduksi harmonik, dapat juga memperbaiki faktor daya karena terdapat kaapasitor. Seperti yang telah di jelaskan sebelumnya, *single tuned filter* merupakan filter yang terdiri dari komponen inductor dan kapasitor yang di susun secara seri dan di pasang secara paralel pada beban.

Parameter-parameter yang terdapat pada filter yang digunakan pada simulasi matlab/simulink meliputi:[5]

- a) Nilai daya reaktif yang di gunakan untuk perbaikan faktor daya
- b) Nilai reaktansi kapasitif untuk kompensasi daya reaktif
- c) Reaktansi induktif atau reaktor filter
- d) Nilai resistansi (R) untuk faktor kualitas yang ditentukan (Q). Nilai Q pada skripsi ini adalah 50.

Perencanaan desain filter:[14]

1. Menentukan kebutuhan kapasitor sebagai perbaikan faktor daya, dengan memasukkan nilai dari pengukuran. Di asumsikan bahwa faktor daya di perbaikan menjadi 0,95. Untuk menghitung kapasitas kapasitor ( $Q_c$ ) yang di dibutuhkan di hitung menggunakan persamaan berikut :

$$Q_c = P(\tan\phi_1 - \tan\phi_2) \dots\dots\dots(1)$$

2. Dalam proses identifikasi sebelumnya telah di tentukan nilai orde harmonic yang akan di filter yaitu pada orde 3 dan penyetulan di turunkan sedikit dibawahnya, hal ini dilakukan sebagai toleransi komponen filter filter untuk mencegah resonansi yang terjadi pada sistem, sehingga diketahui sebagai berikut :

$$3 - (5\% \times 3) = 2,85 \dots\dots\dots(2)$$

3. Perhitungan nilai kapasitor (C)

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c} \quad C = \frac{1}{2\pi f \cdot X_c} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan :

- $Q_c$  = besarnya kompensasi daya reaktif yang diperlukan
- V = tegangan sistem yang di gunakan (220v)
- f = frekuensi fundamental (50Hz)

4. Menentukan nilai induktor yang dicari berdasarkan prinsip resonansi pada orde tuningnya.



$$X_L = \frac{X_C}{n^2} \quad L = \frac{X_L}{2\pi f} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan n = orde harmonik yang di tuning

5. Menghitung nilai resistansi (R) untuk faktor kualitas yang di perlukan (Q) nilai Q yaitu 50.[16]

$$R = \frac{X_n}{Q} \quad X_n = \sqrt{X_L X_C} \dots\dots\dots(5)$$

$X_n$  = karakteristik reaktansi

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran dilakukan pada beban rumah dengan daya 2200 VA yang berada di kelurahan pakunden kec. Pesantren kota Kediri. Jaringan dari gardu distribusi EM 236 pada pukul 10.00 WIB. Berikut ini adalah tabel dari nilai data uji ukur.

Tabel 1 Besar Harmonisa Arus dan Tegangan Pada Beban Daya 2200 VA.

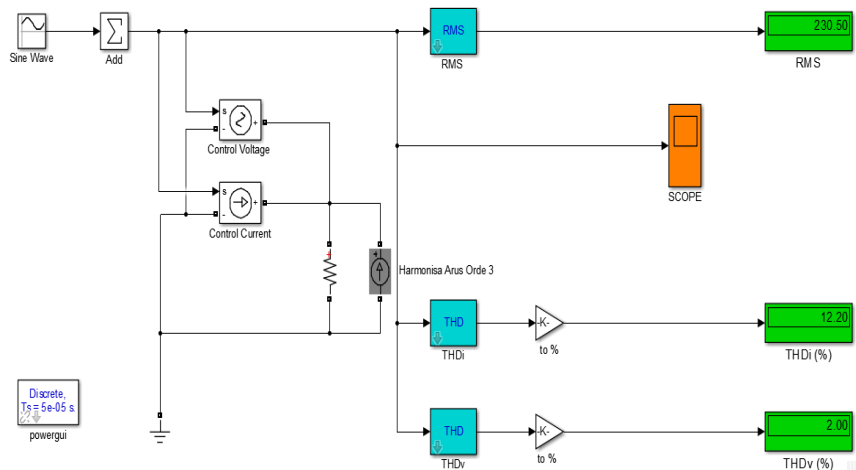
Orde ke-	I-THD %		V-THD %	
1	5,72	11,4 %	225,7	1,5 %
2	0,28	12,5 %	0,4	1,9 %
<b>3</b>	<b>0,83</b>	<b>12,2 %</b>	<b>3,4</b>	<b>2,0 %</b>
4	0,03	12,0 %	0,2	1,9 %
5	0,25	12,4 %	2,0	2,0 %
6	0,11	13,9 %	0,1	1,9 %
7	0,19	13,9 %	0,8	1,9 %
8	0,03	15,3 %	0,1	2,0 %
9	0,23	15,0 %	1,2	2,0 %
10	0,03	13,2 %	0,1	2,0 %
11	0,11	11,9 %	1,0	2,0 %
12	0,03	12,0 %	0,1	1,9 %
13	0,06	11,9 %	0,3	2,0 %
14	0,03	11,4 %	0,2	2,0 %
15	0,04	12,7 %	0,4	2,0 %
16	0,04	10,5 %	0,2	1,9 %
17	0,07	11,2 %	0,5	1,9 %
18	0,03	11,8 %	0,1	1,9 %
19	0,08	16,1 %	0,3	2,0 %
20	0,02	11,7 %	0,1	2,0 %

Setiap beban yang di ukur adalah beban non linier dan mempunyai data nilai yang berbeda-beda, berikut ini adalah tabel perbandingan karakteristik beban yang yang digunakan dalam pengukuran.

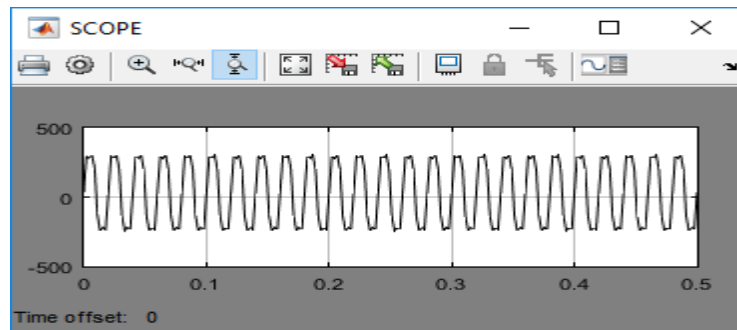
Tabel 2 Karakteristik Beban Rumah

Jenis beban	Jumlah (buah)	P (kW)	S (kVA)	Q (kVAR)	Power Factor
Lampu penerangan	9	0,293	0,321	0,129	0,92
Mesin las	1	0,063	0,106	0,093	0,60
Compressor	1	0,398	0,628	0,494	0,58
Motor pompa	1	0,226	0,350	0,267	0,68
Gerinda tangan	1	0,194	0,199	0,021	0,99
AC	1	0,208	0,253	0,123	0,87
Televisi	1	0,064	0,107	0,095	0,58





Gambar 3 Rancangan Model THD Arus dan THD Tegangan Orde 3



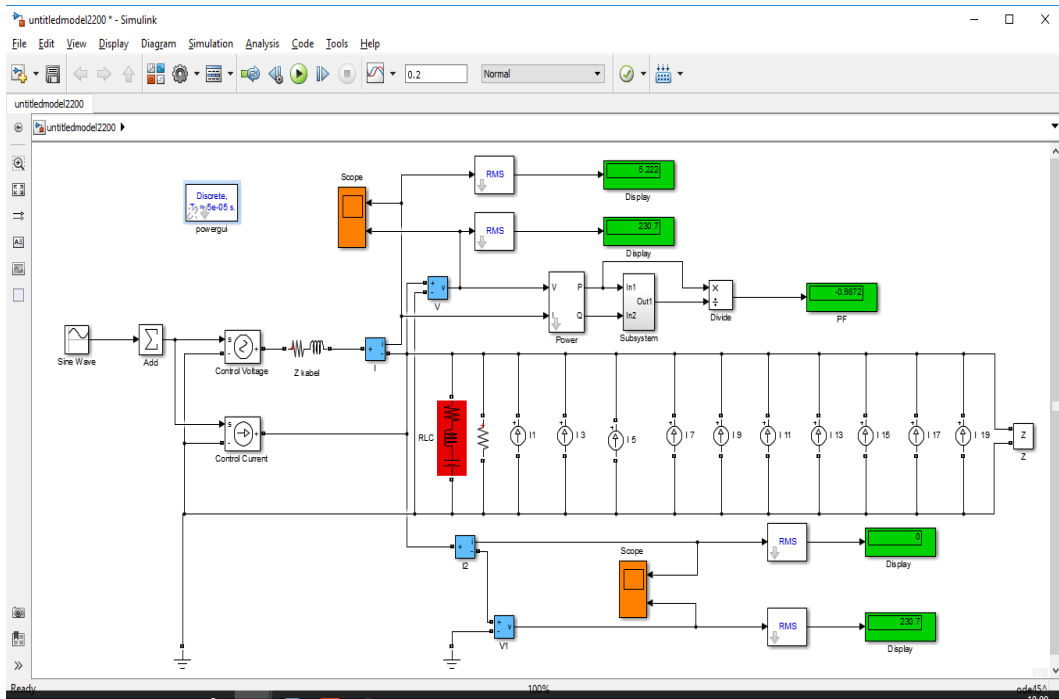
Gambar 4 Tampilan Scope

Nilai-nilai komponen filter hasil perancangan seperti pada tabel parameter berikut:

Tabel 3 Spesifikasi Filter Hasil Perancangan

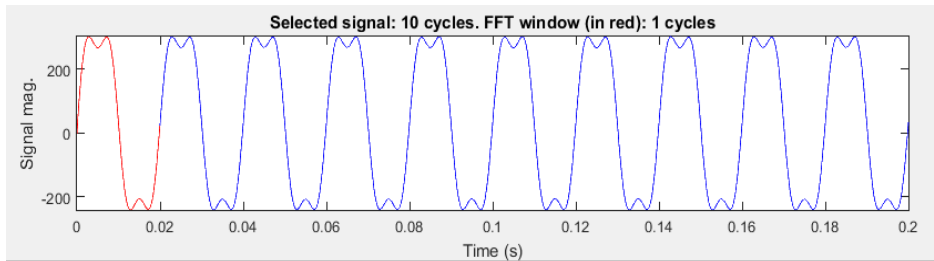
Spesifikasi	Nilai
L	70,16 mH
$X_L$	22,03 $\Omega$
C	1,76 $\mu F$
$X_C$	178,97 $\Omega$
$Q_{VAR}$	296,09 VAR
R	1,2558 $\Omega$
Rating Tegangan	0,22 KV

Simulasi menggunakan software matlab Simulink yang dilakukan dengan menggunakan filter pasif yang terdiri dari blok sumber arus harmonisa, blok sistem pengukuran dan impedansi dimodelkan sebagai berikut:

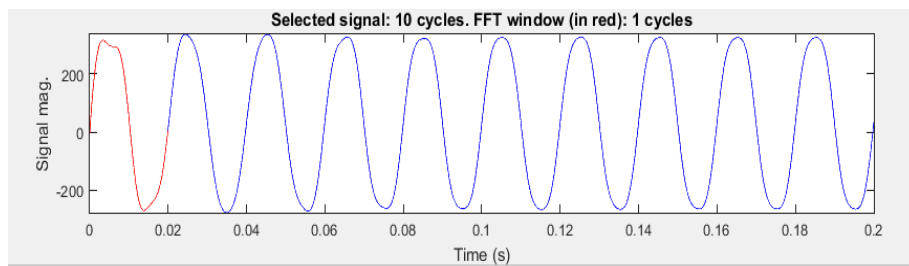


Gambar 5 Model Simulink Daya 2200 VA Dengan Pemasangan Filter

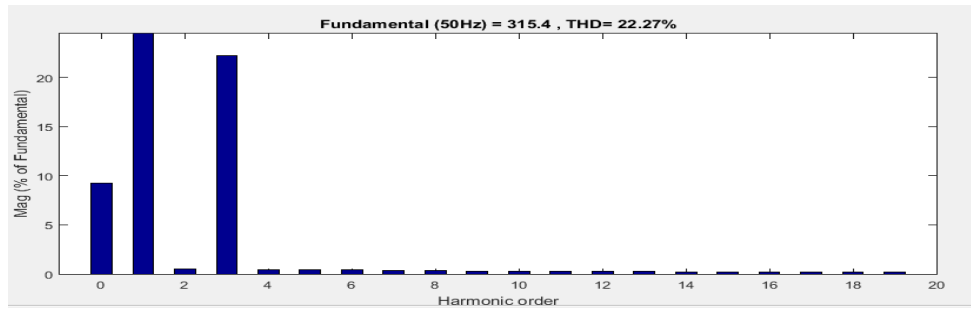
Gambar diatas adalah hasil pemodelan dan simulasi menggunakan matlab/simulink dengan pemasangan filter pasif pada parameter tabel 3.



