

HARMONICS FILTER IMPLEMENTATION AND ANALYSIS BASED ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) IN DC TO DC CONVERTER BUCK TYPE

Rachman Ikhwanto¹, Suwandi², Ekki Kurniawan³

¹Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

²Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

[1rachmanikhwanto@gmail.com](mailto:rachmanikhwanto@gmail.com), [2suwandi@telkomuniveristy.ac.id](mailto:suwandi@telkomuniveristy.ac.id), [3ekkekikurniawan2012@gmail.com](mailto:ekkekikurniawan2012@gmail.com)

Abstrak

Penelitian ini mengimplementasikan filter harmonisa pada *DC Chopper* dengan beban motor DC yang bertujuan untuk mereduksi emisi elektromagnetik berupa harmonisa. Sebelum pemasangan filter dilakukan identifikasi harmonisa, didapatkan besar harmonisa arus pada *DC Chopper* yaitu harmonisa ke-3 29% dan ke-5 18%, sementara *DC Chopper* dengan beban motor DC besar harmonisa ke-3 53%, ke-5 19,2% dan ke-7 13,1%. Setelah dilakukan implementasi filter, harmonisa *DC Chopper* terbukti tereduksi. Harmonisa ke-3 menjadi 7,8 %, ke-5 menjadi 6,3% dan gabungan filter ke-3& ke-5 besar *Total Harmonic Distortion Current (THDi)* menjadi 8,3%. Sementara *DC Chopper* dengan beban motor DC besar harmonisa ke-3 menjadi 27,8%, ke-5 10,5% dan ke-7 3,2%. Implementasi filter harmonisa sudah menunjukkan penurunan besar harmonisa, merubah gelombang sinus terdistorsi menjadi lebih sinus dan juga memperbaiki faktor daya, namun belum memenuhi kesesuaian dengan standar IEC 61000-3-2 *class D*.

Kata kunci : *DC Chopper, Harmonisa, Filter Harmonisa, THDi*

Abstract

This study implements harmonic filter in DC Chopper with DC motor load that aim to reduce electromagnetic emission in the form of harmonics. Before the installation of filters to identify harmonics, obtained harmonic current in DC Chopper 3rd harmonic of 29% and 5th 18%, while DC Chopper with DC motor load harmonics 3rd 53%, 5th 19,2% and the 7th of 13.1%. After implementation of filters, harmonics DC Chopper proved to be reduced. 3rd harmonics to 7.8%, the 5 to 6.3% and the combined filter 3rd & 5th great Current Total Harmonic Distortion (THDi) to 8.3%. While DC Chopper with DC motor load harmonic 3rd to 27.8%, 10.5% for 5th and 7th of 3.2%. Implementation harmonic filter already showed a big drop harmonics, change becomes more distorted sine wave sinus and also improve the power factor, but does not meet the standard of compliance with IEC 61000-3-2 class D.

Keywords: *DC Chopper, Harmonics, Harmonics Filter, THDi*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang pesat ternyata tidak seiring dengan meningkatnya kualitas daya pada sistem kelistrikan. Peralatan elektronik yang digunakan semakin canggih seiring perkembangan zaman, tetapi peralatan tersebut ternyata memancarkan gelombang elektromagnetik cukup tinggi yang dapat mengakibatkan gangguan kesehatan, menurunkan imunitas dan mempengaruhi kinerja peralatan elektronik, sehingga instansi yang berwenang meregulasi batasan maksimum gelombang elektromagnetik yang dipancarkan dari produk elektronik sesuai dengan standar EMC. EMC (*Electromagnetic Compatibility*) merupakan kesesuaian atau kemampuan suatu sistem peralatan elektronik/elektrik untuk bekerja dengan normal di lingkungan elektromagnetik tanpa terpengaruh atau menyebabkan gangguan di lingkungannya. Peralatan- peralatan elektronik yang mengandung emisi elektromagnetik akan mengakibatkan gelombang arus yang mengalir pada sistem peralatan tersebut menjadi gelombang arus yang terdistorsi. Hal tersebut akan berdampak buruk terhadap peralatan tersebut dan apabila dalam cakupan yang besar dapat berpengaruh terhadap sistem kelistrikan.

Pada tugas akhir ini, penulis akan mengimplementasikan filter harmonisa yang ditujukan untuk mengatasi permasalahan EMC yang terjadi pada sebuah peralatan elektronik khususnya untuk menekan seminimal mungkin harmonisa yang terjadi. Komponen yang digunakan untuk perancangan filter ini yaitu komponen pasif L dan C. Pada perancangannya filter ini akan didesign untuk mereduksi harmonisa ke- 3, 5, dan 7 dari frekuensi fundamentalnya yaitu 50Hz.

Alat yang digunakan sebagai bahan penelitian dari tugas akhir ini yaitu *DC Chopper* tipe *Buck*. Alat ini dipilih berdasarkan karakteristik dari komponen didalamnya yang dapat menimbulkan distorsi gelombang arus yaitu sistem penyearahnya. Pada komponen penyearah alat tersebut dapat menimbulkan beban non-linier yang mengakibatkan gelombang arus dan tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya, sehingga bentuk gelombang keluarannya tidak menjadi sinusoidal. *DC Chopper* tipe *Buck* ini akan diuji standarisasinya sesuai dengan standar IEC 61000-3-2, yang didalamnya menjelaskan tentang batas emisi arus harmonisa untuk berbagai peralatan dengan arus masukan lebih kecil atau sama dengan (≤ 16 A) pada tegangan nominal 220V. Perancangan ditujukan untuk mendapatkan hasil yang terbaik dalam pemasangan filter harmonisa, sehingga dapat mereduksi semaksimal mungkin harmonisa yang terjadi yang dihasilkan oleh alat ini.

