

# Meningkatkan Kualitas Daya Listrik dengan Menggunakan *Single Tuned Filter*

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

<sup>1</sup> Elektronika Daya/Teknik Elektro/Arus Kuat, Teknik Elektro/ Fakultas Teknik/Universitas Malikussaleh.

<sup>2</sup> Sistem Distribusi/Teknik Elektro/Arus Kuat, Teknik Elektro/ Fakultas Teknik/Universitas Malikussaleh.

Korespondensi : mjannah@unimal.ac.id

## Abstrak

Kualitas daya listrik merupakan suatu hal yang sangat penting dalam sistem kelistrikan. Seiring dengan banyaknya penggunaan peralatan listrik khususnya beban *non linier* maka akan mengakibatkan berkurangnya kualitas daya listrik. Kualitas daya listrik yang buruk ditandai dengan tingginya kandungan harmonisa. Harmonisa merupakan suatu fenomena yang timbul dari pengoperasian beban listrik yang sebahagian besar disebabkan oleh beban *non linear*. Oleh karena itu diperlukan filter pasif dalam meminimalisir harmonisa tersebut. Fiter pasif yang digunakan untuk meningkatkan kualitas daya listrik dalam meminimalisir harmonisa adalah dengan menggunakan *single tuned filter*.

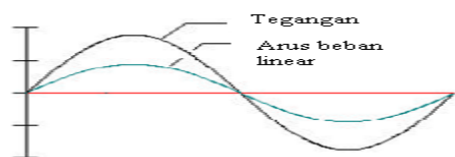
**Kata-kunci** : kualitas daya listrik, harmonisa, *single tuned filter*

## Pendahuluan

Di era globalisasi yang terus berkembang seperti sekaran telah mempengaruhi sistem tenaga listrik, fenomena ini bisa dilihat dari penggunaan peralatan listrik di setiap tempat. Listrik sudah menjadi kebutuhan pokok bagi setiap orang. Dengan banyaknya penggunaan peralatan listrik maka hal ini sangat mempengaruhi kualitas sistem tenaga. Kualitas daya listrik berhubungan erat dengan kualitas daya atau sering disebut *Power Quality*.

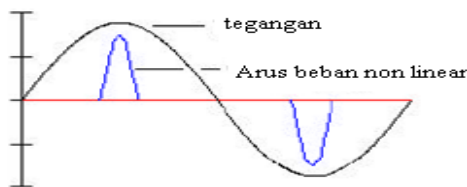
Munculnya harmonisa dalam sistem tenaga listrik akan mengakibatkan kualitas daya menjadi sangat tidak baik. Harmonisa merupakan suatu fenomena yang timbul dari pengoperasian beban listrik yang sebagian besar disebabkan oleh beban non linier, dimana pada awalnya harmonisa merupakan perkalian bulat dengan frekuensi fundamental. Sebagai contoh frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50 Hz, maka harmonisa ke dua adalah 100 Hz harmonisa ketiga 150 H dan seterusnya. Gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara

gelombang murni sesaat dengan gelombang harmonisa. Arus harmonisa ini dapat juga menyebabkan gangguan interferensi induksi pada sistem telekomunikasi, kesalahan pengukuran pada alat ukur, terlalu panas pada pemutus daya dan tak diduga pemutus daya tersebut memutus sendiri, sistem kendali terkunci dengan sendirinya, dan banyak lagi permasalahan yang ditimbulkan. Permasalahan ini dapat menyebabkan kerugian keuangan sampai biaya tambahan pemeliharaan. Dalam sistem tenaga listrik ada dua jenis beban yaitu beban linier dan beban non linier. Beban linier adalah beban yang memberikan bentuk gelombang keluaran linier yang artinya arus yang mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan.



**Gambar 1.** Karakteristik Gelombang arus beban linier

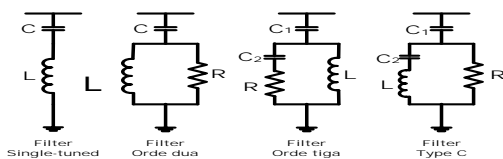
Sedangkan beban non linier memberikan bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dengan tegangan dalam setiap setengah siklus sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya atau dengan istilah lain mengalami distorsi. Beban non linier pada umumnya terdapat pada peralatan elektronik yang didalamnya banyak mengandung komponen semikonduktor, dimana dalam proses kerja berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan. Proses kerja ini akan menghasilkan gangguan dimana gelombang arus tidak lagi sinusoidal.



**Gambar 2.** Karakteristik gelombang arus pada beban non linier

Akibat dari penggunaan beban non linier yang semakin banyak gelombang sinusoidal ini mengalami cacat sehingga menimbulkan harmonisa atau istilah lain sumber harmonisa disebabkan oleh beban non linier. Beban non linier umumnya merupakan peralatan elektronik yang didalamnya banyak terdapat komponen semikonduktor seperti *Switching Power Supplies*, *UPS*, *komputer*, *printer*, *LHE*, *DC drive*, *AC drive*, *welding arc*, *battery charger* dll.

Salah satu alat yang dapat digunakan untuk mengatasi harmonisa dalam memperbaiki faktor daya adalah filter pasif. Filter pasif terdiri dari komponen seperti Kapasitor (C), Induktor (L) dan Resistor (R). Pada umumnya tipe dari rangkaian filter pasif adalah *single tuned filter*, filter orde dua, filter orde tiga dan filter tipe C/



**Gambar 3.** Tipe dari rangkaian filter pasif

## Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini metode yang digunakan adalah metode simulasi dengan menggunakan Matlab /Simulasi untuk melihat keunggulan dari dua buah filter yang dipakai dalam meminimalisir harmonisa yang disebabkan beban non linier di Universitas Malikussaleh. Dalam melakukan penelitian ini dimulai dari pengumpulan data pemakaian beban, data transformator, data impedansi kabel dan perhitungan kapasitas hubung singkat pada bus PCC bengkel listrik. *Power Q link (METREL)* adalah alat ukur yang digunakan untuk melakukan pengukuran harmonisa dan faktor daya. Pengukuran harmonisa dan factor daya dilakukan untuk mengetahui berapa besar harmonisa dan factor daya di lokasi penelitian yaitu Universitas Malikussaleh. Selanjutnya bisa ditentukan parameter filter dan pemodelan filter dengan matlab/simulasi setelah diketahui nilai faktor daya dan besar urutan harmonisa

## Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data didapat dari data transformator dan impedansi saluran. Adapun data spesifikasi transformator adalah sebagai berikut, transformator distribusi buatan PT. Unindo, kapasitas transformator 3 fase 400 KVA, 20 K/400V, Impedansi 4 %, Arus Primer 11,5 A, Arus Sekunder 577 A, Hubungan Dyn 5, Arus eksitasi 1.9 %, Rugi-rugi tanpa beban 930 W, Rugi Rugi berbeban 4600. Sedangkan data kabel yang digunakan adalah jenis NYY dan NYFGY dapat dilihat dalam tabel berikut:

**Tabel 1.** Data Kabel

Jenis Kabel	Luas penampang (mm <sup>2</sup> )	Resitan (r) (mΩ/m)	Reaktansi (x) (mΩ/m)	Impedansi kabel ( Z ) pada jarak 400 m
NY Y	4x2414240	0,172	0,49	0,00172+ j0,001491
NYFG B	4X120	0,348	0,151	0,1044+j00453

## Metode Analisis Data

Berdasarkan data dari metode pengumpulan data selanjutnya akan dilakukan langkah langkah analisis data sebagai berikut:

- Menentukan orde harmoni saken dimana terjadi harmonisa
- Menentukan besar tegangan harmonisa pada PCC utama, arus harmonisa pada system THD tegangan dan THD arus sebelum dipasang filter.
- Menentukan komponen R, L dan C dari filter yang dirancang yaitu single tuned dan orde tiga dengan program Matlab/Simulink.
- Menentukan besar tagangan harmonisa pada PCC utama, arus harmonisa pada system, THD tegangan dan arus sesudah dipasang filter.
- Kemudian simulasikan dengan system sebelum dan sesudah dipasang filter, menggunakan Matlab/simulink.

**Tabel 2.** Data Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Harmonia Order

Order	Line-1	Line-2	Line-3	Line-1	Line-2	Line-3
harmonisa (h)	V1 (Volt)	V2 (Volt)	V3 (Volt)	I1 (Amper)	I2 (Amper)	I3 (Amper)
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
40	0.1	0	0.1	0.162	0.182	0.132
44	0.1	0	0	0.24	0.114	0.053
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%

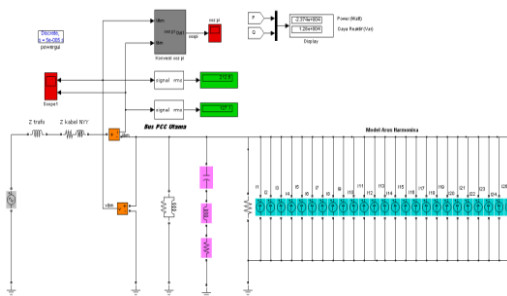
Meningkatkan Kualitas Daya dengan Menggunakan *Single Tuned Filter*

Setelah mengetahui pengukuran maka dapat dihitung reaktansi transformator, saluran kabel yang hasilnya terangkum dalam tabel 3 di bawah ini.

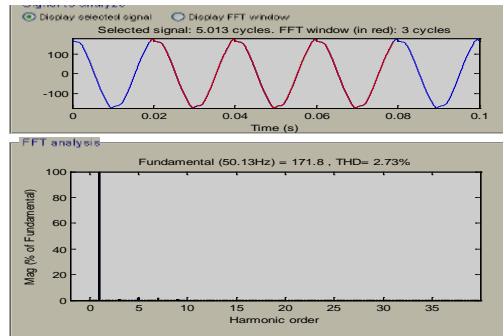
**Tabel 3.** Impedansi dan Parameter filter setelah dihitung

Impedansi dan parameter filter	Nilai	Satuan
Impedansi Trafo	$j0,03$	Ohm
Impedansi Saluran TIC 400 m	$0.139 + j0.1286$	ohm
<b>Parameter Singe Tuned</b>		
Kapasitor 1	580	nF
Reaktansi Induktor filter L	1,95	mH
Resistansi R filter	0,006133	Ohm

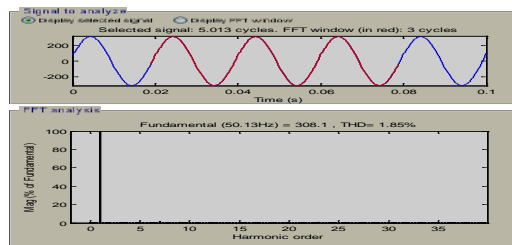
Dari data impedansi dan parameter filter setelah dihitung maka bisa dilakukan simulasi meniadakan harmonisa dengan menggunakan single tuned filter dengan metode MATLAB/ SIMULINK.



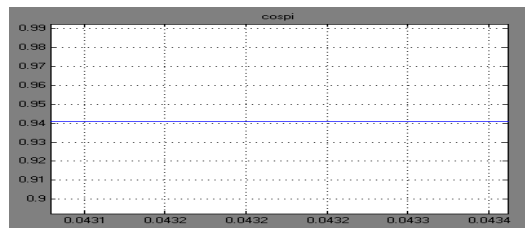
**Gambar 4.** Rangkaian simulasi Single Tuned Filter



**Gambar 5.** Bentuk gelombang arus dan bentuk spectrum setelah menggunakan *single tuned filter*



**Gambar 6.** Bentuk Gelombang tegangan dan bentuk spektrum setelah menggunakan *single tuned filter*



**Gambar 7.** Nilai faktor daya setelah menggunakan *single tuned filter*

**Tabel 4.** Data Hasil Pengujian MATLAB / Simulink tegangan dan arus harmonisa setelah menggunakan filter

Harmonisa orde h	V max	V max	I max	I max
	%	(Volt)	%	(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 $\phi$	0,945			

## Hasil dan Pembahasan

**Tabel 5.** Kondisi harmonisa sebelum dan sesudah menggunakan *single tuned filter* untuk arus

Harmonisa Orde h	Kondisi Sebelumnya menggunakan Filter Single Tuned		Kondisi setelah menggunakan Filter Single Tuned	
	I <sub>RMS</sub> %	I <sub>RMS</sub> (Ampere)	I %	I <sub>RMS</sub> (Ampere)
1	100.00	88.98	100	171.82
3	19.98	17.781	0.51	0.92
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%

Tabel 4 merupakan hasil simulasi MATLAB/ SIMULINK *single tuned filter* dimana harmonisa tegangan seta harmonisa arus semua orde sudah terminimalisir sesuai dengan standart IEEE 519-1992. Dari tabel 2 terlihat orde harmonisa 3 dan 5 untuk tegangan adalah 1,1,% dan 3,5 % dengan THD<sub>v</sub> total 2,2%. Dengan menggunakan *single tuned filter* harmonisa ke 3 dan ke 5 menjadi 0,15% dan 0,83% dengan THD<sub>v</sub> total 1,83% seperti yang terlihat pada tabel 4.

Sedangkan orde harmonisa 3 dan 5 untuk arus yang merupakan orde harmonisa tertinggi dari pengukuran yaitu 17,781% dan 3,161% dengan THD<sub>i</sub> 20,7% setelah dipasang *single tuned filter* orde harmonisa menjadi 0,51% dan 1,71% dengan THD<sub>i</sub> 2,73%.

## 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% dan bagaimana cara memperkecil harmonisa dengan menggunakan filter pasif *single tuned filter*, maka diambil kesimpulan yaitu, *Single tuned filter* mampu meminimalisir harmonisa dari THD arus sebesar 20,7% menjadi 2,73%, dengan faktor daya sebesar 0,945. Jelas tergambar bahwa menggunakan sistem *single tuned filter* adalah lebih baik dalam memperkecil harmonisa pada sistem kelistrikan di Universitas Malikussaleh.

## Daftar Pustaka

- Arrilaga J, Bradley, D. A., and Bodger, P. S, *Power System Harmonics*, John Wiley & Sons, 1985.
- Arrilaga, J., and Watson, N. R. *Power System harmonics*, John Wiley & Sons, 2003.
- Chakphed, M., and Mark, M. *Harmonic Filter Design For Induction Furnace Load in 22 kV Distribution System*, Provincial Electricity Authority (PEA) Thailand, Tahun 2008
- 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.
- Dugan, R. C, and McGranaghan, M. F. and Santoso, S. and Wayne, B. H. *Electrical Power System Quality*, McGraw-Hill Companies, 2004.

Meningkatkan Kualitas Daya dengan Menggunakan *Single Tuned Filter*

Gonen, T. *Electric Power Distribution Sistem Engineering*, Mc Graw. Hill Book Compony, 1986.

Mack, G. *Understanding Power System Harmonic*, University of Texas at Austin, 2005.

IEEE Guide for *Application of shunt Power Capacitors*, IEEE Standard 1036-1992.

IEEE Rekomemended *Practices and requirenments for harmonic Control in Electrical Power Systems*. IEEE standart 519-1992.

Irianto. C, Sukmadjaya. M., Wisnu. A. *Mengurangi Harmonisa Pada Transformator 3 Fasa*, Jetri, Volume 7, No 2, 2008.

Alexander, K. and Mark, T. T. *Power Quality Elecrical System*, Mc Graw – Hill D.C. 2007.

Prasetyo, T. (2003), *Pengaruh Harmonik Pada Motor Listrik Dan Penanganannya*, Jurnal Teknik Gelagar, Vol 14, No 02.

T. Messikh, S. Mekhilef, and N. A. Rahim, *Adaptive Notch Filter For Harmonic Current Mitigation*, International Journal Of Electrical And Information Enggineering, 2008

Wakileh, G. J. *Power Sytem Harmonics : fundamental, analisys and filter design*, Springer Velag Press, 2001.

Xiao Yao. *The method for designing the third orde filter*. Proceeding of the 8- th international conference on Harmonics and Quality of Power.