

**FILTER HARMONISA BERBASIS EMC (ELECTROMAGNETIC COMPABILITY)
HARMONIC FILTER BASED ON EMC (ELECTROMAGNETIC COMPABILITY)**
Ananda Ekamulya Hakimia¹, Ekki Kurniawan,ST.,MSc²,Ig.Prasetya Dwi Wibawa,ST.,MT³
^{1,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Telkom
¹nda_namy@yahoo.com, ²Ekkikurniawan@yahoo.com, ³prasd.wibawa@gmail.com

Abstrak

EMC merupakan kesesuaian atau kemampuan suatu sistem peralatan elektronik/elektrik untuk bekerja dengan normal di lingkungan elektromagnetik tanpa terpengaruh atau menyebabkan gangguan di lingkungannya. Tingkat harmonisa yang melewati standar dapat menyebabkan terjadinya peningkatan panas pada peralatan. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan EMC yang berhubungan dengan harmonisa adalah pemasangan filter harmonisa.

Lampu merupakan beban non linier yang memiliki nilai harmonisa yang tinggi sehingga pada penelitian ini akan dilakukan perancangan filter harmonisa orde 1 untuk mengurangi harmonisa ke 3 (150Hz). Standar untuk kekebalan transien dan arus harmonik seperti yang ditetapkan dalam standar IEEE yang diuraikan untuk menentukan parameter filter. Hasil pengukuran selanjutnya akan dibandingkan dengan standar yang ada (dalam hal ini standar IEEE 519), sebagai evaluasi terhadap kualitas.

Hasil analisis menunjukkan bahwa (% $THDi_{Total}$) sebelum pemasangan filter pada rentang 83,1% - 83,8% dan harmonisa arus total (% THD_{Total}) setelah pemasangan filter pada rentang 46,1% - 46,2%. Sedangkan untuk harmonisa arus H_3 (% THD_{h_3}) sebelum difilter 64,3% dan setelah di filter ($THDi_{H_3}$) 36,5 %. Untuk harmonisa arus ke-5 (% THD_{h_5}) sebelum difilter 30,2 % dan setelah difilter 15,2%. Untuk standar (THDI%) yang ditetapkan sebesar 10%.

Hal ini menunjukkan bahwa secara umum filter harmonisa yang dirancang mengurangi harmonisa sebesar $\geq 50\%$. Namun harus lebih ditingkatkan dalam orde filter agar dapat menghasilkan pengurangan nilai harmonisa sesuai dengan standar.

Kata Kunci : filter harmonisa,EMC (electromagnetic Compability),beban non linier,THD.

Abstrack

EMC is the suitability or the ability of a system of electronic equipment / electrical to work normally in the electromagnetic environment without being influenced or causing disturbance in the environment. Harmonic level for the standard can cause an increase in heat on the equipment. One way to overcome the problems associated with harmonics EMC is a harmonic filter installation.

Lights merupakan non-linear load that has a high value so that the harmonics of this research will be carried out first-order harmonic filter design untuk reduce harmonics to 3 (150Hz) and Total Harmonic Distortion Flow measurement with light loads. THDi measurements will be made at the time before and after the installation of the load harmonic filter lights are used everyday. Measurements were made using measuring devices Power and Harmonic Analyzer. Result can be evaluate with the standar (IEEE 519) for the standar quality.

The analysis showed that the current harmonic content (% THD_{Total}) prior to the installation of filters in the range of 98.7% - 99.0% and current harmonic content (% THDi) after the installation of filters in the range of 25.3% - 25.7%. For standard (THDi%) were set at 10%.

This shows that in general designed harmonic filter reduces harmonics of $\geq 70\%$. However, it must be improved in order filters in order to produce a reduction in the value of harmonics in accordance with the standards.

Keywords: harmonic filters, EMC (electromagnetic compability), non-linear load, THD.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada peralatan elektronik dan listrik yang berada dapat memancarkan atau menghasilkan gelombang elektromagnetik yang bisa mengakibatkan gangguan kesehatan dan kinerja peralatan listrik di sekitarnya sehingga pasar dunia meregulasi batasan maksimum gelombang elektromagnetik yang dipancarkan dari produk listrik dan elektronik. 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. Dengan semakin meningkatnya sensitifitas peralatan terhadap gangguan elektromagnetik maka pemecahan masalah dalam EMC sangat penting, masalah masalah dalam EMC dapat dikurangi dengan menggunakan elemen elemen rangkaian khusus. Harmonisa adalah cacat gelombang yang disebabkan oleh interaksi antara gelombang sinusoidal system dengan komponen

gelombang lain yang mempunyai frekwensi kelipatan integer dari komponen fundamentalnya. Penyebab harmonisa ini ialah adanya beban nonlinier seperti converter ,tabor busur klistrik,UPS dll. Kerugian akibat pengaruh harmonisa seperti: pemanasan pada peralatan, penurunan faktro daya, masalah resonansi,dll. Untuk meningkatkan kualitas sistem tenaga listrik maka distorsi harmonisa harus ditekan seminimalnya. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan filter harmonisa. Filter harmonisa selain dapat mereduksi distorsi harmonisa juga dapat berfungsi sebagai kompensator reaktif pada frekwensi fundamental.

2. DASAR TEORI

2.1. Electromagnetic Compability (EMC)

Menurut definisi SNI, kompatibilitas elektromagnetik (EMC:*Electromagnetic Compability*): Kemampuan peralatan atau sistem untuk berfungsi secara memuaskan dalam lingkungan elektromagnetik tanpa menimbulkan gangguan elektromagnetik yang tidak dapat ditoleransi yang ada dalam lingkungan tersebut. EMC sebuah peralatan adalah kemampuan peralatan untuk tetap berfungsi dengan baik pada lingkungan EM tanpa mengganggu dan/atau diganggu peralatan lainnya. Jika fungsi peralatan terganggu oleh energi EM lain yang tak diinginkan, maka peralatan tersebut menerima interferensi EM (EMI). Sebuah sistem atau perangkat termasuk sebagai EMC yang baik bagi lingkungannya bilamemenuhi tiga kriteria, antara lain :

- Tidak menyebabkan gangguan pada sistem lain.
- Tidak rentan terhadap emisi dari sistem lain.
- Tidak menyebabkan gangguan terhadap dirinya sendiri.

Upaya EMC bertujuan untuk mengurangi atau menghindari kerugian akibat interferensi elektromagnetik melalui teknis dan pengujian yang menjamin kualitas produk. Beberapa upaya yang mungkin dilakukan diantaranya:

- Menekan timbulnya besaran gangguan langsung pada sumbernya
- Menekan atau memperlemah penyebaran besaran gangguan pada jalur transmisinya
- Meningkatkan ketahanan terhadap gangguan atau kerusakan dengan menahan penembusan dari gangguan
- Menghilangkan kopleng antara sumber dan sink

Standard EMC bisa dibedakan ke dalam tiga kategori, yakni

- Standar dasar, adalah standar umum yang tidak tergantung produk tertentu, meliputi definisi teknik pengujian dan pengukuran EMC, klasifikasi lingkungan dan upaya instalasi dan perlindungan.
- Standar generik, adalah standard yang mengatur perlindungan sistem pada lingkungan tertentu
- Standar produk, adalah standar yang mengatur produk tertentu.
-

Tabel 2.1 Standard Emisi Arus Harmonisa [Power-One,2000]

Kelas	Jenis Beban	Harmonisa Ke-	Batas Arus
A	Peralatan Tiga Fasa	2;3;4;5;6;7-40	1,08; 2,30; 0,43; 1,14; 0,30; 0,77..0,046 A
B	Peralatan <i>Portable</i>	2;3;4;5;6;7-40	Batas kelas A (sda) dikalikan 1,5
C	Peralatan Penerangan	2;3;5;7;9;11-39(ganjil)	2;30xλ;10; 7; 5; 3 % dari nilai fundamental
D	Peralatan Khusus(75-600 W)	3;5;7;9;11-39(ganjil)	3,4 ; 1,9 ; 1,0 ; 0,5 ; 0,35...0,1 mA/W

2.2. Filter Harmonisa

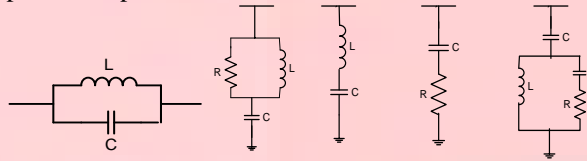
Z. Szabo et al. (2008)^[1] menyatakan bahwa interferensi elektromagnetik dapat dikurangi dengan menggunakan rangkaian filter yang biasa disebut dengan filter EMI. Filter EMI biasanya menggunakan rangkaian LPF terdiri dari induktor seri dan kapasitor paralel. Filter EMI yang dibahas pada penelitian tugas akhir ini adalah filter 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 (frekuensi 50 Hz atau 60 Hz). Nilai frekuensi dari gelombang harmonisa yang terbentuk merupakan hasil kali antara frekuensi fundamental dengan bilangan harmonisanya (f, 2f, 3f, dst). Filter harmonisa digunakan untuk meredam tegangan atau arus ikutan yang timbul pada jala-jala pada frekuensi kelipatannya. Filter harmonisa dapat dipasang seri maupun paralel dengan jala-jala elektrik. Gelombang tegangan atau arus listrik yang timbul pada sistem AC akibat penggunaan beban non-linier. Gelombang ini memiliki frekuensi yang besarnya kelipatan dari frekuensi dasar/fundamental sistem.

Biasanya besaran harmonisa untuk setiap frekuensi harmoniknya di dapat dari menguraikan gelombang dengan menggunakan deret Fourier yang diturunkan dari gelombang periodiknya. Parameter besarnya harmonisa sering dinyatakan dengan THD (*Total Harmonic Distortion*). Untuk sistem DC, gelombang AC yang timbul akibat penggunaan beban non-linier disebut dengan riak/*ripple*.

2.3. Filter Pasif

Filter Pasif merupakan rangkaian paralel atau seri antara komponen induktor (L) dan kapasitor (C). Rangkaian filter dapat ditala pada suatu frekuensi tertentu dimana impedansi induktor bernilai sama dengan impedansi kapasitor. Keefektifan kerja filter ditentukan oleh perubahan impedansi jaringan, dan sebelum pemasangan diperlukan study yang cermat.

Filter susunan paralel LC dapat dipasang seri dengan sumber tegangan dapat dilihat pada Gambar 2.1a. Beberapa macam filter paralel dapat dilihat pada Gambar 2.1

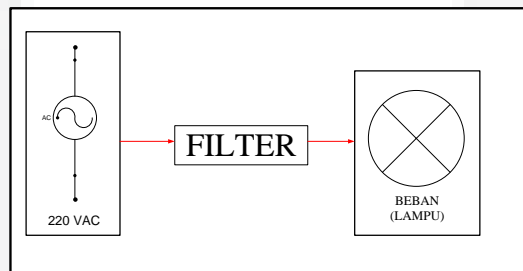


Gambar 2.1 Rangkaian filter Harmonisa untuk hubungan (a) Serial (b) Paralel, dengan jaringan elektrik

Filter harmonisa yang dianalisis pada penelitian ini terdiri dari satu kapasitor dan satu induktor dengan frekuensi yang di-setting pada frekuensi resonansinya. Pada daerah frekuensi inilah arus atau tegangan harmonisa yang akan diredam. Perumusan penentuan frekuensi resonansi f_r dapat dilihat pada Persamaan (1).

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

3. PERANCANGAN



Gambar 3.1 Blok Diagram Rangkaian

Gambar 3.1 menjelaskan bahwa input jala-jala PLN sebesar 220 volt/50 Hz diberi beban berupa lampu 14 watt, lampu ini merupakan salah satu beban non linier yang paling sering dipakai. Akan dilakukan pengukuran menggunakan Power and Harmonic Analyzer pada blok jala-jala sebelum pemasangan filter dan setelah pemasangan filter. Hasil dari kedua pengukuran akan dibandingkan dan dianalisis nilai THD Arus total dan THD arus harmonisa ke-3 dan ke-5



Gambar 3.2 Hasil Perancangan

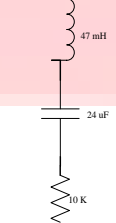
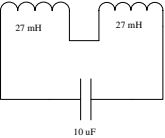
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Fr = 150 Hz maka,

$$150 \text{ Hz} = \frac{1}{2\pi\sqrt{14\mu\text{F}L}}$$

Setelah semua parameter dihitung, maka hasil filter yang direncanakan dapat dilihat pada gambar di bawah ini :

Tabel 3.1 Nilai Komponen Pada Masing-Masing Rangkaian

No	Rangkaian	Frekuensi Resonansi	Capasitor (C)	Induktor (L)
1		150 Hz	24 µF	47 mH
2		250 Hz	10 µF	54 mH

4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1. Pengujian THD

Pada pengujian ini akan dilakukan menjadi 2 tahap yaitu sebelum pemasangan filter dan sesudah pemasangan filter. Untuk memudahkan dalam melakukan evaluasi dan analisa, proses pengujian dilakukan dalam dua blok rangkaian uji. Pengujian ini bertujuan untuk melihat nilai THD arus total dan THD arus (H3). Keseluruhan pengambilan data, baik harmonisa tegangan maupun arus dilakukan dengan bantuan alat ukur Power and Harmonic Analyzer. Alat ini didesain khusus untuk melakukan fungsi pengukuran terhadap harmonisa tegangan dan arus dengan orde harmonik yang dapat terukur adalah orde pertama sampai orde ke 100

4.1.1. Pengukuran Harmonisa ke-3

Berikut hasil pengukuran filter untuk harmonisa ke-3:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Rangkaian Filter Harmonisa ke-3

No	Komponen Pengukuran	Sebelum Pemasangan Filter	Setelah Pemasangan Filter Tanpa Resistor	Setelah Pemasangan Filter Dengan Resistor
1	Arus Total (I total)	37,6 mA	1,757 A	54,7 mA
2	THDi Total	83,1 %	25,7 %	48,6 %
3	Arus H3	18,8 mA	0,099 A	18,6 mA
4	THDi H3	64,3 %	5,8%	37,7 %

Berdasarkan Tabel 4.1 diatas terlihat perubahan nilai THD yang terjadi pada saat setelah pemasangan filter tanpa resistor sekitar $\pm 57\%$ namun nilai arus yang diserap rangkaian menjadi lebih besar. Hal ini terjadi karena rangkaian yang dipasang seri menyerap arus untuk dibuang ke ground sehingga arus yang masuk pada rangkaian besar. Rangkaian filter harmonisa ke 3 ini adalah filter orde 1 dengan desain seri.

