

# Penggunaan *Passive Filter Single Tuned* untuk Mereduksi Harmonisa pada Juicer

Mustamam

Staf Pengajar Jurusan Pend. Teknik Elektro. F.T. UNIMED

### Abstrak

*Juicer* adalah suatu alat rumah tangga yang digunakan untuk menghancurkan buah menjadi minuman yang bernama *jus*. *Juicer* sering digunakan di saat pembuatan hidangan makanan sebagai pelengkap hidangan makanan. Hasil pengukuran dengan menggunakan PQ meter fluke 435, *juicer* kelima menghasilkan harmonisa arus ( $IHD_i$ ) orde ke-3 yang melebihi *standart IEC 61000-3-2 kelas D*, bila digunakan dengan jumlah yang besar pada waktu yang bersamaan dapat menyumbang harmonisa yang cukup besar terhadap transformator distribusi sehingga transformator kelebihan beban, mudah panas dan cepat rusak. Untuk meredam harmonisa digunakan *passive filter single tuned* yang merupakan filter sederhana dan murah untuk meredam *individual harmonisa distortion arus (IHD<sub>i</sub>) pada orde ke-3* tersebut, sehingga sesuai dengan *standart IEC 61000-3-2 kelas D*. Penggunaan *passive filter single tuned* ini untuk meredam arus harmonisa orde ke-3 dapat berkurang dari 0,737 Ampere menjadi 0,0599 Ampere. Tereduksi sebesar 0,6771 Ampere dengan persentase 91,87%,

**Kata kunci :** *Juicer, Harmpnisa, Passive Filter Single Tuned*

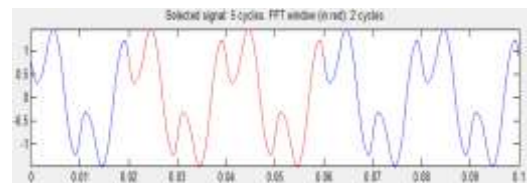
## I. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan jaman, penggunaan alat elektronik sangat diperlukan untuk membuat pekerjaan menjadi praktis. *Juicer* adalah alat rumah tangga yang diperlukan untuk memeras buah menjadi jus, yang digunakan di saat menyiapkan hidangan makanan, tetapi menghasilkan harmonisa pada orde tiga yang dihasilkan dari motor induksi. Dari hasil pengukuran, terdapat satu merek yang menghasilkan arus harmonisa ( $IHD_i$ ) melebihi standart IEC 61000-3-2 kelas D pada orde ketiga yang perlu direduksi, seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Juicer

Orde Harmonisa	IHD <sub>i</sub> JUICER (%)				
	A	B	C	D	E
3	18,6	38,4	32,8	45,5	66,2
5	2,6	4,7	1,8	4,5	5,3
7	2,4	4,5	0,8	2,3	3,1
9	1,1	1,5	0,9	2,5	3,2
11	0,6	0,8	0,4	0,5	0,6
13	0,3	0,3	0,5	0,3	0,3
15	0,2	0,3	0,2	1,2	0,4

Bila *juicer* digunakan dalam skala besar dengan waktu yang bersamaan sehingga menyumbang arusharmonisa yang cukup besar dapat membuat transformator menjadi kelebihan beban, mudah panas, dan umur operasi menjadi lebih pendek. Gelombang arus dan spektrum IHD<sub>i</sub> pada *juicer* ke-5 terlihat pada Gambar 1.



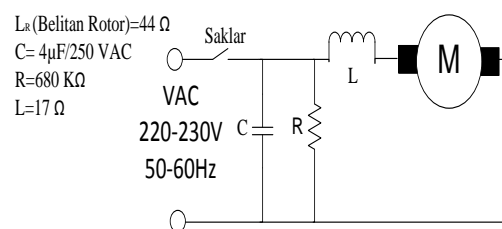
(a)



(b)

Gambar 1. Gelombang arus dan spektrum IHD<sub>i</sub> pada juicer ke-5

## A. Rangkaian Juicer

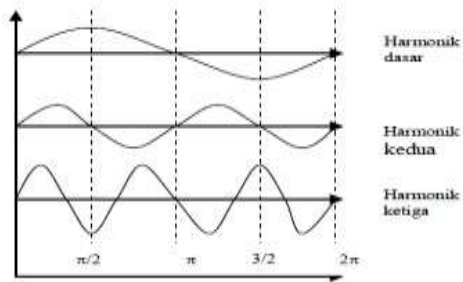


Gambar 2. Rangkaian Juicer

Pada Gambar 2 rangkaian *juicer* ke-5, belitan motor menghasilkan harmonisa arus IHD<sub>i</sub> orde ke-3 yang cukup tinggi dimana orde ke-3 arus pada sisi netral dialiri arus harmonisa, sehingga perlu direduksi dengan menggunakan *passive filters singletuned* sehingga arus harmonisa menjadi sesuai dengan IEC 6100-3-2 kelas D.

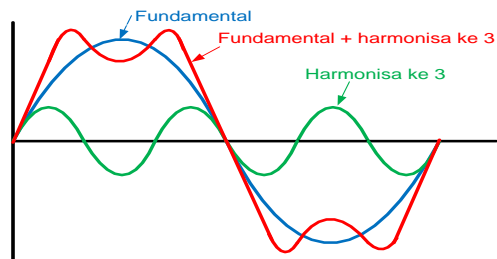
**B. Harmonisa**

Harmonisa adalah suatu komponen sinusoidal dari gelombang berkala yang mempunyai suatu frekuensi yang merupakan kelipatan dari frekuensi dasarnya, seperti terlihat pada Gambar 3



Gambar 3. Bentuk gelombang harmonisa pertama sampai ketiga

Dalam Gambar 3 tersebut dapat dilihat harmonisa ke 3 merupakan kelipatan dari frekuensi dasar, dan pada Gambar 4 dapat dilihat gabungan frekuensi dasar dan frekuensi yang telah terharmonisasi akibat beban *non linier*. Besar daya beban *non linier* yang menarik arus dari sumber melalui impedansi jaringan sangat mempengaruhi distorsi gelombang tegangannya.



Gambar 4. Gelombang dasar, harmonisa, dan gelombang terdistorsi

**C. Perhitungan Harmonisa**

Untuk menentukan besar *Total Harmonic Distortion (THD)* dari perumusan analisa deret *fourier* untuk tegangan dan arus dalam fungsi waktu yaitu :

$$v(t) = V_o + \sum_{n=1}^{\infty} V_n \text{Cos}(n\omega t + \theta_n)$$

$$i(t) = I_o + \sum_{n=1}^{\infty} I_n \text{Cos}(n\omega t + \theta_n)$$

Tegangan dan arus *RMS* dari gelombang sinusoidal yaitu nilai puncak gelombang dibagi  $\sqrt{2}$  dan secara deret *fourier* untuk tegangan dan arus yaitu :

$$V_{RMS} = V_o^2 + \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{V_n}{\sqrt{2}}\right)^2} \tag{1}$$

$$I_{RMS} = I_o^2 + \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{I_n}{\sqrt{2}}\right)^2} \tag{2}$$

Pada umumnya untuk mengukur besar harmonisa disebut dengan *Total Harmonic Distortion (THD)*. Untuk *THD* tegangan dan arus didefinisikan sebagai nilai *RMS* harmonisa urutan diatas frekuensi fundamental dibagi dengan nilai *RMS* pada frekuensi fundamentalnya, dan tegangan dc nya diabaikan.

Besar *Total Harmonic Distortion (THD)* untuk tegangan dan arus yaitu :

$$THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{V_n}{\sqrt{2}}\right)^2}}{\frac{V_1}{\sqrt{2}}} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (V_n)^2}}{V_1} \tag{3}$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{I_n}{\sqrt{2}}\right)^2}}{\frac{I_1}{\sqrt{2}}} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (I_n)^2}}{I_1} \tag{4}$$

*Individual Harmonic Distortion (IHD)* adalah perbandingan nilai *RMS* pada orde harmonisa terdistorsi terhadap nilai *RMS* pada frekuensi fundamental yaitu :

$$IHD_v = \frac{\frac{V_h}{\sqrt{2}}}{\frac{V_1}{\sqrt{2}}} = \frac{V_h}{V_1} \tag{5}$$

$$IHD_I = \frac{\frac{I_h}{\sqrt{2}}}{\frac{I_1}{\sqrt{2}}} = \frac{I_h}{I_1} \tag{6}$$