2. Dasar Teori

2.1 EMC (*Electromagnetic Compatibility*)

EMC merupakan kesesuaian atau kemampuan suatu sistem peralatan elektronik/ elektrik untuk bekerja dengan normal di lingkungan elektromagnetik tanpa terpengaruh atau menyebabkan gangguan di lingkungan sekitarnya. Emisi elektromagnetik ini dapat berasal dari peralatan elektronik itu sendiri atau dari luar peralatan elektronik yang merambat secara radiasi atau pun konduktansi. Secara sederhana EMC didefinisikan sebagai toleransi gelombang elektromagnetik yang diijinkan ketika sebuah alat elektronik berfungsi. Hal tersebut terjadi karena semua peralatan elektronik termasuk peralatan telekomunikasi mengeluarkan emisi elektromagnetik.

2.2 Harmonisa

Harmonisa adalah distorsi periodik dari gelombang sinus tegangan, arus atau daya dengan bentuk gelombang yang frekuensinya merupakan kelipatan di luar bilangan satu terhadap frekuensi fundamental (50 Hz atau 60 Hz). Bentuk gelombang yang ada pada frekuensi tinggi merupakan kelipatan dari frekuensi dasarnya seperti (100 Hz, 150 Hz, 200Hz, 250 Hz dan seterusnya), frekuensi- frekuensi kelipatan ini dapat mengganggu suplai daya listrik pada frekuensi dasarnya (50Hz) sehingga bentuk gelombang arus dan tegangan yang idealnya sinusoidal murni akan menjadi cacat akibat distorsi harmonisa yang terjadi.

Harmonisa merupakan suatu fenomena yang terjadi akibat dioperasikannya beban listrik non-linier. Beban listrik non linier adalah beban listrik yang dimana tegangan, arus dan hambatannya tidak sebanding, artinya respon tegangan yang diberikan pada beban tidak sebanding dengan arus beban yang muncul, sementara beban linier merupakan kebalikan dari beban non-linier. Beban linier adalah beban yang respon tegangannya sebanding dengan arus yang dihasilkan (mendekati). Beban linier sebenarnya menghasilkan harmonisa, tetapi harmonisa yang dibangkitkan cukup kecil jika dibandingkan dengan harmonisa yang dihasilkan oleh beban non linier.

2.3 Pereduksi Harmonisa

Filter pasif dipasang dengan tujuan untuk mereduksi amplitudo frekuensi- frekuensi tertentu dari sebuah tegangan atau arus. Dengan pemasangan filter pasif, arus harmonisa yang mengalir ke seluruh jaringan dapat direduksi sekecil mungkin. Selain itu filter ini dapat mengkompensasi kerugian daya akibat adanya harmonisa dari sistem instalasi. Rangkaian filter pasif terdiri dari beberapa komponen, yaitu:

a) Kapasitor (C)

Kapasitor sering juga disebut kondensator atau kapasitansi. Mempunyai fungsi untuk membatasi arus yang mengalir pada kapasitor tersebut, dan dapat menyimpan energi dalam bentuk medan listrik. Kapasitor merupakan dua keping konduktor yang dipisahkan oleh suatu insulator (udara, hampa udara atau suatu material tertentu). Nilai suatu kapasitor tergantung dari nilai permitivitas bahan pembuat kapasitor tersebut tergantung dari luas penampang dan jarak antar dua keping penyusun kapasitor tersebut. Biasanya kapasitor dihubungkan seri atau paralel untuk dapat memperoleh kapasitas tegangan yang diinginkan.

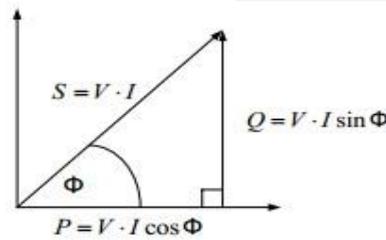
b) Induktor (L)

Induktor adalah sebuah komponen elektronika pasif yang menyimpan energi magnet yang ditentukan oleh arus listrik yang melintasinya. Kemampuan penyimpanan energi magnet pada induktor ditentukan oleh nilai induktansinya dalam satuan Henry.

Biasanya sebuah induktor adalah sebuah kawat penghantar yang dibuat menjadi kumparan, lilitan kawatnya membantu menghasilkan medan magnet sesuai dengan hukum induksi faraday.

2.4 Faktor Daya

Faktor daya adalah suatu ukuran seberapa efektif daya nyata yang bergerak dari sumber tenaga ke beban listrik pada suatu sistem tenaga listrik, atau perbandingan dari daya nyata dengan daya semu. Dibawah ini merupakan hubungan daya nyata (P), daya reaktif (Q), dan daya semu (S).



Gambar 2.1 Hubungan daya nyata, daya reaktif dan daya semu

Menurut definisi faktor daya di atas maka didapat persamaan sebagai berikut:

- ()
- ()
- ()

Dari persamaan diatas maka bisa didapatkan besar faktor daya (cos)

$$\text{Faktor Daya} = \frac{P}{S} = \frac{V \cdot I \cos \phi}{V \cdot I} = \cos \phi$$

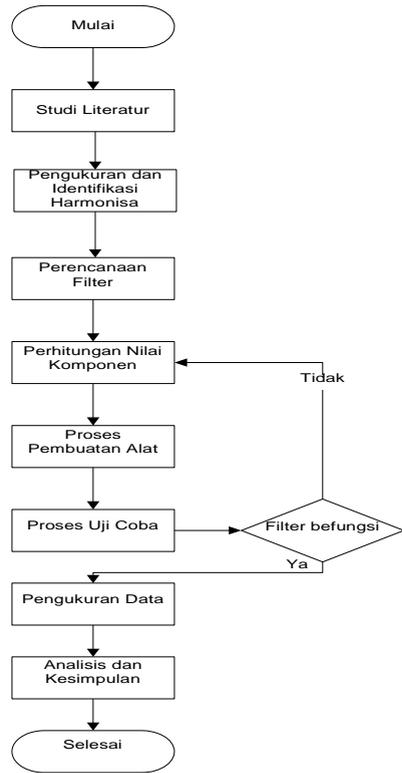
Faktor daya memiliki range dari 0-1 atau dapat juga dinyatakan dalam persen. Faktor daya yang baik apabila bernilai mendekati satu.

Perbaikan faktor daya ini mempunyai maksud :

- 1) Menurunkan biaya pemakaian energi listrik.
- 2) Menaikan kemampuan daya KVA.
- 3) Menaikan daya KW untuk permintaan daya KVA yang sama.
- 4) Mengurangi drop tegangan saluran.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Flow Chart Penelitian



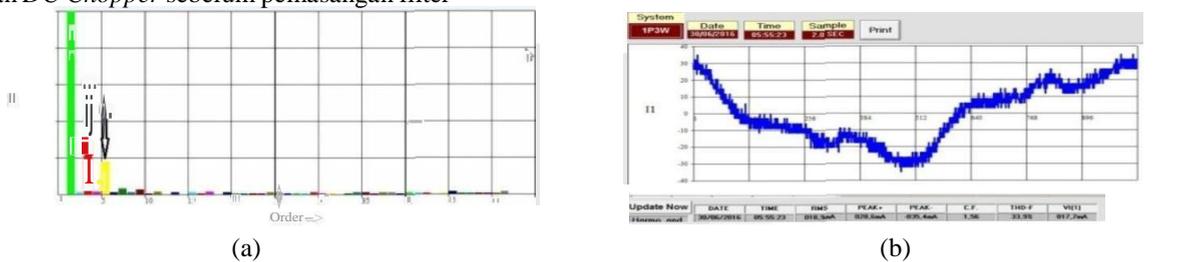
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

3.2 Identifikasi Harmonisa

Identifikasi harmonisa dilakukan untuk mengetahui apakah *DC Chopper* terindikasi harmonisa atau tidak. Selain itu besar harmonisa diukur dan diidentifikasi untuk mengetahui besar arus, harmonisa arus (THDi), bentuk gelombang, besar daya dan faktor daya. Pengukuran dilakukan menggunakan Power and Harmonics Meter. Pengukuran yang dilakukan sebelum pemasangan filter diantaranya yaitu:

1. Pengukuran *DC Chopper* sebelum pemasangan filter.
2. Pengukuran *DC Chopper* dengan beban motor DC sebelum pemasangan filter.

3.2.1 Pengukuran *DC Chopper* sebelum pemasangan filter



Gambar 3.2 (a) Harmonisa Arus *DC Chopper* Sebelum Pemasangan Filter & (b) Gelombang Arus *DC Chopper* Sebelum Pemasangan Filter

Setelah melakukan pengukuran, *DC Chopper* terindikasi mengandung harmonisa. Harmonisa yang timbul yaitu harmonisa ke-3 sebesar 29% dan ke-5 sebesar 18%, sementara nilai harmonisa arus total (THD-F) 34%, seperti pada gambar III.2. Daya yang dibutuhkan oleh *DC Chopper* yaitu sebesar 2,3 Watt dan faktor daya sebesar 0,54, dapat dilihat pada tabel III.1.

Tabel 3.1 Hasil Pengukuran DC Chopper Sebelum Pemasangan Filter

Parameter	Sebelum Pemasangan Filter
I(mA)	19,3
V(volt)	222,3
THDi (%)	34
P (watt)	2,3
S (VA)	4,2

Penjelasan *Flowchart* :

1. Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu Studi Literatur, dilakukan dengan cara mencari, mengumpulkan dan mempelajari referensi yang berasal dari berbagai sumber seperti buku, paper, thesis, dan sumber lainnya sebagai dasar teori untuk tugas akhir ini.
2. Tahap kedua yaitu perencanaan filter, pada tahap ini akan direncanakan jenis filter yang akan dirancang. Filter yang akan dirancang yaitu filter Harmonisa.
3. Tahap ketiga yaitu identifikasi harmonisa dilakukan untuk mengetahui apakah DC Chopper terindikasi harmonisa. Besar harmonisa diukur dan diidentifikasi untuk mengetahui harmonisa ke berapa yang akan di reduksi.
4. Tahap keempat yaitu perhitungan nilai komponen. Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan nilai komponen L dan C berdasarkan frekuensi resonansi yang akan direduksi besar harmonisanya.
5. Tahap kelima yaitu proses pembuatan alat / perangkat keras rangkaian filter harmonisa.
6. Tahap keenam yaitu tahap uji coba rangkaian filter. Pada proses uji coba ini dilakukan pengujian apakah filter berfungsi atau tidak, sesuai dengan tujuan yaitu mereduksi harmonisa ke- 3,5,dan 7.
7. Tahap ketujuh yaitu analisis dan kesimpulan. Filter yang telah dirancang apakah sesuai dengan tujuan yaitu sesuai dengan standar EMC dan apabila tidak, apa penyebab filter tersebut tidak berfungsi sesuai dengan tujuan.

3.2.2 Pengukuran DC Chopper Dengan Beban Motor DC Sebelum Pemasangan Filter



(a)



(b)

Gambar 3.3 (a) Harmonisa Arus DC Chopper dengan Beban Motor DC Sebelum Pemasangan Filter & (b) Gelombang Arus DC Chopper Sebelum Pemasangan Filter

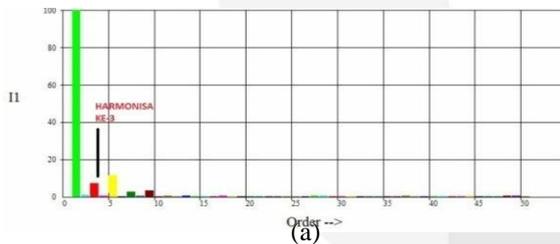
Setelah melakukan pengukuran, DC Chopper yang telah dibebani motor DC terindikasi harmonisa yang nilainya lebih besar dari pada sebelum dibebani. Harmonisa yang timbul yaitu H3= 53%, H5=19,2 % dan H7=13,1 dengan total harmonisa (THDi) total = 60,5% seperti pada gambar III.3. Daya yang dibutuhkan yaitu 9,1 Watt dan faktor daya sebesar 0,82 dapat dilihat pada tabel III.2.

Tabel 3.2 Hasil Pengukuran DC Chopper dengan Beban Motor DC Sebelum Pemasangan Filter

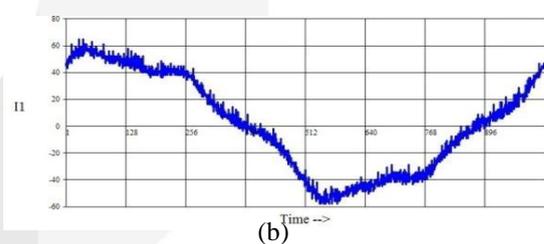
Parameter	Sebelum Filter
I(mA)	51,2
V(volt)	218,3
%THDi (%)	60,5%
P (watt)	9,1
S (VA)	11,1
Q (VAR)	6,3
Power Factor	0,82

4. Pengujian Dan Analisis

4.1 Pengujian DC Chopper Setelah Pemasangan Filter Harmonisa Ke-3



(a)



(b)

Gambar 4.1 (a) Grafik Harmonisa Setelah Implementasi Filter H3 & (b) Gelombang Arus Setelah Implementasi Filter H3

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Sebelum dan Sesudah Implementasi Filter H3

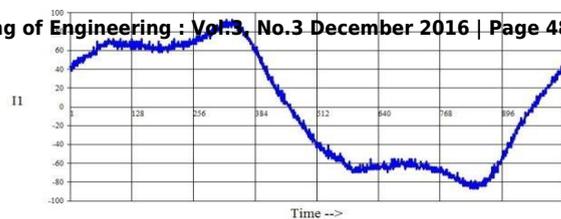
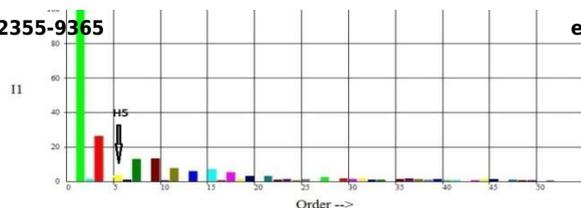
Parameter	Sebelum Implementasi Filter	Setelah Implementasi Filter H3
I(mA)	51,2	75,5
V(volt)	220	220
THDi (%)	34	13,1
P (watt)	2,3	8,4
S (VA)	4,2	9,4
Q (VAR)	3,5	4,2
Power Factor	0,54	0,89

Gambar 4.1 (a),(b) menunjukkan grafik harmonisa dan gelombang arus sesudah implementasi filter. Dari perbandingan kedua gambar tersebut didapatkan hasil pengukuran yang berbeda antara sebelum dan setelah implementasi filter. Setelah implementasi filter, harmonisa ke-3 terbukti tereduksi (grafik batang berwarna merah pada gambar 4.1 (b) menurun). Besar harmonisa H3 menurun menjadi 7,8% dari sebelumnya 29%. Sementara pada gambar 4.1 (b) menunjukkan perubahan bentuk gelombang arus yang lebih sinus. THDi tereduksi menjadi 13,1 % dari sebelumnya yaitu 34 %. Daya mengalami perubahan dari sebelumnya 2,3 Watt menjadi 8,4 Watt. Sementara faktor daya mengalami kenaikan dari 0,54 menjadi 0,89.

