

Pengatur Intensitas Cahaya Lampu *Fluorescent* T8 secara Digital dengan Antar Muka RS 485

Sihono¹, Eka Firmansyah², Harnoko St.³

¹Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang

^{2,3} Jurusan Teknik Elektro FT Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

E-mail : sihonosmg@gmail.com, eka.firmansyah@gmail.com, harnoko_koko@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan balast elektronik untuk lampu fluorescent dengan power faktor > 0,9, Total Harmonic Distortion current (THDi) kurang dari 10% dan memiliki efikasi (efisiensi) yang lebih tinggi dibanding balast elektromagnetik. Pada penelitian ini dilakukan pengaturan intensitas lampu *fluorescent* T8 dengan teknik *switching* modulasi frekuensi menggunakan rangkaian terintegrasi IC L6574. Untuk memperkecil THDi yang ditimbulkan hingga dibawah 10% dengan faktor daya > 0,9 digunakan *Power Factor Corection* (PFC) aktif dengan IC L6562. Pengendalian *dimmer* dilakukan secara digital dengan *mikrokontroler* yang berfungsi menterjemahkan perintah digital dalam kode *American Standard Code Information Interchange* (ASCII) menjadi keluaran tegangan DC 0 - 10V dengan metode PWM. Komunikasai data antara sistem *dimmer* dengan terminal data (PC) dilakukan melalui kabel dengan antar muka RS485. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa *dimmer* elektronik dapat mengatur intensitas cahaya dari 10 – 100%, THDi menurun mencapai 10,8 % dengan pf > 0,9 pada pengaturan intensitas cahaya 100%. *Dimmer* elektronik memiliki efikasi 5,67 lm/W lebih tinggi dibanding balast elektromagnetik dengan efikasi 3,9 lm/W. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *dimmer* elektronik memiliki unjuk kerja yang lebih baik dibanding dengan balast elektromagnetik serta kemampuan mengatur intensitas cahaya yang dikendalikan dari komputer atau peralatan digital .

Kata-kunci : balast, *dimmer*, *Fluorescent*, mikrokontroler, PWM, PFC, THDi.

Abstract

This research aims to design and implements the electronic ballast for fluorescent lamp with power factor > 0,9, THDi less than 10% and more efficient than electromagnetic ballast. This thesis focuses on controlling the intensity of fluorescent lamp T8 using frequency modulation switching which is utilizing an integrated circuit (IC) L6574. An active power factor correction (PFC) based on IC L6562 is adopted to reduce the generated total harmonic distortion (THD) signal below 10% with power factor bigger than 0.9. The dimmer is controlled digitally using microcontroller which acts as a command translator which converts the digital ASCII code into its corresponding analog output of 0 to 10 Volts using PWM method. Data communication between dimmer system and PC is performed by a wire-based serial communication RS485 system. The experimental results shows that electronic dimmer can adequately adjust the light intensity from 10 to 100%, for light intensity 100% generated THDi 10,8% with power factor more than 0.9. The electronic dimmer, which has an efficacy of 5.67 lm/W, is bigger than that of the electromagnetic ballast, which has an efficacy of 3.9 lm/Watt. From these results, it can be concluded that the electronic dimmer performs better than the electromagnetic ballast. Also, the light intensity using the electronic dimmer can be controlled using computer or digital equipment system.

Keywords: ballast, *dimmer*, *Fluorescent*, microcontroller, PWM, PFC, THDi.

I. PENDAHULUAN

Lampu fluorescent T8 dengan balast elektromagnetik banyak digunakan dalam sistem penerangan baik di rumah tangga, pertokoan, perkantoran, sarana hiburan, maupun tempat-tempat lainnya. Penggunaan balast elektromagnetik memiliki kekurangan

diantaranya tidak efisien, menimbulkan noise, berkedip (*flicker*), memiliki faktor daya rendah dan rentan terhadap penurunan tegangan sumber. Dengan jumlah penggunaan yang relatif banyak, peningkatan efisiensi dan pendayagunaan lampu *fluorescent* T8 untuk aplikasi penerangan berpotensi untuk menghasilkan penghematan energi listrik secara signifikan. Otomatisasi

penerangan, termasuk kemampuan mengatur intensitas cahaya sesuai dengan kebutuhan, adalah salah satu cara untuk dapat menghemat konsumsi energi listrik.

Permasalahan yang ada dalam sistem penerangan saat ini yaitu *dimmer* yang umum dipakai tidak sesuai untuk lampu *fluorescent*, sedang lampu jenis lampu hemat energi (LHE) yang banyak digunakan menghasilkan polusi dalam sistem jaringan listrik berupa sinyal harmonisa yang cukup tinggi dan faktor daya yang rendah. Sistem balast elektronik juga perlu dapat mengatur intensitas cahaya keluaran yang dihasilkan (*dimnable*) sehingga dapat mendukung program penghematan energi.

Pada penelitian ini dirancang dan diimplementasikan pengatur intensitas cahaya (*dimmer*) lampu *fluorescent* T8 dengan metode frekuensi modulasi menggunakan rangkaian terintegrasi tipe L6574. Pada penelitian ini *dimmer* elektronik yang dibuat dapat dikendalikan secara digital melalui media kabel menggunakan antar muka RS485. Tujuan dari penelitian ini yaitu:

- a. Merancang balast elektronik untuk lampu *fluorescent* dengan faktor daya lebih dari 0,9 dan THD kurang dari 10 % serta efisiensi yang lebih tinggi dibanding balast elektromagnetik.
- b. Mengimplementasikan prototipe sistem balast elektronik yang mampu mengatur intensitas cahaya (*dimmer*) pada lampu *fluorescent* jenis T8 .
- c. Membuat pengendali *dimmer* secara digital melalui media kabel dengan standar antar muka RS 485.

II. METODE PENELITIAN

Permasalahan yang dikaji pada penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan sebuah alat yang dapat mengatur intensitas cahaya lampu *fluorescent* dengan kendali melalui kabel dengan perintah secara digital. Rancangan pengatur intensitas cahaya yang dibuat diharapkan dapat meningkatkan penghematan energi listrik.

2.1 Jalan Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan langkah-langkah yang meliputi :

- a. Penentuan spesifikasi sistem.
- b. Perancangan blok diagram sistem balast elektronik.
- c. Perancangan Rangkaian .
- d. Pembuatan PCB.

- e. Pemasangan komponen.
- f. Pembuatan program
- g. Pengujian sistem.
- h. Alisis hasil pengujian dan membuat simpulan.

2.1.1 Spesifikasi Balast Elektronik

Spesifikasi balast yang dirancang adalah sebagai berikut :

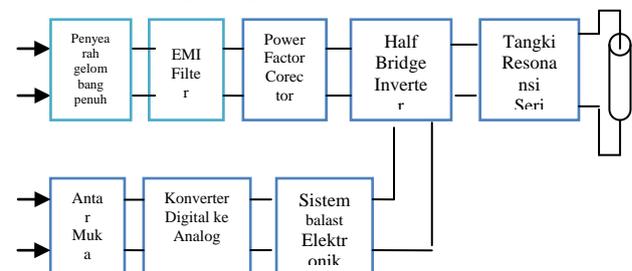
- Tegangan Kerja *Input* :170–265V AC
- Jangkauan pengaturan intensitas : 5% - 100%
- THD yang diinginkan : < 10%
- Power faktor : > 0,9
- Frekuensi Kerja : 30 KHz
- Frekuensi *Preheat* : 70 KHz

Parameter lampu yang akan digunakan yaitu lampu *fluorescent* T8 36 Watt yang memiliki parameter sesuai data dari *Balast Design Assistance* yang dikembangkan oleh perusahaan *International Rectifier* adalah sebagai berikut :

- Tegangan *Preheat* maksimum : 300 Vpk
- Waktu *Preheat* :1 Sec – 2 Sec
- Tegangan penyalakan maksimum: 800 Vpk
- Daya lampu pada intensitas 100% :34 Watt

2.1.2. Blok Diagram Balast elektronik

Secara blok diagram sistem pengatur intensitas cahaya (*dimmer*) dalam penelitian ini ditunjukkan seperti pada Gambar 1,



Gambar 1 Blok Diagram Dimmer Elektronik

2.1.3 Menentukan komponen balast elektronik.

Berdasarkan parameter lampu sudah ditentukan, langkah selanjutnya menentukan komponen yang sesuai pada rancangan balast elektronik. Pada penelitian ini IC L6574 digunakan sebagai komponen utama fungsi balast. Untuk mendapatkan fungsi balast elektronik secara lengkap diperlukan beberapa komponen pendukung untuk melakukan tahapan operasi lampu *fluorescent*. Tahapan pemilihan komponen dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

- a. Pemilihan komponen induktor (L) dan kapasitor (C) resonansi sesuai spesifikasi.

- b. Pemilihan komponen kapasitor *preheating* (C_{pre}) untuk menentukan *Time preheating* (T_{pre}).
- c. Pemilihan komponen kapasitor C_f untuk menentukan frekuensi osilator.
- d. Pemilihan komponen resistor *ignition* (R_{ign}) untuk menentukan frekuensi osilasi minimum.
- e. Pemilihan komponen R_{pre} untuk menentukan frekuensi osilasi maksimum.

Pemilihan komponen induktor (L) dan kapasitor (C) dilakukan dengan menentukan nilai $C = 8,2nF/1000V$, selanjutnya pada frekuensi resonansi 37 KHz dapat ditentukan L dengan persamaan $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (Hz). Dengan memasukan nilai frekuensi (37 KHz) dan C (8,2 nF) maka didapat nilai $L=2,2$ mH.

Nilai C_{pre} pada pin 1 IC L6574 ditentukan dengan persamaan $T_{PRE} = 1,5s/uF \times C_{PRE}$, dengan menentukan $T_{pre} = 1,5$ uS maka didapat $C_{pre} = 1$ uF. Selanjutnya menentukan nilai C_f pada pin 3 dan R_{ign} pada pin 4 yang menentukan frekuensi minimum dari frekuensi osilasi menggunakan persamaan $f_{min} = \frac{1.41}{R_{ign} \cdot C_1}$. Dengan mengetahui frekuensi minimum (f_{Pre}) = 30 KHz berdasarkan spesifikasi dan menentukan komponen $C_f = 470p$ dari (*datasheet*) maka didapat nilai $R_{ign} = 100$ K. Setelah nilai R_{ign} didapat, selanjutnya menentukan nilai R_{pre} pada pin 2 menggunakan persamaan $f_{max} = \frac{1.41 \times (R_{pre} + R_{ign})}{R_{pre} \times R_{ign} \times C_f}$. Frekuensi maksimum ditentukan berdasarkan f_{Pre} sebesar 70 KHz sehingga dapat dihitung R_{pre} dan didapatkan nilai $R_{pre} = 75$ KΩ. Setelah kompone n bias pada IC L6475 diketahui selanjutnya memilih transistor sebagai penggerak rangkaian tangki osilator. Transistor penggerak digunakan power MOSFET yang mampu dilewati arus > 5A dengan tegangan $V_{ds} > 600V$ semua jenis MOSFET dengan spesifikasi tersebut dapat digunakan.

2.2. Pembuatan Sistem Kendali Balast

Balast elektronik yang dirancang mampu mengatur intensitas cahaya keluaran (*dimmbable*) dengan tegangan kendali DC analog 0 – 10 V. Agar sistem kendali yang dirancang mampu menerima perintah digital maka dirancang konverter digital ke analog dengan cara *PWM* (*Pulse Widh Modulation*). Sistem kendali digital dirancang menggunakan *chip* mikrokontroler *ATTiny 2313* buatan perusahaan *ATMEL* yang

memiliki fungsi *PWM* menyatu didalamnya. Untuk mendukung komunikasi data sesuai standart RS485 maka digunakan *chip* konversi TTL ke RS 485 menggunakan *chip* 75176.

2.3 Pembuatan Program Mikrokontroler

Perangkat lunak diperlukan untuk memproses perintah digital yang diterima oleh sistem kendali intensitas cahaya yang dikirim oleh perangkat digital luar yang selanjutnya diubah menjadi tegangan analog keluaran untuk diumpankan ke sistem balast elektronik. Perintah digital berupa kode *setting* 3 byte berupa string ‘SET’ diikuti dengan data tingkat peredupan 2 byte berupa nilai tingkat kecerahan dari 0 sampai 100 % dan kendali ON/OFF 1 byte berupa karakter ‘A’ atau ‘B’, format perintah kendali *dimmer* ditunjukkan pada Gambar 2. Data digital yang diterima selanjutnya di proses oleh mikrokontroler untuk membangkit pulsa *PWM* dengan *duty cycle* (%) sebanding dengan data tingkat kecerahan yang diterima. Selain mengasilkan pulsa *PWM* perintah kendali juga untuk mengaktifkan *relay* penyambung / pemutus daya (*ON / OFF*). Rancangan perangkat lunak kendali *dimmer* secara lengkap ditunjukkan pada Gambar 3. Rancangan perangkat lunak yang telah dibuat selanjutnya ditulis dengan bahasa pemrograman C yang dikhususkan untuk program mikrokontroler. Setelah program dibuat dilakukan kompilasi untuk menghasilkan kode objek yang akan diisikan kedalam *chip* mikrokontroler. Salah satu perangkat lunak untuk pengembangan program bahasa C untuk mikrokontroler yaitu *CodeVision*.



Gambar 2 Format Data Digital Perintah Pengatur Kecerahan

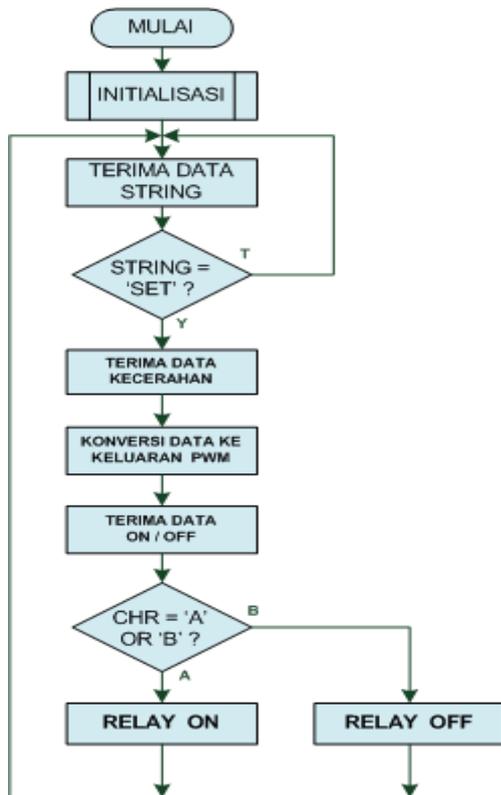
2.4. Pengujian Unjuk Kerja Balast Elektromagnetik

Untuk melakukan analisis unjuk kerja *dimmer* elektronik yang dibuat dibanding dengan balast elektromagnetik konvensional, perlu dilakukan pengujian unjuk kerja (*performance*) balast elektromagnetik dengan langkah-langkah berikut :

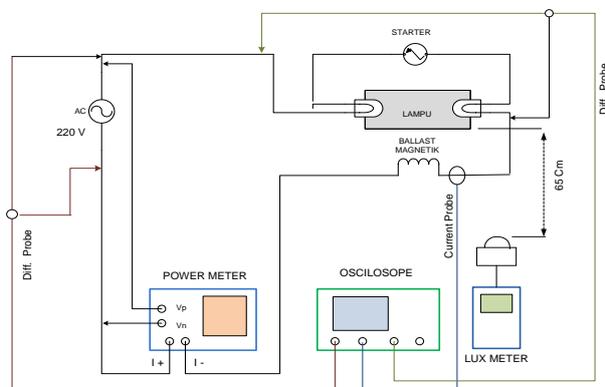
1. Menghubungkan rangkaian pengujian dengan alat-alat ukur seperti diagram pada Gambar 4

2. Memberikan catu daya 220 V AC ke rangkaian rangkaian uji
3. Mencatat hasil penunjukan *luxmeter* dan konsumsi arus lampu serta merekam bentuk gelombang arus dan tegangan lampu.

Mematikan catu daya setelah pengujian selesai dan melepas rangkaian.



Gambar 3 Diagram Alir Program Mikrokontroller

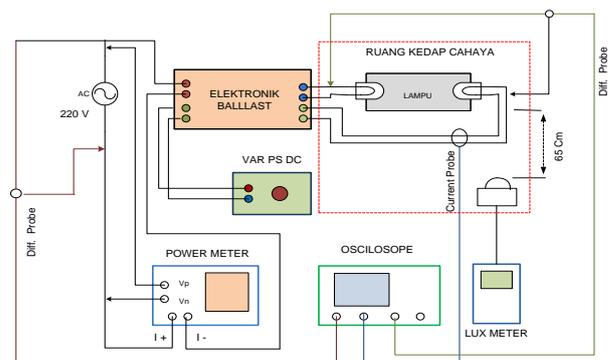


Gambar 4 Diagram Pengujian Unjuk Kerja Balast Elektromagnetik

2.5. Pengujian Unjuk Kerja Balast Elektronik

Untuk melakukan pengujian unjuk kerja (*performance*) balast elektronik yang telah dirakit dilakukan langkah-langkah berikut :

1. Menghubungkan rangkaian pengujian dengan alat-alat ukur seperti diagram pada Gambar 5
2. Memberikan catu daya ke rangkaian
3. Mengatur masukan tegangan kendali dari 0 sampai dengan 10V dengan kenaikan setiap 1V
4. Mencatat hasil penunjukan *luxmeter*, frekuensi dan arus lampu untuk setiap perubahan tegangan masukan pengatur pada *form* pengukuran
5. Mencatat hasil pengukuran untuk setiap tingkat peredupan pada *form* hasil pengukuran
6. Mematikan catu daya setelah pengujian selesai dan melepas rangkaian

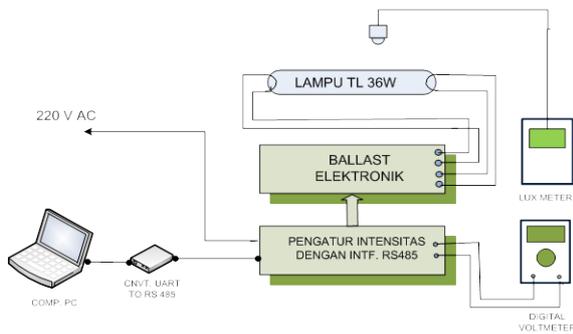


Gambar 5 Diagram Pengujian Unjuk Kerja Balast Elektronik

2.6 Pengujian dimmer elektronik dengan antar muka RS485

Pengujian unjuk kerja *dimmer* elektronik dengan antar muka RS485, dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menghubungkan rangkaian pengujian dengan alat-alat ukur sesuai diagram seperti pada Gambar 6.
2. Memberikan catu daya ke rangkaian.
3. Menjalankan program uji pada komputer .
4. Mencatat hasil penunjukan tegangan keluaran kendali dan intensitas cahaya keluaran untuk setiap data digital yang dikirim dari PC.
5. Mengulangi langkah no 4 untuk data-data yg lain .
6. Mematikan catu daya setelah pengujian selesai dan melepas rangkaian.



Gambar 6 Diagram Pengujian Unjuk Kerja Dimmer Elektronik dengan Antar muka RS 485

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Balast Elektromagnetik

Pengukuran unjuk kerja balast elektromagnetik diperlukan sebagai pembandingan dengan hasil pengukuran pada balast elektronik. Pengukuran unjuk kerja lampu *fluorescent* menggunakan balast elektromagnetik didapatkan hasil seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1
PENGUKURAN UNJUK KERJA BALAST ELEKTROMAGNETIK

No	V in (V)	I In (A)	Frek. (Hz)	THDi (%)	Pf	P in (W)	Intensitas (lx)
1	220	0,38	50	16,9	0,54	45,1	420

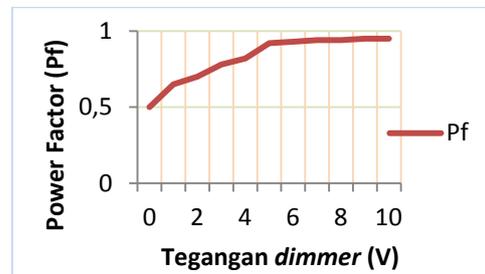
Catatan : jarak lampu dan Sensor luxmeter = 65 Cm

Dari hasil pengukuran seperti ditunjukkan pada Tabel 1 diketahui bahwa balast elektromagnetik memiliki faktor daya yang rendah (0,54) dan sinyal harmonisa THDi yang relatif rendah (16,5 %). Efikasi lampu *fluorescent* dengan balast elektromagnetik dapat dihitung berdasarkan dari hasil pengukuran, sehingga didapat efikasi lampu *fluorescent* sebesar 3,93 lm/W.

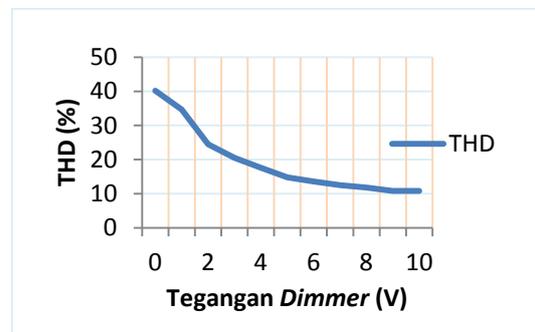
3.2 Hasil Pengujian Unjuk Kerja Dimmer Elektronik

Untuk mengetahui unjuk kerja balast elektronik, dilakukan pengukuran dan pengamatan bentuk gelombang arus maupun tegangan pada masukan dan keluaran. Pengujian antar muka *dimmer* dilakukan dengan mengirim perintah digital dari komputer ke *dimmer* elektronik dan mengamati keluarannya.

Dari hasil pengukuran masukan balast elektronik diketahui bahwa pengaturan intensitas *dimmer* yang dilakukan dengan mengatur tegangan masukan kendali mempengaruhi faktor daya seperti ditunjukkan pada Gambar 7 dan mempengaruhi THDi seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



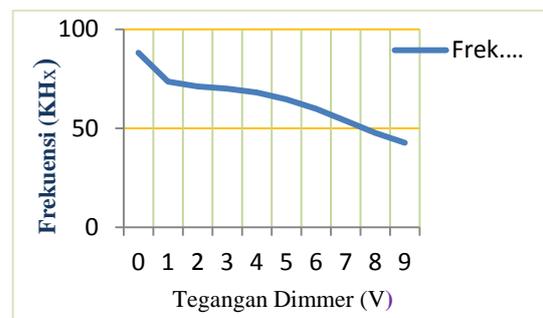
Gambar 7 Pf Terhadap Teg. Dimmer



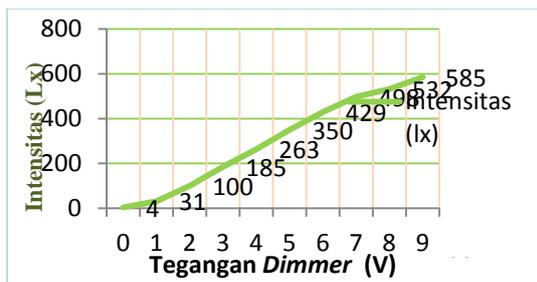
Gambar 8 THDi Terhadap Teg. Dimmer

3.3 Hasil Pengukuran Keluaran Balast Elektronik

Hasil pengukuran bagian keluaran pada balast elektronik untuk pengaturan tegangan masukan *dimmer* terhadap frekuensi rangkaian *switching* balast elektronik ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 9. Dari gambar grafik tersebut dapat dijelaskan bahwa kenaikan tegangan kendali *dimmer* mengakibatkan penurunan frekuensi. Perubahan tegangan kendali *dimmer* juga mempengaruhi intensitas cahaya yang dihasilkan seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



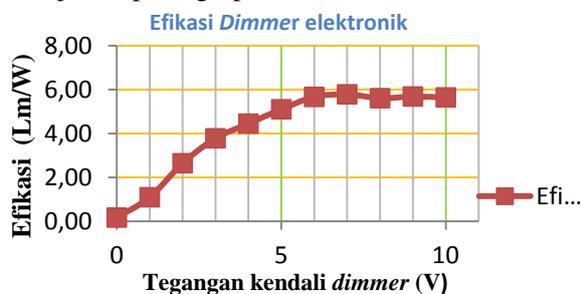
Gambar 9 Pengaruh Tegangan Dimmer terhadap Frekuensi Pensaklaran



Gambar 10 Pengaruh Tegangan *Dimmer* terhadap Intensitas Cahaya

3.4. Efikasi Balast Elektronik.

Dari hasil pengukuran daya masukan yang dikonsumsi dan intensitas keluaran lampu pada setiap perubahan tegangan kendali *dimmer* maka dapat dihitung efikasi balast elektronik yang ditunjukkan pada grafik Gambar 11



Gambar 11. Grafik efikasi *dimmer* elektronik terhadap Tegangan Kendali

Dari pengamatan pada grafik Gambar 11 diketahui bahwa efikasi *dimmer* akan menurun saat dioperasikan pada tegangan kendali *dimmer* dibawah 6 volt atau pada intensitas di bawah 75%.

3.5 Hasil Pengukuran konsumsi daya

Untuk mengetahui besar konsumsi daya *dimmer* elektronik dibanding dengan balast magnetik dilakukan pengukuran konsumsi energi untuk masing-masing balast selama 24 jam menggunakan alat *Powermeter PM800*. Hasil pengukuran konsumsi energi dari kedua balast ditunjukkan dalam Tabel 2.

TABEL 2
PENGUKURAN PEMAKAIAN ENERGI BALAS ELEKTROMAGNETIK DAN *DIMMER* ELEKTRONIK

N o	Tipe Balast	Pereode (jam)	Kuat cahaya (lx)	Energi (Wh)
1	Elektromagnetik	24	420	855
2	<i>Dimmer</i> elektronik	24	420	742

Dari hasil pengukuran pemakaian energi antara balast elektronik dengan balast elektromagnetik untuk intensitas yang sama

seperti ditunjukkan pada Tabel 2 maka dapat dianalisis bahwa terjadi penghematan energi untuk pemakaian selama 24 jam sebesar : 855 Wh – 742 Wh = 112 Wh. Jika umur pemakaian lampu sekitar 13000 jam sesuai data pabrikan maka akan didapat penghematan energi sebesar :

$$13000 \times 112 / 24 \text{ Wh} = 60667 \text{ Wh}$$

atau 60,667 KWh

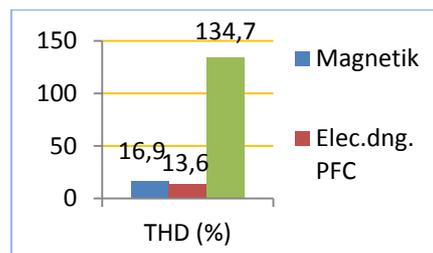
Jika harga energi listrik untuk Golongan tarif S2/TR 3500 VA – 200 kVA adalah Rp 755 per KWh maka didapat penghematan sebesar : 60,667 X Rp 755 = Rp 45,805,- per lampu.

Jika harga energi listrik untuk Golongan tarif S2/TR 3500 VA – 200 kVA adalah Rp 755 per KWh maka didapat penghematan sebesar Rp 45.805,- per lampu.

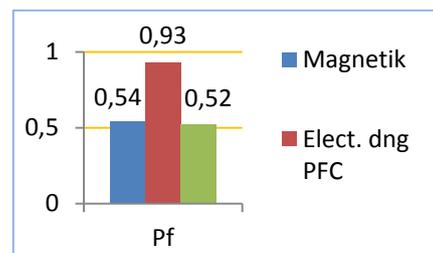
3.6. Perbandingan Unjuk Kerja Balast Elektronik dengan Elektromagnetik

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan didapatkan bahwa pengukuran *THDi* dan *Pf* untuk balast magnetik, balast elektronik dengan *PFC* dan tanpa *PFC* ditunjukkan pada grafik Gambar 11 dan 12. Dari hasil pengukuran diketahui bahwa balast elektronik dengan *PFC* memiliki unjuk kerja yang paling baik.

Dari hasil perhitungan efikasi *dimmer* elektronik berdasarkan pengukuran dibandingkan dengan perhitungan efikasi balast elektromagnetik diketahui bahwa *dimmer* elektronik memiliki efikasi yang lebih tinggi dibanding balast elektromagnetik seperti ditunjukkan pada grafik Gambar 13

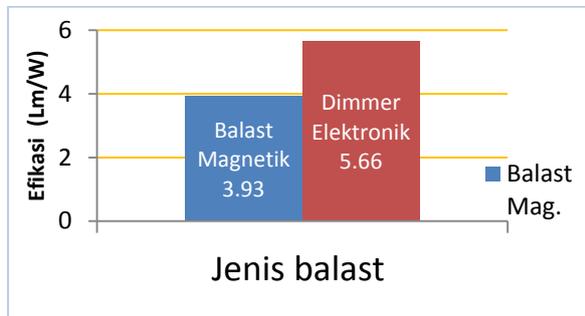


Gambar 11 Perbandingan *THDi*



Gambar 12 Perbandingan *THDi* dan *Pf* antara balast Magnet

Dari hasil pengukuran energi dan perhitungan efikasi maka dapat disimpulkan bahwa balast elektronik memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibanding dengan balast elektromagnetik.



Gambar 13 Perbandingan efikasi antara *dimmer* elektronik dan balast elektromagnetik

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh selama melakukan penelitian maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Dimmer* elektronik yang dirancang berdasarkan IC L6574 dapat mengatur intensitas cahaya lampu *fluorescent* dengan jangkauan 5% sampai 100%.
2. Penggunaan rangkaian *PFC* menggunakan *chip* L6562 dapat memperbaiki faktor daya menjadi lebih besar dari 0,9 dan mengurangi timbulnya *THDi* hingga mencapai 10,8 % pada titik kerja balast maksimum (100%). *THDi* dan faktor daya akan semakin memburuk saat dilakukan peredupan.
3. Dari pengaturan *dimmer* elektronik, efikasi akan maksimum dan lebih tinggi dibanding balast magnetik pada pengaturan tegangan *dimming* lebih besar 6V atau rentang operasi pengaturan intensitas cahaya lebih besar 75% .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonymous, "Lighting Fundamentalsl Lighting Upgrade Manual" , *EPA's Green Lights EPA 430-B-95-007*, USA, 1997, www.epa.gov/greenlights.html
- [2] Anonymous, "Dimming Electronic Ballasts", *National Lighting Product Information Program, Vol 7 No 3*, USA, 1999, <http://lrc.rpt.edu>
- [3] Anonymous, "CFL/TL ballast driver preheat and dimming", *Datasheet* L6574, STMicroelectronics, USA, 2001, <http://www.st.com>

- [4] Clark, Kinnaird, "RS-485 for E-Meter Applications", Application Report , Texas Instrument, USA, 2004.
- [5] Datasheet, L6562 , STMicroelectronics, USA, 2007 , <http://www.st.com>
- [6] Muhaimin, "Teknologi Pencahayaan", *Refika Aditama*, Bandung, 1998
- [7] Tjokrorahardjo, Andre, "Simple, Versatile Control IC Dims Fluorescent Ballasts", *Power Electronics Technology*, pp 26-3, USA, 2010
- [8] Vishay, Document Number: 88868 Revision: 23-Jul-08 , USA, 2008, www.vishay.com