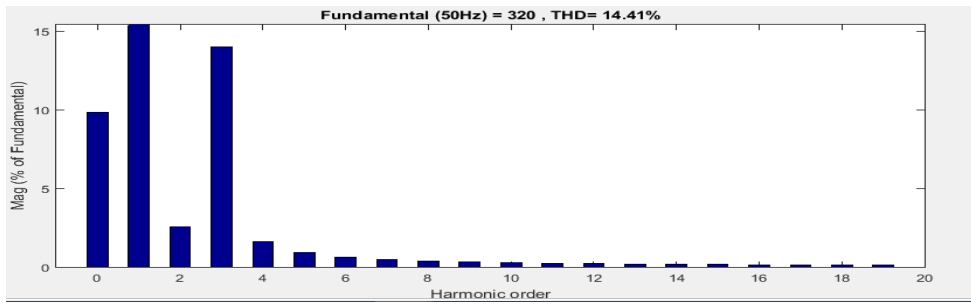
Gambar 6 Bentuk Gelombang Arus Sebelum Pemasangan Filter



Gambar 7 Bentuk Gelombang Arus Setelah Pemasangan Filter



Gambar 8 Bentuk Spektrum Tegangan Sebelum Pemasangan Filter



Gambar 9 Bentuk Spektrum Tegangan Setelah Pemasangan Filter

Berdasarkan hasil simulasi nilai harmonisa dengan menggunakan Matlab simulink besar penurunan thd arus dan prosentase thd tegangan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.14 Data Hasil Pengujian Sebelum dan Setelah Pemasangan Filter

Daya	THD arus dalam ampere (A)		
	Tanpa Filter	Dengan Filter	Total Reduksi
450 VA	1,969	1,696	0,27
900 VA	3,336	1,605	1,70
1300 VA	5,088	4,258	0,28
2200 VA	8,273	5,222	3,05

Tabel 4.15 Data Hasil Pengujian Sebelum dan Setelah Pemasangan Filter

Daya	THD tegangan dalam persen (%)		
	Tanpa Filter	Dengan Filter	Total Reduksi
450 VA	23,67	15,87	7,80
900 VA	23,33	13,93	9,40
1300 VA	22,89	14,73	8,16
2200 VA	22,27	14,41	7,86

#### 4. KESIMPULAN

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan tahapan-tahapan perancangan, pengujian, dan analisa implementasi filter harmonisa pada aplikasi beban listrik rumah tangga untuk mereduksi harmonisa yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a) Pemodelan simulink harmonisa beban listrik rumah tangga perlu dilakukan pendekatan dengan mengganti beban ke sumber arus harmonisa sehingga diketahui besarnya arus dan tegangan yang terdistorsi.
- b) Hasil yang didapat dari pengukuran secara langsung, menghitung rancangan filter dan simulasi melalui matlab pada masing-masing golongan daya dapat ditampilkan pada simulink.
- c) Dengan hasil analisa perhitungan filter harmonik dan hasil simulasi diketahui thd arus pada masing-masing daya listrik rumah tangga mengalami penurunan yaitu sebesar 0.27 A, 1.7 A, 0.28 A, 3.05 A.
- d) Dari hasil pengujian pemodelan simulasi menggunakan software Matlab simulink di dapat thd tegangan juga tereduksi yaitu pada keempat model simulink beban listrik rumah tangga yang telah di rangkai yakni 23,67% diperbaiki menjadi 15,87%, 23,34% menjadi 13,93%, 22,89% menjadi 14,73% dan 22,27% menjadi 14,41%.
- e) Pengujian simulasi dan perancangan filter mampu menurunkan nilai harmonisa arus maupun tegangan di tiap variasi beban daya rumah tangga ini membuktikan rancangan model simulink dapat diterapkan.

#### 4.1 Saran

Adapun saran yang dapat dipakai dalam pengembangan dan peningkatan performansi dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a) Diperlukan perancangan filter dengan penambahan parameter nilai resistor untuk mereduksi harmonisa, pada skripsi ini memakai perhitungan real hasil ukur listrik rumah dan hasil ukur dari model simulasi.
- b) Perhitungan filter antara data beban terukur secara langsung dengan model simulink dibuat berbeda untuk mendapatkan hasil reduksi yang cukup signifikan.
- c) Pada hitungan filter di simulink penentuan nilai daya kapasitif reaktif ( $Q_C$ ) memakai rentang nilai antara 500 hingga 9500 dengan langkah 1000 untuk mendapatkan penurunan thd yang lebih maksimal.
- d) Pemodelan pada Matlab disarankan menggunakan script yang berisi perintah-perintah bahasa program matlab pada ruang command window.
- e) Harmonisa awal yang timbul pada obyek penelitian perlu diperhatikan dan dilakukan analisa perhitungan.

#### REFERENSI

- [1]. Heri sungkowo, (2013), "Perancangan Filter Single Pasif Untuk Mereduksi Harmonisa Pada Beban Non Linier", *Jurnal ELTEK*, Vol. 11 Nomor 01, April 2013 ISSN 1693-4024.
- [2]. Evinda J.R, Ekki kurniawan, Budi setia, (2015), "Analisis Filter Harmonisa Pasif Untuk Mengurangi Harmonisa Pada Penyearah Terkendali Satu Fasa", *e- proceeding of engineer*, Universitas Telkom Vol.02 Nomor 03 Desember 2015 ISSN 2335-9365, hal. 6948.
- [3]. Radhiah, (2013), *Analisis Kesesuaian Antara Double Tuned Filter Dengan Type c-filter Pada Beban Transformator 400 kVa Politeknik Negeri Lhokseumawe*, Tesis M.T., Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [4]. Irman, (2013), "Penurunan Konsumsi Daya (VA) Peralatan Listrik Rumah Tangga Dengan Mereduksi Distorsi Harmonisa", *Jurnal ELKHA*, Vol. 05 No.2 Oktober 2013.
- [5]. Bestion alzari, (2011), *Rancang Bangun Single Tuned Filter Sebagai Alat Pereduksi Distorsi Harmonik Untuk Karakteristik Beban Rumah Tangga 2200 VA*, Universitas Indonesia, Depok.
- [6]. Adrianto, (2008), *Optimalisasi Penempatan Filter Pasif Untuk Mereduksi Daya-daya Akibat Arus Harmonik Pada Industri Baja*, Universitas Indonesia, Depok.
- [7]. Endi Sopiandi, (2009), *Perancangan Single Tuned Filter Untuk Mereduksi Harmonik Arus Dengan Simulasi Etap Powerstation 5.0.3*, Universitas Indonesia, Depok.
- [8]. Mustamam, (2017), "Penggunaan Passive Single Tuned Filter Untuk Mereduksi Harmonisa Pada Juicer", *Journal of electrical technology*, Vol.2 No.3 Oktober 2017 ISSN 2598-1099.



- [9]. Misbahul Jannah, Raihan Putri, (2017), “Meningkatkan Kualitas Daya Listrik Dengan Menggunakan Single Tuned Filter”, Prosiding Temu Ilmiah, IPLBI 2017
- [10]. Azmi Rizki Lubis, (2017), “Efektifitas Penggunaan Filter Pasif LC Dalam Mengurangi Harmonisa Arus”, *Journal of electrical technology Vol.2 No.3 Oktober 2017* ISSN 2598-1099
- [11]. Suprihardi, Yaman, (2013), “Peredaman Harmonisa Dan Perbaikan Faktor Daya Aplikasi Beban Rumah Tangga”, *Jurnal Litek (ISSN:1693-8097) Volume 10 Nomor 1, Maret 2013: Hal 35-42*
- [12]. Rizka Amalia, Refdinal Nazir, (2015), “Pemodelan Dan Simulasi Beban Non Linier 3 Fasa Dengan Metoda Sumber Arus Harmonik”, *Jurnal Nasional Teknik Elektro Vol.4 No.2 September 2015* ISSN:2302-2949
- [13]. Hari prasetijo, (2012), “Analisa Perancangan Filter Pasif Untuk Meredam Harmonik Pada Instalasi Beban Non Linier”, *Techno (ISSN:1410-8607) Vol.13 No.1 April 2012: Hal. 57-67*
- [14]. Andrias Ade, Suryono, M. Zaenal Efendi, (2015), “Penggunaan Filter Pasif Untuk Mereduksi Harmonisa Akibat Pemakaian Beban Non Linier”, PENS-ITS
- [15]. Devy Bagus Saputro, (2017), *Analisis Dan Perancangan Filter Pasif Untuk Mereduksi Harmonisa Pada Inverter 3-Fasa Menggunakan Matlab/Simulink*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta
- [16]. D.M. Soomro, M.M. Almelian, (2015), *Optimal Design of a Single Tuned Passive Filter to Mitigate Harmonics in Power Frequency*, Department Electrical Power Engineering, University Tun Hussein onn Malaysia, Malaysia
- [17]. D.C. Bonsle, R.B. Kelkar, (2011), *Design And Simulation of Single Phase Shunt Active Power Filter Using MATLAB*, Electrical Engineering Department, Gujarat Technological University Surat, India
- [18]. Sohel Uddin, Hussain Syareef, Azah Mohammed, Muhammad A Hannan, (2012), *Harmonics And Thermal Characteristics of Wattage Low Lamp*, Dept. of Electrical, Electronic & System Engineering, University Kebangsaan Malaysia, Malaysia
- [19]. Yusuf Adi Nugroho, (2017), “Analisa Total Distorsi Harmonisa Pada Sistem Tenaga Listrik Oleh Beban Induction Furnace AC Satu Fasa Dengan Discreate Fourier Transform Dan Fast Fourier Transform”, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten