

PENINGKATAN KUALITAS DAYA LISTRIK DALAM PEMAKAIAN LUMINER MENGGUNAKAN LAMPU HEMAT ENERGI (LHE)

Wiwik Handajadi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
e-mail: wiwikhandajadi@gmail.com

ABSTRACT

Use LHE (Energy Saving Lamp) that use electronic ballast will cause harmonics, both current and voltage harmonics and the harmonics will result in a poor electric power quality. On the other hand LHE that uses electronic ballast have good properties in converting electrical energy into light, because it has an efficiency of above 80%. This research aims to analyze the activity electric power quality in the distribution network due to load LHE with electronic ballast. We then measured with a laboratory scale and continued analysis using the program, for the issues analyzed include: the use of electronic ballasts will cause harmonic currents and voltage, harmonics and odd harmonics influential 3rd harmonic dominant, harmonics will affect the quality of electric power. Thus will follow up effort to minimize the presence of harmonics in particular harmonic currents and harmonic influence further analyzed for capacity LHE group with large- capacity load on the distribution network.

In order to save electrical energy, mainly for lighting, save energy- saving- lamps can be used. Those lamps, which use electronic ballast and added by hybrid filter, can reduce negative effect due to harmonics, so that efficient condition in load and optimal condition in distribution network can be obtained. This study was carried out by simulation with PSIM program version 9.0 and a reference to minimize current harmonics in such energy- saving- lamps using electronic ballast to increase the quality of electrical power.

Result of the study show that the reduction in large current harmonics of 10% due to AC-DC rectification was because of electronic ballast use. And the other have to support up the EPQ at 1.24%, to be given at the standard IEC 61000-3-2 Class C to follow up.

Key Word : Harmonics, Hybrid filter, Electronic ballast, Electric Power Quality

INTISARI

Penggunaan LHE (Lampu Hemat Energi) yang menggunakan ballast elektronik akan menimbulkan harmonik, baik harmonik arus maupun tegangan dan adanya harmonik akan berakibat kualitas daya listrik menjadi buruk. Disisi lain LHE yang menggunakan ballast elektronik mempunyai sifat- sifat yang baik dalam mengkonversikan energi listrik menjadi cahaya, karena mempunyai efisiensi diatas 80%. Riset ini melakukan kegiatan yang bertujuan menganalisis kualitas daya listrik (EPQ = Electric Power Quality) pada jaringan distribusi akibat beban LHE dengan ballast elektronik. Selanjutnya dilakukan pengukuran dengan skala laboratorium dan dilanjutkan analisis dengan menggunakan program, untuk itu dianalisis permasalahan yang meliputi: penggunaan ballast elektronik akan menimbulkan harmonik arus maupun tegangan, harmonik yang berpengaruh harmonik ganjil dan harmonik ke-3 paling dominan, harmonik akan berpengaruh pada kualitas daya listrik. Dengan demikian akan ditindak lanjuti upaya untuk memperkecil adanya harmonik khususnya harmonik arus dan selanjutnya dianalisis pengaruh harmonik untuk kapasitas kelompok beban dengan LHE berkapasitas besar pada jaringan distribusi.

Dalam penelitian ini dilakukan simulasi dengan program PSIM versi 9.0 dan menggunakan acuan, untuk meminimalkan adanya harmonik arus pada LHE dengan ballast elektronik agar dapat meningkatkan kualitas daya listrik.

Dari hasil penelitian ini dapat diperoleh pengurangan besarnya harmonik arus sebesar 10 % akibat penyearahan AC- DC, akibat penggunaan ballast elektronik. Selain itu juga diperoleh peningkatan EPQ sebesar 1,24 % sesuai standar IEC 61000-3-2. Class C .

Kata- kata kunci : Harmonik; Filter hybrid; Ballast elektronik, EPQ

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan energi yang mempunyai sifat-sifat yang banyak menguntungkan dibandingkan energi lain: mudah dibangkitkan (*generation*), mudah dikirimkan (*transmission*), mudah dibagi-bagikan (*distribution*), serta mudah diubah menjadi energi lain dengan efisiensi tinggi

Untuk membangkitkan energi listrik diperlukan energi lain, sebagai energi penggerak mula (*primover*), yang ada pada saat ini kebanyakan menggunakan energi fosil. Cadangan energi yang bersumber pada energi fosil saat ini sudah mulai menipis, sedangkan untuk pembangkitan energi listrik masih banyak yang bertumpu pada energi tersebut. Walaupun upaya pembangkitan energi listrik sedang diupayakan banyak cara yang menggunakan energi selain energi fosil dan merupakan proses yang ramah lingkungan (*reversible*).

Pada sisi lain perlu adanya upaya penghematan energi untuk memenuhi kebutuhan energi, baik keperluan industri dan rumah tangga. Dalam penghematan energi listrik maka dapat diupayakan peningkatan kualitas daya listrik (*Electric power quality = EPQ*) dengan menambahkan filter hybrid. (Wiwik Handajadi, 2013).

Untuk penghematan penggunaan energi listrik, khususnya kebutuhan penerangan harus diupayakan adanya konversi dari energi listrik menjadi cahaya secara optimal dan efisien, maka digunakan LHE (Lampu Hemat Energi). Hal ini secara umum untuk keperluan gedung kebutuhan energi listrik mencapai 25% sampai 50%. (Muhhamad WNWZ, dkk, 2010)

Dalam LHE terdapat ballast elektronik yang digunakan dalam perubahan dari *Alternating Current to Direct Current* (AC-DC) dan adanya converter ini akan menimbulkan adanya harmonik arus, yang akan menurunkan kualitas daya listrik. (Sumani, Sumbodo, 2007). Dengan demikian perlu diupayakan pengurangan harmonik arus yang ditimbulkan akibat perubahan AC-DC dan adanya converter (*Direct Current to Alternating Current = DC-AC*) (Eka Firmansah, dkk, 2010) pada ballast elektronik dalam LHE, sehingga diperoleh EPQ secara optimal dan dengan meminimalkan biaya dalam pengurangan adanya harmonik, hal ini untuk mempertahankan harga LHE yang relative murah dibandingkan dari harga semula.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dijelaskan bahwa permasalahan yang akan dianalisis dalam penelitian dapat diuraikan sebagai berikut

1. Bagaimana karakteristik daya yang diserap dan daya reaktif yang ada pada LHE dengan ballast elektronik dengan kapasitas yang sama.
2. Seberapa besar harmonik arus yang ditimbulkan oleh n buah LHE dengan ballast elektronik dengan kapasitas tertentu.
3. Seberapa besar harmonik arus yang ditimbulkan oleh n buah LHE terhadap kualitas daya listrik (*Electric power quality = EPQ*).

Didasarkan dari rumusan tersebut diatas dicari metode yang sederhana dan murah untuk mengurangi adanya harmonik arus, konsumsi daya, konsumsi arus, tegangan operasi, serta faktor daya akibat penggunaan ballast elektronik dalam LHE.

Untuk penghematan penggunaan energi listrik, khususnya kebutuhan penerangan harus diupayakan adanya konversi dari energi listrik yang optimal dan efisien, maka digunakan LHE (Lampu Hemat Energi). Dalam LHE terdapat ballast elektronik yang digunakan dalam perubahan dari ac-dc dan ini akan menimbulkan adanya harmonik arus, yang akan menurunkan kualitas daya listrik.

Ballast elektronik lebih murah dari ballast induktor, system ballast elektronik dalam satu kotak, serta mempunyai beberapa keunggulan antara lain; dapat memperbaiki system dan menaikkan efisiensi, tidak ada flicker atau efek strobokopis, tidak memerlukan starter dan tidak menimbulkan interferensi radio, serta faktor daya tinggi sekitar 0,95 dan daya yang dikonsumsi kecil. (Mujiman, 2007).

Dengan demikian perlu diupayakan pengurangan harmonik arus yang ditimbulkan akibat perubahan ac-dc pada ballast elektronik dalam LHE, sehingga diperoleh EPQ secara optimal dan dengan meminimalkan biaya dalam pengurangan adanya harmonik (Sumani Sumbodo, 2007), hal ini untuk mempertahankan harga LHE yang relative murah dibandingkan dari harga semula.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dijelaskan bahwa permasalahan yang akan dianalisis dalam penelitian dapat diformulasikan sebagai berikut:

1. Melakukan pengukuran besar harmonik arus yang ada pada LHE dengan ballast elektronik dengan kapasitas yang sama.
 2. Menganalisis daya yang diserap dan daya reaktif yang ada pada LHE dengan ballast elektronik dengan kapasitas yang sama, serta melakukan analisis untuk memperkecil harmonik dengan menggunakan filter hybrid.

3. Melakukan analisis terhadap kualitas daya listrik akibat adanya harmonik arus yang diakibatkan n buah LHE dengan ballast elektronik, pada jaringan distribusi. Didasarkan dari beberapa tujuan tersebut, data yang diperoleh dalam pengujian penting untuk dianalisis.

Pengaruh harmonik

Adanya harmonik akan mengakibatkan menurunkan *power Factor (PF)* yang berdampak efisiensi distribusi menurun, hal ini disebabkan faktor daya yang rendah. Dan perlu diketahui bahwa ini bukan dari $\cos \phi$ (=DF) tetapi dari sisi faktor distorsi (DPF) [6], yang dapat dilihat pada korelasi yang ada dalam persamaan (1)

$$PF = DF * DPF \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- PF = *power Factor*
- DF = *Derating Factor*
- DPF = *Derating Power factor*

Total Harmonic Distortion (THD) [6] dinyatakan dalam presentasi (%) dinyatakan pada persamaan (2)

$$THD = 100 \times \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

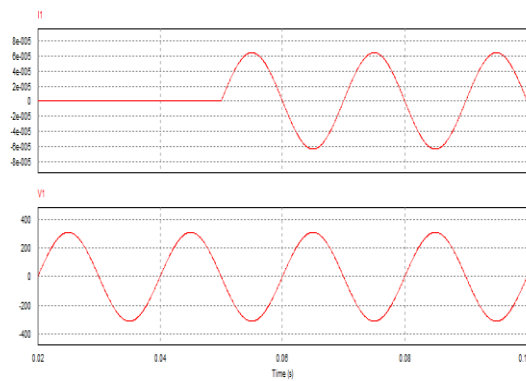
- Vn : tegangan harmonik pada orde ke-n
- V1 : tegangan fundamental (V rms)

PEMBAHASAN

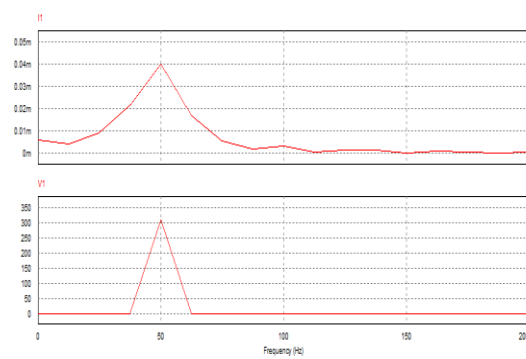
Hasil pengujian n - kelompok beban LHE dengan ballast elektronik dalam memberikan sumbangan harmonik pada sumber/ jaringan distribusi.

Pengaruh harmonik arus dan tegangan untuk beban n LHE dapat dilihat pada hasil simulasi yang ditunjukkan pada Gambar Tabel 1, dan pada Gambar 2.

n= 1

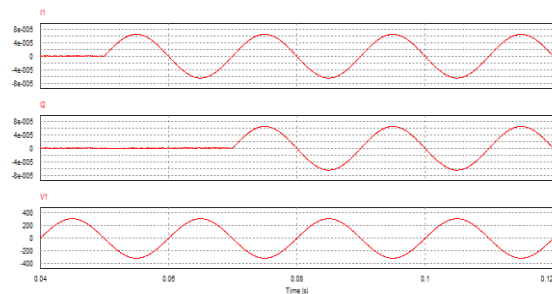


(a)

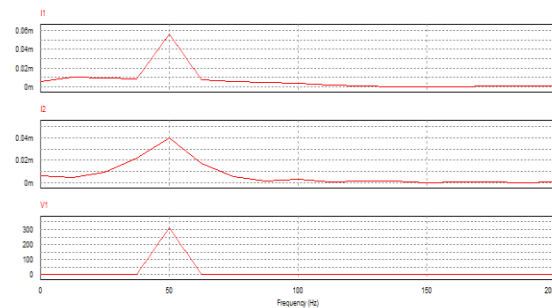


(b)

n=2

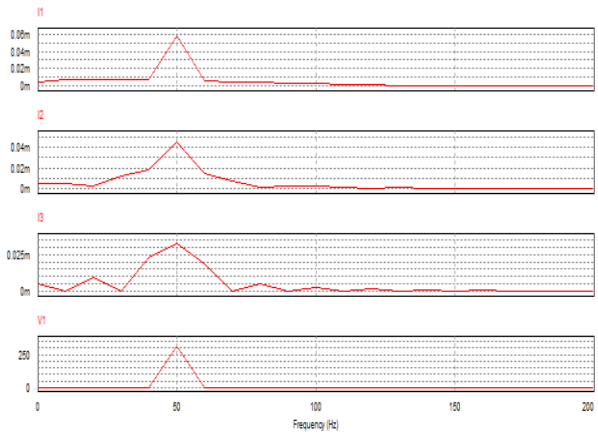
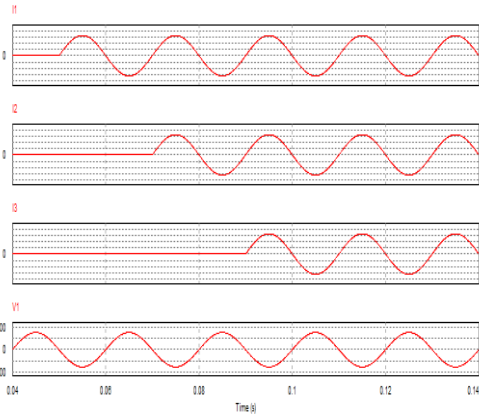


(a)

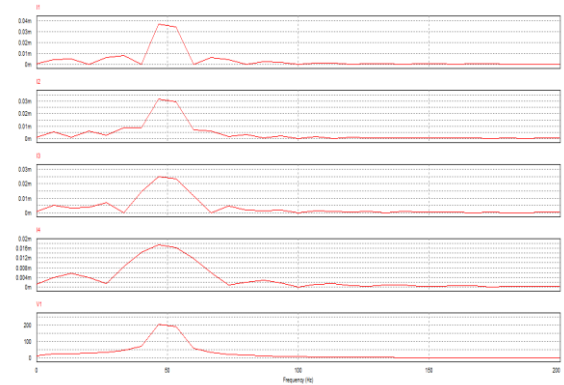
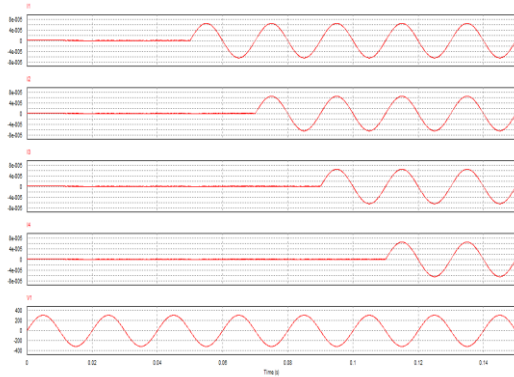


(b)

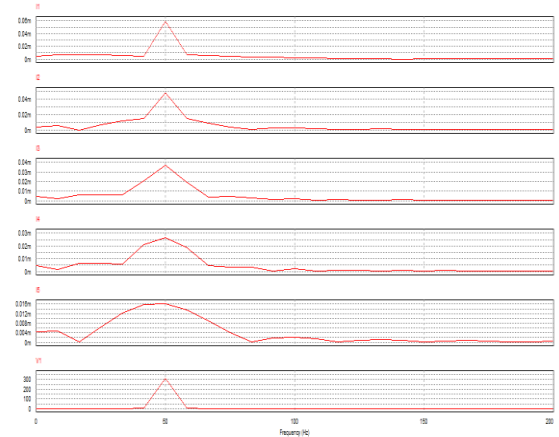
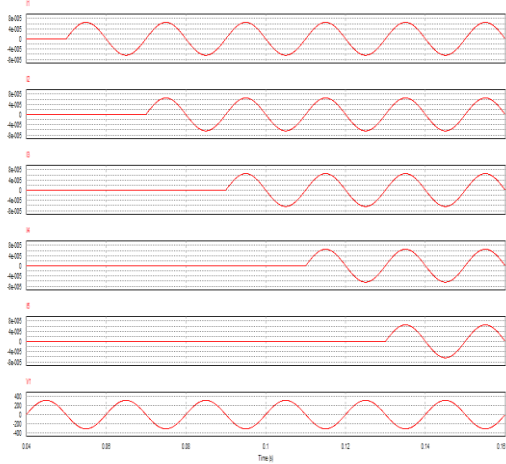
n=3



n = 4



n = 5



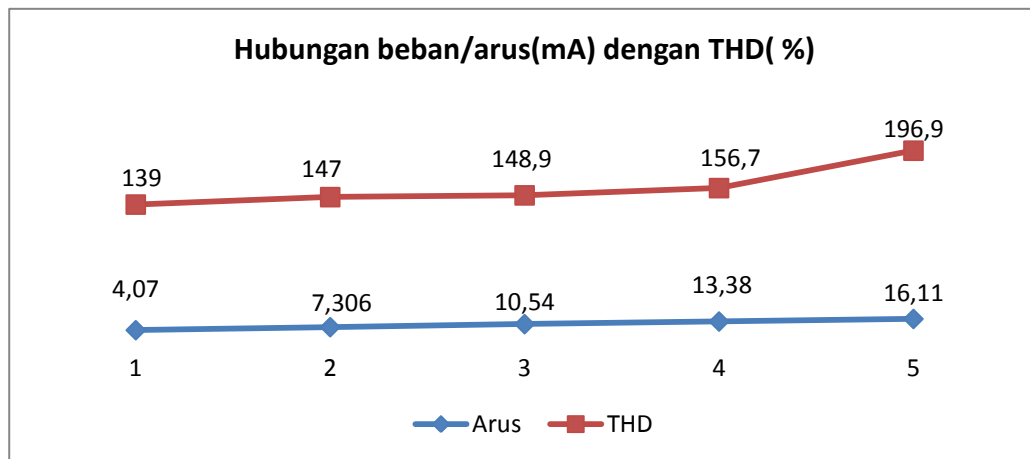
(a)

(b)

Gambar 1 a) Ragam gelombang dari arus kelompok dan tegangan sumber.
b) Grafik dari arus sumber (I_s) (FFT)

Tabel 1 Hasil simulasi untuk harmonik arus untuk beban n LHE.

Jumlah n	Besaran	Harga rms	THD	Cos ϕ	P (W)	S(VA)
1	I_1	$4,07 \cdot 10^{-5}$	$1,39 \cdot 10^{-2}$	0,843	$0,747 \cdot 10^{-2}$	$0,836 \cdot 10^{-2}$
	I_s	$3,80 \cdot 10^{-5}$	$1,47 \cdot 10^{-2}$			
	V_1	220	$0,47 \cdot 10^{-2}$			
2	I_2	$3,865 \cdot 10^{-5}$	$1,385 \cdot 10^{-2}$	0,857	$1,42 \cdot 10^{-2}$	$1,607 \cdot 10^{-2}$
	I_s	$7,306 \cdot 10^{-5}$	$1,47 \cdot 10^{-2}$			
	V_1	220	$0,47 \cdot 10^{-2}$			
3	I_3	$3,645 \cdot 10^{-5}$	$1,383 \cdot 10^{-2}$	0,870	$2,02 \cdot 10^{-2}$	$2,318 \cdot 10^{-2}$
	I_s	$10,54 \cdot 10^{-5}$	$1,469 \cdot 10^{-2}$			
	V_1	220	$0,47 \cdot 10^{-2}$			
4	I_4	$3,410 \cdot 10^{-5}$	$1,387 \cdot 10^{-2}$	0,883	$2,54 \cdot 10^{-2}$	$2,966 \cdot 10^{-2}$
	I_s	$13,48 \cdot 10^{-5}$	$1,467 \cdot 10^{-2}$			
	V_1	220	$0,471 \cdot 10^{-2}$			
5	I_5	$3,157 \cdot 10^{-5}$	$1,388 \cdot 10^{-2}$	0,894	$2,969 \cdot 10^{-2}$	$3,545 \cdot 10^{-2}$
	I_s	$16,11 \cdot 10^{-5}$	$1,469 \cdot 10^{-2}$			
	V_1	220	$0,471 \cdot 10^{-2}$			

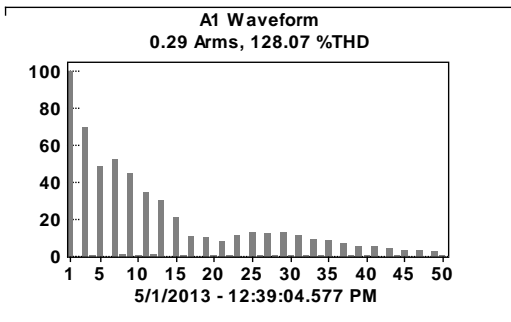


Gambar 2 Grafik hubungan antara arus (beban) dengan THD untuk kapasitas besar.

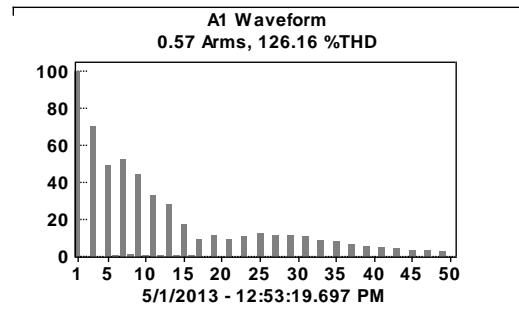
Secara pengukuran dalam laboratorium.

Dari pengukuran di laboratorium dari n kelompok LHE dengan ballast elektronik, maka dapat diperoleh data – data untuk besarnya arus n kelompok dan juga THD

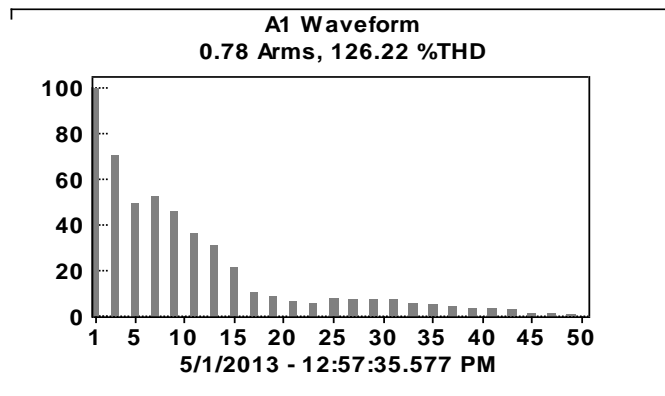
arus. Sehingga akan didapat grafik hubungan besarnya beban dengan THD pengaruh beban tersebut dan ini dapat dilihat dalam gambar grafik yang tertera dalam Gambar 3, 4 dan 5



Gambar 3. Harmonik arus dalam FFT untuk n-1



Gambar 4 Harmonik arus dalam FFT untuk n=2



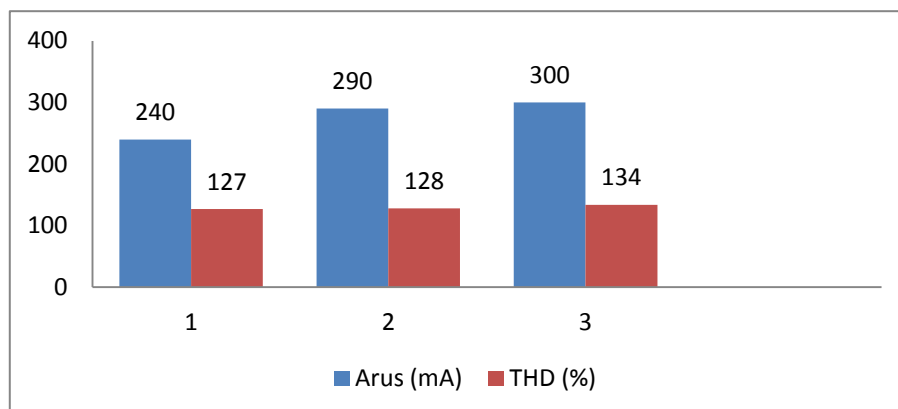
Gambar 5 Harmonik arus dalam FFT dari n=3

Tabel 3 Hasil pengukuran untuk harmonik arus untuk beban LHE n = 3 dan arus sumber.

Jumlah n	Besaran	Harga (rms)	THD (%)	Cos ϕ	P (W)	S(VA)
1	I_1	0,29	126,07	0.92	58,12	63,14
	$I_S = I_1$	0,29	126,07			
2	I_2	0,30	127,98	0.95	108,21	115,25
	$I_S = I_1 + I_2$	0,59	128,07			
3	I_3	0,24	134,22	0.96	156,58	166,73
	$I_S = I_1 + I_2 + I_3$	0,83				

Dari data – data hasil pengukuran terlihat pada tabel 3 dapat dibuat grafik yang menyatakan hubungan kelompok beban

dengan THD dari arus, yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik hubungan banyaknya kelompok beban terhadap dari pengukuran di laboratorium

Dari data- data yang tertera dalam table 3 dan grafik 6 dapat terlihat bahwa adanya harmonik yang timbul akibat penggunaan LHE dengan ballast elektronik akan mempengaruhi besaran – besaran listrik, yaitu : DPF, daya aktif, daya semu atau disebut kualitas daya listrik. Selain itu besarnya daya yang merupakan beban dari sumber juga mempengaruhi besarnya harmonik yang timbul sebesar 1,24 %

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan pada pengujian pada LHE dengan ballast elektronik dan dilakukan simulasi dari pemodelan dari LHE tersebut dapat, disimpulkan beberapa hal yang berkaitan dengan harmonik serta kualitas daya listrik sebagai berikut :

Adanya harmonik akan mempengaruhi kualitas daya listrik, yaitu makin besar kapasitas penggunaan LHE dengan ballast elektronik akan memberikan dampak harmonik arus dan tegangan yang semakin besar dan faktor $\cos \phi$ (DF) yang makin besar mendekati 0,99 dan bersifat *leading*. Dengan ballast elektronik akan mempengaruhi besaran - besaran listrik, yaitu : DPF, daya aktif, daya semu atau disebut kualitas daya listrik. Dari hasil penelitian ini dapat diperoleh pengurangan besarnya harmonik arus sebesar 10 % akibat penyearahan AC- DC, akibat penggunaan ballast elektronik. Selain itu jugadiperoleh peningkatan EPQ sebesar 1,24 % sesuai standar IEC 61000-3-2. Class C

DAFTAR PUSTAKA

- Eka Firmansah, VSatoshi TOMIOKA, 2010, *Totem-Pole-Factor – Correction Converter under Critical-Conduction-Mode Interval Operation*, IEICE transactions on Comunication,
- Hu Yong-jun, Fan Li-li, 2010, *A Reactive and Harmonic Current Detection Method of Effisien System Lighting System Design*.IEEE .
- Mujiman, 2007,Unjuk Kerja Lampu Fluorescen Ballast Elektronik disbanding Lampu Fluorescen Ballast Induktor, UGM.
- Subuh Isnur Haryudo, 2007, Peredaman Harmonik Sistem Tenaga Menggunakan Filter Aktif *Hybrid*, Electrical Engineering, Faculty of Technology, Hang Tuah University, Indonesia
- Shui Qiang Liu, Shao Jie Wang, 2011, *Improved method for detecting currents with harmonics and reactive power in the injection active power filter*, Jurnal IEEE .
- Shipun Anuar Hamzah, Mazlina Esa, Niuk Noordini Nik Abd Malik, and Mohd Khairil Hisham Ismail, 2010, *Reduced Size Harmonic Supressed Fractal Dipole Antena with Integrated Reconfigurable Feature*, Jurnal IEEE.
- Sumani, Sambodho, 2002, Pengenalan Mutu Listrik, Prosiding Seminar Elektrik Power Quality, STT-PLN, Jakarta.
- Wiwik Handajadi, *Reduction of Current Harmonic Caused by AC-DC Rectification with Hybrid Filter for Energy Saving Lamp Electronic Ballast*, Jurnal Teknologi.ISSN 1979 3405, Volume 6, Nomor 2, 2013
-,Standard IEC 61000-3-2