

# Perancangan dan Penggunaan *Low Pass Filter* pada Beban Non Linier

Achmad Marzuki & Ramli

*Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Pontianak  
Jalan Ahmad Yani Pontianak 78124  
E-mail: mzkachmad@yahoo.com*

**Abstract:** *Tulisan ini berkaitan dengan Perancangan dan pembuatan sebuah filter jenis LPF (Low pass filter) untuk mengurangi harmonisa yang dibangkitkan oleh beban Non-linier. Perancangan filter LPF tersebut diawali dengan penentuan nilai frekuensi Cut-off ( $f_c$ ). Penentuan frekuensi  $f_c$  tersebut, menyebabkan frekuensi selain frekuensi fundamental tidak dapat melewati ke rangkaian beban. sehingga diharapkan akan mengurangi gangguan harmonisa yang tidak diinginkan. Nilai  $f_c$  pada filter LPF tersebut adalah 188 HZ. Dengan nilai  $f_c$  tersebut diperoleh secara praktis nilai induktansi Induktor sebesar 25.5 mH, dengan nilai kapasitor sebesar 26  $\mu$ F. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa dengan penggunaan jenis filter LPF, Nilai THDi mengalami penurunan cukup signifikan, dan meningkatkan nilai faktor kerja(pf) yang tidak dapat diabaikan.*

**Key words:** *Low Pass Filter (LPF), Frekuensi Cut-off ( $f_c$ ), dan Total Harmonic distortion (THDi).*

Seiring dengan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat di seluruh belahan dunia, maka konsumsi penggunaan energi listrik semakin meningkat untuk menghasilkan kualitas kehidupan masyarakat yang lebih berkualitas. Akan tetapi peningkatan kebutuhan energi tersebut tidak diimbangi dengan ketersediaan energi yang memadai khususnya bagi negara-negara yang memiliki populasi jumlah penduduk yang relatif besar. Untuk mengurangi keterbatasan ketersediaan energi tersebut, maka seluruh negara di dunia harus melakukan usaha-usaha penghematan energi melalui penggunaan peralatan listrik yang lebih efisien. Usaha-usaha praktis yang telah dikembangkan oleh para peneliti melalui Industri yang tidak bisa dilepaskan terhadap penggunaan teknologi elektronika semikonduktor untuk menghasilkan perangkat-perangkat listrik yang lebih efisien dan berdaya guna. Penggunaan teknologi elektronika semikonduktor tidak serta merta

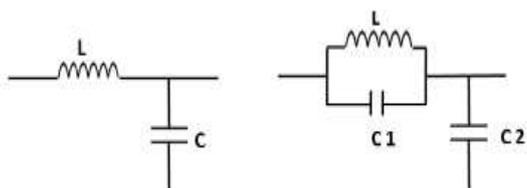
dapat menyelesaikan segala problema, tetapi justru memunculkan masalah baru yaitu munculkan beban-beban listrik yang bersifat Non-linier yang secara meluas telah digunakan oleh masyarakat di hampir semua sektor kehidupan.

Salah satu variabel penting yang harus diperhatikan pada beban Non-linier adalah munculnya harmonisa yang tidak diinginkan diluar frekuensi fundamentalnya. Munculnya harmonisa ini tentu saja harus dikurangi hingga sekecil mungkin agar tidak menurunkan kualitas penyaluran daya suatu sistem kelistrikan. Salah satu sumber harmonisa yang tidak bisa diabaikan adalah penggunaan lampu penerangan LEDs yang terus mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Lampu jenis LEDs tersebut merupakan salah contoh beban Non-linier yang memiliki sumbangan harmonisa yang relatif cukup besar, serta faktor kerjanya yang relatif cukup rendah.

Salah satu metode untuk mengurangi besarnya harmonisa yaitu dengan memasang sebuah filter L-C yang bersifat passif (Passive filter). Jenis filter ini secara ekonomis lebih menguntungkan (Passive filter exhibit the best relationship cost benefit among all others mitigation techniques) untuk menekan adanya harmonisa <sup>[1]</sup>. Pemasangan LPF tentu melibatkan 2 komponen utama yaitu sebuah Induktor (L) dan Kapasitor (C). Oleh karena itu usaha ini tidak hanya akan mengamati perubahan harmonisa (THDi), tetapi juga akan mengamati perubahan faktor kerja (pf) pada beban Non linier LEDs dan gabungan LEDs dan CFL

### Penyaring passif (Passive filter)

Filter masukan (input filter) memiliki empat fungsi utama, yaitu pertama untuk mencegah timbulnya interferensi elektromagnetik yang diakibatkan oleh aksi switching di sumber, kedua mencegah adanya tegangan yang mengandung frekuensi tinggi yang berasal dari jala-jala sumber (power line), ketiga untuk memperbaiki faktor daya (pf), dan keempat untuk mengurangi harmonisa. Sedangkan sebuah penyaring passif terdiri atas komponen induktor, kapasitor, dan resistor seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Penyaring passif (passive filter)

Konfigurasi filter ini sangat sederhana dan mudah untuk digunakan, dan biasanya dipasang atau terhubung dengan sistem distribusi (power line). Filter ini memiliki impedansi yang rendah untuk melewatkan harmonisa tertentu, dan memiliki impedansi yang tinggi untuk menahan harmonisa lainnya.

Tentu saja pengaturan filter ini sangat tergantung kepada tujuan perancangannya.

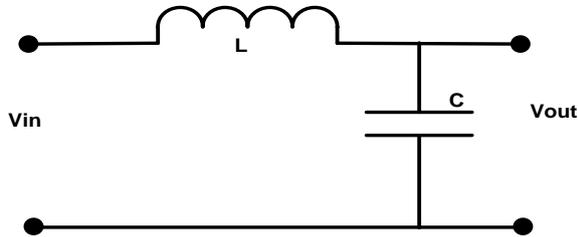
Penyaring passif sangat baik digunakan untuk beban yang tetap (konstant) dan merupakan solusi efektif secara ekonomis terhadap pengurangan harmonisa dan perbaikan faktor daya (pf). Penggunaan Low Pass filter dimaksudkan untuk mengurangi arus harmonisa dan memperbaiki faktor daya (power factor) pada beban LEDs dan gabungan LEDs dan CFL. Disamping itu juga ingin mengetahui pengaruh pemasangan filter tersebut terhadap bentuk gelombang arus pada sisi sumber. Pada referensi nomor [2] yang berjudul “*Analytical study of harmonics Issued from LED lamp driver*” dilakukan pengujian hanya pada lampu LED dengan 1 driver dan 9 driver dengan menyisipkan low pass filter untuk mengurangi besarnya THDi, tetapi tidak mengukur sejauh mana pengaruh pemasangan low pass filter pada faktor dayanya. Pada penelitian lainnya pada referensi nomor [3] yang berjudul “*Design of passive filter for reducing Harmonic distortion and corrective power factor in two pulse rectifier system using optimization hanya melakukan simulasi dengan perangkat lunak (Genetic Algorithm)*”. Pada penelitian tersebut dilakukan secara simulasi pemrograman sehingga faktor ideal sangat dominan dengan beban bersifat resistif. Perbedaan utama pada penelitian telah dikerjakan ini adalah terletak pada pengambilan data secara eksperimen dengan jenis beban yang bersifat *Non-linier*.

Beban yang diujikan berupa beberapa lampu LEDs dan gabungan LEDs dan CFL. Setelah menyisipkan sebuah low pass filter (LPF) akan diukur seberapa besar nilai THDi, Faktor kerja, dan bentuk gelombang arusnya.

### Perancangan Low pass filter (LPF)

Pemasangan *Low pass filter* pada beban non linier ini dimaksudkan untuk mengurangi arus harmonisa (THDi) dan faktor kerja. Filter

yang akan dibuat untuk beban Non linier ini terdiri atas sebuah induktor dan kapasitor seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Rangkain LPF

Untuk merancang filter tersebut, langkah awal yang harus ditentukan adalah menentukan besarnya frekuensi yang dapat dilewatkan (frequency cut-off), dan besarnya kapasitor yang akan dipasang. Setelah kedua parameter tersebut ditentukan, maka dapat diketahui besarnya induktor yang dipasang pada filter tersebut, sesuai dengan persamaan (3).

Fungsi transfer nya adalah :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{\frac{1}{sC}}{sL + \frac{1}{sC}} = \frac{\frac{1}{sC}}{\frac{s^2LC + 1}{sC}} = \frac{1}{s^2LC + 1} = \frac{LC \frac{1}{LC}}{LC(s^2 + \frac{1}{LC})}$$

$$\text{atau } \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{\frac{1}{LC}}{s^2 + \frac{1}{LC}} \dots\dots\dots(1)$$

Fungsi transfer order duanya adalah :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{\omega_c^2}{s^2 + 2\zeta\omega_c s + \omega_c^2} \dots \dots\dots(2)$$

$\zeta$  = Damping factor (zeta)

$\omega_c$  = Cut off frequency dalam radian

Untuk ideal LC low pass filter dengan  $\zeta = 0$  (*undamped*), maka persamaan (1), (2) adalah:

$$\omega_c = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ atau } f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ dalam satuan Hz}$$

$$\dots\dots\dots(3)$$

Agar faktor redam nya ( $\zeta$ )  $\neq 0$  dapat dipasang tahanan R yang diparalel dengan capasitor C. Dengan damping factor ( $\zeta$ ) menggunakan persamaan (4).

$$\zeta = \frac{\sqrt{LC}}{2RC} \dots\dots\dots(4)$$

Sedangkan perancangan induktornya menggunakan metode praktis yaitu dengan menentukan konstanta inductor (AL) terlebih dahulu sesuai dengan persamaan (5).

$$AL = \frac{L}{N^2} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana N adalah jumlah belitan sampel pada sebuah inti besi, dan L adalah hasil pengukuran induktor dalam henry untuk sampel tersebut. Sedangkan untuk menentukan jumlah belitan (N) pada inti besi tersebut menggunakan persamaan (6).

$$N = \frac{L}{AL} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana N adalah jumlah belitan sampel pada sebuah inti besi, dan L adalah hasil pengukuran induktor dalam henry untuk sampel tersebut.

Didalam perancangan filter LPF dibuat ini, besarnya frekuensi cut-off (Cut-off frequency of harmonic) ditentukan terlebih dahulu sesuai dengan yang diinginkan.

**Distorsi Harmonisa**

Distorsi Harmonisa Total (THD) adalah penjumlahan dari semua komponen harmonik dari bentuk tegangan atau arus dibandingkan terhadap komponen fundamental dari gelombang *arus* yaitu:

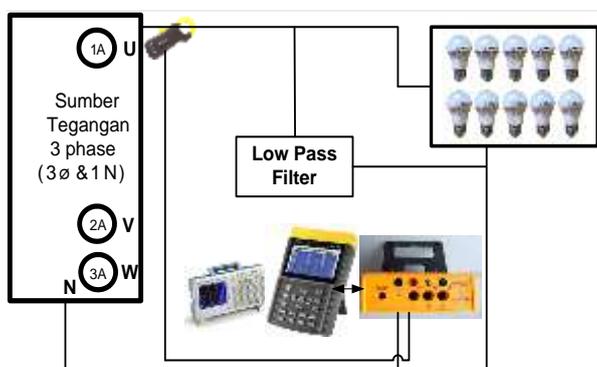
$$THD_i = \frac{\sqrt{(I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots + I_n^2)}}{I_1} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

Rumus di atas menunjukkan perhitungan untuk THD pada sebuah sinyal arus. Hasil akhirnya adalah persentase perbandingan komponen harmonik terhadap komponen dasar dari sebuah sinyal. Semakin tinggi persentasenya, semakin banyak distorsi yang terjadi pada sinyal utamanya<sup>[4]</sup>. Disamping pengukuran THDi, pada penelitian ini akan diukur arus harmonisa h3-h21 untuk variasi beban yang berbeda sehingga akan diketahui

pada harmonisa yang keberapa pengaruh pemasangan LPF terjadi.

## HASIL

Pengukuran parameter menggunakan sebuah sumber tegangan 3 phase merek leaboard, sebuah PQA (Power quality Analyzer) merek Prova yang berfungsi untuk mengukur beberapa parameter yaitu bentuk gelombang tegangan dan arus, Total harmonic distortion (THDi), dan power factor (pf), dan sebuah Oscilloscope digital merek Tektronix sebagai pembanding. Hubungan Power supply, dan beban LEDs dan CFL ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 Diagram pengukuran

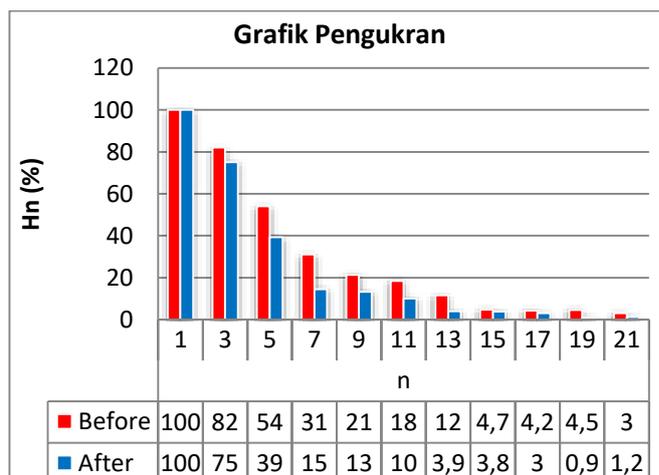
Pengukuran difokuskan pada parameter arus listrik pada beberapa beban lampu Leds dengan merek yang berbeda, dan sebagian pada lampu CFL. Parameter utama yang diukur meliputi : Harmonisa  $h_n(\%)$ , Thdi(%), dan Power factor (pf). Nilai frekuensi Cut-off pada Filter LPF adalah  $f_c = 188 \text{ HZ}$ , nilai kasitansi  $C = 26 \text{ uF}$ . Berdasarkan hasil perhitungan secara teoritis besarnya Induktansi yang harus dipasang adalah  $L = 25.59 \text{ mH}$ . Tetapi untuk memudahkan secara praktis nilai induktansi yang dipasang adalah sebesar  $25.5 \text{ mH}$ .

### Harmonisa dan faktor kerja pada beban gabungan beberapa lampu LEDs

Pengukuran harmonisa dan faktor daya pada beban gabungan lampu LEDs ini dimaksudkan untuk mengetahui perubahan

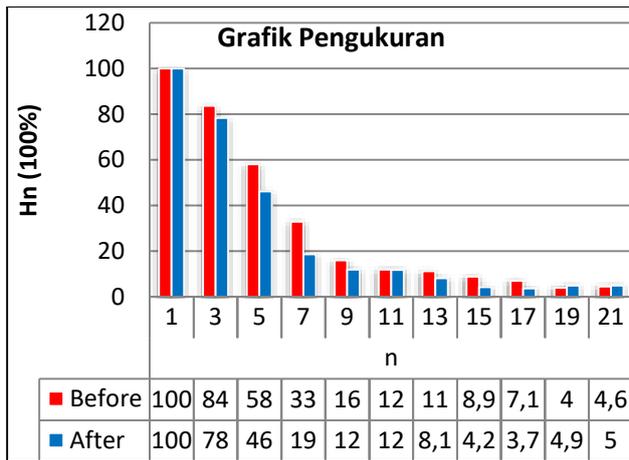


Gambar 4. Pola harmonisa untuk beban Philips (14w), Indomaret (14w)



Gambar 5. Pola harmonisa untuk beban lampu LEDs Philips (26w), Panasonic (12w), dan Indomaret (14w)

pola harmonisa, THDi, faktor daya pada saat sebelum dipasang filter LPF dan sesudah dipasang filter LPF. Berikut ini adalah 3 sampel grafik pengukuran untuk beban kombinasi beberapa LEDs dengan merek Philips (Phil), Panasonic (Pan), dan Indomaret(Ind) dengan daya yang bervariasi seperti ditunjukkan pada gambar 4, 5, dan 6.



Gambar 6. Pola harmonisa untuk LEDs Philip (9w) dan panasonic (31w)

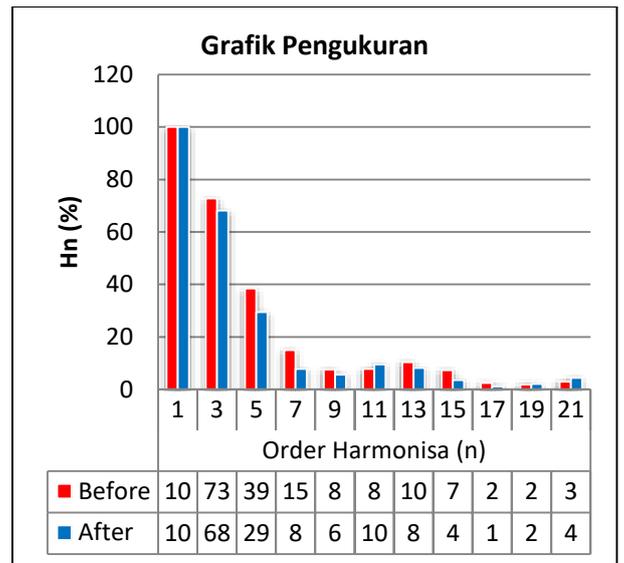
Pola harmonisa pada gambar 4,5, dan 6 menunjukkan bahwa pemasangan LPF pada beban LEDs tersebut menurunkan nilai harmonisa khususnya pada harmonisa ke 3,5, dan 7. Penurunan harmonisa tersebut secara kumulatif telah menurunkan nilai THDi nya.

**Harmonisa dan faktor kerja pada beban gabungan lampu LEDs dan CFL**

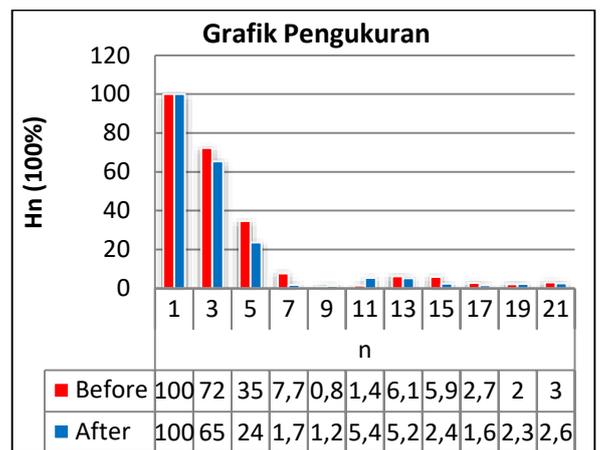
Pengukuran harmonisa dan faktor daya pada beban gabungan lampu LEDs dan lampu jenis CFL ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh beban lampu CFL terhadap perubahan pola harmonisa, THDi, dan faktor daya nya. Berikut ini adalah 2 sampel grafik pengukuran untuk beban kombinasi LEDs dan CFL seperti ditunjukkan pada gambar 7 dan 8.

Pola harmonisa pada gambar 7 dan 8 menunjukkan bahwa beban CFL sangat berpengaruh terhadap penurunan harmonisa khususnya pada harmonisa 3,5, dan 7. Hal ini menyebabkan nilai penurunan nilai THDi baik sebelum dan sesudah pemasangan LPF dibandingkan dengan kombinasi beban hanya menggunakan LEDs saja.

Secara **keseluruhan** perubahan THDi dan faktor kerja sebelum dan sesudah pemasangan low pass filter ditunjukkan pada tabel 1. Berdasarkan tabel 1 tersebut dapat dijelaskan bahwa pemasangan filter LPF pada semua beban gabungan LEDs atau LEDs



Gambar 7 Pola harmonisa untuk CFL Philips (14w), LEDs Panasonic(31w), dan LEDs Philips (9w).



Gambar 8 Pola harmonisa CFL Philips(28w), LEDs Philips(9w), dan LEDs Philips (9w)

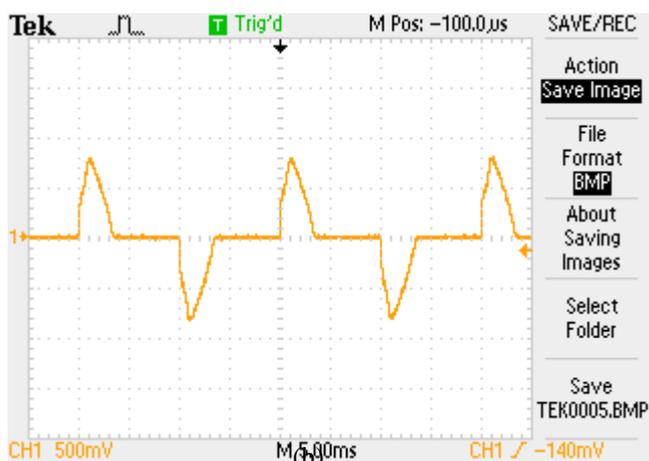
dengan CFL menghasilkan penurunan nilai THDi yang sangat signifikan dan menghasilkan kenaikan faktor daya(pf) yang tidak bisa diabaikan.

**Bentuk gelombang Arus**

Berdasarkan hasil pengamatan seperti ditunjukkan pada gambar 9 dan 8 terlihat bahwa bentuk gelombang arus baik sebelum dan sesudah pemasangan filter LPF memiliki bentuk gelombang yang relatif sama. Tetapi hasil ini tidak bisa dijadikan rumusan baku, karena bentuk arus yang mengalir pada beban tak linier sangat tergantung pada kualitas produk lampu LEDs.

**Tabel 1. Pengukuran THDi dan PF sebelum dan sesudah LPF untuk semua beban**

No.	Beban Lampu	THDi (%)		Faktor kerja	
		Before	After	Before	After
1.	LEDs: Phi (14w), Ind (14w)	130.4	112.1	0.56	0.63
2.	LEDS: Phi (26w), Pan (12w), Ind (14w)	108	87.9	0.64	0.71
3.	LEDs: Phi (9w), pan (31w)	111	96.3	0.64	0.68
4.	LEDs: Phil (23w), Pan (20w)	112.2	101.1	0.63	0.67
5.	LEDs: Phil (23w), Pan (27w)	105.8	91.0	0.65	0.70
6.	LEDs: Phil (17w), Pan (3w), Ind (14w)	120	102	0.6	0.66
7.	LEDs: Phil (26w), Pan (11w), Ind (14w)	120	102	0.64	0.71
8.	CFL:Phil (14w), LEDs: Pan (31w)	86.8	76.5	0.71	0.75
9.	CFL:Phil (28w), LEDs: Pan (9w), Pan (31w).	82.5	70	0.72	0.77



**Gambar 4. Bentuk gelombang arus beban LEDs Phil(23w) dan Pan(27w).  
(a) Sebelum dipasang filter  
(b) Sesudah dipasang filter**

## SIMPULAN

Pemasangan LPF (*Shunt LC filter*) pada beban Non-linier LEDs dapat mempengaruhi besaran THDi dan faktor kerja. Besarnya THDi setelah pemasangan LPF mengalami penurunan yang signifikan, demikian juga besarnya faktor kerja yang mengalami kenaikan yang cukup signifikan.

Pemasangan LPF (*Shunt LC filter*) dengan nilai  $C=26 \mu\text{F}$  dan  $L=25.5\text{mH}$  dengan beban hanya tipe LEDs dari beberapa kombinasi merek dagang (tabel 4.4) dapat menurunkan besarnya harmonisa khususnya pada h3,h5,h7 sehingga dapat menurunkan nilai THDi nya. Sedangkan nilai faktor kerjanya mengalami kenaikan yang relatif cukup signifikan.

Pemasangan LPF (*Shunt LC filter*) dengan beban gabungan kombinasi tipe LEDs dan CFL dapat menurunkan nilai THDi dan menaikkan nilai faktor kerja secara cukup signifikan.

Penggunaan beban CFL sangat mempengaruhi terhadap penurunan nilai THDi sebelum pemasangan filter LPF.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] APT (Associated Power Technologies), "Total Harmonic Distortion and Effects in Electrical Power Systems". Web 3 APRIL 2014.
- [2] C.Jettanasen, C. Pothisarn, *Analytical Study of Harmonics Issued from LED Lamp Driver*, Proceedings of The International Multi Confence of Engineers and Computer Scientists 2014 Vol II, IMECS 2014, March 12-14, 2014, Hongkong.
- [3] D.Mahesmaran, N. Rajasekar, I. Ashok Kumar, *Design of passive Filters for reducing Harmonic Distortion and Correcting Power Factor in Two Pulse Rectifier System using Optimation*, Journal of Theoretical and applied

- Information Technology, 30<sup>th</sup> April 2014, Vol.62 No.3.
- [4] Hurng-Liahng, Jinn-Chang Wu, Kuen-Der Wu, Wen-Jung Chiang, and Yi-Hsun Chen, Analysis of Zig-Zag Transformer Applying in Three-Phase Four-Wire Distribution Power System, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.20, No.2, April 2005.
- [5] Harmonics (electric power), "Wikipedia, The Free Encyclopedia. Wikimedia Foundation, Inc. 4 April 2011, Web. 5 April 2011.
- [6] Hoevenaars Tony. P.Eng, LeDoux Kurt. P.E, Colosino Matt, Interpreting IEEE STD 519 and Meeting its Harmonic limits in VFD Applications.
- [7] IEE Std 519-1992, IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power System, New York, NY: IEEE.
- [8] Lunquist, Johan. "On Harmonic Distortion In Power System", Chalmers University of Technology, Departement of Electrical Power Engineering, 2001.
- [9] Martin WU Kwok-tin, Ir, September 2003, Standards of Power Quality with reference to the Code of Practice for Energy Efficiency of Electrical Installations.
- [10] Marzuki Achmad, Ramli, Pengaruh beban non-linier pada pola harmonisa dan besarnya arus pada penghantar netral didalam sistem 3 phase, Laporan Hasil Penelitian tahun 2015.
- [11] Marzuki Achmad, Ramli, Abu Bakar, Karakter Harmonisa dan Power Faaktor pada gabungan beban Non Linier (LEDs) pada beberapa merek dagang yang berbeda.
- [12] Sohel Uddin, Hussein Shareef, Azah Mohamed and M A Hannan, Investigation of Harmonic generation from Low wattage LED Lamp, Journal of Applied Sciences research, 8(8):4215-4221, 212.
- [13] Yakawa Electric America, Inc, "Minimizing Total Harmonic Distortion Values". Web. 3 April 2014.