4.1.2. Pengukuran Harmonisa ke-5

Berikut hasil pengukuran untuk harmonisa ke-5 :

Tabel 4.2 Hasil Pengujian filter Harmonisa ke-5

No	Komponen Pengukuran	Sebelum Pemasangan Filter	Setelah Pemasangan Filter
1	Arus Total (I total)	37,5 mA	36,8 mA
2	THDi Total	83,8%	77,8%
3	Arus H5	8,7 mA	7,4mA
4	THDi H5	30,2%	25,4 %

Pada tabel 4.2 terlihat hasil pengujian filter harmonisa ke-5 dengan perubahan THDi sebesar 5 % memang filter ini masih belum berfungsi secara baik, dimungkinkan karena pemilihan komponen dan penentuan nilai komponen yang masih kurang presisi. Namun dapat kita lihat arus yang dihasilkan filter tidak jauh berbeda dengan arus sebelum pemasangan filter hal ini disebabkan karena filter harmoinisa ke-5 ini didesain dengan cara paralel.

Perubahan pada rangkaian paralel ini tidak terjadi pada arus nya namun pada tegangan hali ini disebabkan Bila impedansi $Z \gg X_L$ atau X_C , tegangan V akan menjadi sangat besar.

4.1.3. Pengukuran Gabungan filter

Berikut hasil pengukuran gabungan filter H3 dan H5 :

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Gabungan Filter

No	Komponen Pengukuran	Harmonisa Total		Harmonisa ke-3		Harmonisa ke=5	
		Arus Total	THDi Total	Arus H3	THDi H3	Arus H5	THDi H5
1	Sebelum Pemasangan	37,5 mA	83,8%	18,6 mA	64,3 %	8,7 mA	30,2 %
2	Sesudah Pemasangan	53,3 mA - 53,8 mA	46,1 % - 46,2 %	17,7 mA	36,5 %	7,5 mA	15,2 %

Dari tabel 4.3 dapat kita lihat perubahan nilai THDi total sebesar $\pm 50\%$ dan perubahan Arus total sebesar $\pm 40\%$. Untuk nilai harmonisa ke-3 yaitu perubahan THDi H3 sebesar $\pm 50\%$ dan Arus H3 sebesar $\pm 1\%$. Untuk nilai harmonisa ke-5 yaitu perubahan THDi H5 sebesar $\pm 50\%$ dan arus H3 = $\pm 1\%$. dengan pemasangan keseluruhan filter perubahan nilai arus dan THDi nya berada pada level constant sehingga ini dapat dikatakan lebih bagus. Dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan filter dapat mengurangi harmoisia pada lampu yang menjadibeban yaitu sebesar 50 % namun nilai arus yang mengalir tidak ada perubahan secara significant.

4.2. Perhitungan Faktor Daya

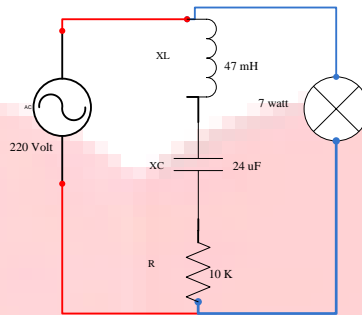
Pada suatu jaringan distribusi arus bolak-balik dengan tegangan (V), daya aktif (P) dan daya reaktif (Q), maka besarnya daya semu (S) adalah sebanding dengan arus (I) yang mengalir pada rangkaian sesuai dengan Persamaan 4.5 yaitu:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots (4.5)$$

Faktor daya atau sering disebut *power factor (pf)* dapat didefinisikan sebagai rasio perbandingan antara daya aktif (P) dan daya semu (S) yang merupakan salah satu indikator baik buruknya kualitas daya listrik. Faktor daya biasanya dinyatakan dalam Cos ϕ ,

$$\text{Cos}\phi = pf = \frac{P}{S} \dots\dots\dots (4.6)$$

Faktor daya mempunyai nilai *range* antara 0 – 1 dan dapat juga dinyatakan dalam persen (%). Faktor daya yang baik apabila bernilai mendekati satu. Maka akan di bahas mengenai faktor daya pada rangkaian filter harmonisa ke-3 pada tugas akhir ini. Adapun rangkaian yang akan dianalisis mengenai faktor dayanya :



Gambar 4. 1 Rangkaian Analisis Faktor Daya

Pada gambar 4.19 terlihat nilai kapasitor = 47 uF, induktor = 47 mH dan resisitor = 10 K maka akan di analisis nilai Z nya dari persamaan (4.7) yaitu :

$$Z = X_j + R \dots\dots\dots (4.1)$$

Dimana :

$$X_j = (X_L + X_C)j \dots\dots\dots (4.2)$$

Sedangkan :

$$X_L = 2\pi fL \dots\dots\dots (4.3)$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 47.10^{-3}$$

$$= 14,758.10^{-3}j$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} \dots\dots\dots (4.4)$$

$$= \frac{1}{2 \times 3,14 \times 50 \times 24.10^{-6}}$$

$$= \frac{1}{7,536.10^{-3}} = 132,69j$$

$$Z = (14,75.10^{-3}j - 132,69j) + 10.000$$

$$= -132,67j + 10.000$$

$$= 10.000,84 < -0,76$$

Maka kita dapat mencari besar arusnya dengan persamaan seperti pada persamaan (4.5) berikut :

$$I = \frac{V}{Z} \dots\dots\dots (4.5)$$

$$I = \frac{220 < 0}{10.000,84 < -0,76}$$

$$= 0,02 < 0,76$$

Sehingga diperoleh nilai Q dan P dengan memasukkan nilai I pada persamaan 4.6 dan 4.7 berikut :

$$Q = V \cdot I \sin \theta \dots\dots\dots (4.6)$$

$$P = V \cdot I \cos \theta \dots\dots\dots (4.7)$$

$$Q = 220 \times 0,02 \sin 0,76$$

$$= 0,058 \text{ VAR}$$

$$P = 220 \times 0,02 \cos 0,76$$

$$= 4,39 \text{ Watt}$$

$$\text{Maka nilai } \cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{V \cdot I}$$

$$\cos \varphi = \frac{4,39}{220 \times 0,02} = 0,99 \text{ VA}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai faktor dayanya sebesar 0,99, nilai tersebut sangat besar mengingat nilai faktor memiliki range 0-1 dimana semakin besar nilai pf nya maka akan berdampak buruk pada kualitas daya listrik. Sehingga akan di bandingkan dengan nilai resisitor yang berbeda karena nilai resisitor dianggap berpengaruh pada rangkaian filter ini.

Selanjutnya akan di gunakan nilai resisitor 10 Ω dengan nilai X_L dan X_C sama maka perhitungan $\cos \varphi$ sebagai berikut :

$$Z = (14,75.10^{-3}j - 132,69j) + 10$$

$$= -132,67j + 10.000$$

$$= 133,04 < -85,6$$

$$I = \frac{220 < 0}{133,04 < -85,6}$$

$$= 1,65 < 85,6$$

$$Q = 220 \times 1,65 \sin 85,6 \\ = 361,93 \text{ VAR}$$

$$P = 220 \times 1,65 \cos 85,6 \\ = 27,84 \text{ Watt}$$

$$\cos \varphi = \frac{27,84}{220 \times 1,65} = 0,076 \text{ VA}$$

Dari perhitungan diatas terlihat perbedaan nilai $\cos \varphi$ nya, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin nilai R yang dipasang pada rangkaian maka nilai faktor daya nya akan semakin bagus, akan dibuktikan dengan perhitungan dimana nilai $R \approx 0$.

$$Z = (14,75 \cdot 10^{-3}j - 132,69j) + 0 \\ = -132,67j + 0 \\ = 132,67 < -90$$

$$I = \frac{220 < 0}{132,67 < -90} \\ = 1,65 < 90$$

$$Q = 220 \times 1,65 \sin 90 \\ = 363 \text{ VAR}$$

$$P = 220 \times 1,65 \cos 90 \\ = 0 \text{ Watt}$$

$$\cos \varphi = \frac{0}{220 \times 1,65} = 0 \text{ VA}$$

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- Hasil dari pengukuran yang dilakukan pada filter harmonisa ke-3 dapat mengurangi THDi nya sebesar 50 %.
- Hasil pengukuran dari rangkaian filter H3 dengan ditambahkan resistor dapat mengurangi nilai arus yang masuk kerangkaian dari nilai arus total 1,757 A menjadi 54,7 mA dan Arus H3 dari 0,099 A menjadi 18,6 mA dapat disimpulkan lebih bagus filter harmonisa H3 dengan rangkaian seri dipasang resistor.
- Hasil Pengukuran yang dilakukan pada filter harmonisa ke-5 dapat mengurangi THDi sebesar 5%. Rangkaian filter ini memang tidak terlalu banyak mengurangi nilai harmonisa ke-5.
- Hasil pengukuran yang dilakukan pada rangkaian gabungan filter H3 dan H5 dapat disimpulkan dapat mengurangi THD sebesar 50 % dan Arus sebesar 1%.

5.2. Saran

- Meningkatkan orde filter agar dapat menekan lebih banyak nilai harmonisnya.
- Menganalisis lebih dalam mengenai kompensasi daya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ITBblogs.ac.id/ekikurniawan
- [2] Charles K., Alexander, Mathre N., Sadiku., 2003. Fundamental of Electric Circuits third edition, McGraw-Hill.
- [3] Douglas,E., Powell , Hesterman, 2007. Introduction to Voltage Surge Immunity Testing, IEEE Report.
- [4] Drinovsky,J., Kejik, Z., Ruzek, V., Zachar, J., 2001. Insertion loss Estimation of EMI filter in Unmached Input/Output Impedance System, RADIOENGINEERING vol 20,NO.1, 295-298.
- [5] Foissac, M., Schanen, J.L., Vollaie., 2009. Compact EMC model of power electronics converter for conducted EMC studies in embedded networks, Automotive Power Electronics 2009, Paris, France.
- [6] G. Asmanis., O. Krievs., A. Asmanis., 2012. Active Power Filter LCL Filter Insertion Loss Calculation Analysis, Elektronika Ir Elektrotehnika, ISSN 1392-1215, VOL. 18, NO. 9.
- [7] Jean Picard., 2006. SLVA233A Application Report on Systems Power, Electrical Transient Immunity for Power-Over-Ethernet Texas Instruments.

- [8] Kodali., Prasad., 1996. Engineering Electromagnetic Compatibility, IEEE, New York. Kostov, 2009. Design and Characterization of Single-Phase Power Filters, PhD- dissertation, Helsinki University of Technology, Department of Electrical Engineering.49-48.
- [9] Konstantin S. Kostov and Jorma J. Kyrrä., 2008. Insertion Loss and Network Parameters in the Analysis of Power-One, 2000. Directives & Standards Technical Information EMC.
- [10] Power-One, 2000. Directives & Standards Technical Information EMC.
- [11] Sabri,Y., Kurniawan,E, 2012. Perancangan Filter Pasif Untuk Mengatasi Harmonisa Pada Gardu Penyearahan Pusat Listrik Aliran Atas PT KAI Commuter Jabodetabek Indonesia, Proseding Konferensi Nasional ICT-M Politeknik Telkom (KNIP).
- [12] Harmonic Filters: Six Pulse Rectifier Load – Power Factor Improvement and Harmonic Control ACEEE Int. J. on Electrical and Power Engineering, Vol. 02, No. 01.
- [13] <http://www.scribd.com/doc/46905498/Electromagnetic-Compatibility>
- [14] Gerlin,Merlin dk. EMC: electromagnetic compatibility : Schneider Electric.
- [15] Montrose, Mark I. dan Edward M. Nakauchi. 2004 Testing for EMC Compliance. John Wiley & Sons, Inc.
- [16] Paul, Clayton R. 2006. Introduction to electromagnetic compatibility 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc.