IMPLEMENTASI DAN ANALISIS FILTER UNTUK MEMINIMALISASI NILAI HARMONISA PADA CONVERTER DC TO DC TIPE BUCK

IMPLEMENTATION AND ANALYSIS FILTER TO REDUCED HARMONICS IN BUCK TYPE CONVERTER DC TO DC

Herman Sirait[1], Ekki Kurniawan, S.T.,M.T [2], Ir. Porman Pangaribuan, M.T [3]

[1,2,3]Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

[1]hermansirait@students.telkomuniversity.ac.id,

[2]ekkikurniawan@telkomuniversity.ac.id, [3]porman@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mereduksi harmonisa yang ditimbulkan oleh DC *Chopper* dengan mengimplementasikan filter pasif. Diantaranya adalah filter pasif harmonisa ke-3 dan filter *low pass*. Dan pada penelitian ini, DC *Chopper* akan diberi beban motor DC tipe *shunt*. Sebelum implementasi filter, dilakukan identifikasi harmonisa. Didapat besar harmonisa ke-3=28,3mA dan *Total Harmonic Distorsion Current* (THDi) =70,4%.

Setelah DC *Chopper* diimplementasikan filter harmonisa ke-3, harmonisa terbukti berkurang menjadi 14,5mA dan THDi berkurang menjadi 59%. Dan setelah diimplementasikan filter *low pass*, harmonisa terbukti berkurang. Yaitu harmonisa ke 3, 5, 7, 9, 11, 13 menjadi 18,3mA, 2,5mA, 2,4mA, 1,2mA, 0,4mA, 0mA. Implementasi filter harmonisa ke-3 dan filter *low pass* sudah menunjukkan penurunan besar harmonisa, merubah gelombang sinus terdistorsi menjadi lebih sinus, dan juga memperbaiki faktor daya. Reduksi harmonisa pada DC *Chopper* dengan menggunakan filter yang dirancang sudah mendekati standar IEC-61000-3-2 *class* D.

Kata Kunci : DC *Chopper*, Harmonisa, IEC 61000-3-2 *Class* D, Filter Pasif, *Low pass* filter.

Abstracts

The purpose of this research is to reduce harmonics caused by DC Chopper by applying passive filter. Among them are passive filters harmonisa-3 and low pass filter. And in this study, DC Chopper will be given a DC motor shunt type. Prior to filter implementation, harmonic identification was performed. There was a great harmonic value of 3 = 28.3 mA and Total Harmonic Distorsion Current (THDi) = 70.4%.

After DC Chopper implemented the 3rd harmonic filter, the harmonics proved to be reduced to 14.5mA and THDi reduced to 59%. And after the low pass filter implemented, the harmonics proved to be reduced. It is harmonic to 3, 5, 7, 9, 11, 13 to 18.3 mA, 2.5 mA, 2,4mA, 1,2mA, 0,4mA, 0mA. Adjustment of the 3rd harmonic filter and the low pass filter have shown a great harmonic, the sine wave is distorted into more sinus, and also improves the power factor. Reduction of harmonics on DC Chopper by using filters that are in accordance with IEC-61000-3-2 class D standard.

Keywords : *DC Chopper, Harmonic, IEC 61000-3-2 Class D, Passive Filter, Low pass filter*.

1. Pendahuluan

Dalam perkembangan teknologi saat ini, peralatan listrik berbasis elektronika daya berkembang pesat karena mempunyai efisiensi yang tinggi dan perancangannya lebih kristis dan sesuai kebutuhan. Beberapa penggunaan peralatan elektronik seperti motor DC, membutuhkan tegangan arus searah yang bersifat terkontrol/ variabel yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensinya, oleh sebab itu dibutuhkan suatu *converter* terkontrol dan salah satunya adalah *converter* DC *Chopper* tipe *buck*.

