

ANALISIS FILTER *LINE IMPEDANCE STABILIZATION NETWORK* PASIF UNTUK MENGURANGI HARMONISA PADA *DC-DC CONVERTER*

ANALYSIS OF PASSIVE LINE IMPEDANCE STABILIZATION NETWORK FILTER TO REDUCE HARMONICS AT DC- DC CONVERTER

Aldila Ersya Samapta¹ Ekki Kurniawan, Ig. Prasetya Dwi Wibawa, ST., MT
ST., MSc² ³

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹al_fuih@yahoo.com ²ekikurniawan2012@gmail.com ³prasdwiwibawa@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Sistem kekebalan alat elektronika terhadap lingkungan elektromagnetik pada saat ini merupakan salah satu masalah paling penting bagi industri elektronika. EMC (*Electromagnetic Compatilbity*) adalah salah satu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari bagaimana meningkatkan kemampuan atau kekebalan peralatan elektronika, agar dapat berjalan dengan baik di lingkungan elektromagnetik. Selain itu, dengan sumber AC bagi kebutuhan rumah tangga adalah sumber AC satu fasa dengan tegangan jala-jala 220V dan frekuensi 50 Hz. Permasalahan dengan sumber AC tersebut adalah timbulnya harmonisa pada gelombang fundamental AC yang disebabkan oleh penggunaan beban-beban non linier yang menimbulkan distorsi pada gelombang fundamental AC. Sehingga gelombang fundamental AC yang tadinya murni sinusoidal menjadi tidak lagi menjadi sinus murni.

LISN (*Line Impedance Stabilization Network*) merupakan filter yang digunakan untuk memberikan impedansi yang tepat bagi *input* daya dari EUT (*Equipment Under Test*), agar mendapatkan pengukuran dari noise EUT pada port LISN. Filter LISN ini di rancang untuk mengurangi Harmonisa pada EUT, dimana EUT pada tugas akhir ini terdiri dari Trafo, penyearah, *DC-DC Converter* dan beban. Pemasangan Filter ini berada di sebelum masukan pada Trafo dan pengukuran untuk mengetahui harmonisa menggunakan *Harmonic* meter dilakukan pada *input* dan *output* dari Trafo.

Dari Tugas Akhir ini hasil dari pengukuran yang telah dilakukan, diperoleh bahwa pada pengujian filter LISN pasif untuk nilai % THDv dengan melakukan pemasangan filter LISN diperoleh hasil sebesar 4,2%, dan setelah dilakukan pemasangan filter LISN diperoleh hasil sebesar 3,8% - 3,7%. Kemudian untuk nilai % THDi sebelum dilakukan pemasangan filter LISN diperoleh hasil sebesar 109,6% – 70,8 %, dan setelah pemasangan filter LISN diperoleh hasil sebesar 85,14% - 51,47 %. Maka setelah dilakukan pemasangan filter LISN pasif pada pengujian filter LISN pasif, nilai tegangan dan arus yang diperoleh tidak memenuhi standar IEEE 519-1992 yaitu 3% untuk THDv dan 20% untuk THDi.

Kata Kunci : LISN,DC-DC Converter, Harmonisa

ABSTRACT

The immune system of electronic equipment against electromagnetic environment at the moment is one of the most important issues for the electronics industry. EMC (Electromagnetic Compatilbity) is a branch of science, that studies how to improve the capability or the immunity of electronic equipment, in order to run properly in an electromagnetic environment. In addition, the AC source for household needs is a source of AC single phase voltage 220V nets and frequency of 50 Hz. The problem with the AC source is the existence of harmonics on the AC fundamental wave caused by the use of non-linear loads that cause distortion on the AC fundamental wave. So that the fundamental wave that was pure sinusoidal AC becomes no longer a pure sine.

LISN (Line Impedance Stabilization Network) is a filter that is used to provide the proper impedance for the power input of the EUT (Equipment Under Test), in order to obtain the measurement of EUT noise at the LISN port. LISN filter is designed to reduce Harmonics on the EUT, where the EUT in this final project consists of a transformer, rectifier, *DC-DC Converter* and load. Installation is in the filter before the input to the transformer and measurement to determine the harmonics using *Harmonic* meter performed on the input and output of the transformer.

From this final project the results of the measurements that have been done, shows that on the testing LISN passive filter for the value% THDv by installing filters LISN obtained yield was 4,2%, and after the installation of emi filter obtained yield was 3,8% - 3,7%. Then for the value% THDi prior to the installation of filters LISN obtained yield was 109,6% – 70,8 %, and after the installation of filters LISN obtained yield was

85,14% - 51,47 %. Then after installing the filter LISN LISN passive filter passive testing, voltage and current values obtained did not meet the IEEE 519-1992 standard is 3% for THDv and 20% for THDi.

Keywords : LISN, DC-DC Converter, Harmonics

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Dengan kompleksnya frekuensi sistem peralatan elektronika, maka teknik dan perancang memerlukan banyak aspek elektrik dan mekanikal. Untuk mendapatkan tujuan dan harga pasaran yang kompetitif diperlukan suatu sistem yang dapat memprediksi gangguan emisi dari radiasi medan elektromagnetik. Sensitifitas dari alat terhadap gangguan elektromagnetik semakin meningkat di berbagai bidang industri seperti di bidang IC, peralatan otomotif dan lain-lain. EMC (*Electromagnetic Compatilbity*) adalah salah satu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari bagaimana meningkatkan kemampuan ,kekebalan atau sensitifitas pada peralatan elektronika. Selain itu, dengan sumber AC bagi kebutuhan rumah tangga adalah sumber AC satu fasa dari PLN dengan tegangan jala-jala 220V dan frekuensi 50 Hz. Permasalahan dengan sumber AC tersebut adalah timbulnya harmonisa pada gelombang fundamental AC yang disebabkan oleh penggunaan beban-beban non linier yang menimbulkan distorsi pada gelombang fundamental AC. Sehingga gelombang fundamental AC yang tadinya murni sinusoidal menjadi tidak lagi menjadi sinus murni.

LISN (*Line Impedance Stabilization Network*) merupakan filter yang digunakan untuk memberikan impedansi yang tepat bagi input daya dari EUT (*Equipment Under Test*), agar mendapatkan pengukuran dari noise EUT pada port LISN. EUT yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah sebuah *DC-DC Converter* satu fasa. Tugas akhir ini dimaksudkan untuk menentukan dan merealisasikan filter berbasis EMC. Filter tersebut adalah filter daya masukan (*Input Power Filter*) untuk peralatan elektronika dengan menggunakan filter LISN.

Hasil yang diharapkan dari perancangan Tugas Akhir ini adalah beroperasinya EUT dengan baik pada lingkungan elektromagnetik dan terhindar dari efek EMI (*Electromagnetic Interference*) serta mengetahui mampukah mengurangi harmonisa pada EUT. Dalam Tugas Akhir ini, pengujian dan pengaplikasian sistem EMC menggunakan filter LISN pada EUT. Dimana EUT yang digunakan adalah *DC-DC Converter*.

2. Dasar Teori

2.1 *Electromagnetic Compatibility*

Electromagnetic Compatibility (EMC) adalah cabang dari ilmu teknik elektro yang mempelajari tentang pembangkitan, propagasi dan penerimaan energi elektromagnetik yang tidak dikehendaki, yaitu biasa disebut dengan EMI (*Electromagnetic Interference*).

Dampak dari EMI bervariasi tergantung sifat dan besarnya, mulai dari yang sederhana sampai pada bencana yang besar, misalnya gangguan pada pesawat elektronik, kehilangan, kelambatan data pada transmisi sistem digital, malfungsi peralatan elektronik medik, kontrol dan navigasi. Sasaran dari EMC adalah beroperasinya peralatan dengan baik pada lingkungan EM dan terhindar dari efek EMI. Untuk mencapai sasaran ini EMC menuntut dua akar permasalahan yaitu masalah Emisi dan Immunity atau Susceptibility:

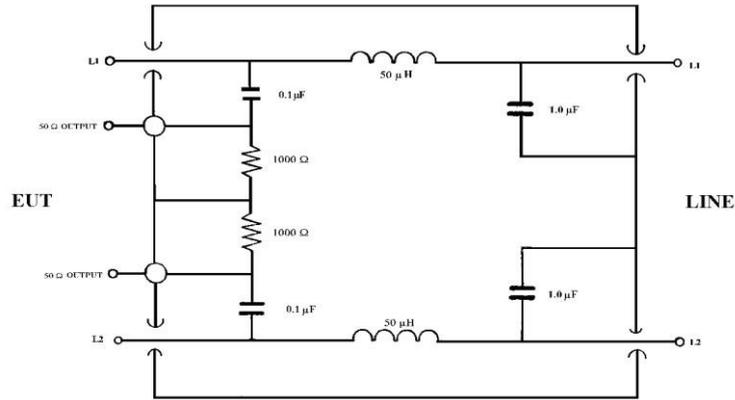
1. Masalah Emisi yang berhubungan dengan pembangkitan energi elektromagnetik dan tindakbalasnya harus dipertimbangkan untuk menguranginya agar tidak menyebar pada lingkungan luar.
2. Masalah Suseptibilitas atau Imunitas merujuk pada, ketahanan dan kerentanan ketika beroperasinya perlengkapan elektrik/elektronik terhadap gangguan elektromagnetik yang tidak direncanakan.

Terhadap gangguan interferensi elektromagnetik atau noise dapat dilakukan dengan cara meredam emisi sumber dan kerentanan dari EUT (*Equipment Under Test*). Juga dengan mengusahakan agar efisiensi kopling antara keduanya berkurang, sehingga EUT tidak mudah terserang interferensi.^[2] Untuk memenuhi EMC, ada tiga jenis filter yang akan dirancang meliputi:

1. LISN
2. Filter EMI
3. Filter Harmonisa.

2.2 *Line Impedance Stabilization Network*

LISN (*Line Impedance Stabilization Network*) merupakan filter yang digunakan untuk memberikan impedansi yang tepat untuk input daya dari EUT, agar mendapatkan pengukuran dari noise EUT pada port LISN. Hal ini penting karena impedansi dari sumber daya dan impedansi dari EUT beroperasi secara efektif sebagai pembagi tegangan. Impedansi dari sumber daya bervariasi bergantung pada letak dari pengkabelan sumber.



Gambar 2.1 Standar 50Ω LISN untuk CISPR 16 berdasarkan *Datasheet* CISPR FCC

Fungsi penting lainnya dari LISN adalah untuk mencegah noise frekuensi tinggi sumber dari kopling pada sistem. Fungsi LISN sebagai *low pass filter* yang menyediakan impedansi tinggi *noise* Radio Frekuensi (RF) ketika daya frekuensi rendah mengalir ke EUT. Rangkaian ini digunakan untuk mengamati gangguan atau noise pada *spectrum analyzer*.

2.3 Standar LISN

Berbagai macam standar pengujian EMC terdiri dari CISPR 22, FCC, ANSI C63.4 dan masih banyak lainnya yang menggunakan standar 50Ω, 50uH dan varian utamanya adalah 50Ω, 50uH +5Ω untuk dilakukan uji emisi. CISPR 16-1-2 adalah standar yang paling tepat untuk mendefinisikan kebutuhan performansi perangkat.^[4]

2.4 Interferensi Elektromagnetik

Perangkat listrik seperti *switching on-off* hampir membuat semua *noise* listrik. Bahkan perangkat pasif seperti *rectifier* dapat menghasilkan *noise*. *Rectifier* umum memiliki waktu respon dari sekitar 1 us, menghasilkan harmonik tidak hanya di kelipatan dari frekuensi AC yang diperbaiki, tetapi juga di wilayah megahertz. Harmonisa ini dapat ditemukan pada bagian *input* dan *output* dari *power supply*.

2.5 Perhitungan Harmonisa

Harmonisa adalah gelombang yang terdistorsi secara periodik yang terjadi pada gelombang tegangan, arus, atau daya terdiri dari gelombang-gelombang sinus yang frekuensinya merupakan kelipatan bulat frekuensi sumber / fundamental, sehingga bentuknya tidak sinusoidal. Peran harmonisa pada sistem tenaga listrik cukup besar, terutama pada alat-alat yang terdapat pada sistem tenaga. Harmonisa akan menimbulkan beberapa dampak seperti panas berlebih pada beberapa alat seperti generator dan transformator karena kecenderungan harmonisa mengalir ke tempat dengan impedansi yang lebih rendah. Beberapa dampak lain akan dijelaskan pada artikel ini. Parameter besarnya harmonisa dinyatakan dalam *Total Harmonic Distortion (THD)*.

Harmonisa dihasilkan oleh beberapa beban tidak linier atau alat yang mengakibatkan arus tidak sinusoidal. Untuk menentukan besar *Total Harmonic Distortion (THD)* dari perumusan analisa deret *Fourier* untuk tegangan dan arus dalam fungsi waktu, yaitu :

$$v(t) = V_0 + \sum_{n=1}^{\infty} V_n \cos(n\omega t + \theta_n) \dots \dots (2.1)$$

Dimana : V_0 = Komponen *dc* dari gelombang tegangan (V)

$$i(t) = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} I_n \cos(n\omega t + \phi_n) \dots \dots (2.2)$$

Dimana : I_0 = Arus *dc* (A)

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

$$V_{rms} = V_0^2 + \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{V_n}{\sqrt{2}}\right)^2} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$I_{rms} = I_0^2 + \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{I_n}{\sqrt{2}}\right)^2} \dots \dots \dots (2.4)$$

THD tegangan dan arus didefinisikan sebagai nilai *rms* harmonisa di atas frekuensi fundamental dibagi dengan nilai *rms* fundamentalnya, dengan tegangan *dc*-nya diabaikan. THD tegangan sebagai persamaan 2.5.

$$THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (V_{rms})^2}}{V_{1\ rms}} \dots \dots (2.5)$$

Dengan mengabaikan tegangan *dc* (V_0) dan nilai V_{rms} digantikan dengan $V_1/\sqrt{2}$ pada Persamaan (2.5), sehingga THD_v dapat dituliskan dalam persamaan 2.6.

$$THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (\frac{V_n}{\sqrt{2}})^2}}{\frac{V_1}{\sqrt{2}}} \dots \dots (2.6)$$

Dan THD arus sebagai persamaan 2.7.

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (I_{rms})^2}}{I_{1\ rms}} \dots \dots (2.7)$$

Dengan mengabaikan arus *dc* (I_0) dan nilai I_{rms} digantikan dengan $I_n/\sqrt{2}$ pada Persamaan (2.7), sehingga THD_i dapat dituliskan dalam persamaan 2.8.

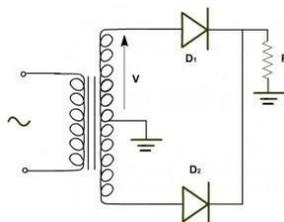
$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (\frac{I_n}{\sqrt{2}})^2}}{\frac{I_1}{\sqrt{2}}} \dots \dots (2.8)$$

2.6 DC-DC Converter

Ada dua macam tipe pengolahan daya DC-DC, yaitu tipe linier dan tipe peralihan (*switching*). Tergantung dari jenis aplikasinya, masing masing tipe memiliki kelebihan dan kekurangan. Namun dalam perkembangannya, tipe peralihan terlihat lebih populer terutama karena kelebihannya dalam mengubah daya secara jauh lebih efisien dan pemakaian komponen yang ukurannya lebih kecil.

2.7 Rectifier

Penyearah adalah rangkaian elektronika yang berfungsi menyearahkan gelombang arus listrik. Arus listrik yang semula berupa arus bolak-balik (AC) jika dilewatkan rangkaian Penyearah akan berubah menjadi arus searah (DC). Penyearah gelombang dengan 2 *diode* menggunakan transformator dengan CT (*Center Tap*). Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 diode dapat dilihat pada gambar berikut:

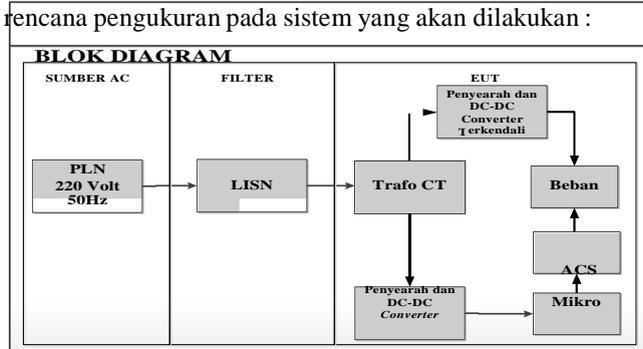


Gambar 2.2 penyearah gelombang penuh dengan 2 diode menggunakan transformator CT^[9]

3. Perancangan Sistem

3.1 Pengukuran LISN

Berikut adalah rencana pengukuran pada sistem yang akan dilakukan :

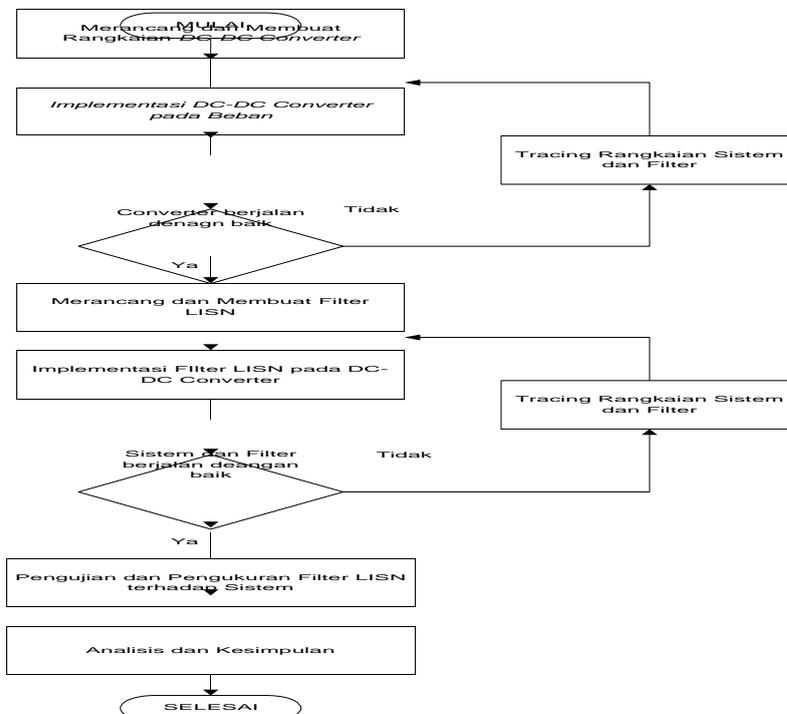


Gambar 1.1 Diagram blok sistem

Berdasarkan gambar diatas bahwa *input* sistem adalah arus bolak-balik 220 volt dengan 50hz yang berasal dari PLN. *Input* tersebut kemudian masuk ke rangkaian *DC-DC Converter*. Penggunaan beban non linear berupa *Converter* itu sendiri dapat menghasilkan harmonisa yang membuat gelombang asli dari PLN mengalami cacat sehingga tidak lagi berbentuk gelombang sinus murni serta mungkin munculnya gangguan atau *noise*. Untuk mengurangi dampak dari harmonisa dan *noise* tersebut, maka dipasang filter LISN pasif setelah sumber AC satu fasa dari PLN yang berfungsi untuk memfilter harmonisa dan *noise* yang dapat dikurangi sedemikian rupa.

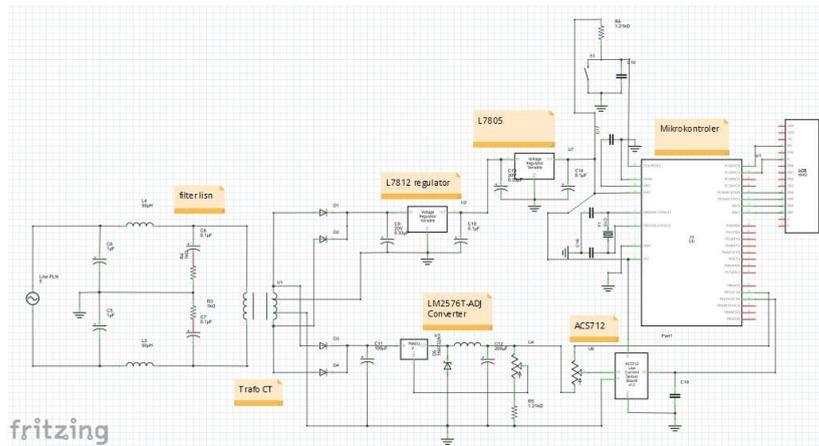
3.2 Diagram Alir Perancangan

Berikut adalah gambar diagram alir perancangan *DC-DC Converter* dan filter LISN pada penelitian ini:



Gambar 3.2 Flowchart Pengerjaan

3.3 Rangkaian Sistem



Gambar 3.3 Skematik Rangkaian LISN dan EUT

Pada Gambar 3.3, dapat dilihat rangkaian sistem secara keseluruhan. Pemasangan filter LISN sebelum masukan Trafo CT untuk mengurangi Harmonisa. Trafo CT mencatu 2 blok yang masing terdiri dari penyearah dan DC-DC Converter yang dimana 2 blok ini berfungsi untuk mencatu blok mikrokontroler beserta ACS712 dan Beban. Dari proses tiap-tiap blok inilah yang menjadi beban nonlinier yang menyebabkan Harmonisa.

4. Pengujian dan Analisis

4.1 Pengujian Sumber Tegangan

Hasil pengujian sumber tegangan ditampilkan pada perangkat osiloskop, menghasilkan gambar sebagai berikut :



Gambar 4.1 Bentuk Output Sinyal Trafo Sebagai Sumber Tegangan Rangkaian Daya

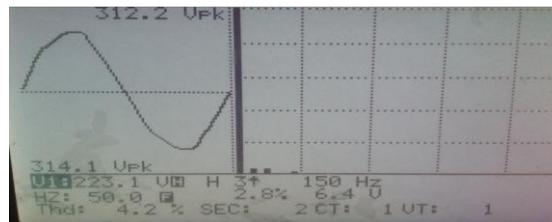
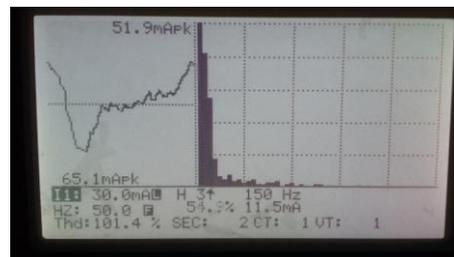
Tampilan osiloskop pada gambar 4.1 didapat dengan menghubungkan probe dengan keluaran trafo stepdown 220 Vac / 36 Vac, osiloskop menggunakan skala vertikal 5volt dan skala horizontal 1 ms, menunjukkan bentuk output gelombang trafo sebesar 36-35 volt AC dengan frekuensi 50 Hz sesuai dengan spesifikasi trafo yang digunakan dan memenuhi spesifikasi sebagai sumber tegangan rangkaian daya.

4.2 Pengujian Sistem DC-DC Converter Sebelum Pemasangan Filter LISN Pasif

Pengujian output DC-DC Converter sebelum pemasangan filter LISN pasif dengan memasang beban resistif seperti lampu dilakukan untuk mengetahui seberapa besar efisiensi daya pada blok EUT dengan beban resistif. Selain itu, pengujian ini dilakukan untuk mengukur seberapa besar kandungan harmonisa tegangan dan harmonisa arus yang dihasilkan oleh beban nonlinear berupa penyearah dan DC-DC Converter.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian DC-DC Konverter Sebelum Pemasangan Filter LISN

Fasa	Daya input terukur	THDi	THDv	Vdc (V)	Idc (A)	Efisiensi
90°	2 watt	70,8%	4,2%	19,55	0.12	31%
130°	1,4 watt	106%	4,2%	11,4	0,032	22%
150°	1 watt	109,6%	4,2%	5,2	0,016	17%
180°	0	101,4%	4,2%	0	0	0%

**Gambar 4.2** Bentuk Output THDv Sinyal Trafo**Gambar 4.3** Bentuk Output THDi Sinyal Trafo

4.3 Pengujian Sistem DC-DC Converter Setelah Pemasangan LISN Filter

Pengujian output konverter dan filter pada sisi input dengan memasang beban. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar efisiensi daya pada konverter ini setelah pemasangan filter. Selain itu, pengujian ini dilakukan untuk mengukur seberapa besar filter LISN dapat mereduksi harmonisa tegangan dan harmonisa arus yang dihasilkan oleh beban non-linear berupa dc-dc konverter sebelum pemasangan filter. Alat ukur yang digunakan dalam pengujian ini, sama seperti pengujian rangkaian daya sebelumnya.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian DC-DC Konverter Setelah Pemasangan filter Dengan Beban lampu

Sudut fasa	Daya input terukur	THDi	THDv	Vdc (V)	Idc (A)	Efisiensi
90°	1,2 watt	51,47%	3,8%	16,91	0,11	45%
110°	0,4 watt	85,14%	3,7%	9,86	0,042	10%
130°	0,1 watt	77,4%	3,8%	4,7	0,017	11%
180°	0	76,6%	3,8%	0	0	0%

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan tahapan-tahapan perancangan, pengujian dan analisis implementasi LISN filter pada DC-DC Konverter untuk meredam distorsi harmonisa dan meningkatkan yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemakaian beban nonlinear berupa penyearah dan DC-DC Converter pada jaringan listrik PLN menimbulkan harmonisa yang disebabkan distorsi pada arus dan tegangan sehingga gelombang arus dan tegangan yang awal sinus murni menjadi tidak murni.

2. Range tegangan dc-dc konverter satu fasa penuh dengan beban lampu sebelum pemasangan filter LISN sebesar 0,5 – 23,5 Vdc. Setelah pemasangan filter LISN sebesar 0,2 – 19,2Vdc.
3. Efisiensi daya yang diperoleh DC-DC Konverter berbeda-beda dan berbanding terbalik dengan penambahan besar sudut fasa. Sebelum pemasangan filter LISN efisiensi daya berkisar antara 87%.
4. Nilai %THDv yang dihasilkan sebelum pemasangan filter LISN pasif pada DC-DC konverter berkisar antara 4,2%. Setelah pemasangan filter LISN berkisar antara 3,8% - 3,7%. Setelah pemasangan filter %THDv berkurang tetapi belum memenuhi standar harmonisa tegangan yang diizinkan IEEE 519-1992, yaitu dibawah 3% .
5. Nilai %THDi yang dihasilkan sebelum pemasangan filter LISN pada DC-DC Konverter berkisar antara 109,6% – 70,8 %. Setelah pemasangan filter LISN nilai THDi menjadi 85,14% - 51,47 %. pemasangan filter LISN belum memenuhi standar harmonisa arus yang diizinkan, yaitu dibawah 20% tetapi sudah menurunkan harmonisa arus.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diaplikasikan dalam pengembangan dan peningkatan performansi tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Diperlukan perancangan filter LISN yang lebih baik untuk mereduksi harmonisa yang dihasilkan DC-DC Converter.
2. Untuk selanjutnya kiranya setiap DC-DC Converter sudah dilengkapi dengan filter LISN dan mencantumkan nilai THDv dan THDi yang dihasilkannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Rashid, M. H. 2004. *Power Electronics Circuits, Devices, and Applications, 3rd*. Prentice-hall international.
- [2]. Johannesson, Gustav and Niklas Fransson.2008. *EMI measurements and modeling of a DC-DC Buck converter*. Department of Energy and Environment, Chalmers University of Technology.
- [3]. Martin, Alan.2011.*AN-2162 Simple Succes With Conducted EMI From DC-DC Converters*.Texas Instruments.
- [4]. *Standart 50Ω LISN for CISPR-16*. Fischer Custom Communication,Torrance, CA.
- [5]. Bhakti, Ivan Nur. 2013. *Implementasi Filter Pasif dan Analisis Harmonisa pada Penyearah Terkendali Satu Fasa Full Converter*. Bandung : Universitas Telkom.
- [6]. April 1999. *Sekilas Tentang Pengubahan Daya DC-DC Tipe Peralihan*. Elektro Indonesia Nomor 25 Tahun V.
- [7]. Cahyani, Arfinna. 2014. *Studi Analisis Pengaruh Harmonisa Beban Nonlinier Rumah Tangga terhadap Hasil Penunjukan kWh Meter Digital Satu Fasa*. Jurnal, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Brawijaya.
- [8]. Darmawan, Muhammad Aris., dll. *Pengaruh Harmonisa Pada Sistem Tenaga Listrik*. 13 April 2014. <https://konversi.wordpress.com/2014/04/13/pengaruh-harmonisa-pada-sistem-tenaga-listrik/>
- [9]. 17 Februari 2012. *Konsep Dasar Penyearah Gelombang (Rectifier)*. <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/konsep-dasar-penyearah-gelombang-rectifier/>

