

## Penggunaan *Single Tuned Filter* Untuk Memperkecil Harmonisa yang Ditimbulkan Oleh Beban *Non Linier* Pada Transformator 400 kVA

Misbahul Jannah<sup>1\*</sup>, Raihan Putri<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universitas Malikussaleh

Jl. Batam - Bukit Indah Lhokseumawe , Kode Pos 24352

**Abstrak** — Peralatan listrik seperti Ac drive, computer, LHE, Swiching power supplier, printer dan lain lain merupakan peralatan beban non linier. Banyaknya penggunaan peralatan beban non linier akan menghasilkan harmonisa seperti yang terjadi pada transformator 400 kVA di Universitas Malikussaleh Lhokseumawe. Nilai THDI yang didapat pada saat pengukuran awal sebesar 20,7 % Nilai sebesar 20,7% ini masih diatas nilai yang diizinkan oleh standart IEE 519-1992. Oleh karena itu diperlukan filter dalam memperkecil harmonisa yang timbul. Salah satu cara memperkecil harmonisa yang disebabkan oleh beban non linier tersebut adalah dengan memasang filter pasif. Filter pasif terdiri dari beberapa jenis, dalam penelitian ini filter yang sudah dicoba adalah filter pasif single tuned.

**Kata kunci:** harmonisa, single tuned filter, THD

**Abstract**— Electrical equipment such as Ac drive, computer, LHE, Swiching power suppliers, printers and others are non linear load electrical equipment. The large amount of non-linear load usage will produce harmonics as happened to the 400 kV transformer at Malikussaleh University Lhokseumawe. THDI value obtained at the time of initial measurement of 20.7% Value of 20.7% is still above the value permitted by the standard IEE 519-1992.. Therefore it needs filters to minimize the harmonics that arise. One of ways to minimize the harmonics caused by non linear loads is by installing passive filters. As they consist of several types, this research tested the single tuned passive type of filter.

**Keywords:** harmonics, single tuned filter, THD

### I. LATAR BELAKANG MASALAH

Perkembangan teknologi telah mempengaruhi sistem tenaga listrik, hal ini bisa dilihat dengan meluasnya penggunaan peralatan listrik. Dengan perkembangan teknologi ini maka memicu memburuknya kualitas daya listrik atau istilah lainnya adalah *Power Quality*.

Bentuk gelombang baik arus dan tegangan berhubungan erat dengan kualitas daya. Memburuknya kualitas daya ini bisa ditandai dengan banyaknya harmonisa.

Harmonisa adalah tanda yang muncul dari penggunaan beban listrik yang sebagian besar disebabkan oleh beban *non linier*. Pengertian harmonisa itu sendiri adalah suatu gelombang baik arus maupun tegangan tidak sinusoidal dimana frekuensinya merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi fundamentalnya. Contohnya jika frekuensi fundamentalnya 50 Hz maka harmonisa ke-2 adalah gelombang sinusoidal dengan frekuensi 100 Hz, harmonisa ke-3 gelombang sinusoidal dengan frekuensi 150 Hz dan seterusnya. Selanjutnya gelombang ini menumpang pada gelombang aslinta sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmonisanya.

Penggunaan beban listrik yang sebahagian besar adalah beban non linier merupakan penyebab timbulnya harmonisa. Dalam dunia kelistrikan ada dua beban listrik yaitu beban linier dan beban *non linier*

Yang dimaksud dengan beban linier adalah jika bentuk bentuk gelombang keluarannya adalah linier atau dengan kata lain gelombangnya tidak mengalami distorsi

dimana arus yang mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan. Sementara itu beban *non linear* adalah bentuk gelombangnya tidak lagi menggambarkan sinusoidal, ini mengakibatkan gelombang yang dihasilkan akan mengalami distorsi yang akan mengakibatkan munculnya harmonisa.

Beban *non linier* seperti AC, computer, dan lampu dengan total daya yang terpasang sebesar 95,44 kW yang ada di Universitas Malikussaleh merupakan pembangkit harmonisa yang paling dominan. Penerangan *ballast magnet* merupakan penyebab faktor daya rendah yaitu 0,45 dengan total daya terpasang 13,824 kW. Selain itu Pendingin ruangan atau AC dengan total daya terpasang 71,7 k W. Pada awal pengukuran di transformator 400 kVA di Universitas Malikussaleh THDI yang sebesar 20,7 %. THDI ini jika mengacu pada standar yang telah ditetapkan oleh IEEE – 519-1992 melebihi standart yaitu diatas 5 %.

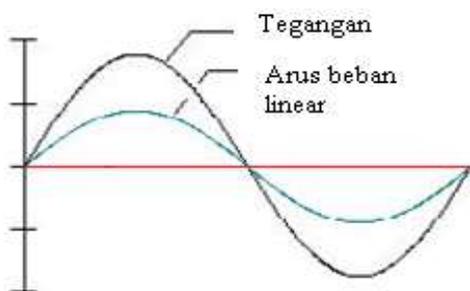
Berdasarkan paparan diatas maka diperlukan suatu cara untuk bisa memperkecil harmonisa dengan tujuan yang ingin dicapai yaitu menurunkan  $THDI$  dari 20.7% yang sesuai dengan standart *IEEE- 519 – 1992* minimal dibawah 5 % dengan menggunakan filter yaitu *single tuned filter*

### II. METODE

#### Sumber Harmonisa

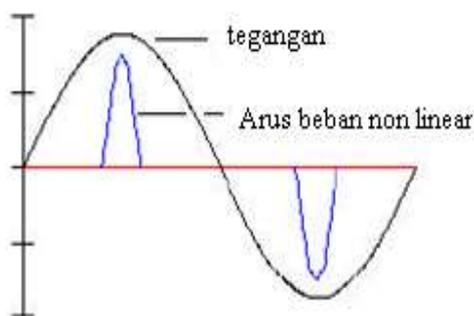
Harmonisa merupakan salah satu gangguan yang muncul pada tenaga listrik akibat terjadinya cacat gelombang baik pada arus dan tegangan. Kata harmonisa dipergunakan untuk benda akustik, yang mana artinya

getaran dari senar atau kolom udara dengan frekwensi yang biasanya merupakan kelipatan dari frekuensi dasar. Dalam sistem tenaga listrik dikenal dua beban yaitu beban linier dan beban *non linier*. Gambar 1, memperlihatkan karakteristik dari beban linier. Beban linier adalah jika bentuk bentuk gelombang keluarannya adalah linier atau dengan kata lain gelombangnya tidak mengalami distorsi dimana arus yang mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan..



Gambar 1. Karakteristik gelombang arus pada beban linier

Sedangkan beban *non linier* bentuk gelombangnya tidak lagi menggambarkan sinusoidal, ini mengakibatkan gelombang yang dihasilkan akan mengalami distorsi yang akan mengakibatkan munculnya harmonisa. Peralatan elektronika pada umumnya merupakan peralatan yang beban *non linier* yang didalamnya banyak mengandung komponen semikonduktor. Sehingga menghasilkan gangguan pada proses kerja yaitu gelombang arus tidak lagi sinusoidal. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Karakteristik gelombang arus pada beban non linier

Dengan meluas dan banyaknya penggunaan beban *non linier*, gelombang sinusoidal ini mengalami cacat sehingga menimbulkan harmonisa atau dengan kata lain beban *non linier* merupakan sumber harmonisa. Ada beberapa contoh beban *non linier* yang menimbulkan harmonisa diantaranya lampu hemat energy, *air condition*, *computer*, *UPS*, *adjustable speed drive*, *printer*.

**Indeks Pengukuran**

Dalam melakukan pengukuran terhadap harmonisa ada beberapa hal penting yang harus diketahui yaitu *Total harmonic Distorsion (THD)* dan *Total Demand Distorsion (TDD)*.

a) *Total Harmonic Distorsion (THD)*

*Total Harmonic Distorsion (THD)* adalah persentase yang menunjukkan total komponen harmonisa dengan komponen fundamentalnya. [1,2,4]

*THD<sub>V</sub>* untuk gelombang adalah:

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Dimana ;

- $V_1$  = Tegangan fundamental
- $V_h$  = Tegangan harmonisa ke -  $h$
- $h = 2,3,4,5,\dots$

*THD* untuk gelombang arus adalah

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Dimana ;

- $I_1$  = Arus fundamental
- $I_h$  = Arus harmonisa ke -  $h$
- $h = 2,3,4,5,\dots$

b) *Total Demand Distorsion (TDD)*

Yang dimaksud dengan *total demand distorsion (TDD)* adalah total kandungan harmonisa atau banyaknya kandungan harmonisa yang diukur berdasarkan arus beban atau  $I_L$

Persamaan yang digunakan untuk menentukan *TDD* adalah sebagai berikut:

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_L} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Dalam menganalisa distorsi harmonisa terdapat dua cara yaitu limitasi untuk tegangan harmonisa dimana IEEE 519 -1992 merupakan standart yang digunakan dan limitasi untuk distorsi arus dimana rasio  $I_{sc}/ I_L$  sebagai standart yang dipakai.

Tabel 1. Standart harmonisa arus [5,6]

$I_{sc}/ I_{Load}$	Orde Harmonisa (dalam %)					Total Harmonic Distorsion
	<11	11-16	17-22	23-24	>35	
< 20	4	2	1.5	0.6	0.3	5
20-50	7	3.5	2.5	1	0.5	8

50-100	10	4.5	4	1.5	0.7	12
100-1000	12	5.5	5	2	1	1.5
>1000	15	7	6	2.5	1.4	20

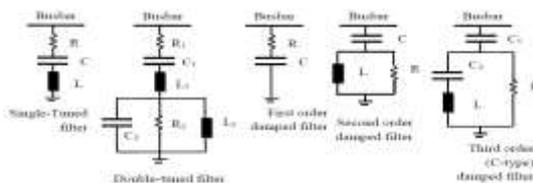
Tabel 2 dibawah ini merupakan standart harmonisa tegangan .

Tabel 2. Standart harmonisa tegangan [5,6]

Maximun Distorsion (Dalam %)	Tegangan Sistem		
	< 69 kV	69-138 kV	>138 kV
Individual Harmonic	3	1.5	1
Total Harmonic	5	2.5	1.5

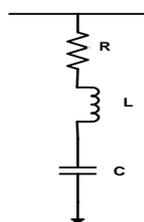
**Filter Pasif**

Salah satu alat yang dapat digunakan dalam mengatasi harmonisa dalam memperbaiki factor daya adalah filter pasif. Filter pasif terdiri dari komponen –komponen seperti inductor (L) kapasitor (C) dan resistor (R) [2,7,8]. Ada beberapa tipe dari rangkaian filter pasif yaitu single tuned filter, filter orde dua, filter orde tiga dan tipe C, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Tipe dari rangkaian filter pasif

**Single Tuned Filter**



Gambar 4. Single Tuned Filter

Gambar 4 diatas merupakan gambar rangkaian dari single tuned filter yang terdiri komponen – komponen resistor, inductor dan kapasitor yang dihubungkan dengan cara seri.

Prinsip kerja dari single tuned filter adalah jika arus mempunyai frekuensi yang sama dengan frekuensi resonansi maka arus tersebut akan diblokkan melalui filter. Sinle tuned filter pada frekuensi resonansi memiliki impedansi yang kecil.

Persamaan yang digunakan untuk menentukan besarnya impedansi pada single tuned filter adalah sebagai berikut:

$$Z_F = R + j(X_L - X_C) \dots \dots \dots (4)$$

**Perancangan parameter Single Tuned Filter**

Merancang parameter Single tuned filter gunanya adalah untuk menentukan besarnya komponen-komponen dari single tuned filter tersebut. Adapun langkah –langkah dalam merancang single tuned filter untuk orde harmonisa ke-h:

1. Menentukan ukuran kapasitor yang mengikuti kebutuhan daya reaktif dalam memperbaiki factor daya. Dimana daya reaktif kapasitor adalah

$$\Delta Q = P (\tan \phi awal - \tan \phi target) \dots \dots (5)$$

2. Menentukan reaktansi kapasitor

$$X_c = \frac{V^2}{\Delta Q} \dots \dots \dots (6)$$

3. Menentukan kapasitansi kapaitor

$$C = \frac{1}{2\pi f o X_c} \dots \dots \dots (7)$$

4. Menentukan reaktansi induktif

$$X_L = \frac{X_c}{h_n^2} \dots \dots \dots (8)$$

5. Menentukan Induktansi

$$L = \frac{X_L}{2\pi f o} \dots \dots \dots (9)$$

6. Menentukan tahanan (R) dari inductor

$$R = \frac{X_n}{Q} A \dots \dots \dots (10)$$

**Perhitungan Hubung Singkat Dan batas Harmonisa**

- a). Perhitungan hubung singkat

Dalam perancangan filter yang akan digunakan dalam minimalisasi harmonisa ada perhittunganarus hubung singkat yang ditentukan dengan persamaan- persamaan berikut:

$$I_{base} = \frac{Daya_{base}}{Tegangan_{Base}} \dots \dots \dots (11)$$

$$Z_{SC} = \frac{MVA_{base}}{MVA_{SC}} \dots \dots \dots (12)$$

$$MVA_{SC} = \frac{MVA_{base}}{Z_{SC}} \dots \dots \dots (13)$$

$$Z_{base} = \frac{KV^2}{MVA} \dots \dots \dots (14)$$

$$Z_{trafo} = Z_{pu} \times Z_{bas} \dots \dots \dots (15)$$

$$R_{trafo} = \frac{P_r}{I^2} \dots \dots \dots (16)$$

Nilai induktansi transformator (L) pada frekuensi fundamental yaitu

$$L = \frac{X_L \text{ trafo}}{2\pi f} \dots \dots \dots (17)$$

Arus hubung singkat pada

$$I_{SC} = \frac{V}{Z_S} \dots \dots \dots (18)$$

**Perhitungan short circuit ratio (SCR)**

Short circuit ratio (SCR) adalah perbandingan antara arus dengan arus beban rata-rata dari pengukuran. SCR digunakan untuk menentukan batas arus harmonisa sesuai dengan standart IEEE 519-1991, dimana SCR sendiri bisa didapat:

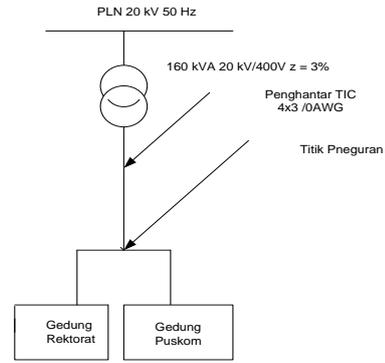
$$SCR = \frac{I_{SC}}{\sqrt{2} \times I_{beban}} \dots \dots \dots (19)$$

$I_{beban}$  itu sendiri merupakan nilai arus fundamental dari pengukuran pada bus PCC utama

Metodelogi yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode simulasi dengan data ukur yang didapat dari pengukuran. Power Q plus merek METREL merupakan alat ukur yang digunakan dalam mengukur harmonisa dan faktor daya.

**Lokasi Penelitian**

Gedung Rektorat - Puskom Universitas Malikussaleh merupakan salah satu pelanggan tegangan menengah 20 kV dengan golongan tarif S-4 PT PLN (Persero) wilayah Aceh. Sumber tegangan disuplai dari jaringan tegangan menengah (TM) 20 kV ke gardu distribusi TR metering PLN melalui HUTM (Hantaran Udara Tegangan Menengah). Kemudian dari transformator tersebut disambung ke panel utama melalui kabel TIC 4x3/0 AWG atau 85 mm<sup>2</sup> dengan jarak 400 meter dan selanjutnya dibagi ke panel utama beban antara lain ke gedung Rektorat - Puskom Universitas Malikussaleh



Gambar 5. Titik Pengukuran harmonisa

**Data Penelitian**

Untuk menentukan parameter single tuned filter pelaksanaan penelitian dimulai dengan mendapatkan data tranformator dan impedansi saluran.

**Data Spesifikasi Transformator Distribusi**

- Kapasitas daya Transformator 3 fase 400 kVA,
- Tegangan 20 kV/400 V
- Hubungan Dyn5
- Impedansi Zsc : 3%
- Pendingin minyak : Diala B
- Kenaikan suhu minyak: 55°C

**b. Data Spesifikasi kabel**

Kabel yg digunakan jenis TIC 4x3/0 AWG dari transformator ke panel utama dengan panjang 400 meter .

**Data Pengukuran di Panel Utama Dengan METREL**

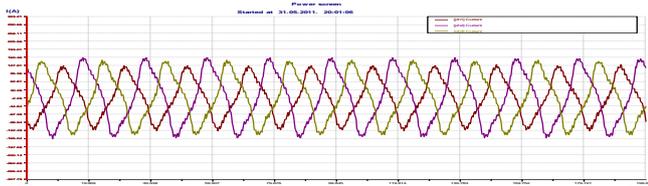
Pengukuran karakteristik harmonisa pada panel utama gedung Universitas Malikussaleh dilakukan dengan menggunakan alat ukur harmonisa. Parameter data yang dapat diambil adalah komponen harmonisa tegangan, komponen harmonisa arus, factor daya, daya reaktif dan daya semu seperti tertampil pada tabel 3 berikut.

Tabel. 3. Data hasil pengukuran tegangan dan arus harmonisa orde h.

Order harmonis a (h)	Line-1 V1(Volt)	Line-2 V2(Volt)	Line-3 V3(Volt)	Line-1 I1(Ampere)	Line-2 I2(Ampere)	Line-3 I3(Ampere)
0	0	0.1	0.2	0.155	0.003	0.203
1	210.9	214.1	208.8	75.918	97.395	88.98
2	0.1	0.1	0.1	0.235	0.63	0.166
3	1.6	1.4	1.1	13.444	17.112	17.781
4	0	0.1	0	0.139	0.191	0.012
5	3.5	3.9	3.5	2.284	3.998	3.161
6	0	0	0	0.049	0.161	0.081
7	2	1.8	2.5	1.418	1.079	3
8	0	0.1	0	0.064	0.15	0.131
9	0.5	0.8	0.5	1.234	1.936	1.644
10	0	0	0	0.096	0.193	0.076
11	0.1	0.7	0.6	0.839	0.785	0.418

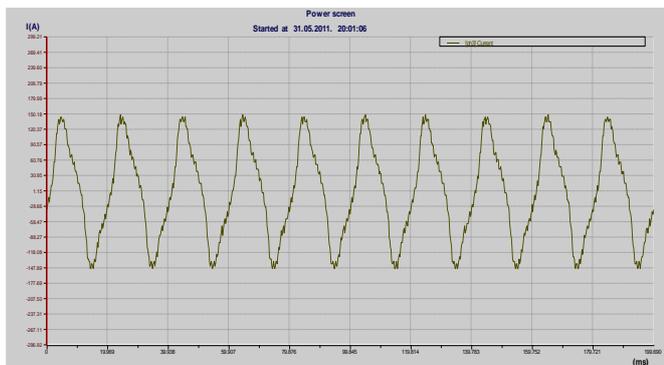
12	0.1	0.1	0.1	0.088	0.124	0.029
13	0.8	0.6	0.7	0.666	0.133	0.647
14	0	0	0	0.043	0.118	0.016
15	0.5	0.6	0.5	0.31	0.49	0.175
16	0	0	0	0.156	0.073	0.082
17	0.6	0.2	0.7	0.406	0.087	0.23
18	0	0	0	0.085	0.133	0.041
19	0.5	0.1	0.5	0.242	0.05	0.299
20	0	0	0	0.074	0.078	0.125
21	0.3	0.1	0.2	0.148	0.105	0.231
22	0.2	0.1	0.1	0.386	0.416	0.385
23	0.6	0.2	0.4	1.162	0.992	0.925
24	0.1	0.2	0.1	0.466	0.493	0.419
25	0.1	0.1	0.2	0.154	0.184	0.126
26	0	0.1	0	0.195	0.135	0.208
27	0	0.1	0.1	0.231	0.021	0.169
28	0.1	0	0	0.083	0.094	0.033
29	0	0	0	0.214	0.054	0.132
30	0.1	0	0	0.129	0.061	0.093
31	0.1	0.1	0.1	0.041	0.095	0.186
32	0	0	0.1	0.176	0.17	0.133
33	0.1	0.1	0	0.053	0.056	0.135
34	0.1	0.1	0.1	0.086	0.057	0.205
35	0.1	0.1	0.1	0.104	0.031	0.047
36	0	0	0	0.141	0.067	0.13
37	0.1	0.1	0.1	0.039	0.153	0.057
38	0	0.1	0	0.043	0.115	0.172
39	0.1	0.1	0	0.16	0.119	0.103
40	0.1	0	0.1	0.162	0.182	0.132
41	0	0.1	0.1	0.022	0.175	0.096
42	0	0	0	0.111	0.095	0.113
43	0.1	0	0.1	0.127	0.21	0.068
44	0.1	0	0	0.24	0.114	0.053
45	0	0	0	0.105	0.175	0.033
46	0.1	0.1	0.1	0.08	0.138	0.096
47	0.1	0.2	0.1	0.28	0.625	0.438
48	0	0.1	0.1	0.115	0.095	0.217
49	0	0	0	0.043	0.138	0.082
THD	2.20%	2.20%	2.20%	18.30%	18.30%	20.70%

Bentuk gelombang hasil pengukuran gelombang tegangan dan arus untuk tiga fasa dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Hasil Pengukuran bentuk gelombang arus tiga fasa

Gambar bentuk gelombang arus hasil pengukuran dengan THDI sebesar 20,7 % dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 7. Bentuk gelombang arus hasil pengukuran dengan THDI sebesar 201,7% dengan arus RMS sebesar 90,87%

Dengan menggunakan alat ukur *Power Q plus M! 2492 (Merk METREL)* maka diperoleh THD I sebesar 20,7 %. Tabel 3 memperlihatkan harmonisa arus orde ke 3 dan ke 5

dimana pada orde tersebut masih melebihi standart IEEE 519-1992 yaitu untuk orde ke 3 sebesar 17,781% dan untuk orde ke 5 sebesar 3,161% dengan arus fundamental sebesar 88,98%. Sementara itu untuk orde harmonisa yang lainnya masih dibawah kondisi yang diizinkan oleh standart. Pemodelan pemakaian *single tuned filter* dengan MATLAB/ Simulink sesuai dengan data pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui hasil yang peredaman harmonisa dan perbaikan faktor daya sistem.

**Perhitungan Hubung Singkat Dan Batas Harmonisa**

Dari data spesifikasi transformator distribusi dengan kapasitansi transformator 3 fasa 400 kVA, 20 kV/400 V, dengan impedansi hubung singkat  $Z_{SC} = 3\% (0.30pu)$ .

Dimana :

MVA Base = 016 MVA

kV base sekunder = 0,4 kV

Untuk menentukan arus dasar sesuai dengan persamaan (11) yaitu

$$I_{base} = \frac{160000}{1,732 \times 400}$$

Untuk menentukan MVA hubung singkat sesuai dengan persamaan (13) yaitu

$$MVA_{sc} = \frac{0,16}{0,03} = 5,33 \text{ MV}$$

Untuk menentukan impedansi dasar sesuai dengan persamaan (14)

$$Z_{base} = \frac{KV^2}{MVA} = 1 \Omega$$

Sehingga nilai impedansi transformator ssuai dengan persamaan (15)

$$Z_{trafo} = Z_{pu} \times Z_{bas} = 0,03 \Omega$$

Nilai induktansi transformator (L) pada frekuensi 50 Hz dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (17)

$$L = \frac{X_L \text{ trafo}}{2\pi f} = 0,0955 \text{ omh}$$

Untuk mengetahui arus hubung singkat pada panel utama gedung Universitas Malikussaleh sesuai dengan Persamaan (18) dimana terlebih dahulu dihitung nilai impedansi total sistem dari transformator ke panel utama dari lkasi penelitian.

Zs yaitu:

$Z_s \text{ sistem} = 0,03 + 0.139 + j0.1286 = 0,169 + j0,1286$

$Z_s \text{ system} = 0.2124$

$$I_{sc} = \frac{V_{sc}}{Z_s}$$

$$= \frac{230}{0.2124} = 1083,1 \text{ A}$$

Arus beban nominal sebesar  $I_L = 160000/(1,732 \times 400) = 231 \text{ A}$

Maka harga dari SCR (*Short Circuit Ratio*) yang dipakai untuk menentukan batas arus harmonisa sesuai standar IEEE 519-1992 pada sistem kelistrikan sesuai dengan Persamaan (19) di gedung Universitas Malikusaleh

$$SCR = \frac{I_{sc}}{\sqrt{2} \times I_{beban}}$$

$$= \frac{1083,1}{325,68} = 3.3298$$

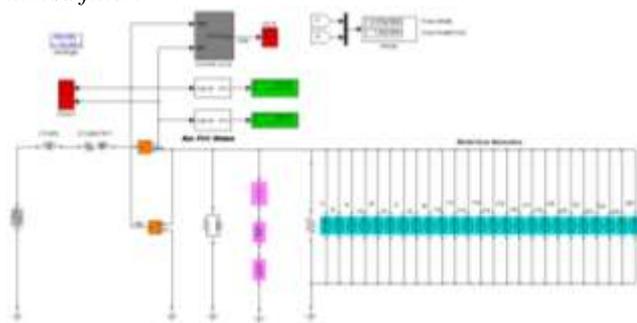
Nilai SCR masih dibawah nilai 20, maka sesuai Tabel 2. batas tegangan harmonisa standar IEEE 519-1992 yaitu THD<sub>1</sub> sebesar 5%.

Setelah didapat perhitungan hubung sigkat maka parameter *single tuned filter* dapat ditentukan sesuai dengan persamaan – persamaan dalam perancangan filter. Tabel 4 berikut merupakan impedansi dan parameter filter setelah dihitung.

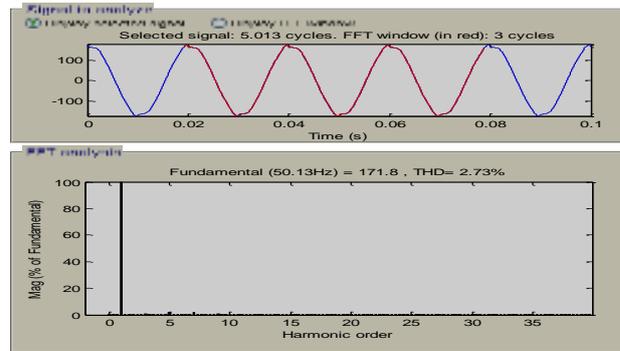
Tabel 4. Impedansi dan parameter filter setelah dihitung

Impedansi dan parameter filter	Nilai	Satuan
Impedansi trafo	j0,03	Ohm
Impedansi saluran TIC 400 m	0.139+ j0.1286	Ohm
<b>Parameter single tuned filter</b>		
Kapasitor C1	580	uF
Reaktansi induktor filter L	1,95	mH
Resistansi R filter	0,006133	Ohm

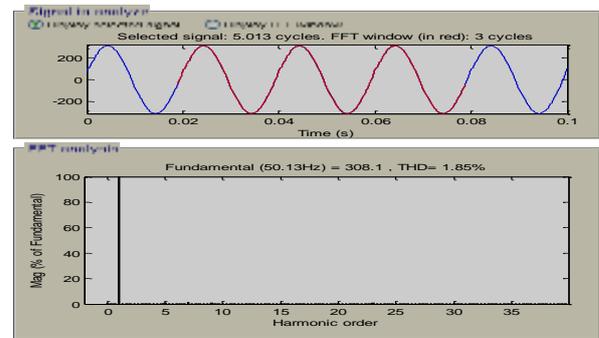
Dari data tabel 4 yaitu data impedansi dan parameter filter setelah dihitung maka simulasi MATLAB dapat dilakukan guna meperkecil harmonisa dengan menggunakan *single tuned filter*.



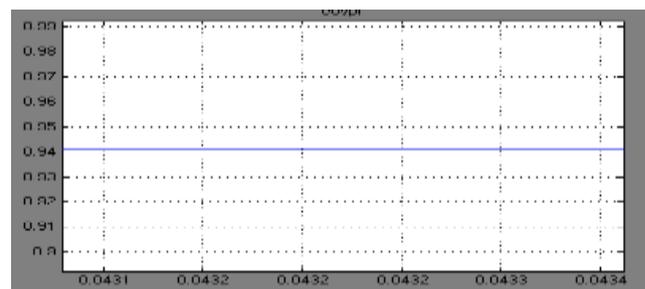
Gambar 8. Rangkaian Simulasi *Single tuned filter*



Gambar 9. Bentuk gelombang arus dan bentuk spectrum setelah menggunakan *single tuned filter*.



Gambar 10. Bentuk Gelombang tegangan dan bentuk spektrum setelah menggunakan *single tuned filter*



Gambar 11. Nilai faktor daya setelah menggunakan *single tuned filter*

Tabel 5. Data hasil pengujian MALTAB/ Simulink tegangan dan arus harmonisa orde h setelah menggunakan *single tuned filter*

Harmonisa orde h	V max %	V max (Volt)	I max %	I max (Amp)
1	100.00%	308.15	100.00%	171.82
3	0.15%	0.48	0.51%	0.95
5	0.83%	2.44	1.71%	2.99
7	1.16%	3.30	1.71%	2.91
9	0.82%	2.26	0.94%	1.56
11	0.25%	0.67	0.24%	0.38
13	0.46%	1.18	0.36%	0.56
15	0.14%	0.34	0.10%	0.14
17	0.20%	0.49	0.13%	0.18
19	0.29%	0.68	0.16%	0.22
21	0.24%	0.55	0.12%	0.16
23	1.04%	2.29	0.47%	0.61

25	0.15%	0.32	0.06%	0.08
THD		1,85%		2,73%
Cos φ	0,945			

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengukuran dan perhitungan semua komponen untuk merancang *single tuned filter* maka tabel 6 di bawah ini diperoleh orde harmonisa setelah menggunakan *single tuned filter*

Tabel 6. Kondisi harmonisa sebelum dan setelah menggunakan *single tuned filter*

Harmonisa orde h	Kondisi Sebelumnya		Setelah menggunakan <i>single tuned filter</i>	
	$I_{RMS}$ %	$I_{RMS}$ (Ampere)	I %	$I_{max}$ (Ampere)
1	100.00	88.98	100	171.82
3	19.98	17.781	0.51	0.95
5	3.55	3.161	1.71	2.99
7	3.37	3	1.71	2.91
9	1.85	1.644	0.94	1.56
11	0.47	0.418	0.24	0.38
13	0.73	0.647	0.36	0.56
15	0.20	0.175	0.10	0.14
17	0.26	0.23	0.13	0.18
19	0.34	0.299	0.16	0.22
21	0.26	0.231	0.12	0.16
23	1.04	0.925	0.47	0.61
25	0.14	0.126	0.06	0.08
THD		20,7%		2,73%

Dari tabel 3 terlihat orde harmonisa 3 dan 5 untuk tegangan adalah 1,1,% dan 3,5 % dengan  $THD_v$  total 2,2%. Sedangkan orde harmonisa 3 dan 5 untuk arus yang merupakan orde harmonisa tertinggi dari pengukuran yaitu 17,781% dan 3,161% dengan  $THD_i$  20,7%. Tabel 5 merupakan hasil simulasi MATLAB/SIMULINK *single tuned filter* dimana harmonisa tegangan dan harmonisa arus semua orde sudah kecil hal ini sudah sesuai dengan standart *IEEE 519-1992*. Dengan menggunakan *single tuned filter* harmonisa ke 3 dan ke 5 untuk tegangan menjadi 0,15% dan 0,83% dengan  $THD_v$  total 1,83%. Untuk orde harmonisa ke 3 dan ke 5 untuk arus setelah dipasang *single tuned filter* menjadi 0,51% dan 1,71% dengan  $THD_i$  2,73%. Ini bisa dilihat pada tabel 5.

V. KESIMPULAN

Sesuai dengan rumusan masalah dimana nilai *THD* arus yang besar terjadi di gedung Universitas Malikussaleh sebesar 20,7% dimana nilai ini masih diatas standart *IEEE 519-1992* minimal dibawah 5% maka diperlukan suatu cara memperkecil harmonisa yaitu dengan menggunakan *single tuned filter*. Dengan menggunakan *Single tuned filter* mampu memperkecil harmonisa dari *THD* arus sebesar 20,7% menjadi 2,73%, dengan faktor daya sebesar 0,945.

Jelas tergambar bahwa menggunakan *single tuned filter* adalah salah satu pilihan yang tepat dalam meningkatkan kualitas daya listrik .

REFERENSI

- [1] Arrilaga J, Bradley D.A and Bodger P.S, *Power System Harmonics*, John Wiley & Sons, 1985.
- [2]. Arrilaga J, and Watson, N. R, *Power System harmonics*, John Wiley & Sons, 2003.
- [3] Chakphed Madharad and Mark “McGranaghan, Harmonic Filter Design For Induction Furnace Load in 22 kV Distribution System” Provincial Electricity Authority (PEA) Thailand, Tahun 2008
- [4] D.A Gonzales and J. C McCall, “Design of filter to reduce harmonic distorsion in industrial power systems” *IEEE Trans. Ind. Application*, vol IA -23, pp.504511, May / June 1987.
- [5] Dugan, Roger. C, and McGranaghan, Mark.F and Surya Santoso and Beaty Wayne. H, *Electrical Power System Quality*, McGraw-Hill Companies,2004.
- [6] Gonen, Turan, *Electric Power Distribution Sistem Engineering*, Mc Graw. Hill Book Compony, 1986.
- [7] Grady Mack , *Understanding Power System Harmonic*, University of Texas at Austin, 2005
- [8] IEEE Guide for *Application of shunt Power Capasitors*, IEEE Standard 1036-1992.
- [9] IEEE Rekomemended *Practices and requirements for harmonic Control in Electrical Power Systems*. IEEE standart 519-1992.
- [10] Irianto. C, Sukmadjaya. M, Wisnu. A, “Mengurangi Harmonisa Pada Transformator 3 Fasa” *Jetri*, Volume 7, No 2, 2008.
- [11] Kusko Alexander and Thompson Mark. T, *Power Quality Elecrical System*, Mc Graw – Hill D.C. 2007.
- [12] Prasetyo,T. 2003 “Pengaruh Harmonik Pada Motor Listrik Dan Penanganannya”*Jurnal Teknik Gelagar*, Vol 14, No 02.
- [13] T. Messikh, S. Mekhilef, and N.A. Rahim, *Adaptive Notch Filter For Harmonic Current Mitigation*, *International Journal Of Electrical And Information Enggineering*, 2008
- [14] Wakileh G. J, *Power Sytem Harmonics : fundamental, analisys and filter design*, Springer Velag Press, 2001.
- [15] Xiao Yao. “The method for designing the third orde filter” *Proceeding of the 8- th international conference on Harmonics and Quality of Power*.