4.2 Pengujian DC Chopper Setelah Pemasangan Filter Harmonisa Ke-5

ISSN : 2355-9365

e-Proceeding of Engineering : Vol.3, No.3 December 2016 | Page 4848



(a)

(b)

Gambar 4.2 (a) Grafik Harmonisa Setelah Implementasi Filter H3 & (b) Gelombang Arus Setelah Implementasi Filter H3

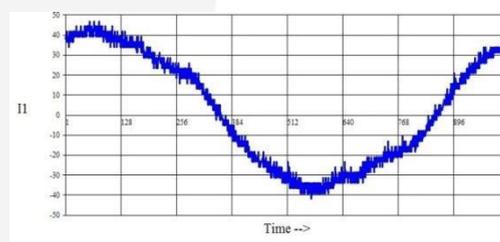
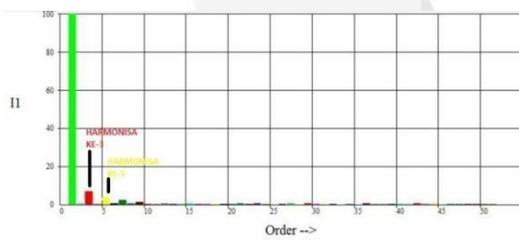
Tabel 4.2 Data Pengujian Setelah Pemasangan Filter H5

Parameter	Sebelum Pemasangan Filter	Setelah Pemasangan Filter H5
I(mA)	51,2	39,2
V(volt)	220	220
THDi %	34	37
P (watt)	2,3	2,9
S (VA)	4,2	3,2
Q (VAR)	3,5	1,5
Power Factor	0,54	0,91

Gambar IV.2 (a),(b) menunjukkan grafik harmonisa dan gelombang arus sebelum dan sesudah implementasi filter. Harmonisa ke-5 terbukti tereduksi setelah pemasangan filter (grafik batang berwarna kuning pada gambar IV.5 (a) menurun), Besar harmonisa H5 menurun menjadi 6,3% dari sebelumnya 17,9%. Sementara gambar IV.2 (b) merupakan gelombang arus saat sesudah implementasi filter. Gelombang arus terlihat lebih sinus setelah implementasi filter.

Setelah implementasi filter H5, Nilai THDi meningkat menjadi 37% dari sebelumnya 34%. Peningkatan nilai THDi dipicu karena munculnya harmonisa pada frekuensi lain karena dampak dari pemasangan filter H5. Besar daya mengalami perubahan menjadi 2,9 Watt dari sebelumnya 2,3 Watt. Sementara nilai faktor daya mengalami peningkatan menjadi 0,91 dari sebelumnya 0,54.

4.3 Pengujian DC Chopper Setelah Pemasangan Filter Harmonisa Ke-3 dan ke-5 (filter bertingkat)



(a)

(b)

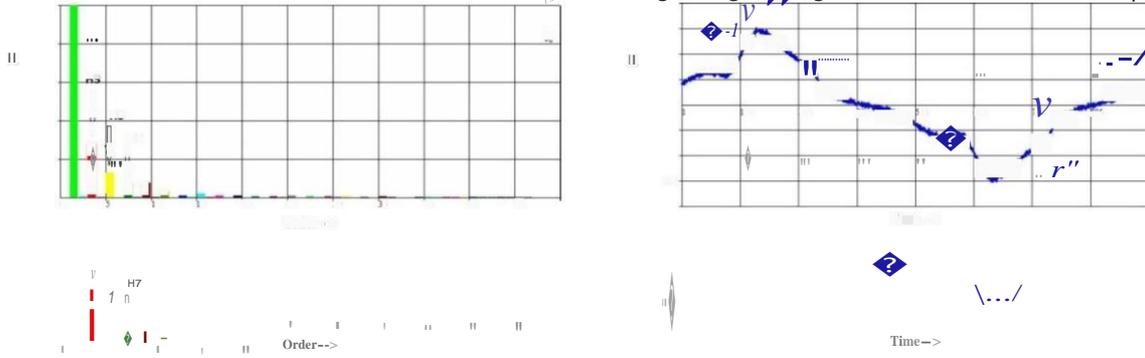
Gambar 4.3 (a) Grafik Harmonisa Setelah Implementasi Filter H3& H5 (b) Gelombang Arus Setelah Implementasi Filter H3&H5

Tabel 4.3 Data Pengujian Setelah Implementasi Filter H3&H5 (Filter Bertingkat)

Parameter	Sebelum Pemasangan Filter	Setelah Pemasangan Filter H3&H5
I(mA)	51,2	33,3
V(volt)	220	221,5
THDi (%)	34	8,3
P (watt)	2,3	5,3
S (VA)	4,2	7,3
Q (VAR)	3,5	5
Power Factor	0,54	0,72

Gambar 4.3 (a),(b) menunjukkan grafik harmonisa dan gelombang arus setelah implementasi filter H3&H5 (Filter Bertingkat). Harmonisa ke-3 dan ke-5 terbukti tereduksi setelah pemasangan filter (grafik batang berwarna merah dan kuning pada gambar 4.3 (a) menurun Besar H3 menjadi 7% dan H5 menjadi 3,8%. Gambar 4.3(b) dan 4.3(b) menunjukkan perubahan gelombang setelah implementasi filter bertingkat H3 dan H5, gelombang arus mengalami perubahan yang signifikan hampir berbentuk sinus dibandingkan dengan gelombang arus sebelum pemasangan filter. Setelah implementasi filter H3&H5, THDi mengalami penurunan menjadi 8,3%. Penurunan THDi dipengaruhi oleh menurunnya harmonisa ke-3 dan ke-5 yang cukup signifikan. Besar daya setelah implementasi filter mengalami kenaikan dari 2,3 watt menjadi 5,3 watt dan faktor daya mengalami perubahan dari 0,54 menjadi 0,72, seperti pada tabel IV.3.

4.4 Pengujian DC Chopper Berbeban Motor DC Setelah Implementasi Filter H3



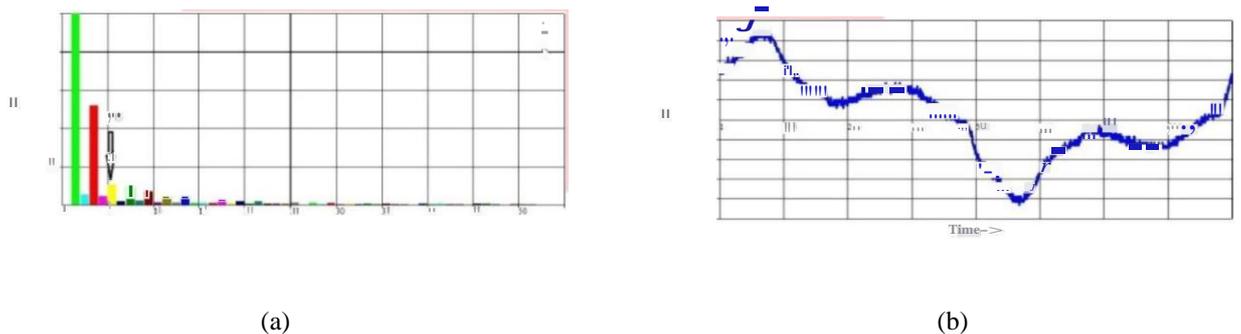
Gambar 4.4 (a) Grafik Harmonisa Berbeban motor DC Setelah Implementasi Filter H3 (b) Gelombang Arus Setelah Implementasi Filter H3

Tabel 4.4 . Data Harmonisa Setealah Pemasangan Beban Motor DC dan Implementasi Filter H3

Parameter	Sebelum Implementasi Filter	Setelah Implementasi Filter
I(mA)	51,2	75,5
V(volt)	218,3	220
THDi (%)	60,5	33
P (watt)	9,1	15,1
S (VA)	11,1	16,6
Q (VAR)	6,3	6,8
Power Factor	0,82	0,91

Gambar 4.4 (a),(b) menunjukan grafik harmonisa dan gelombang arus sebelum dan setelah implementasi filter harmonisa dengan menggunakan beban motor DC. Setelah melakukan pengujian dengan pemasangan filter ini, harmonisa terbukti tereduksi. Besar Harmonisa ke-3 menjadi 27,8% dari sebelumnya 53%. Seperti pada gambar 4.4 (a), grafik batang warna merah menurun. Pemasangan filter H3 mempengaruhi penurunan harmonisa lain selain H3, yaitu H5 dan H7 mengalami penurunan harmonisa. Gambar 4.4 (b) menunjukan perubahan gelombang setelah implementasi filter H3, gelombang arus mengalami perubahan menjadi lebih sinus dibanding dengan gelombang arus sebelum pemasangan filter meskipun tidak ada perubahan yang signifikan, dapat dilihat pada gambar 4.4 Setelah pemasangan filter bertingkat nilai THDi tereduksi menjadi 33% dari sebelumnya 60,5%. Besar daya dan faktor daya mengalami perubahan nilai menjadi 15,1 Watt dan 0,91, seperti pada tabel 4.4.

4.5 Pengujian DC Chopper Berbeban Motor DC Setelah Implementasi Filter H5



Gambar 4.5 (a) Grafik Harmonisa Berbeban motor DC Setelah Implementasi Filter H3 (b) Gelombang Arus Setelah Implementasi Filter H3

Tabel 4.5 Data Pengujian Setelah Implementasi Filter H5 Berbeban Motor DC

Parameter	Sebelum Implementasi Filter	Setelah Implementasi Filter H5
I(mA)	51,2	51,2
V(volt)	218,3	220
THDi (%)	60,5	59
P (watt)	9,1	9,1
S (VA)	11,1	10,9
Q (VAR)	6,3	6
Power Factor	0,82	0,83

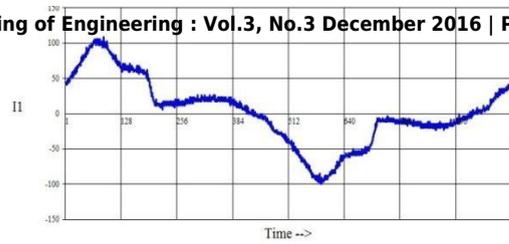
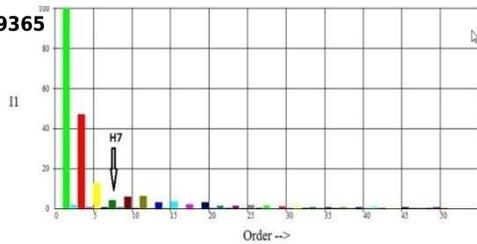
4.4 Pengujian *DC Chopper* Berbeban Motor DC Setelah Implementasi Filter H3

ISSN : 2355-9365

e-Proceeding of Engineering : Vol.3, No.3 December 2016 | Page 4850

Berdasarkan perhitungan sebelumnya nilai induktor dan kapasitor untuk mereduksi harmonisa ke-5 yaitu 0.09H dan 4,8 Uf. Gambar 4.5 (a),(b) menunjukkan grafik harmonisa dan gelombang arus sebelum dan setelah implementasi filter harmonisa dengan menggunakan beban motor DC . Setelah melakukan pengujian dengan implementasi filter ini, harmonisa terbukti tereduksi. Meskipun tidak mengalami penurunan nilai harmonisa yang signifikan, besar harmonisa ke-5 menjadi 10,5% dari sebelumnya 19,2. Gambar 4.5 (b) menunjukkan gelombang arus setelah pemasangan filter. Terdapat perubahan bentuk gelombang setelah implementasi filter, gelombang arus menjadi lebih sinus meskipun tidak terlalu signifikan. Hal ini berhubungan dengan menurunnya harmonisa yang tidak signifikan pada gambar 4.15(b). Nilai THDi menjadi 59% dari sebelumnya 60,5%. Daya dan faktor daya mengalami perubahan nilai menjadi 9,1 Watt dan 0,83, seperti pada tabel 4.5

4.6 Penguji



Gambar 4.6 (a) Grafik Harmonisa Berbeban motor DC Setelah Implementasi Filter H3 (b) Gelombang Arus Setelah Implementasi Filter H3

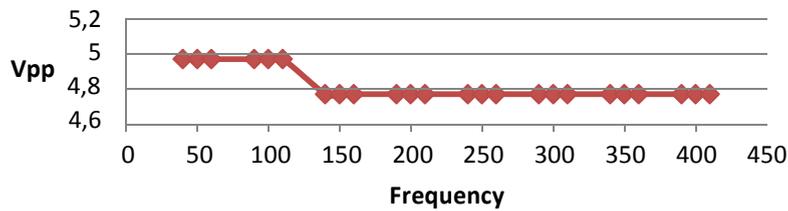
Tabel 4.6 Data Pengujian Setelah Pemasangan Filter H7 dengan Beban Motor DC

Parameter	Sebelum Implementasi Filter	Setelah Implementasi Filter H7
I(mA)	51,2	51,4
V(volt)	218,3	223
THDi (%)	60,5	48
P (watt)	9,1	9,8
S (VA)	11,1	11,3
Q (VAR)	6,3	6,5
Power Factor	0,82	0,86

Gambar 4.6 (a)(b) menunjukkan grafik harmonisa dan gelombang arus sebelum dan setelah pemasangan Filter H7 berbeban motor DC. Setelah melakukan pengujian dengan implementasi filter H7, harmonisa terbukti tereduksi dengan signifikan. Besar Harmonisa ke-7 menjadi 3,2% dari sebelumnya 19,2%. Gelombang arus mengalami perubahan bentuk yang tidak signifikan dari sebelumnya, dapat dilihat pada gambar Gambar 4.6 (a) dan 4.6 (b). Setelah pemasangan filter bertingkat nilai THDi tereduksi menjadi 48 % dari nilai sebelumnya yaitu 60,5%, daya dan faktor daya mengalami perubahan nilai menjadi 9,8 Watt dan 0,86, seperti pada tabel 4.5.

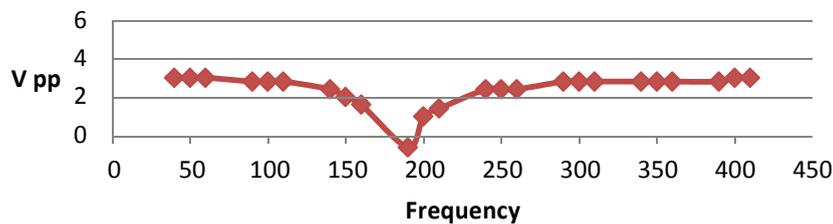
4.7 Analisis Respon Frekuensi Filter Harmonisa

Analisis Respon Frekuensi dilakukan untuk mengetahui akurasi filter dan jenis filter harmonisa. Akurasi filter menunjukkan pada rentan frekuensi berapa filter tersebut dapat menghilangkan frekuensi resonansi yang telah ditentukan.



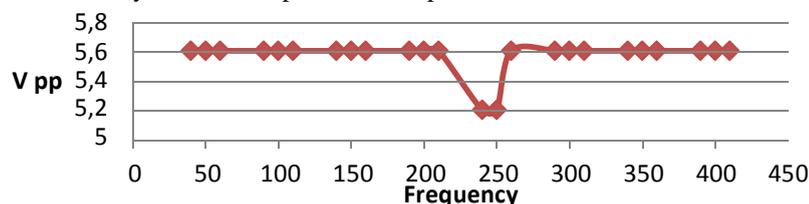
Gambar 4.7 Grafik Respon Frekuensi Filter Harmonisa Ke-3

Gambar 4.7 merupakan grafik respon frekuensi filter harmonisa ke-3, grafik tersebut menunjukkan bahwa filter H3 termasuk *Low Pass Filter*. Pada rentang frekuensi 150-450Hz terlihat penurunan nilai amplitudo.

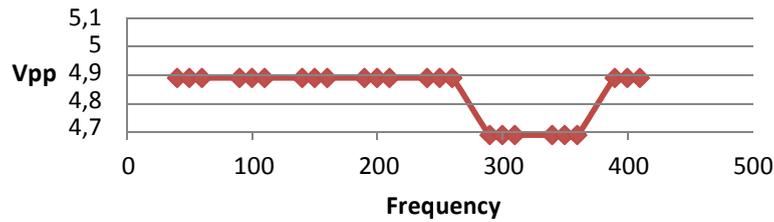


Gambar 4.8 Respon Frekuensi Filter Harmonisa Ke-5

Gambar 4.8 merupakan grafik respon frekuensi filter harmonisa ke-5, grafik tersebut menunjukkan bahwa filter H5 termasuk *Band Stop Filter*. Pada rentang frekuensi 60-290 Hz terlihat perubahan nilai amplitudo, sementara titik terendahnya yaitu pada saat frekuensi 190Hz. Filter ini belum dapat dinyatakan maksimal, karena seharusnya filter ini dapat meredam pada frekuensi 250Hz.



Gambar 4.9 merupakan grafik respon frekuensi filter harmonisa ke-5 untuk beban motor DC, grafik tersebut menunjukkan bahwa filter H5 termasuk *Band Stop Filter*. Pada rentang frekuensi 240-250Hz terlihat perubahan nilai amplitudo. Filter ini sudah menunjukkan respon frekuensi pada frekuensi resonansi yang telah ditentukan yaitu 250Hz..



Gambar 4.10 Respon Frekuensi Filter Harmonisa ke-7

Gambar 4.10 merupakan grafik respon frekuensi filter harmonisa ke-7, grafik tersebut menunjukkan bahwa filter H7 termasuk *Band Stop Filter*. Pada rentang frekuensi 300-350Hz terlihat penurunan nilai amplitudo. Filter ini belum maksimal tetapi sudah mendekati frekuensi resonansi yang ditentukan yaitu 350Hz.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil identifikasi harmonisa, implementasi filter dan analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan diantaranya yaitu:

1. Implementasi filter harmonisa terbukti dapat mereduksi besar nilai harmonisa arus dan nilai THD arus.
2. Besar daya dari seluruh pengujian setelah implementasi filter harmonisa mengalami kenaikan dari sebelum implementasi filter. Sebaiknya kenaikan daya tidak terlalu besar agar implementasi filter harmonisa lebih efisien.
3. Besar faktor daya dari seluruh pengujian setelah implementasi filter harmonisa mengalami kenaikan, hal tersebut membuktikan bahwa implementasi filter harmonisa dapat memperbaiki faktor daya.
4. Hasil pengukuran setelah implementasi filter harmonisa sudah mendekati kesesuaian dengan standar IEC 61000-3-2 class D.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil identifikasi dan pengujian, terdapat beberapa saran sebagai masukan untuk mengembangkan tugas akhir ini, sebagai berikut:

1. Perancangan filter harmonisa yang lebih baik untuk mendapatkan hasil pengujian yang lebih optimal.
2. Dengan berbedanya impedansi di setiap filter, maka diperlukan pengukuran impedansi induktor dan kapasitor, untuk mengetahui besar keefektifan filter.
3. Pemasangan filter meningkatkan besar daya, diupayakan kenaikan daya tidak terlalu besar.
4. Sebelum menentukan nilai kapasitor dan induktor pada frekuensi resonansi yang telah ditentukan, sebaiknya dihitung besar daya beban terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai kapasitor dan induktor yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: Gramedia Pustaka, 1988.
- [2] Ivan Nur Bhakti, *IMPLEMENTASI FILTER PASIF DAN ANALISIS HARMONISA*. BANDUNG, 2013.
- [3] Cekmas Cekdin and Taufik Barlian, *Rangkaian Listrik*, andi, Ed. Yogyakarta, Indonesia: andi, 2013.
- [4] Tumbur Francisco, *Analisis Pengaruh Penggunaan DC Chopper terhadap Harmonik dan Faktor Daya yang Dipengaruhi dengan Adanya Penyearah*. Semarang, 2013.
- [5] Ananda Ekamukya Hakimia, *Filter Harmonisa Berbasis Electromagnetic Compatibility*. Bandung, 2014.
- [6] Ekki Kurniawan, *Implementasi dan Analisis Insertion Loss Pada Filter Berdaya Rendah Berbasis Electromagnetic Compatibility*. Bandung, 2014.
- [7] Muhammad Rashid, *power electronic circuit, devices, and applications*.: printice hall, 1993.
- [8] Awan Setiawan, "Kajian Pengaruh Harmonisa Terhadap Sistem Tenaga Listrik," *Jurnal ELTEK*, 2007.