Dimana:  $V_h$  = Tegangan harmonisa pada orde terdistorsi

$I_h$  = Arus harmonisa pada orde terdistorsi

Hubungan Persamaan *IHD* dengan arus *RMS* dari Persamaan (6) yaitu:

$$I_{RMS}^2 = \frac{1}{2} I_n^2 \tag{7}$$

$$IHD_I^2 = \frac{\frac{1}{2} I_n^2}{\frac{1}{2} I_1^2} = \frac{I_n^2 - I_1^2}{I_1^2} \tag{8}$$

Selanjutnya dari Persamaan (7) yaitu:

$$I_n^2 = I_1^2 + I_1^2 \cdot IHD_I^2 = I_1^2 (1 + IHD_I^2) \tag{9}$$

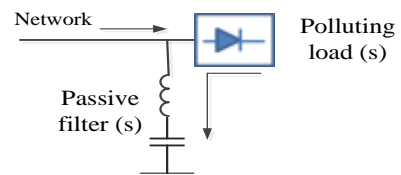
$$\frac{1}{2} I_n^2 = \frac{I_1^2}{2} (1 + IHD_I^2) \tag{10}$$

Sehingga arus *RMS* terhadap *IHD<sub>I</sub>* yaitu:

$$I_{RMS}^2 = I_1^2 \sqrt{(1 + IHD_I^2)} \tag{11}$$

**D. Filter Pasif**

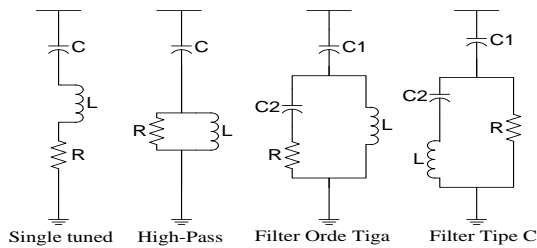
Filter pasif merupakan metode penyelesaian yang efektif dan ekonomis untuk masalah harmonisa, rangkaian filter pasif seperti Gambar 5.



Gambar 5. Filter pasif

Jenis filter pasif, yaitu : (a) Band-Pass, (b) High-Pass, (c) Double Band Pass, (d) Composite.

Pada peralatan rumah tangga khususnya juicer, untuk mengatasi IHD<sub>i</sub> aplikasi filter pasif merupakan metode penyelesaian yang efektif dan ekonomis. Filter pasif dirancang untuk mengalihkan arus harmonisa pada bagian tertentu yang tidak diinginkan dalam sistem tenaga. Rangkaian filter pasif terdiri dari komponen R, L dan C. Komponen utama yang terdapat pada filter pasif adalah kapasitor, induktor dan resistor, seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Filter pasif

Prinsip kerja dari filter pasif adalah mengalirkan arus harmonisa orde tertentu dari sumber harmonisa (beban non linier) melalui jaringan filter. Untuk memaksa arus orde tertentu mengalir ke jaringan filter, besar kapasitor harus diatur agar terjadi resonansi pada jaringan, sehingga harga impedansi saluran akan minimum karena hanya tinggal komponen resistansi saja. Disamping dapat mengurangi harmonisa, filter *single-tuned* dan filter *orde tiga* juga dapat memperbaiki *power factor*.

Keuntungan penggunaan filter pasif :

1. Desain sederhana dan murah
2. Filter yang terhubung dengan beban dapat difungsikan sebagai kompensator energi reaktif.

Kekurangan penggunaan filter pasif :

1. Impedansi sumber mempengaruhi karakteristik kompensasi filter
2. Sensitif terhadap perubahan komponen LC dan variasi frekuensi pada jaringan
3. Dapat menyebabkan resonansi seri dan paralel dengan impedansi jaringan yang malah mengakibatkan penguatan harmonisa pada frekuensi tertentu.

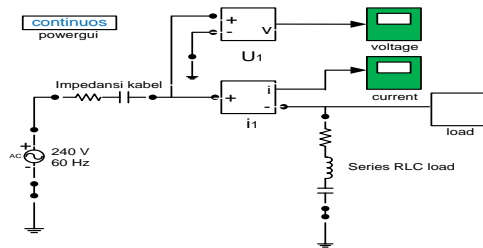
**E. Prinsip pereduksian harmonisa dari *passive filter single-tuned***

Pada Frekuensi resonansi ( $f_r$ ), *Passive single tuned filter* memiliki impedansi minimum sebesar nilai resistansi R dari induktor. Oleh karena itu, filter ini menyerap semua arus harmonik yang dekat dengan frekuensi resonansi ( $f_r$ ) yang diinjeksikan. Ada dua parameter yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan nilai R, L, dan C, yaitu:

1. Faktor kualitas (Quality factor, Q)
2. Penyimpangan frekuensi relative (Relative Frequency Deviation,  $\delta$ )

Filter dengan Q tinggi disetel pada frekuensi rendah (misalnya harmonisa kelima), dan nilainya biasanya terletak antara 30 dan 100. Perkiraan nilai Q untuk reaktor inti udara (*air core reactors*) adalah 75 dan lebih besar 75 untuk reaktor inti besi (*iron-core reactors*).

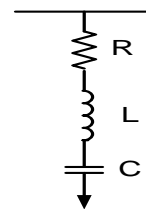
*Passive filter single-tuned* yang diletakkan secara paralel akan men-*short circuit*-kan arus harmonisa yang ada dekat dengan sumber distorsiseperti pada Gambar 7. *Passive filter single tuned* yang merupakan hubungan seri komponen R, L, dan C memberikan keuntungan bagi sistem tenaga listrik, yaitu mampu mereduksi tigtat harmonisa, memperbaiki  $\cos \phi$ , sedangkan induktor berfungsi sebagai filter, melindungi kapasitor dari over kapasitor akibat adanya resonansi.



Gambar 7. Pemodelan passive single tuned filter

**F. *Passive filter single tuned***

*Passive single-tuned filter* adalah filter yang terdiri dari komponen-komponen pasif R, L dan C terhubung seri, seperti pada Gambar 8. *Passive single-tuned filter* akan mempunyai impedansi yang kecil pada frekuensi resonansi sehingga arus yang memiliki frekuensi yang sama dengan frekuensi resonansi akan dibelokkan melalui filter.



Gambar 8. *Passive single tuned filter*

Berdasarkan Gambar 8, besarnya impedansi *passive single tuned filter* pada frekuensi fundamental adalah:

$$Z_F = R + j(X_L - X_C) \tag{12}$$

Pada frekuensi resonansi, Persamaan (12) menjadi:

$$Z_F = R + j\left(\omega_r L - \frac{1}{\omega_r C}\right) \tag{13}$$

Jika frekuensi sudut saat resonansi adalah:

$$\omega_r = 2\pi f_0 h_r \tag{14}$$

Impedansi filter dapat ditulis sebagai berikut:

$$Z_F = R + j \left( X_L h_r - \frac{X_C}{h_r} \right) \quad (15)$$

Saat resonansi terjadi nilai reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif sama besar, maka diperoleh impedansi *passive single tuned filter* seperti pada Persamaan (31) adalah

$$Z_F = R \quad (16)$$

Pada Persamaan (16) menunjukkan bahwa pada frekuensi resonansi, impedansi *passive filters single-tuned* sama dengan tahanan induktor R, sehingga arus harmonisa yang mempunyai frekuensi yang sama dengan frekuensi resonansi akan dialirkan atau dibelokkan melalui *passive single-tuned filter*. Dengan demikian *Passive single tuned filter* diharapkan dapat mengurangi IHD<sub>v</sub> dan IHD<sub>i</sub> sampai dengan 10-30%. Besarnya tahanan R dari induktor dapat ditentukan oleh faktor kualitas dari induktor. Pada frekuensi *tuning*:

$$\omega_n L = \frac{1}{\omega_n C} = X_n \quad (17)$$

Faktor kualitas:

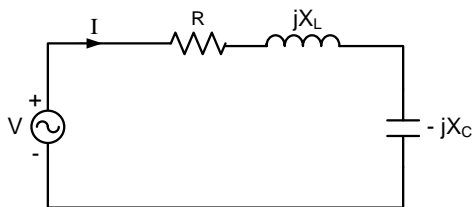
$$Q = \frac{X_n}{R} \quad (18)$$

Berdasarkan persamaan (4), tahanan resistor adalah:

$$R = \frac{X_n}{Q} \quad (19)$$

**G. Merancang *passive single tuned filter***

Mendesain *passive single tuned filter* yang terdiri dari hubungan seri komponen-komponen pasif induktor, kapasitor dan tahanan seperti Gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian resonansi seri

Langkah-langkah rancangan *passive single tuned filters* adalah :

- a. Tentukan ukuran kapasitas kapasitor Q<sub>c</sub> berdasarkan kebutuhan daya reaktif untuk perbaikan faktor daya. Daya reaktif kapasitor (Q<sub>C</sub>) adalah:

$$Q_C = P \{ \tan(\cos^{-1} pf_1) - \tan(\cos^{-1} pf_2) \} \quad (20)$$

Dimana:

P = beban (kW)

pf<sub>1</sub> = faktor daya mula-mula sebelum diperbaiki

pf<sub>2</sub> = faktor daya setelah diperbaiki

- b. Tentukan Reaktansi kapasitor (X<sub>C</sub>):

$$X_C = \frac{V^2}{Q_C} \quad (21)$$

- c. Tentukan Kapasitansi dari kapasitor (C):

$$C = \frac{1}{2 \pi f_0 X_C} \quad (22)$$

- d. Tentukan Reaktansi Induktif dari Induktor (X<sub>L</sub>):

$$X_L = \frac{X_C}{h_n^2} \quad (23)$$

- e. Tentukan Induktansi dari Induktor (L):

$$L = \frac{X_L}{2 \pi f_0} \quad (24)$$

- f. Tentukan reaktansi karakteristik dari filter (X<sub>n</sub>):

$$X_n = h_n X_L \quad (25)$$

- g. Tentukan Tahanan (R) dari Induktor:

$$R = \frac{X_n}{Q} \quad (26)$$

Kebutuhan daya reaktif dapat dihitung dengan pemasangan kapasitor untuk memperbaiki faktor daya.

$$\text{Daya Reaktif (Q)} = \text{Daya Aktif (P)} \times \tan \varphi$$

Daya reaktif pada pf awal yaitu :

$$Q_1 = P \tan \varphi_1 \quad (27)$$

Daya reaktif pada pf diperbaiki yaitu :

$$Q_2 = P \tan \varphi_2 \quad (28)$$

Sehingga rating kapasitor yang diperlukan untuk memperbaiki faktor daya yaitu:

$$\text{Daya reaktif } \Delta Q = Q_1 - Q_2$$

Atau

$$\Delta Q = P(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (29)$$

**H. Standart IEC 61000-2-3 kelas D**

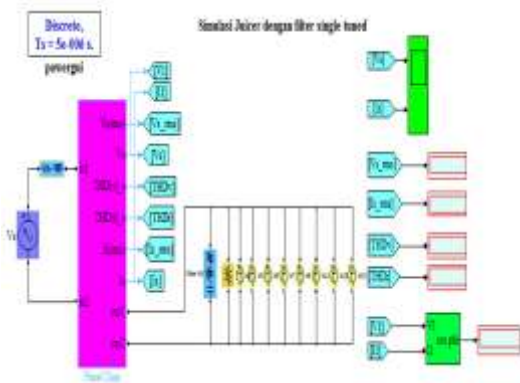
Batasan arus harmonisa yang diperbolehkan pada semua jenis peralatan yang dayanya dibawah 600 watt (khususnya peralatan rumah tangga), diekspresikan dalam bentuk mA/W dan dibatasi pada harga absolut yang nilainya harus mengacu padastandar IEC 6100-3-2 kelas D seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Standart IEC 6100-3-2 Kelas D

Harmonisa ke-n	Arus harmonisa maksimum yang diizinkan (mA/W)	Arus harmonisa maksimum yang diizinkan (A)
	5 < P < 600W	P > 600W
3	3,4	2,30
5	1,9	1,14
7	1,0	0,77
9	0,5	0,40
11	0,35	0,33
13	0,296	0,21
15	0,257	0,15

**I. Diagram Simulasi MATLAB/Simulink**

Untuk membuat simulasi MATLAB/Simulink digunakan data hasil pengukuran besaran daya, tegangan, arus RMS, IHD<sub>i</sub> pada setiap orde harmonisa pada juicer, serta hasil perhitungan nilai – nilai RLC dari *passive filtersingle tuned*. Filter *Single tuned* terdiri dari hubungan seri resistor, induktor, kapasitor. Filter single tuned dipasang paralel, seperti Gambar 10.



Gambar 10. Rangkaian Juicer dengan Filter Single Tuned

**J. Hasil Simulink Juicer dengan menggunakan filter single tuned dan filter orde tiga**

Tabel nilai IHD<sub>i</sub> juicer kelima dibandingkan dengan standar IEC 6199-3-2 kelas D.

Tabel 3. Perbandingan juicer dengan standar IEC 61000-3-2 Kelas D

Orde Harmonisa	Batasan arus harmonisa Standar IEC61000-3-2 (mA/W)	Arus harmonis a (A)	Arus harmonis Hasil ukur (Ampere)	Keterangan
3	3.4	0.572	0.737	tidak sesuai standar
5	1.9	0.320	0.059	sesuai standar
7	1	0.168	0.035	sesuai standar
9	0.5	0.084	0.036	sesuai standar
11	0.35	0.059	0.007	sesuai standar
13	0.296	0.050	0.003	sesuai standar
15	0,257	0.043	0.004	sesuai standar

$$R_F = \frac{K_{V(h)}}{(K_V - K_{V(h)}) \sqrt{g_{ns}^2 + b_{ns}^2}} \quad (30)$$

Dimana:

$K_V$  = total distorsi hamonisa pada frekuensi fundamental

$K_{V(h)}$  = total distorsi harmonisa pada harmonisa ke – h

$G_{ns}, b_{ns}$  = konduktansi & suseptansi dari titik filter dipasang

Impedansi dari filter orde tiga pada harmonisa ke-h dapat dituliskan dengan persamaan :

$$Z_f(h) = \frac{j h X_L (R - j h X_{C2})}{R + j (h X_L - h X_{C2})} - j X_{C1} \quad (31)$$

Kemudian di transformasikan  $Z_f(h)$ , dengan memisahkan antara bagian real dengan bagian imajiner sehingga menjadi :

$$Z_f(h) = \frac{R(hX_L^2)}{R^2 + (hX_{LC2}^2)} + j \frac{R^2(hX_{LC1}) - \{(hX_L)(hX_{C2})(hX_{LC2})\} - \{(hX_{C1})(hX_{LC2}^2)\}}{R^2 + (hX_{LC2}^2)} \quad (32)$$

Dimana:

$$hX_{LC1} = hX_L - hX_{C1}, hX_{LC2} = hX_L - hX_{C2} \quad (33)$$

Sesuai dengan kondisi 1 dan 2 bahwa bagian imajiner  $Z_f(h)$  pada harmonisa ke-h adalah sama dengan nol, maka bagian real adalah sama dengan  $R_F$ . Setelah ditransformasikan bagian real dan imajiner  $Z_f(h)$  dapat direpresentasikan menjadi dua persamaan sistem yaitu :

$$R(hX_L^2) - R_f R^2 - R_f(hX_{LC2}^2) = 0 \quad (34)$$

$$R^2(hX_{LC1}) - \{(hX_L)(hX_{C2})(hX_{LC2})\} - \{(hX_{C1})(hX_{LC2}^2)\} = 0 \quad (35)$$

Setelah memecahkan persamaan diatas, dan mengingat bahwa  $X_{C2} = mX_{C1}$ ,

maka diperoleh persamaan :

$$hX_L = \frac{(-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC})}{2A} \quad (36)$$

$$R = \frac{R_f \{h^2 X_L - m(hX_{C1})\}}{X_L h^2 - X_{C1}} \quad (37)$$

Terlihat nilai IHD<sub>i</sub> orde ketiga menghasilkan harmonisa diluar standar IEC 61000-3-2 kelas D, sehingga perlu direduksi dengan filter pasif.

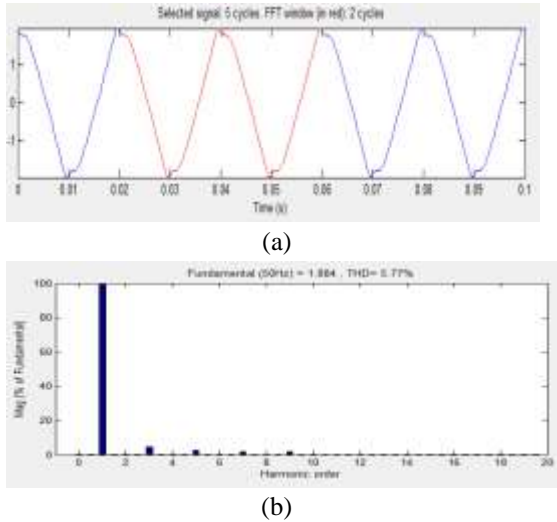
Dari hasil persamaan filter single tuned maka diperoleh besaran parameter yaitu :

Tabel 4. Komponen Hasil perhitungan

Parameter	Satuan	Filter single tuned
C1	F	9,563×10 <sup>-6</sup>
C2	F	-
L	H	0,1178
R	Ω	1,11

**K. Hasil simulink dengan filter single tuned**

Dengan menggunakan program *Matlab/Simulink* dengan menggunakan filter single tuned diperoleh gelombang harmonisa arus IHD<sub>i</sub> yang mendekati gelombang sinusoidal seperti Gambar 11.



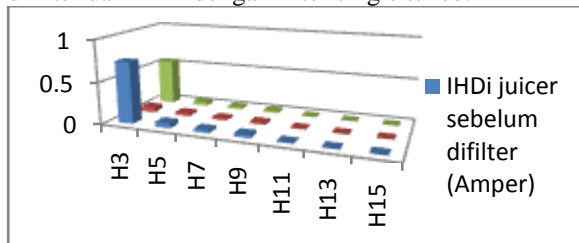
Gambar 11. Gelombang arus dan spektrum IHDi dengan filter single tuned

Dari Tabel 5 dapat dilihat IHDi orde ketiga dari 0,737 Ampere menjadi 0,0599 Ampere, tereduksi 0,6771 Ampere.

Tabel 5. Perbandingan single tuned dengan standart IEC 61000-3-2 Kelas D

Harmonisa ke h	Batasan arus harmonisa Standar IEC61000-3-2 75 < P < 600 watt		Arus harmonisa sebelum penggunaan filter (Ampere)	Arus harmonisa setelah penggunaan filter (Ampere)	Keterangan
	(mA/W)	(A)			
3	3.4	0.572	0.737		sesuai standar
5	1.9	0.320	0.059		sesuai standar
7	1	0.168	0.035		sesuai standar
9	0.5	0.084	0.036		sesuai standar
11	0.35	0.059	0.007		sesuai standar
13	0.296	0.050	0.003		sesuai standar
15	0,257	0.043	0.004		sesuai standar
THD <sub>v</sub>			2,27 %	0,76 %	
THD <sub>i</sub>			66,7 %	5,77%	

Untuk lebih jelas Tabel 5 dibuat dalam bentuk grafik seperti Gambar 10. IHDi juicer sebelum difilter dan IHDi dengan filter single tuned.



Gambar 12. Diagram Nilai IHDi sebelum dan sesudah menggunakan filter

Dari Tabel 5 dapat dilihat harmonisa arus (IHD<sub>i</sub>) orde ke-3 pada juicer sebesar 0,737 Ampere dengan filter single tuned mengalami penurunan 91,87% menjadi 0,0599 Ampere.

II. KESIMPULAN

1. Dengan pemasangan filter single tuned pada juicer, faktor daya dapat diperbaiki dari 0,67 menjadi 0,91. Maka faktor daya (cos φ) yang diperbaiki sebesar 0,24 dengan persentase 35,8 %.
2. Pada juicer filter single tuned dapat mereduksi arus harmonisa IHD<sub>i</sub> orde ke-3 berkurang dari 0,737 Ampere menjadi 0,0599 Ampere tereduksi sebesar 0,6771 Ampere dengan persentase 91,87%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arrillaga, Jos, Smith, Bruce C., Watson, Neville R., Wood, Alan R., 2000, *Power System Harmonics Analysis*, Hand book, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
- [2] Arrillaga. J, N.R. Watson, 2003, *Power System Harmonics*, Second Edition John Wiley & Sons, Ltd ISBN: 0-470-85129-5.
- [3] Cho, Young-Sik and Cha, Hanju, 2011, *Single-tuned Passive Harmonic Filter Design Considering Variances of Tuning and Quality Faktor*, Journal of International Council on Electrical Engineering Vol. 1, No. 1, pp. 7-10.
- [4] Chang, G.W, S.Y.Chu, H.L. Wang, 2002 A New Approach for Placement of Single-Tuned Passive Harmonic Filter in a Power System, IEEE.
- [5] Das, J. C, 2002, *Power System Analysis-Short-Circuit Load Flow and Harmonics*, Marcel Dekker, Inc, Chapter 20, pp. 25.
- [6] Endy Sopyandi, *Perancangan single-tuned filter untuk mereduksi arus dengan simulasi program ETAP Power station 5.0.3*, University of Indonesia.
- [7] Francisco C De La Rosa, 2006, *Harmonic And Power System*, by Taylor & Francisco Group LLC, Boca Raton London, New York.
- [8] Gonzales D.A, J.C. McCall, 1987, *Design of Filter to Reduce Harmonic Distortion in Industrial Power System*, IEEE Trans Ind. Application, Vol 1A-23, pp. 504-511, May
- [9] Grady Mack, 2005, *Understanding Power System Harmonic*, University of Texas at Austin.
- [10] Irawan, Heri, Hermawan, Tejo Sukmadi, 2011, *Analisis Pengaruh Pemasangan Filter Pasif Terhadap Penurunan Harmonik Pada Sistem Mult Mesin 9 BUS IEEE*, Universitas Diponegoro.

- [11] James Frederick Lazar, 1997, *Analysis of Single Phase Rectifier Circuits*, California Institute of Technology, Pasadena California.
- [12] Kim, Jong-Gyeum, Young-jeen Park, Dong-Ju Lee, 2011, *Harmonic Analysis of Reactor an Capacitor in Single-Tuned Harmonic Filter Application*, *Jornal of Electrical Engineering & Technology*, vol. 6, no. 2, pp. 239-244.
- [13] L.I Kovernoikova, 2010, *Centralized normalization of harmonic voltages by the third-order passive filter*, *ICREPQ'10*, Maret.
- [14] *Penjualan On line Produk Juicer Oxone*, [www.lazada.co.id](http://www.lazada.co.id)
- [15] Pekik Argo Dahono, *Harmonics in Power System*, School of Electrical Engineering and Informatics, Institute of Technology Bandung.
- [16] Pekik Argo Dahono, *Harmonics in Power System*, School of Electrical Engineering and Informatics, Institute of Technology Bandung.
- [17] Rasjid, Harun, 2006, *Kajian Penggunaan filter pasif sebagai pereduksi efek harmonisa*, *Jurnal ELTEK*, vol.04,no.02 pp.46-53.Oktober.
- [18] Setiawan, Awan, 2007, *Kajian Pengaruh Harmonisa Terhadap Sistem tenaga Listrik*, *Jurnal ELTEK*, vol. 05, no. 02, pp. 22-31, Oktober.
- [19] Sunanda Wahri & YuliAsmi Rahman, 2012, *Aplikasi Filter Pasif Sebagai Pereduksi Harmonik Pada Inverter Tiga Fase*, *Jurnal Ilmiah Faristek* Vol.2, No. 1, Maret 2012.
- [20] Suweden, I Nengah & I Wayan Rinas, 2009, *Analisa Penanggulangan THD Dengan Filter Pasif Pada Sistem Kelistrikan Di RSUP Sanglah*, *Teknologi Elektro* Vol. 8 No. 2 Juli – Desember.
- [21] Theraja. B. L & Theraja A.K, 1994, *A Text Book of Electrical Technology*, Hand Book, Nirja Construction & Development
- [22] Wakileh G.J, 2001, *Power System Harmonics: Fundamental, Analysis and Filter Design*, Springer Velag Press.