DC *Chopper* tipe *buck* memiliki kekurangan yang tidak kasat mata yaitu menghasilkan arus harmonisa yang cukup tinggi, hal ini disebabkan karena didalam *converter* tersebut terdapat komponen penyearah yang termasuk beban non-linear. Hal ini mengakibatkan gelombang arus dan tegangan keluaran tidak sama dengan gelombang masukan sehingga bentuk gelombang keluarannya tidak menjadi *sinusoidal*, dalam hal ini biasa disebut distorsi harmonisa [1]. Distorsi harmonisa dari beban non-linier yang melebihi batas yang dizinkan dapat menyebabkan menurunya faktor daya, kerusakan sejak dini peralatan elektronik, mengurangi efisiensi perangkat dan menimbulkan peningkatan rugi-rugi pada sistem. Untuk menghindari hal diatas DC *Chopper* tipe *buck* harus mengikuti Standarisasi yang diatur dalam IEC 61000-3-2.

Salah satu solusi yang tepat untuk mereduksi distorsi harmonisa adalah dengan penggunaan filter pasif, karena filter pasif pada frekuensi fundamental dapat mengkompensasi daya reaktif dan dipergunakan untuk memperbaiki faktor daya sistem [2]. filter yang digunakan pada tugas akhir ini adalah filter *low pass*, filter ini meloloskan gelombang dengan frekuensi rendah sesuai dengan frekuensi resonansi/ *cut off* yang diinginkan.

Pada tugas akhir ini juga diimplementasikan filter harmonisa ke-3 untuk dibandingkan dengan filter *low pass*. Selanjutnya diukur dan dianalisis perubahan %THDi, harmonisa orde ganjil, kualitas daya yang terjadi sebelum dan sesudah implementasi filter. Diharapkan implementasi filter ini dapat mengurangi persentase harmonisa agar sesuai batas standarisasi IEC-61000-3-2 *Class* D dan memperbaiki faktor daya sistem.

2. Dasar Teori dan perancangan

2.1 Karakteristik Beban

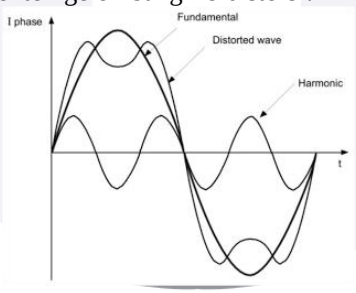
Dalam sistem tenaga listrik terdapat dua jenis beban, yaitu beban linier dan beban non-linier. Beban linier adalah beban yang memberikan bentuk gelombang keluaran yang arusnya mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan, sehingga menghasilkan gelombang murni yang tidak terdistorsi[3].

Sementara beban non-linier adalah beban yang mengakibatkan gelombang arus dan tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya, sehingga bentuk gelombang keluarannya tidak menjadi *sinusoidal*. Peralatan yang dapat menimbulkan beban non-linier diantaranya *rectifier*, inverter, MOSFET dan komponen elektronika lainnya. Pemakaian beban ini akan mengubah bentuk gelombang menjadi terdistorsi yang akan menghasilkan harmonisa[4].

2.2 Harmonisa

Harmonisa adalah distorsi periodik dari gelombang sinus tegangan, arus atau daya dengan bentuk gelombang yang frekuensinya merupakan frekuensi kelipatan diluar bilangan satu terhadap frekuensi fundamental (50Hz). Idealnya bentuk gelombang tegangan dan arus yang tidak mengandung harmonisa adalah gelombang yang hanya mempunyai satu frekuensi dasar saja (frekuensi 0Hz untuk tegangan dan arus DC, dan frekuensi 50Hz untuk tegangan dan arus AC). Bentuk gelombang yang ada pada frekuensi tinggi merupakan kelipatan dari frekuensi dasarnya seperti (100Hz, 150Hz, 200Hz, 250Hz dan seterusnya), frekuensi kelipatan ini dapat mengganggu suplai daya listrik pada frekuensi dasarnya (50Hz) sehingga bentuk gelombang arus dan tegangan yang idealnya *sinusiodal* murni akan menjadi cacat akibat distorsi harmonisa yang terjadi[5].

Bentuk gelombangnya merupakan penjumlahan dari gelombang fundamental dan gelombang harmonisa (h1, h2, h3 dst) pada frekuensi kelipatannya. Semakin banyak gelombang harmonisa yang tergabung pada gelombang fundamentalnya, maka gelombang akan semakin mendekati gelombang persegi dan tidak berbentuk gelombang *sinusoidal* murni. Dibawah ini merupakan contoh gelombang Terdistorsi.



Gambar 2.1 Bentuk Gelombang Sinusiodal dan Gelombang yang Terdistorsi.

2.3 Perhitungan Harmonisa

Total harmonic distortion adalah rasio/ perbandingan dari harga efektif harmonisa terhadap harga efektif gelombang dasarnya yang dinyatakan dalam bentuk %THD. THD dapat diukur untuk besar tegangan dan arus.
Faktor distorsi tegangan[6]:

$$THDV = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty}(Vh)^2}}{V1} \times 100\% \qquad (2.1)$$

V_1 = Tegangan Frekuensi dasar (V)
V_h = Tegangan Harmonisa ke-h (V)

h = Bilangan Integer (2,3,4,5...)

Faktor Distorsi Arus :

$$THDI = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty}(Ih)^2}}{I1} \times 100\% \quad (2.2)$$

I_1 = Arus Frekuensi dasar (A)
I_h = Arus Harmonisa ke-h (A)
h = Bilangan Integer (2,3,4,5...)

besar Daya Distorsi dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3.

$$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} \quad (2.3)$$

2.4 Standarisasi IEC 61000-3-2.

Standarisasi IEC 61000-3-2(*International Emmision Current*), mengatur batas maksimum harmonisa pada perangkat dengan arus input ≤ 16A per phasa. Klasifikasi perangkat dalam standarisasi ini dapat dikategorikan menjadi 4 kelas menurut kriteria yang telah dievaluasi oleh anggota komite IEC. Klasifikasinya dapat dilihat pada Tabel 2.1[7].

Tabel 2.1 Batas Harmonisa Arus pada IEC 61000-3-2

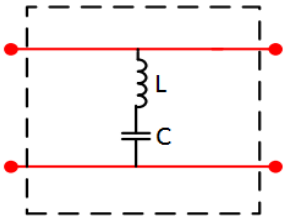
Harmonic [n]	**Class A [A]**	**Class B [A]**	**Class C** *[% of fund]*	**ClassD [mA/W]**
		Odd Harmonics		
3	2.30	3.45	30xλ *	3.4
5	1.14	1.71	10	1.9
7	0.77	1.115	7	1.0
9	0.40	0.60	5	0.5
11	0.33	0.495	3	0.35
13	0.21	0.315	3	3.85/13
15≤ $\boldsymbol{n}$ ≤ **39**	0.15x15/n	0.225x15/n	3	3.85/n
		Even Harmonics		
2	1.08	1.62	2	-
4	0.43	0.645	-	-
6	0.30	0.45	-	-
8≤ n ≤ 40	0.23x8/n	0.345x8/n	-	-

λ* = *Power Factor*

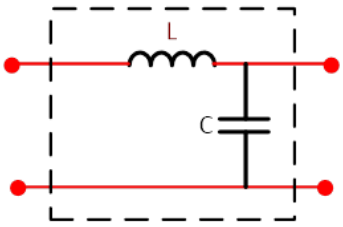
[% of Fund] = *Maximum value expressed as a percentage of the fundamental input current of the luminaries.*

2.5 Filter Pasif.

Filter Pasif adalah rangkaian yang hanya terdiri dari komponen seperti Resistor, Induktor, dan Kapasitor. Filter harmonisa pasif paralel merupakan filter yang bekerja dengan mengalihkan arus harmonisa ke *ground*. Filter ini bekerja dengan memanfaatkan impedansi yang rendah pada frekuensi tertentu, sehingga arus dengan frekuensi tersebut teralihkan menuju *ground*[8].



Gambar 2.2 Rangkaian filter Harmonisa ke-3



Gambar 2.3 Rangkaian Filter *Low Pass*

Filter *Low Pass* adalah salah satu tipe filter yang hanya meloloskan gelombang berfrekuensi rendah. Filter ini bekerja juga berdasarkan frekuensi resonansi/*cut off* nya.

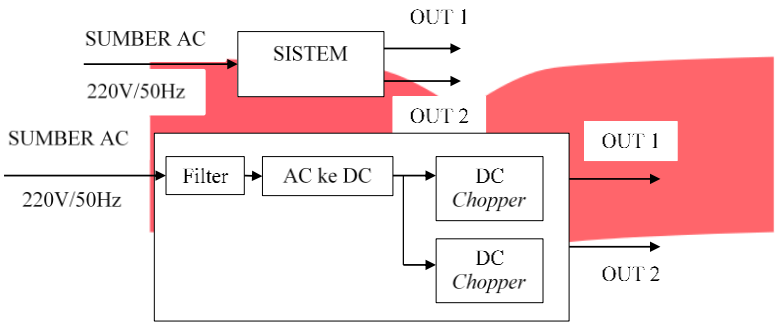
$$fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$Z = j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \quad (2.4)$$

2.6 Perancangan sistem.

Desain sistem atau perancangan sistem adalah merancang atau mendesain suatu sistem yang baik, yang isinya adalah langkah-langkah operasi dalam proses pengolahan data dan prosedur untuk mendukung operasi sistem. Desain ini digunakan sebagai acuan gambaran umum sistem atau mendefiniskan cara kerja sistem secara singkat dan umum.

2.6.1Perancangan sistem Perangkar keras.

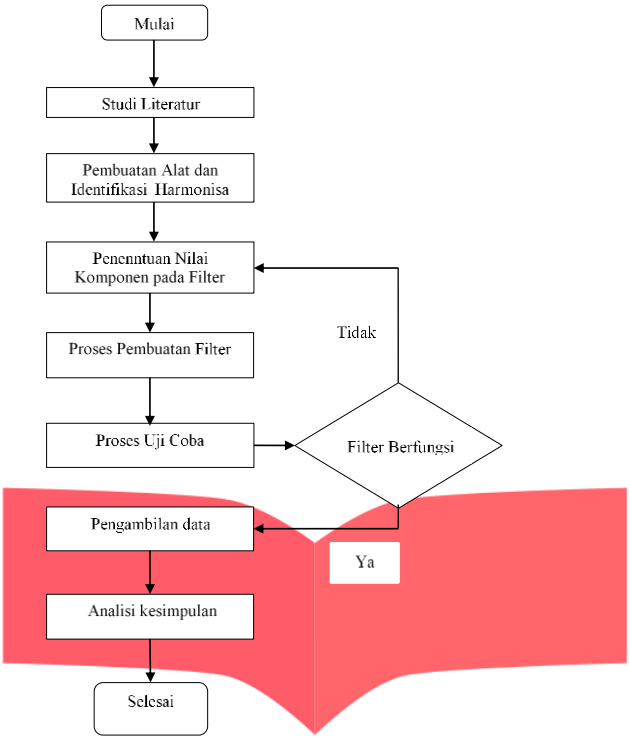


Gambar 2.4 Diagram Blok Sistem

Pada penelitian ini akan dilakukan implementasi dan analisis filter untuk mereduksi harmonisa yang ditimbulkan DC *Chopper*. Diagram blok diatas, merupakan gambaran umum sistem yang akan di implementasikan. Dimana filter akan disisipkan diantara sumber(AC) dan *rectifier*, yang berfungsi untuk mereduksi harmonisasi yang ditimbulkan DC *Chopper*. Dari diagram blok diatas (gambar 2.4) terdapat 2 output sistem yang diinginkan yaitu

1. OUT1, harmonisa yang ditimbulkan DC *Chopper* yang dirancang masih sesuai batas standar dan memiliki faktor daya yang baik (mendekati 1) sebelum diberi beban Motor DC.
2. OUT2, ketika DC *Chopper* diberi beban tambahan berupa motor DC, filter yang dirancang dapat berfungsi dengan baik untuk mereduksi harmonisa yang ditimbulkan DC *Chopper* dan masih sesuai batas yang diizinkan.

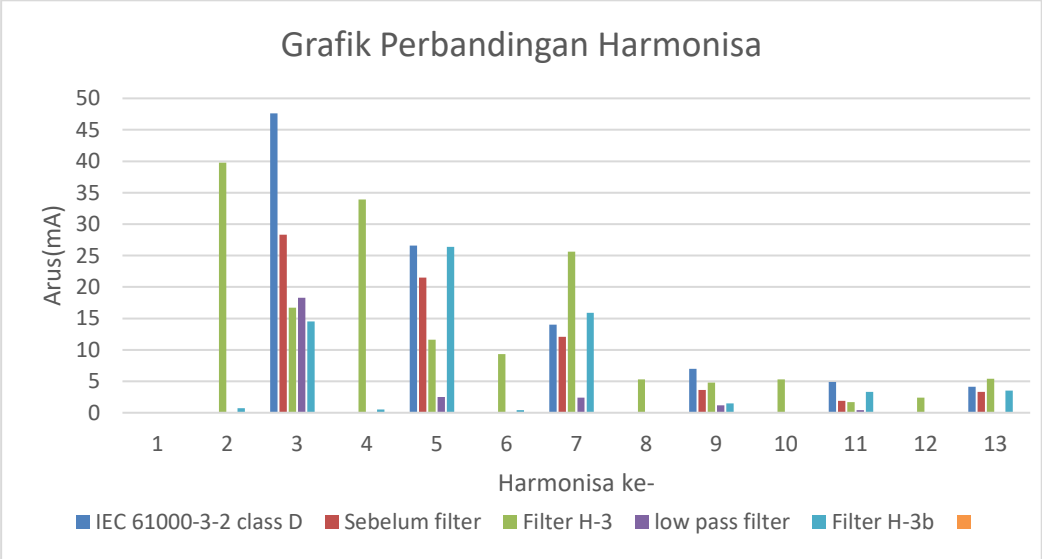
2.6.2 Perancangan perangkat lunak Sistem.



Gambar 2.5 Diagram alir Penelitian

3. Pengujian dan Analisis

3.1 Pengujian Filter Untuk mereduksi Harmonisa



Gambar 3.1 Grafik Perbandingan Harmonisa

Tabel 3.1 Perbandingan Parameter Sistem

No	Parameter	Sebelum filter	Filter H-3	Filter *Low Pass*	Filter H-3b
1	I(mA)	66,6	97	61,4	69,9
2	V(Volt)	234,4	234,1	234,2	234,2
3	THDi (%)	70,4	84,9	32,4	59
4	P(watt)	11,7	15,2	13,5	14
5	S(VA)	15,5	22,5	14,2	16,2
6	Q(VAR)	-10,2	16,8	-4,7	8,3
7	*Power Factor(%)*	74	67	95	86

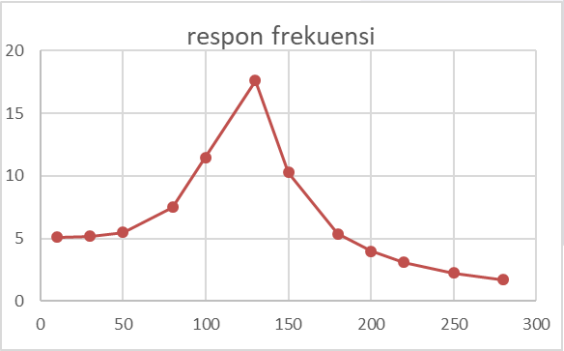
Setelah dilakukan pengujian implementasi filter H-3 dan filter *low pass* dan filter H-3b. Maka, dapat dilakukan perbandingan parameter antara sebelum dengan sesudah implementasi filter. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada grafik seperti pada Gambar 3.7.

Pada Gambar 3.7 ditunjukkan reduksi harmonisa menggunakan filter *Low Pass* dengan nilai L=2,04H dan C=0,54uF yang menghasilkan reduksi yang paling baik jika dilihat dari harmonisa ke 3,5,7,9,11,13 ternyata hasilnya masih dibawah standar harmonisa yang diizinkan. Hasil ini dapat membuktikan bahwa arus harmonisa sudah mendekati standarisasi IEC 61000-3-2 *class D.*

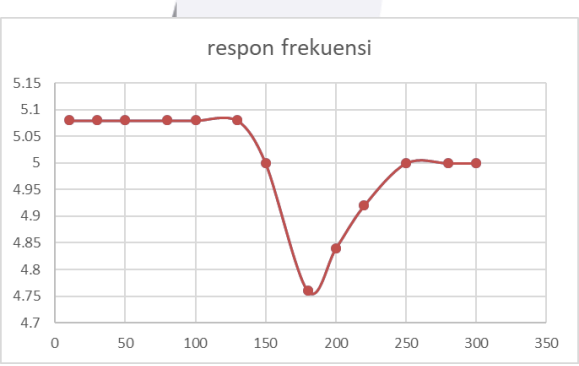
Reduksi harmonisa juga menghasilkan peningkat daya dan perbaikan *Power Factor* pada DC *Chopper*. Perbandingan daya tersebut dapat dilihat pada tabel 3.1.

3.2 Pengujian Respon Frekuensi.

Berikut respon frekuensi filter yang telah di rancang ,terlihat dari gambar 3.2 rentang kerja filter *Low Pass* pada frekuensi 150Hz dan 3.3 filter H-3b termasuk *Band Pass* Filter bekerja pada rentang frekuensi 150-250Hz. Dari grafik tersebut bisa disimpulkan Filter bekerja pada Frekuensi yang telah dirancang yaitu 150Hz.



Gambar 3.2 Respon Frekuensi Filter*Low Pass*



Gambar 3.3 Respon Frekuensi Filter H-3b

4. Kesimpulan

1. Implementasi filter *low pass* dan filter H-3b terbukti dapat mereduksi besar nilai Harmonisa ke-3 dan nilai THDi.
2. Besar faktor daya setelah implementasi filter H-3b dan filter *Low Pass* mengalami kenaikan, hal tersebut membuktikan bahwa implementasi filter dapat memperbaiki faktor daya.
3. Hasil pengukuran harmonisa ke-3,7,9,11,13 setelah implementasi filter H-3 baru dan filter *low pass* sudah mendekati kesesuaian dengan standar IEC 61000-3-2 *class D*.

Daftar Pustaka:

[1] A. Ade Agustinus (2011): Penggunaan Filter Pasif untuk Mereduksi Harmonisa Akibat Pemakaian Beban Nonlinier, pp. 19-21.

[2] I. N. Bhakti, Bandung (2013): Implementasi Filter Pasif dan Analisis Harmonisa

[4] R. Amalia and R. Nazir (2015): Pemodelan Dan Simulasi Beban Nonlinier 3 Fasa Dengan Metoda Sumber Arus Harmonik, vol. 4.

[5] R. Ikhwanto, Bandung (2016): Implementasi dan Analisis Filter Harmonisa Berbasis Electromagnetic Compability(EMC) Pada Converter DC To DC Tipe Buck.

[6] H. Lastian Anna (2012): Analisis Perbandingan Perancangan Filter LCL Pada Penyearah Terkendali Satu Fasa Full Converter dengan Penyearah PWM Satu Fasa Full Bridge.

[7] M. N. Z. Abidin (2008): IEC 61000-3-2 Harmonics Standards Overview.

[8] E. Kurniawan, Bandung (2014): Implementasi dan Analisis Insertion Loss Pada Filter Berdaya Rendah Berbasis Electromagnetic Compatibility.