



**PENGARUH JENIS TRANSFORMATOR DALAM  
RANGKAIAN LAMPU TL TERHADAP  
INTENSITAS CAHAYA YANG  
DIHASILKAN**

Asal:	Hadiah	Klasifikasi
Terima Tgl:	Pembelian	535
No. Induk:	05 SEP 2007	BUR
KLASIR / PENYALIN:	fa	P

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat <sup>c-1</sup>  
untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh :

**ADRIADI BUSRA**  
NIM 991810201010

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2007**

•  
SKRIPSI

**PENGARUH JENIS TRANSFORMATOR DALAM  
RANGKAIAN LAMPU TL TERHADAP  
INTENSITAS CAHAYA YANG  
DIHASILKAN**

Oleh :

**ADRIADI BUSRA  
NIM 991810201010**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Sujito, Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Lutfi Rohman, S.Si., M.Si.

## PERSEMBAHAN

Dengan menyebut Asma Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Ibunda Sarinam dan Papanda Abusman tercinta, yang selalu memberikan doa, kasih sayang, arahan, motivasi secara tulus dan ikhlas baik lahir maupun batin.
2. Bapak Drs. Sujito, PhD., dan Bapak Lutfi Rohman, MSi., selaku DPA dan DPU, terima kasih atas bimbingannya selama ini.
3. Seluruh Kakak-kakakku di Padang dan di Jakarta: Uda Edi, Uda Isul, Uda Anto dan Uni Evi, Uniku yang sangat saya cintai. Yang senantiasa memberikan motivasi baik secara material maupun spiritual, yang sangat saya cintai dan banggakan.
4. Ponakanku tersayang : Tiara, Willy, Latifa serta Naqia.
5. Kartika Merdyana L tersayang, yang senantiasa memdampingiku dalam suka maupun duka. Semoga cinta dan kasih yang selama ini kita jalin di ridhio oleh Allah Yang Maha Kuasa untuk selamanya.
6. Temanku Noval, Gogon, Tinus, adek Adi Untoro dan adik-adik Permato Jember, terima kasih atas kebersamaan yang selama ini kita lalui.
7. Teman-teman jurusan fisika, terimakasih atas kebersamaan yang selama ini kita lalui dalam mewujudkan tujuan dan impian kita bersama.
8. Almamaterku tercinta, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

*Satitiek jadikan lawik  
Sabungkah jadikan kapa  
Alam takambang jadi guru. \*)*

*Kesabaran itu lebih memberikan kedamaian daripada kesedihan,  
dan kebutuhan lebih memberikan hal-hal yang positif daripada kelemahan.  
Orang yang dengan kesadrannya sendiri tidak bersabar, maka keadaanlah  
kemudian yang akan memaksanya untuk bersabar. \*\*)*

\*) Falsafah Adat Minangkabau

\*\*) 'Aidh al Qarni, DR. 2007. La Tahzan (Jangan Bersedih). Jakarta: Tim Qisthi Press

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adriadi Busra

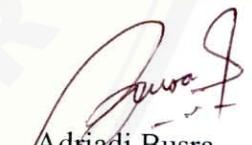
NIM : 991810201010

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul :  
*“Pengaruh Jenis Transformator dalam Rangkaian Lampu TL terhadap Intensitas Cahaya yang Dihasilkan”* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sembarangnya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 Juni 2007

Yang menyatakan,



Adriadi Busra  
NIM. 991810201010

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul *Pengaruh Jenis Transformator dalam Rangkaian Lampu TL terhadap Intensitas Cahaya yang Dihasilkan* ini telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

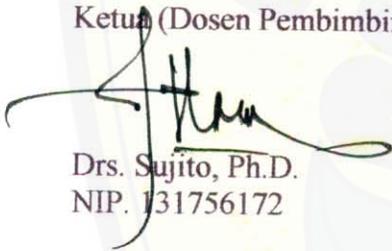
Hari : JUM'AT

Tanggal : 10 AUG 2007

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

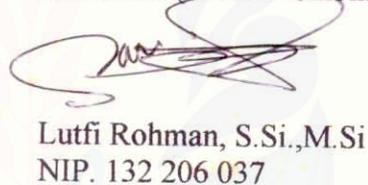
Tim Penguji:

Ketua (Dosen Pembimbing Utama)



Drs. Sujito, Ph.D.  
NIP. 131756172

Sekretaris (Dosen Pembimbing Anggota)



Lutfi Rohman, S.Si., M.Si.  
NIP. 132 206 037

Anggota I



Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si.  
NIP. 132 206 034

Anggota II



Mutmainnah, S.Si., M.Si.  
NIP. 132 162 505

Mengesahkan,

Dekan FMIPA Universitas Jember



Ir. Sumadi, M.S.  
NIP. 130 368 784

## RINGKASAN

**Pengaruh Jenis Transformator dalam Rangkaian Lampu TL Terhadap Intensitas Cahaya yang dihasilkan.** Adriadi Busra, 991810201010; 2007; 46 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Telah dilakukan penelitian untuk menentukan pengaruh jenis transformator dalam rangkaian lampu TL terhadap intensitas cahaya yang dihasilkan. Pada pengukuran intensitas cahaya yang dihasilkan lampu TL ini menggunakan lampu TL merk *Phillips*, yang dilakukan dengan memasang jenis transformator yang berbeda (*Phillips*, *Tens*, *Central* dan *Triangle*) dengan masing-masing daya yang dimiliki 10 W dan 20 W terhadap lampu TL yang berbeda pula (lampu TL 10 W, 15 W dan 20 W). Intensitas cahaya yang dihasilkan lampu TL, diukur pada jarak 10 cm dengan menggunakan photometer sebagai alat ukur intensitas cahaya. Pada pengukuran ini, juga dilakukan pengukuran efisiensi transformator dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh efisiensi transformator yang digunakan terhadap intensitas cahaya yang dihasilkan lampu TL.

Data yang diperoleh dari pengukuran adalah berupa tegangan masuk ( $V_{in}$ ) dan tegangan keluar ( $V_{out}$ ) dengan menggunakan Voltmeter terhadap transformator yang digunakan, sehingga nilai dari tegangan tersebut digunakan untuk menghitung nilai efisiensi ( $\eta$ ) dari transformator itu sendiri. Kemudian juga didapatkan nilai intensitas cahaya yang dihasilkan lampu TL dengan pemasangan transformator yang berbeda (*Phillips*, *Tens*, *Central* dan *Triangle*) pada lampu TL yang digunakan (lampu TL 10 W, 15 W dan 20 W). Dari data yang didapatkan (intensitas cahaya yang dihasilkan lampu TL dan nilai efisiensi) di plotkan ke dalam bentuk grafik yang menunjukkan pengaruh transformator terhadap intensitas cahaya yang dihasilkan

lampu TL serta pengaruh efisiensi transformator terhadap intensitas cahaya yang dihasilkan lampu TL.

Semakin besar daya transformator yang digunakan terhadap lampu TL, maka intensitas cahaya lampu TL serta efisiensi dari transformator itu sendiri akan semakin besar juga, dan hal ini juga berlaku sebaliknya, jika lampu TL yang menggunakan transformator dengan daya lebih kecil dari daya lampu TL itu sendiri, maka nilai intensitas cahaya maupun nilai efisiensi yang dihasilkan juga akan semakin kecil pula. Hal ini ditunjukkan dengan adanya faktor daya yang mempengaruhi dari rangkaian lampu TL yang menggunakan transformator *ballast* tersebut. Adapun faktor daya disini terbagi menjadi dua, yaitu faktor daya yang dimiliki oleh transformator *ballast* yang digunakan maupun faktor daya yang dimiliki oleh lampu TL itu sendiri.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah, semakin besar daya transformator yang digunakan terhadap lampu TL, maka intensitas cahaya yang dihasilkan akan semakin besar pula. Kemudian pengaruh efisiensi terhadap intensitas cahaya yang dihasilkan lampu TL adalah, semakin besar nilai efisiensi yang dimiliki oleh transformator *ballast* yang digunakan pada rangkaian lampu TL ini, maka intensitas cahaya yang dihasilkan juga akan semakin besar.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Pengaruh Jenis Transformator dalam Rangkaian Lampu TL terhadap Intensitas Cahaya yang dihasilkan*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ir. Sumadi, M.S., selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Jember.
2. Drs. Sujito, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama, Lutfi Rohman, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
3. Drs. Imam Rofi'i, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama menjadi mahasiswa;
4. Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji I, Mutmainnah, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan, saran dan kritikan bagi kesempurnaan penulisan skripsi ini.
5. Semua Dosen, Karyawan beserta staff akademik di Fakultas MIPA khususnya Jurusan Fisika;
6. Semua pihak yang ikut membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 22 Juni 2007

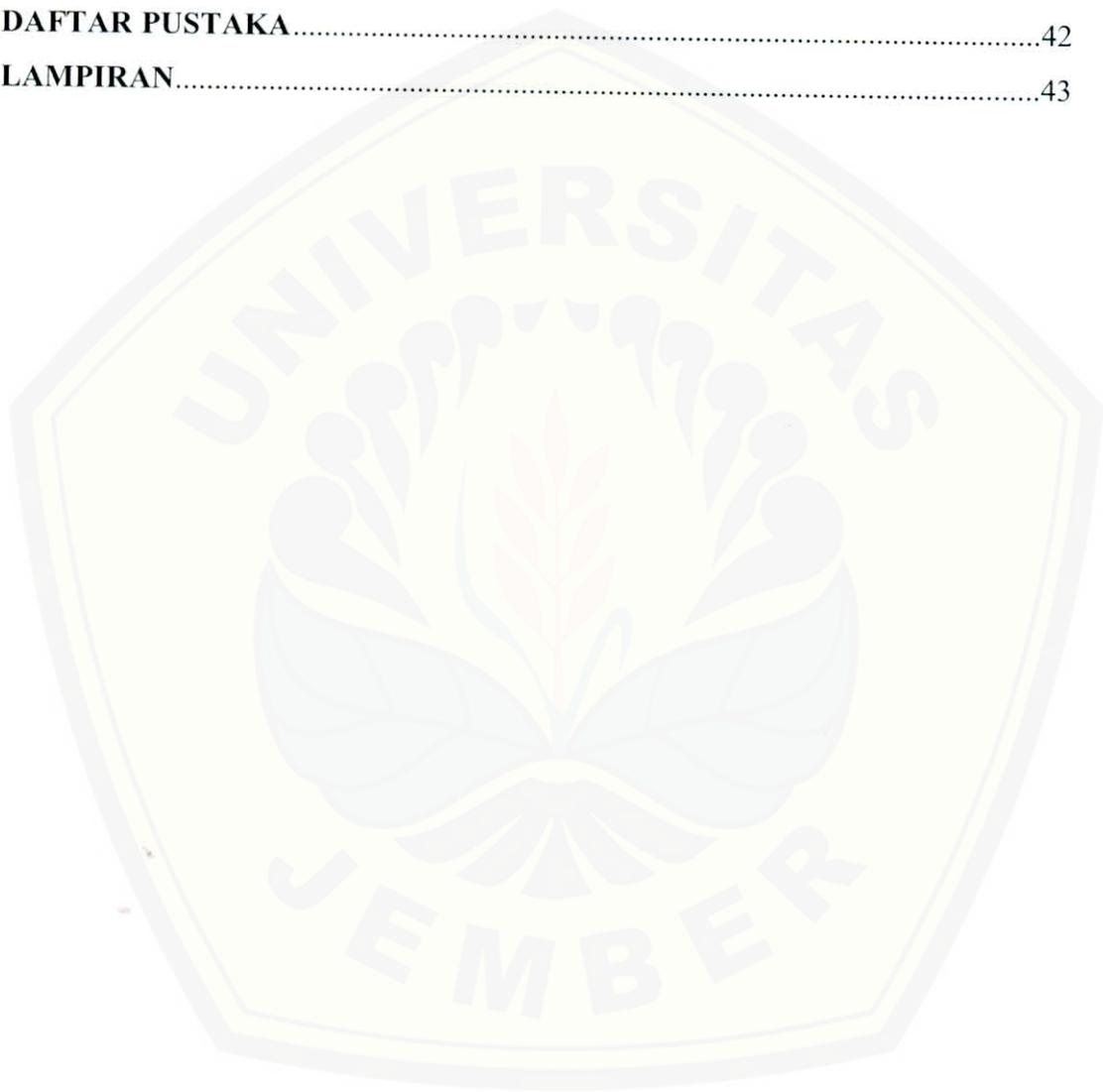
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PEMBIMBINGAN SKRIPSI.....	ii
PERSEMBAHAN .....	iii
MOTTO .....	iv
PERNYATAAN.....	v
PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN .....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Batasan Masalah.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Tujuan Penelitian .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Manfaat Penelitian.....</b>	<b>4</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Lampu TL.....</b>	<b>5</b>
2.1.1 Operasi Lampu TL Standar.....	6
<b>2.2 Rangkaian dalam Lampu TL .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Transformator.....</b>	<b>9</b>

2.3.1	Teori Dasar Transformator Ideal .....	10
2.3.2	Transformator Ballast .....	12
2.3.3	Efisiensi Transformator .....	13
2.4	Arus Cahaya .....	16
2.5	Intensitas Cahaya.....	17
2.6	Intensitas Penerangan .....	18
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>21</b>
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian .....	21
3.2	Alat dan Bahan.....	21
3.3	Tahap Penelitian.....	22
3.3.1	Persiapan.....	22
3.3.2	Eksperimen .....	23
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN ANALISIS DATA.....</b>	<b>24</b>
4.1	Pengukuran Intensitas Cahaya Lampu TL.....	24
4.2	Intensitas Cahaya Lampu TL (Merk <i>Phillips</i> ).....	25
4.2.1	Transformator Ballast 10 W.....	25
4.2.2	Transformator Ballast 20 W.....	26
4.3	Efisiensi Transformator Ballast.....	28
4.3.1	Efisiensi ( $\eta$ ) Transformator Ballast 10 W pada lampu TL ....	29
4.3.2	Efisiensi ( $\eta$ ) Transformator Ballast 20 W Pada lampu TL ....	30
<b>BAB 5.</b>	<b>PEMBAHASAN.....</b>	<b>32</b>
5.1	Intensitas Cahaya .....	32
5.1.1	Pengaruh Penggunaan Transformator <i>Ballast</i> yang berbeda terhadap Intensitas Cahaya yang Dihasilkan Lampu TL .....	33
5.2	Pengaruh Efisiensi ( $\eta$ ) Transformator Ballast terhadap Intensitas Cahaya yang dihasilkan Lampu TL .....	37

<b>BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	41
<b>6.1 Kesimpulan</b> .....	41
<b>6.2 Saran</b> .....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	42
<b>LAMPIRAN</b> .....	43



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Konstruksi Tabung Lampu Fluoresen (TL) .....	8
Gambar 2.2 Rangkaian Lampu TL Tunggal .....	8
Gambar 2.3 Transformator .....	9
Gambar 2.4 Transformator Tipe Inti dan Tipe Shell .....	10
Gambar 2.5 Gambaran Trafo Ideal .....	11
Gambar 2.6 Gelombang Sinusoidal .....	11
Gambar 2.7 Rangkaian Ballast Elektronik untuk Frekuensi Rendah .....	13
Gambar 2.8 Rangkaian Ballast Elektronik untuk Frekuensi Tinggi .....	13
Gambar 2.9 Blok diagram Rugi-rugi Transformator .....	14
Gambar 2.10 Intensitas cahaya pada suatu bidang .....	17
Gambar 2.11a Kuat penerangan terhadap sumber cahaya .....	18
Gambar 2.11b Kuat penerangan pada bidang .....	18
Gambar 2.12 Sumber Cahaya Satu Garis Lurus terhadap Bidang yang Menerima..	20
Gambar 3.1 Alur Tahapan Penelitian.....	22
Gambar 3.2 Desain Peralatan.....	22
Gambar 4.1 Foto Alat Penelitian Pengukuran Intensitas cahaya pada lampu TL.....	24
Gambar 4.2 Grafik Intensitas Cahaya Lampu TL dengan Menggunakan Transformator Ballast 10 W.....	25
Gambar 4.3 Grafik Intensitas Cahaya Lampu TL dengan Menggunakan Transformator Ballast 20 W.....	27
Gambar 4.4 Skema Penempatan Voltmeter pada pengukuran Tegangan masuk ( $V_{in}$ ) dan Tegangan keluar ( $V_{out}$ ) pada Rangkaian Lampu TL.....	29
Gambar 4.5 Grafik Efisiensi Transformator Ballast 10 W pada Lampu TL .....	30
Gambar 4.6 Grafik Efisiensi Transformator Ballast 20 W pada Lampu TL .....	31

Gambar 5.1	Spektrum Elektromagnetik Sinar Tampak (Biro Efisiensi Energi, 2005) .....	32
Gambar 5.2	Gelombang Phasa Tegangan dan Arus pada Transformator Ballast....	35
Gambar 5.3	Gangguan Tegangan pada Sumber Tegangan Listrik .....	39

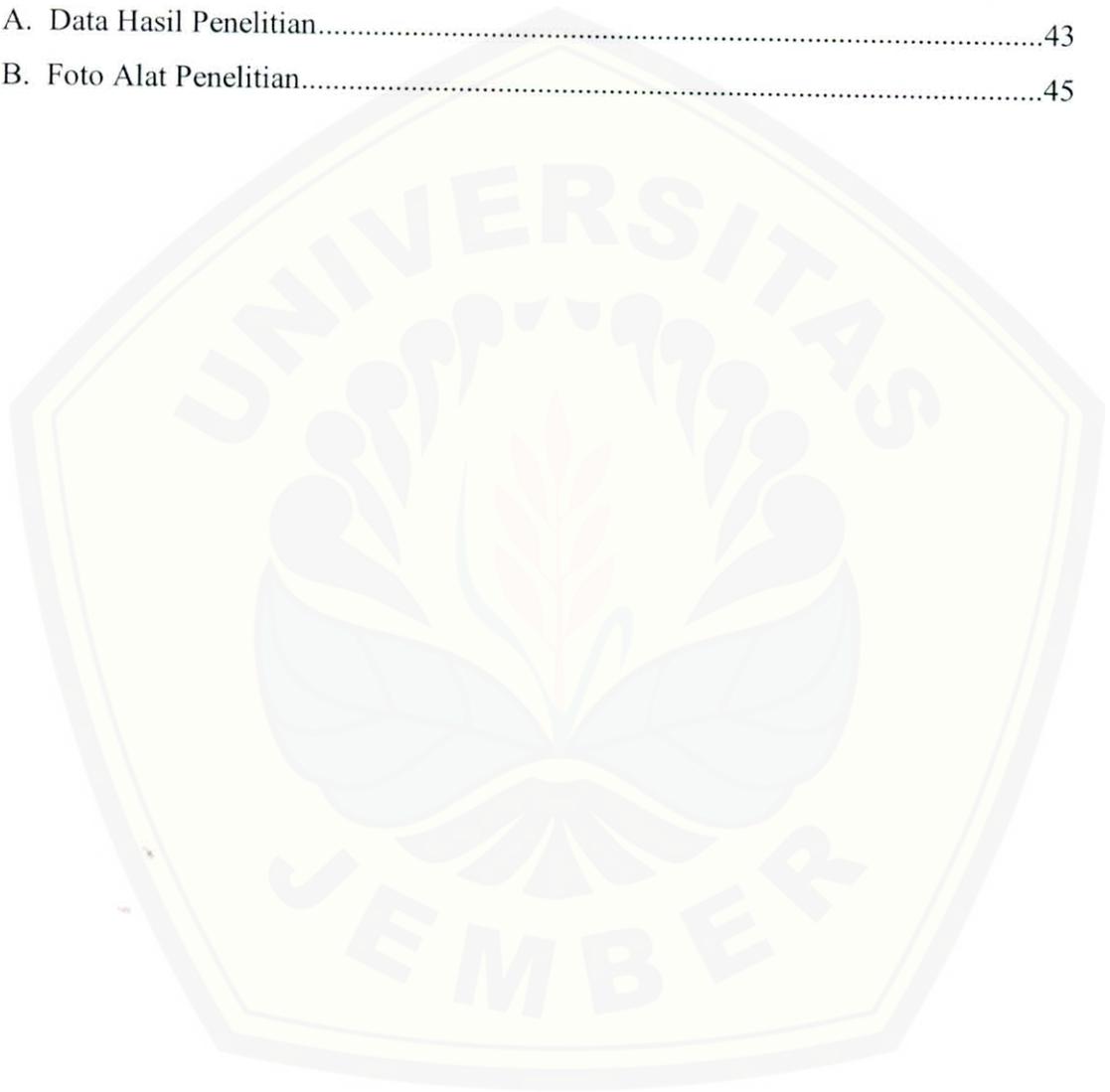


DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Arus Cahaya beberapa Jenis Lampu.....	16
Tabel 2.2 Intensitas Cahaya beberapa Sumber Cahaya .....	18
Tabel 4.1 Intensitas cahaya lampu TL dengan menggunakan Transformator Ballast 10 W .....	25
Tabel 4.2 Intensitas cahaya lampu TL dengan menggunakan Transformator Ballast 20 W .....	26
Tabel 4.3 Efisiensi Transformator Ballast 10 W ( $\eta$ ) pada Lampu TL.....	29
Tabel 4.4 Efisiensi Transformator Ballast 20 W ( $\eta$ ) pada Lampu TL.....	31
Tabel 5.1 Nilai Faktor daya ( $\cos \phi$ ) yang dimiliki oleh masing-masing Transformator Ballast 10 W dan 20 W .....	34

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Data Hasil Penelitian.....	43
B. Foto Alat Penelitian.....	45





## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi penerangan akhir-akhir ini, telah menghasilkan berbagai bentuk alat penerangan. Rekayasa lampu listrik sebagai sumber cahaya telah mengalami kemajuan yang sangat pesat sejak ditemukannya lampu pijar oleh Thomas Alpha Edison pada akhir abad XIX. Lampu listrik merupakan suatu kebutuhan penerangan dalam masyarakat untuk berbagai aktivitas pada malam hari maupun dalam keadaan gelap. Dengan kemajuan teknologi pada akhir-akhir ini telah banyak temuan-temuan tentang lampu listrik yang memperhatikan banyak aspek kenyamanan pengguna lampu dan fungsi lampu sesuai dengan penempatan tempat yang membutuhkan penerangan.

Dalam memilih lampu yang tepat untuk penerangan, kita perlu mengetahui karakteristik dari lampu listrik yang akan kita pakai seperti, umur lampu, kuat penerangan (intensitas penerangan), daya tahan lampu terhadap panas. Pada kenyataannya, banyak sekali lampu yang beredar di pasaran dengan berbagai merk, bentuk dan model, namun memiliki daya tahan dan kuat penerangannya sangat rendah.

Perkembangan lampu listrik menurut generasinya hingga sekarang digolongkan menjadi tiga golongan yaitu; lampu pijar, lampu pelepasan gas, dan *electroluminescent*. Adapun yang tergolong kedalam lampu pijar antara lain; lampu pijar dengan filamen karbon, lampu *wolfram* biasa, lampu halogen, dan lampu *photo flash*. Sedangkan lampu tabung (TL), lampu merkuri tekanan tinggi, lampu Natrium tekanan rendah (SOX), lampu natrium tekanan tinggi (SON), dan lampu metal Halida tergolong ke dalam lampu-lampu pelepasan gas. Dan untuk *electroluminescent*

meliputi; tabung televisi, LED (*Light Emiting Diode*), laser (*Light amplification stimulated emission of radiation*), dan monitor *laptop/Notebook* (Muhaimin, 2001).

Lampu TL (*Tubelair Lamp*) yang termasuk pada golongan lampu dengan proses pelepasan gas, merupakan lampu yang banyak dipakai karena daya yang dipakai relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan lampu pijar biasa (*incandescent lamp*). Selain itu, lampu TL juga lebih dingin daripada lampu pijar dengan pemakaian daya yang sama sehingga dapat memperpanjang umur lampu (Wibisono, 2006). Penggunaan lampu TL ini sudah sangat luas dan umum baik untuk penerangan rumah ataupun penerangan pada industri-industri. Keuntungan dari lampu TL ini, selain dalam proses pemakaian daya yang relatif kecil, juga menghasilkan cahaya output per watt daya yang digunakan lebih tinggi daripada lampu pijar biasa (*incandescent lamp*).

Lampu TL (*fluorescent*) standar hanya membutuhkan komponen yang sangat sederhana yaitu : Transformator *Ballast*, *starter*, dan sebuah kapasitor (pada umumnya tidak digunakan) dan sebuah tabung lampu TL yang diisi oleh semacam gas. Pada saat elektrodanya mendapat tegangan tinggi gas ini akan terionisasi sehingga menyebabkan elektron-elektron pada gas tersebut bergerak dan memendarkan lapisan *fluorescent* pada lapisan tabung lampu TL tersebut (Wibisono, 2006).

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis berkeinginan untuk mengetahui salah satu karakteristik dari lampu listrik sebagai sumber penerangan, yaitu mengetahui pengaruh intensitas cahaya yang dipancarkan oleh lampu TL dengan pemasangan transformator *Ballast* yang berbeda-beda, karena intensitas cahaya yang dihasilkan sebuah sumber penerangan sangat penting artinya bagi pemakai baik yang berhubungan dengan kenyamanan maupun yang berhubungan dengan kepuasan dalam penggunaan sebuah lampu yang merupakan sumber penerangan pada keadaan gelap dalam suatu ruangan. Intensitas cahaya pada sebuah lampu dalam penataan penerangan pada ruangan menjadi hal yang sangat diperhatikan agar suasana ruangan

menjadi lebih menarik dan memberikan kenyamanan jika berada dalam suatu ruangan tersebut.

Dalam penelitian ini penulis mengambil sampel lampu TL dengan merk *Phillips* dikarenakan lampu TL dengan merk Phillip tersebut sangat banyak dipakai di masyarakat, bahkan masyarakat Indonesia pada umumnya berasumsi bahwa hanya lampu merk Philliplah yang paling bagus dan tidak cepat rusak.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan pokok yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah;

1. Adakah pengaruh jenis transformator dalam rangkaian lampu TL terhadap intensitas cahaya yang dihasilkan?
2. Adakah pengaruh efisiensi transformator terhadap intensitas cahaya yang dihasilkan?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lampu TL yang digunakan adalah lampu TL dengan merk *Phillips* dengan bentuk tabung panjang (10 W, 15W dan 20W).
2. Transformator *Ballast* yang digunakan adalah transformator dengan merk *Phillips*, *Tens*, *Central* dan *Triangle* dengan daya masing-masing 10 W dan 20 W.
3. *Life time* dari lampu TL dan Transformator *Ballast* dalam penelitian ini tidak diuji.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh jenis transformator pada rangkaian lampu TL terhadap intensitas cahaya yang dihasilkan.
2. Mengetahui pengaruh efisiensi transformator pada rangkaian lampu TL terhadap intensitas cahaya yang dihasilkan.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dihapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi tentang karakteristik lampu TL, khususnya yang berkenaan dengan pemakaian transformator terhadap intensitas cahaya.
2. Memberikan informasi kepada pembaca tentang penggunaan jenis transformator dalam rangkaian lampu TL yang memiliki kinerja baik.





## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Lampu TL

Lampu TL atau lampu *fluorescent* merupakan jenis lampu yang termasuk golongan lampu pelepasan gas dan termasuk juga kedalam jenis lampu merkuri tekanan rendah (0,4 Pa) yang dilengkapi oleh bahan fluoresen (Muhaimin, 2001). Cahaya yang dipancarkan dari dalam tabung lampu TL adalah cahaya ultraviolet. Untuk itu dalam tabung dilapisi dengan bahan fluoresen yang fungsinya untuk mengubah ultraviolet menjadi sinar tampak. Lampu TL banyak dipakai karena daya yang terpakai jauh relatif lebih kecil dibandingkan dengan lampu pijar biasa. Selain itu lampu TL juga lebih dingin daripada lampu pijar biasa dengan pemakaian daya yang sama. Penggunaan lampu TL (*fluorescent*) sudah sangat meluas dan umum baik untuk penerangan rumah ataupun penerangan pada industri-idustri. Keuntungan dari lampu TL ini juga menghasilkan cahaya output per watt daya yang digunakan lebih tinggi dari pada lampu pijar biasa (*incandescent lamp*).

Sebuah penelitian menunjukkan bahwa 32 watt lampu TL akan menghasilkan cahaya sebesar 1700 lumens pada jarak 1 meter, dalam hal ini satuan lumens merupakan satuan untuk besarnya arus cahaya. Sedangkan untuk 75 watt lampu pijar biasa (dengan filament tungsten) menghasilkan 1200 lumens pada jarak yang sama. Dengan kata lain perbandingan efisiensi lampu TL dan lampu pijar biasa adalah 53 : 16. Efisiensi di sini didefinisikan sebagai intensitas cahaya yang dihasilkan dibagi dengan daya listrik yang digunakan (Wibisono, 2006).

Walaupun lampu TL mempunyai keuntungan seperti pada penghematan daya yang besar namun tidak tertutup kemungkinan juga memiliki kekurangan antara lain; mahalnnya harga per satu set lampu TL, dan besarnya tempat atau wadah yang digunakan oleh lampu TL tersebut. Namun demikian, untuk lampu TL yang ada

sekarang ini sudah dapat menyesuaikan dengan kebutuhan pasar, dengan tidak terlalu besarnya tempat yang digunakan oleh lampu TL sehingga menyamai tempat yang digunakan oleh bola lampu biasa (*incandescent lamp*).

Pada lampu TL standard, hanya memiliki komponen yang sangat sederhana yaitu; transformator *Ballast* (berupa induktor), *starter*, kapasitor (namun pada umumnya jarang digunakan) dan sebuah tabung lampu TL. Tabung lampu TL ini terisi oleh semacam gas yang pada saat elektrodanya mendapat tegangan tinggi, gas ini akan terionisasi sehingga menyebabkan elektron-elektron pada gas tersebut bergerak dan memendarkan lapisan *fluorescent* pada lapisan tabung lampu TL. Sedangkan *starter* merupakan komponen penting dalam sistem lampu TL, karena *starter* akan menghasilkan suatu pulsa *trigger* agar transformator *Ballast* dapat menghasilkan spike tegangan tinggi. *Starter* merupakan komponen bimetal yang dibangun di dalam sebuah tabung vacuum yang biasanya diisi oleh gas neon (Wibisono, 2006).

### 2.1.1 Operasi Lampu TL Standar

Ketika tegangan AC 220 volt dihubungkan ke satu set lampu TL maka tegangan diujung-ujung *starter* sudah cukup untuk membuat gas neon di tabung *starter* panas (terionisasi), sehingga *starter* yang dalam kondisi normalnya *open* akan menjadi *closed*, oleh karenanya gas neon menjadi dingin (deionisasi), dan dalam kondisi *starter closed* ini terdapat aliran arus yang memanaskan filamen tabung lampu TL sehingga gas di dalam tabung lampu TL terionisasi.

Pada saat gas neon di dalam tabung *starter* sudah cukup dingin maka bimetal di dalam tabung *starter* tersebut akan *open* kembali sehingga Transformator *Ballast* akan menghasilkan spike tegangan tinggi yang mengakibatkan lompatan elektron dari kedua elektroda dan memendarkan lapisan *fluorescent* pada tabung lampu TL tersebut.

Peristiwa ini akan berulang ketika gas dalam tabung lampu TL tidak terionisasi penuh sehingga tidak terdapat cukup arus yang melewati filamen lampu neon tersebut. Lampu neon akan tampak berkedip. Selain itu jika tegangan induksi dari transformator *Ballast* tidak cukup besar maka walaupun tabung neon TL tersebut sudah terionisasi penuh tetap tidak akan menyebabkan lompatan elektron dari salah satu elektroda tersebut.

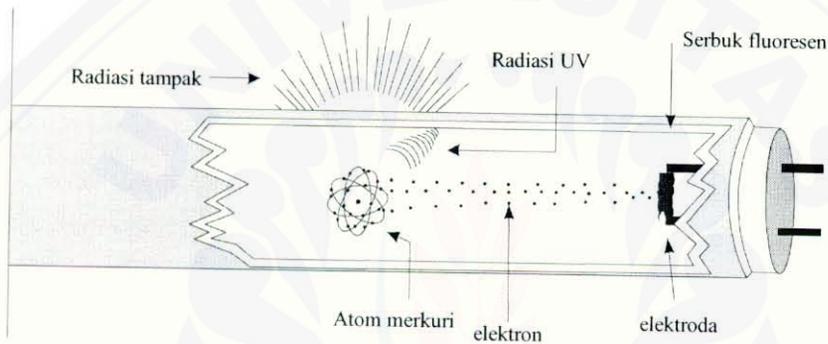
Jika proses *starting up* pertama tidak berhasil maka tegangan di ujung-ujung *starter* cukup untuk membuat gas neon di dalamnya terionisasi (panas) sehingga *starter closed*. Dan seterusnya sampai lampu TL masuk pada kondisi *steady state* yaitu saat impedansinya turun menjadi ratusan ohm. Impedansi dari tabung akan turun dari ratusan megaohm menjadi ratusan ohm saja pada saat kondisi *steady state*. Arus yang ditarik oleh lampu TL tergantung dari impedansi transformator *Ballast* seri dengan impedansi tabung Lampu TL.

Selain itu karena tidak ada sinkronisasi dengan tegangan input maka ada kemungkinan ketika *starter* berubah kondisi dari *closed* ke *open* terjadi pada saat tegangan AC turun mendekati nol, sehingga tegangan yang dihasilkan transformator *Ballast* tidak cukup menyebabkan lompatan elektron pada tabung Lampu TL.

Pada prinsipnya kontroller lampu TL (sering disebut sebagai *Ballast elektronik*) terdiri atas komponen yang memberikan arus dengan frekuensi tinggi di atas 18 KHz. Frekuensi yang biasa dipakai adalah frekuensi 20 KHz sampai 60 KHz. Aplikasi ini mempunyai beberapa keuntungan yaitu : (1) Meningkatkan rasio perbandingan konversi daya listrik ke cahaya yang dihasilkan, (2) Tidak terdeteksinya kedipan oleh mata karena kedipannya terjadi pada frekuensi yang sangat tinggi sehingga tidak dapat diikuti oleh kecepatan mata, (3) *Ballast* elektronik ringan. Tetapi dari keuntungannya tersebut ditebus dengan kerumitan rangkaian jika dibandingkan dengan *Ballast* konvensional (Wibisono, 2006).

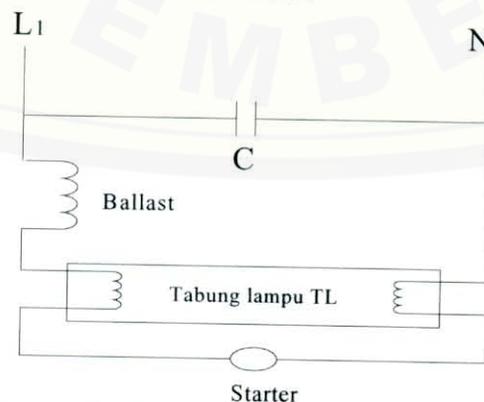
## 2.2 Rangkaian Dalam Lampu TL

Dalam lampu TL terdapat merkuri dan gas *inert* (Argon atau Krypton) seperti ditunjukkan pada gambar 2.1. Gambar dari rangkaian lampu TL seperti yang dapat kita lihat pada gambar 2.2. Fungsi gas *inert* adalah untuk memperpanjang umur katoda karena keberadaan gas tersebut dapat mengurangi evaporasi, pengendalian kecepatan lintasan elektron bebas sehingga lebih memungkinkan terjadinya ionisasi merkuri, dan mempermudah lewatnya arus dalam tabung khususnya dalam temperatur rendah (Muhaimin, 2001).



Gambar 2.1 Konstruksi tabung lampu fluorezen (TL)

Seperti yang diuraikan di atas pada proses kerja lampu TL, arus yang mengalir melalui dan memanaskan elektroda (kalau sumber dc adalah katoda dan anoda) sehingga mengemisikan elektron bebas. Disamping melalui elektroda, arus juga melalui Transformator *Ballast* dan *starter*.



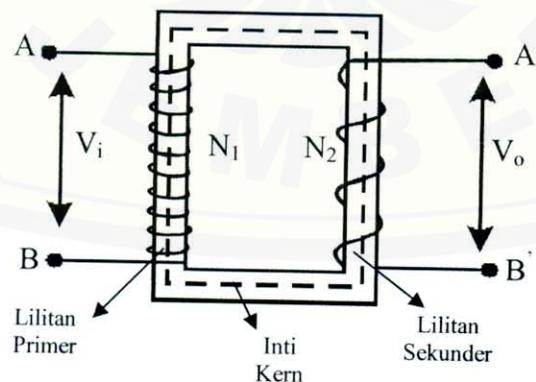
Gambar 2.2 Rangkaian Lampu TL Tunggal

Fenomena resistansi pada pelepasan gas adalah negatif. Berarti jika arus lampu bertambah tegangan lampu berkurang. Untuk itu diperlukan perangkat pembatas arus yang dipasang seri dengan lampu TL. Perangkat tersebut biasanya berupa resistor (pada sumber dc), *Ballast* elektrik atau elektronik.

### 2.3 Transformator

Transformator merupakan alat listrik yang memindahkan energi listrik pada suatu rangkaian ke dalam rangkaian lain pada frekuensi yang sama. Di dalam transformator terdiri atas kumparan kawat-kawat dengan ukuran khusus, termasuk juga jumlah kumparannya. Disamping kumparan juga ditemukan *kern-kern* berupa besi yang digunakan untuk menjepit kumparan yang ada. Transformator merupakan alat yang bekerja secara statis atau stationer, oleh sebab itu maka transformator dapat memindahkan arus listrik dari satu tempat ke tempat lainnya.

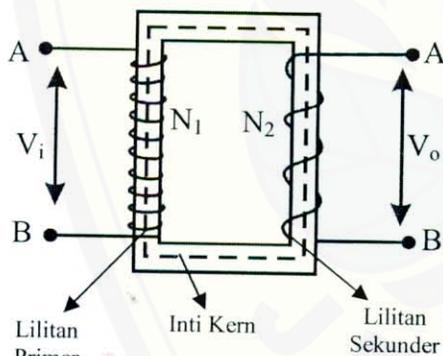
Secara umum transformator dibagi menjadi dua bagian, yaitu; bagian primer dan bagian sekunder, masing-masing memiliki fungsi sendiri-sendiri, maka sebagian digunakan untuk peningkatan atau penurunan daya listrik seperti pada contoh di atas. Secara sederhana gambaran dari pada transformator dapat kita lihat seperti pada gambar di bawah ini (Francis dan Rifat, 1995).



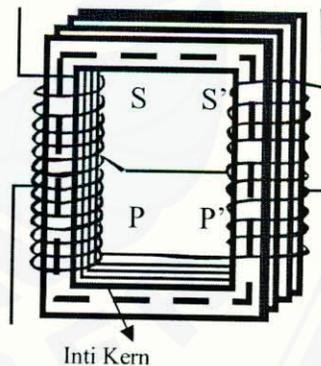
Gambar 2.3 Transformator

Menurut sistem kerjanya transformator secara umum dibedakan menjadi dua bagian; (1) Transformator *step up* (untuk menaikkan tegangan), (2) Transformator *step down* (untuk menurunkan tegangan).

Semua tipe-tipe transformator, bagian intinya dikonstruksikan dari lapisan-lapisan baja yang dipasang untuk menyediakan jalur magnetik yang kontinyu dengan celah udara yang minimum. Dengan adanya inti yang berlapis-lapis ini, maka rugi-rugi arus *eddy* dapat diminimalisir. Secara konstruksi ada dua tipe umum dari transformator yang dibedakan dari cara penempatan kumparan-kumparan primer dan sekunder pada lapisan-lapisan inti. Dua tipe ini yaitu; (1) Transformator tipe inti (*core-type*), (2) Transformator tipe cangkang atau selubung (*shell-type*). Pada transformator tipe inti, kumparan mengelilingi bagian dari inti (seperti gambar 2.4a), sedangkan untuk tipe *shell*, inti mengelilingi bagian dari kumparan (gambar 2.4b) (Gozali, 2006).



(a) Transformator Tipe inti



(b) Transformator Tipe Shell

Gambar 2.4 Transformator Tipe Inti dan Tipe Shell

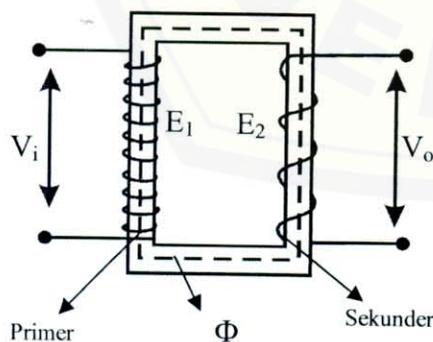
### 2.3.1 Teori Dasar Transformator Ideal

Transformator ideal adalah transformator yang tidak mempunyai rugi-rugi, yaitu kumparannya tidak mempunyai tahanan, tidak ada kebocoran magnetik, dengan demikian tidak mempunyai rugi-rugi tembaga ( $I^2R$ ) dan rugi-rugi inti.

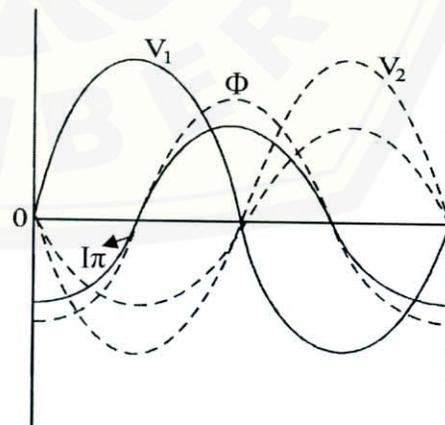
Jadi transformator ideal adalah transformator yang mempunyai dua kumparan induktif murni pada inti yang bebas dari rugi-rugi. Jika ditinjau suatu transformator ideal (Gambar 2.5), ketika tegangan bolak-balik sinusoida  $V_1$  yang berasal dari sumber tegangan dihubungkan dengan kumparan primer, maka pada saat yang bersamaan kumparan sekunder akan terbuka karena kumparan primer merupakan kumparan penghasil tegangan murni dan mengalirkan arus magnetisasi ( $I_\pi$ ) yang berfungsi untuk magnetisasi inti. Arus ini sangat kecil dan meninggalkan tegangan  $V_1$  dengan sudut fase  $90^\circ$ .

Arus bolak balik ini ( $I_\pi$ ) akan menghasilkan flux bolak-balik ( $\Phi$ ) pada inti yang sebanding dan sephas dengan arus magnetisasi ( $I_\pi$ ). Perubahan flux ini akan digandeng (dilingkar) oleh kumparan primer dan sekunder. Oleh sebab itu akan menghasilkan ems-terinduksi diri pada kumparan primer  $E_1$ . emf induksi-diri ini setiap saat akan sama dan berlawanan arah dengan tegangan  $V_1$ .  $E_1$  ini juga disebut sebagai emf lawan atau emf balik dari kumparan primer (Gozali, 2006).

Pada sisi sekunder dihasilkan emf terinduksi  $E_2$ . emf ini berlawanan fasa dengan  $V_1$  dan besarnya sebanding dengan laju perubahan flux dan jumlah lilitan sekunder. Harga sesaat tegangan *supply*  $V_1$ , emf terinduksi  $E_1$  dan  $E_2$ , flux magnetik  $\Phi$ , arus magnetisasi ( $I_\pi$ ) ditunjukkan dengan gelombang sinusoida pada gambar 2.6. berikut:



Gambar 2.5 Gambaran Trafo Ideal



Gambar 2.6 Gelombang Sinusoidal

Transformator ideal sebenarnya dalam praktek tidak ada, namun untuk mempelajari transformator yang aktual (transformator sebenarnya) akan lebih mudah jika kita menggambarkan transformator secara ideal (Gozali, 2006).

### 2.3.2 Transformator *Ballast*

Transformator *Ballast* merupakan transformator yang digunakan dalam rangkaian lampu TL. Alat ini menghasilkan tegangan induksi yang sangat tinggi, sehingga dapat mengalirkan arus melalui tabung lampu TL. Dalam rangkaian lampu TL ini ada dua macam fungsi transformator *Ballast*, yaitu: (1) sebagai pembangkit tegangan induksi (yang dipengaruhi kerja *starter*) agar terjadi pelepasan elektron dalam tabung lampu TL, (2) dan sebagai pembatas arus yang melalui tabung setelah lampu bekerja secara normal (*steady state*).

Menurut jenis dan fungsi dari transformator *Ballast* dalam rangkaian lampu TL, dapat dibedakan menjadi 4 jenis, yaitu: berupa resistor, berupa kapasitor, berupa induktor, dan rangkaian elektronik.

#### a. *Ballast Resistor*

*Ballast* resistor merupakan Transformator *Ballast* yang tidak ekonomis karena menyebabkan kerugian daya yang besar dan energi listrik yang didisipasikan menjadi panas. Agar stabil Transformator *Ballast* resistor harus disuplai dengan tegangan yang bisa mencapai 2 kali tegangan normal.

#### b. *Ballast Kapasitor*

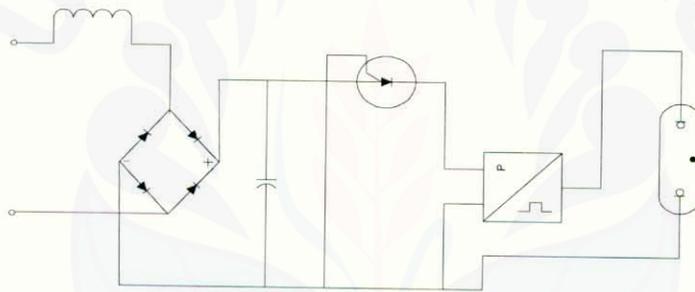
*Ballast* kapasitor disebut juga lampu stabilisasi karena bentuknya memang seperti lampu pijar. *Ballast* ini hampir tanpa kerugian. *Ballast* kapasitor digunakan pada pemakaian frekuensi tinggi.

### c. *Ballast Induktor*

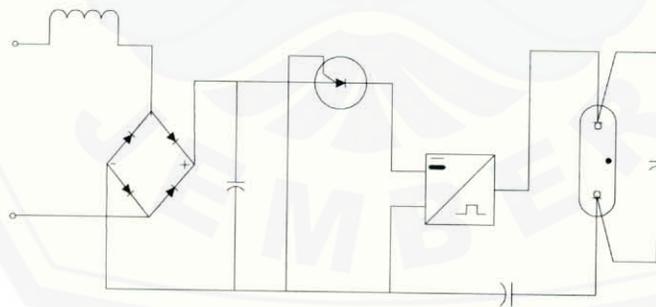
Ballast induktor paling lazim digunakan untuk lampu tabung. Kerugian daya yang ditimbulkan lebih kecil dari pada *Ballast resistor*. *Ballast* ini dipadukan dengan *starter* agar dapat menimbulkan tegangan induksi tinggi.

### d. *Ballast Elektronik*

*Ballast* elektronik tergolong lebih mahal dari *Ballast* lainnya, tetapi mempunyai beberapa keunggulan antara lain; memperbaiki sistem dan menaikkan efisiensi, tidak ada flicker atau efek stroboskopis, tidak memerlukan *starter*, tidak menimbulkan interferensi radio, dan dapat digunakan untuk AC dan DC sekali gus. Seperti pada gambar rangkaian di bawah ini (Muhaimin, 2001).



Gambar 2.7 Rangkaian *Ballast* Elektronik untuk Frekuensi Rendah.



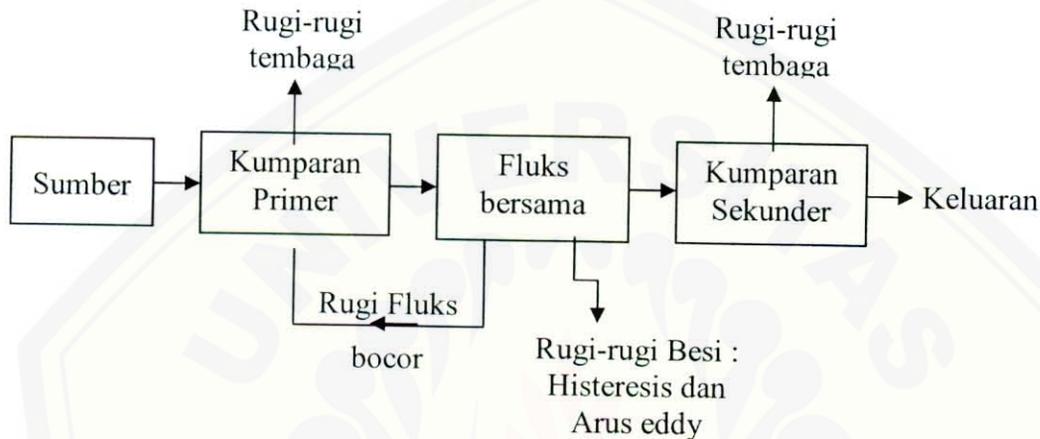
Gambar 2.8 Rangkaian *Ballast* Elektronik untuk Frekuensi Tinggi.

### 2.3.3 Efisiensi Transformator

Seperti yang telah dijelaskan di atas, bahwa sebuah transformator memiliki lilitan primer dan sekunder. Lilitan ini terdiri atas tahanan  $R$  dan reaktansi  $X$ . Dengan adanya parameter tersebut maka sebuah transformator jika di transformasikan, maka

akan menimbulkan kerugian, dan kerugian inilah yang menentukan besar kecilnya efisiensi (*redence*) dari transformator.

Rugi-rugi yang terjadi pada transformator terdiri atas rugi-rugi tembaga dan rugi-rugi besi. Rugi-rugi ini dapat digambarkan seperti pada gambar 2.9 di bawah ini.



Gambar 2.9 Blok diagram Rugi-rugi Transformator

Untuk efisiensi transformator ( $\eta$ ) :

$$\eta = \frac{\text{Daya keluar}}{\text{Daya masuk}} = \frac{\text{Daya keluar}}{\text{Daya keluar} + \Sigma \text{rugi}} = 1 - \frac{\Sigma \text{rugi}}{\text{Daya masuk}} \quad (2.1)$$

Dimana  $\Sigma \text{rugi} = \text{Rugi-rugi Tembaga } (P_{cu}) + \text{Rugi-rugi Besi } (P_i)$

(Zuhal, 1982)

#### a. Rugi-rugi Tembaga ( $P_{cu}$ )

Jika transformator dibebani, selalu terdapat kerugian yang disebut dengan rugi-rugi tembaga ( $P_{cu}$ ). Hal ini dikarenakan adanya arus yang mengalir dalam rangkaian transformator tersebut. Dari percobaan hubungan singkat, dapat diketahui bahwa arus yang mengalir tersebut melewati tahanan ( $R_{01}$ ), sehingga adanya perkalian kuadrat arus dan tahanan ekivalen yang merupakan rugi-rugi tembaga ( $Cu$ ). Dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_{Cu} = i^2 \cdot R \quad (2.2)$$

Dimana :

$P_{cu}$  adalah Rugi-rugi tembaga

$i$  adalah Arus masukan (ampere)

$R$  adalah Tahanan beban (Ohm)

Dari rumus di atas terlihat bahwa besarnya rugi-rugi tembaga tidak konstan, tergantung pada besarnya beban yang terpasang pada transformator.

#### b. Rugi-rugi Besi ( $P_i$ )

Rugi-rugi terdiri atas dua macam yaitu; rugi *hysteresis*, yaitu rugi yang diakibatkan fluks bolak-balik pada inti besi, yang disimbolkan dengan  $P_h$ . Dan rugi arus pusar (*Eddy current*), yaitu rugi yang diakibatkan adanya arus pusar pada inti besi yang disimbolkan dengan  $P_e$ . Jadi rugi-rugi besi ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Rugi-rugi Besi : } P_i = P_h + P_e \quad (2.3)$$

dengan Rugi histeresis ( $P_h$ )

$$P_h = K_h f B_{maks}$$

Dengan

$f$  adalah frekuensi

$K_h$  adalah Konstanta

$B_{maks}$  adalah Fluks maksimum (weber)

Rugi arus eddy ( $P_e$ )

$$P_e = K_e^2 f^2 B_{maks}$$

(Zuhal, 1982)

## 2.4 Arus Cahaya

Aliran rata-rata energi cahaya adalah merupakan arus cahaya atau flux cahaya ( $\Phi$ ). Arus cahaya merupakan jumlah total cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya setiap detik. Besarnya arus cahaya dinyatakan dengan satuan lumens (lm). Dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Phi = \frac{Q}{t} \quad (2.4)$$

Dengan

$\Phi$  adalah fluks Cahaya (lm)

Q adalah Energi Cahaya (lm.dt)

t adalah Waktu (dt)

Setiap lampu listrik memiliki efikasi yaitu besarnya lumens yang dihasilkan suatu lampu setiap watt (lm/W). Seperti contoh sebuah lampu pijar 40 W memiliki efikasi 14 lm/W memancarkan arus cahaya sebesar 560 lm. Untuk contoh-contoh lain untuk macam-macam jenis lampu dapat dilihat pada tabel 2.2 di bawah ini. Dimana besarnya arus cahaya tergantung kualitas sumber cahaya (Muhaimin, 2001).

Sumber Cahaya	Arus Cahaya
Lampu sepeda 3 W	30 lm
Lampu Pijar 60 W	730 lm
Lampu TL (flouresen) 18 W	900 lm
Lampu merkuri tekanan tinggi 50 W	1800 lm
Lampu Natrium tekanan tinggi 50 W	3500 lm
Lampu Natrium tekanan rendah 55 W	8000 lm
Lampu Metal Halida	190.000 lm

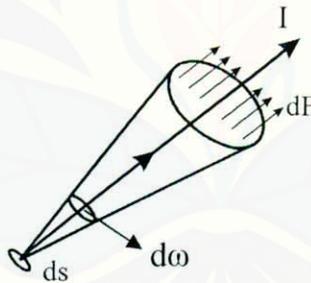
Sumber data; Muhaimin, 2001.

Energi cahaya atau kuantitas cahaya ( $Q$ ) merupakan produk radiasi visual (arus cahaya) pada selang waktu tertentu, dengan satuan lumens detik ( $\text{lm}\cdot\text{dt}$ ). Energi cahaya ini penting dinyatakan untuk menentukan banyaknya energi yang digunakan pada suatu instalasi penerangan (Muhaimin, 2001).

## 2.5 Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya  $I$  dengan satuan *candela* ( $\text{cd}$ ) merupakan arus cahaya dalam lumens yang diemisikan setiap sudut ruang (pada arah tertentu) oleh sebuah sumber cahaya. Kata *candela* berasal dari *candle* (lilin) yang merupakan satuan tertua untuk teknik penerangan yang diukur berdasarkan intensitas cahaya standar. Fotometer standart primer merupakan *black body* rediasi yang intinya terbuat dari platina dan thorium oksida.

Intensitas cahaya dari suatu sumber cahaya dapat digambarkan berupa titik sebagai berikut :



Gambar 2.10 Intensitas cahaya pada suatu bidang.

Berdasarkan gambar tersebut intensitas cahaya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad (2.5)$$

Dengan

$I$  adalah Intensitas cahaya ( $\text{cd}$ )

$d\Phi$  adalah Fluks cahaya yang diemisikan oleh sumber cahaya ( $\text{lm}$ )

$d\omega$  adalah sudut bidang yang dikenai sumber cahaya ( $\text{rad}$ )

(Longhurst.R, 1957)

Tabel 2.2 Intensitas Cahaya beberapa Sumber Cahaya

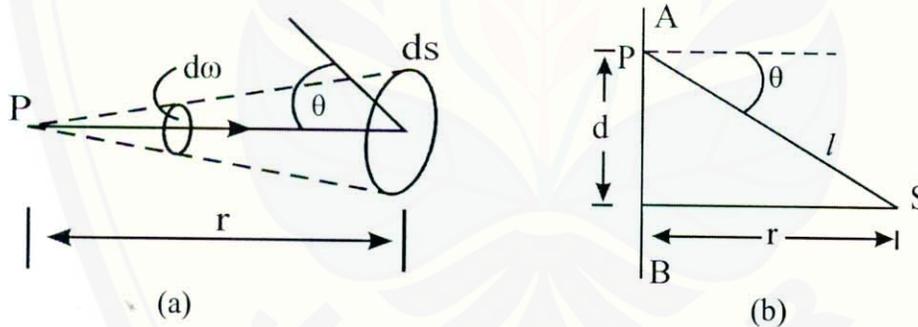
Sumber Cahaya	I (cd)
Lampu sepeda tanpa reflektor	1
Lampu sepeda dengan reflektor	250
Lampu Suar	2.000.000

Sumber data; Muhaimin, 2001.

## 2.6 Intensitas Penerangan

Kuat penerangan ( $E$ ) merupakan pernyataan kuantitatif untuk fluks cahaya ( $\Phi$ ) yang mengenai atau sampai pada permukaan bidang. Kuat penerangan disebut juga tingkat penerangan atau intensitas penerangan. Besarnya Fluks cahaya yang diterima tiap satuan luas pada suatu permukaan disebut juga dengan intensitas penerangan.

Dengan menganggap sumber penerangan sebagai titik pada suatu bidang seperti gambar 2.11, maka Intensitas penerangan dapat dirumuskan sebagai berikut :



Gambar 2.11a Kuat penerangan terhadap sumber cahaya,  
2.11b Kuat penerangan pada bidang

$$E = \frac{d\Phi}{ds} \quad (2.6)$$

Dengan

$E$  adalah Intensitas Penerangan (lm.dt)

$d\Phi$  adalah Fluks cahaya (lm)

$ds$  adalah luas permukaan yang dikenai cahaya ( $m^2$ )

Berdasarkan gambar 2.11a, fluks cahaya yang dipancarkan pada sudut  $d\omega$  ( $d\omega = (ds \cos \theta) / r^2$ ) sehingga dapat dituliskan sebagai berikut :

$$d\Phi = I d\omega = \frac{I ds \cos \theta}{r^2} \quad (2.7)$$

Dengan

$d\Phi$  adalah Fluks cahaya (lm)

$I$  adalah Intensitas cahaya (cd)

$ds$  adalah luas permukaan yang dikenai cahaya ( $m^2$ )

$r$  adalah jarak antara sumber dengan bidang yang dikenai cahaya (m)

Bila sumber cahaya dari permukaan suatu garis lurus atau tidak membentuk sudut ( $\theta = 0^\circ$ ) seperti pada gambar 2.12 di bawah ini, maka :

$$dF = I \frac{ds}{r^2} \quad (2.8)$$

Dengan demikian Intensitas penerangan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$E = \frac{d\Phi}{ds} = \frac{I}{r^2} \quad (2.9)$$

Dengan :

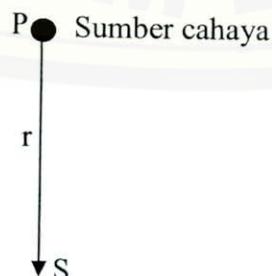
$E$  adalah Intensitas Penerangan

$d\Phi$  adalah Fluks cahaya (lm)

$ds$  adalah luas permukaan yang dikenai cahaya ( $m^2$ )

$I$  adalah Intensitas cahaya (cd)

$r$  adalah jarak antara sumber dengan bidang yang dikenai cahaya (m)

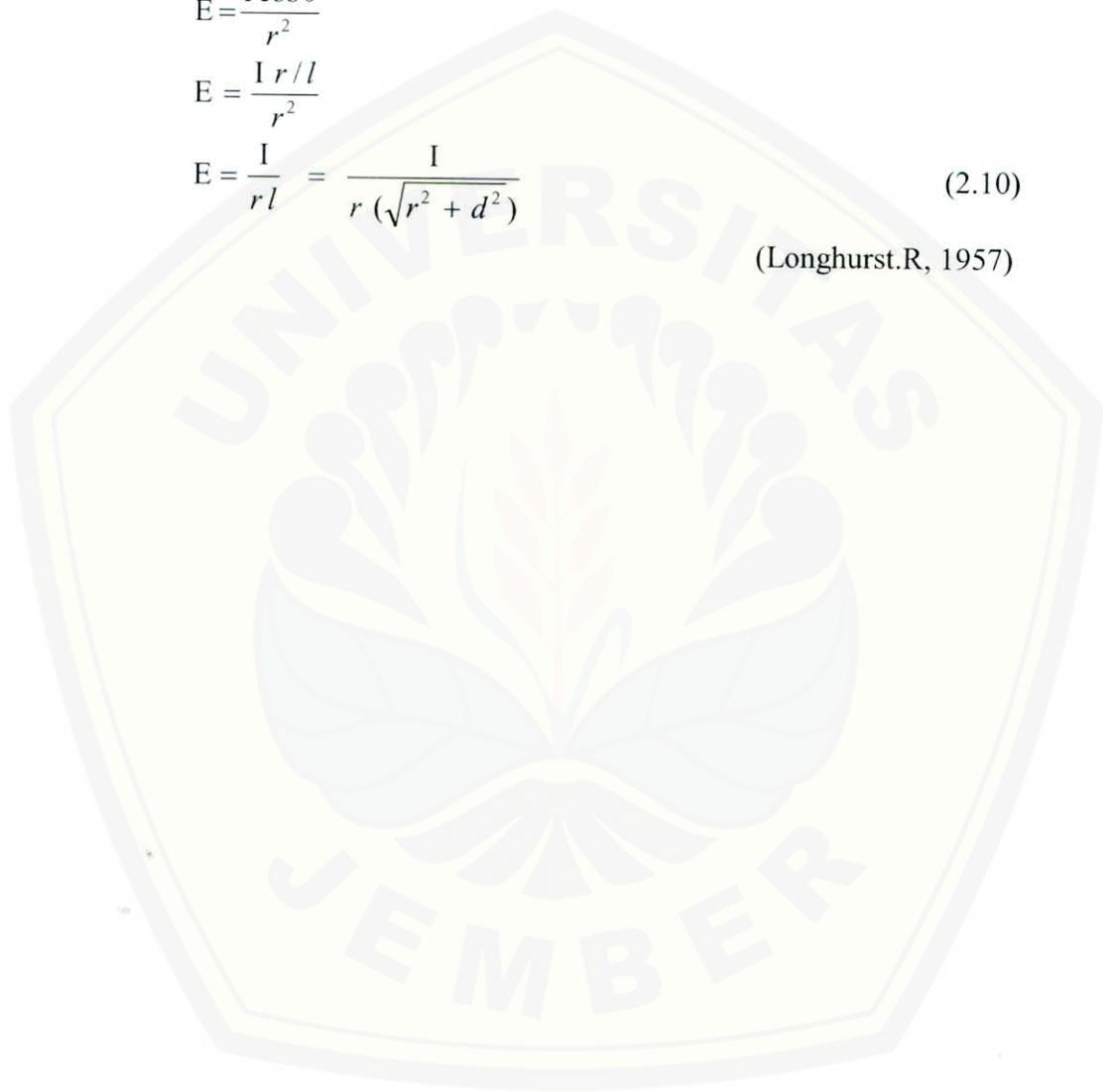


Gambar 2.12 Sumber cahaya satu garis lurus terhadap bidang yang menerima.

Untuk menghitung Intensitas penerangan pada sebuah permukaan yang bersudut tertentu ( $\theta$ ) dari sumber cahaya (lihat gambar 2.12), dapat digunakan persamaan :

$$\begin{aligned} E &= \frac{I \cos \theta}{r^2} \\ E &= \frac{I r / l}{r^2} \\ E &= \frac{I}{r l} = \frac{I}{r (\sqrt{r^2 + d^2})} \end{aligned} \quad (2.10)$$

(Longhurst.R, 1957)





### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini diadakan di laboratorium Optoelektronika dan Fisika Modern Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada bulan Maret – April 2007.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Untuk melaksanakan penelitian ini, alat yang akan digunakan adalah :

1. Photometer (*PASCO Scientific OS-8020*)
2. Voltmeter (*Digital Multimeter, Tipe 830 Series, Akurasi  $\pm 1.2\%$  rdg*)
3. Stavolt (*NAKAGAWA Automatic AC Voltage Regulator,  $\sim 500\text{VA}$* )
4. Kabel
5. Mistar
6. Kotak Hitam

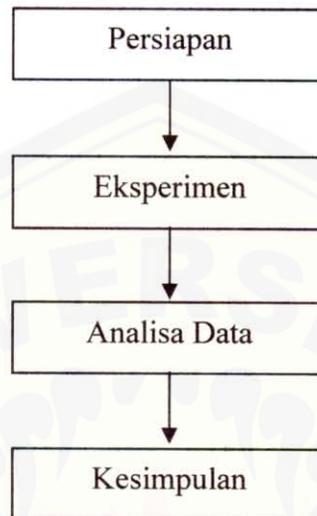
##### 3.2.2 Bahan

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah :

1. Lampu TL (merk *Phillips*) dengan ukuran 10 W, 15 W dan 20 W dengan bentuk tabung panjang.
2. Transformator *Ballast* (merk *Phillips, Tens, Central* dan *Triangle*) dengan daya masing-masing 10 W dan 20 W.

### 3.3 Tahap Penelitian

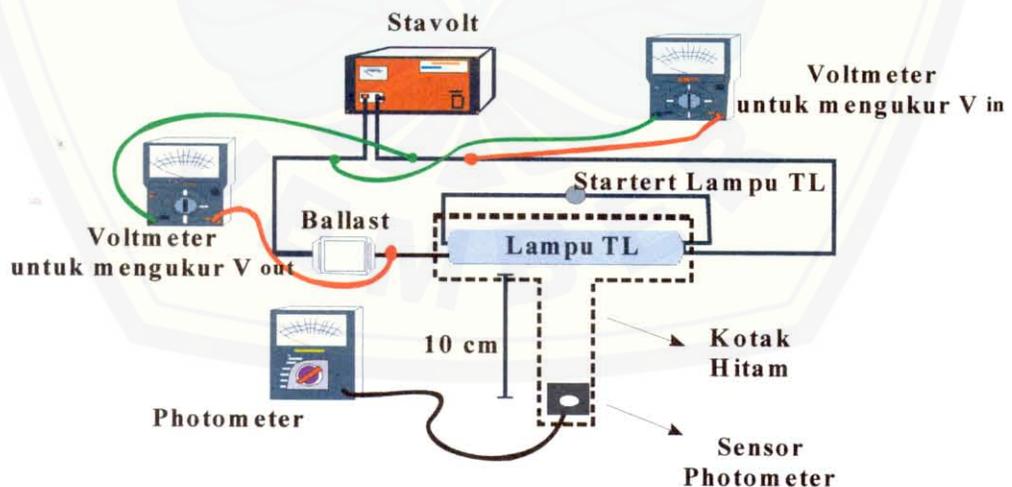
Penelitian ini akan dilakukan dalam beberapa tahap, sebagai berikut :



Gambar 3.1 Alur Tahapan Penelitian

#### 3.3.1 Persiapan

Proses pengukuran dalam penelitian ini dengan menggunakan alat-alat dan bahan yang dirangkai seperti gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2 Desain Peralatan

### 3.3.2 Eksperimen

#### a. Proses Pengambilan Data

Langkah-langkah yang dilakukan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut :

1. Menyalakan stavolt, kemudian mencatat nilai intensitas cahaya ( $I$ ) yang diterima Photometer setelah lampu berada dalam keadaan 'steady state' ( $\pm 5$  menit).
2. Mencatat nilai tegangan masuk ( $V_{in}$ ) dan tegangan keluar ( $V_{out}$ ) pada rangkaian seperti pada gambar 3.2 untuk masing-masing transformator (merk Phillips, Tens, Central dan Triangle) dengan daya 10 W dan 20 W.
3. Menghitung nilai efisiensi dari masing-masing transformator.
4. Mengulang langkah 2 – 3 untuk lampu TL yang berbeda.

#### b. Analisis Data

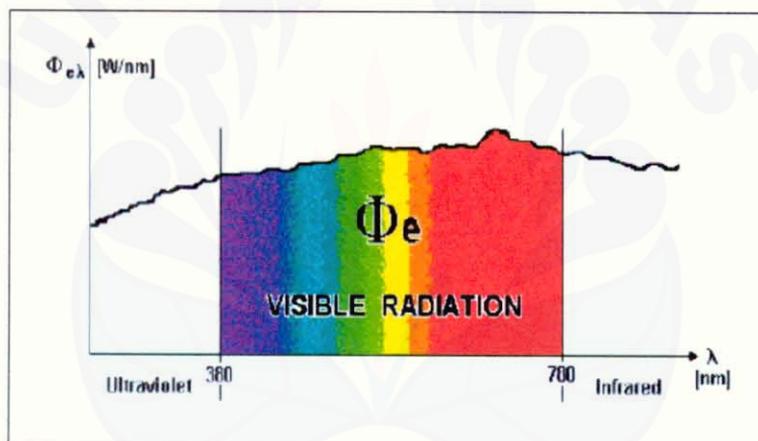
Data hasil eksperimen, dalam penelitian ini dianalisis dengan menggunakan metode grafik.



## BAB 5. PEMBAHASAN

### 5.1 Intensitas Cahaya Lampu TL

Cahaya merupakan paket elektron yang dipancarkan oleh suatu sumber cahaya ke udara yang menghasilkan gelombang elektromagnetik dengan panjang dan frekuensi tertentu, yang nilainya dapat dibedakan dari energi cahaya lainnya dalam spektrum elektromagnetik seperti pada gambar (5.1) di bawah ini.



Gambar 5.1 Spektrum Elektromagnetik Sinar Tampak  
(Biro Efisiensi Energi, 2005)

Begitu juga halnya pada cahaya yang dipancarkan oleh lampu TL dengan memancarkan sinar tampak dengan frekuensi gelombang antara  $10^{12} - 10^{14}$  Hz. Cahaya yang dihasilkan dari lampu TL (seperti yang diuraikan pada Bab 2) adalah akibat dari tegangan induksi dari transformator *ballast* pada elektroda, elektroda akan panas dan memijar sehingga gas argon yang ada dalam tabung lampu menjadi terionisasi. Dengan demikian panas yang dibangkitkan dalam tabung akibat terionisasinya gas argon mampu untuk melepaskan elektron pada uap merkuri sehingga membangkitkan radiasi ultraviolet. Radiasi ultraviolet ini akan dirubah

menjadi cahaya tampak oleh lapisan *flourenscent* (Indrakoesoema dan Andryanto, 2006).

Besarnya intensitas cahaya yang dihasilkan lampu TL tergantung dari besarnya daya lampu TL dan jenis *ballast* yang digunakan. Terbukti, bakwa dari pemakaian *ballast* yang berbeda (baik merk maupun daya), menghasilkan nilai intensitas yang berbeda pula. Dalam penelitian ini, lampu TL yang digunakan adalah 10 W, 15 W dan 20 W, dengan menggunakan berbagai merk *ballast* (*Phillips*, *Tens*, *Central* dan *Triangle*) dengan daya 10 W dan 20 W.

### 5.1.1 Pengaruh Penggunaan Transformator *Ballast* yang berbeda terhadap Intensitas Cahaya yang dihasilkan Lampu TL

Transformator *ballast* yang digunakan pada lampu TL merupakan induktor yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan induksi yang disambungkan secara seri dengan salah satu elektroda pada lampu TL. Transformator *ballast* berfungsi untuk membatasi arus apabila lampu sudah menyala normal. Semakin besar daya transformator *ballast* yang digunakan pada rangkaian lampu TL maka cahaya yang dihasilkan lampu TL tersebut semakin terang sehingga intensitas cahaya yang dihasilkan semakin besar pula.

Seperti pada penelitian ini, terbukti bahwa dengan pemakaian transformator *ballast* merk *Triangle* 20 W pada lampu TL 10 W akan menghasilkan intensitas cahaya sebesar  $155 \pm 3$  Lux. Dan jika dipasangkan transformator *ballast* 10 W dengan merk yang sama pada lampu TL 20 W, intensitas cahaya yang dihasilkan hanya sebesar  $66 \pm 1$  Lux. Pada penelitian tersebut juga memperlihatkan perbedaan nilai intensitas cahaya yang dihasilkan meskipun dengan menggunakan transformator *ballast* dengan daya sama (baik transformator 10 W dan 20 W) namun berbeda merk (*Phillips*, *Tens*, *Central*, dan *Triangle*) jika dipasangkan pada lampu TL 10 W, 15 W dan 20 W, seperti yang dapat kita lihat pada gambar 4.2 dan gambar 4.3. Dari grafik tersebut memperlihatkan perbedaan suatu nilai intensitas cahaya yang dihasilkan

lampu TL dengan menggunakan transformator *ballast* yang berbeda merk meski daya yang dimilikinya sama.

Faktor yang mempengaruhi sehingga terjadinya perbedaan hasil intensitas cahaya oleh lampu TL tersebut, antara lain dengan adanya perbedaan faktor daya ( $\cos \phi$ ) yang dimiliki oleh masing-masing transformator *ballast* dan lampu TL tersebut, dan adanya fluktuansi tegangan (turun-naiknya tegangan sumber) yang terbaca oleh voltmeter dengan tidak konstannya tegangan masuk dari sumber pada rangkaian lampu TL tersebut sehingga hal ini menyebabkan terjadinya terang dan redupnya cahaya lampu TL.

#### a. Faktor Daya ( $\cos \phi$ ) pada Transformator *Ballast* dan Lampu TL

##### (1) Faktor Daya Pada Transformator *Ballast*

Faktor daya ( $\cos \phi$ ), selain dimiliki lampu TL dalam operasinya yang dirangkai seri dengan transformator *ballast*, juga dimiliki transformator *ballast* itu sendiri. Setiap transformator *ballast* memiliki faktor daya yang berbeda-beda (Indrakoesoema Andryanto, 2006). Namun faktor daya yang dimiliki oleh transformator *ballast* ini tercantum pada bagian atas dari transformator *ballast* tersebut. Sedangkan pada rangkaian lampu TL diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan persamaan. Untuk transformator 10 W dan 20 W yang digunakan pada penelitian ini dengan merk yang berbeda-beda, memiliki faktor daya yang tidak sama pula. Faktor daya yang dimiliki oleh transformator *ballast* tersebut dapat kita tuliskan pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Nilai Faktor daya ( $\cos \phi$ ) yang dimiliki oleh masing-masing transformator *Ballast* 10 W dan 20 W

<b>Transformator Ballast 10 W</b>	<b>Cos <math>\phi</math></b>	<b>Transformator Ballast 20 W</b>	<b>Cos <math>\phi</math></b>
<i>Phillips</i>	0.33	<i>Phillips</i>	0.45
Tens	0.32	Tens	0.43
<i>Central</i>	0.23	<i>Central</i>	0.42
<i>Triangle</i>	0.35	<i>Triangle</i>	0.47

Faktor daya yang terdapat pada transformator *ballast* ini berfungsi untuk menjadikan tegangan dan arus yang melaluinya menjadi sephase, seperti pada gelombang pasor pada gambar 5.2. Semakin besar faktor daya (antara 0 - 1) yang dimiliki oleh transformator *ballast*, maka besar kemungkinan antara tegangan dan arus menjadi sephase. Namun, nilai dari faktor daya yang dimiliki oleh transformator daya tersebut sangat kecil sehingga terjadi pengurangan daya keluar ( $P_{out}$ ) dari transformator *ballast* tersebut. Hubungan faktor daya ( $\cos \phi$ ) dengan daya output dari transformator tersebut dapat kita gambarkan pada persamaan 5.1 (Indrakoesoema dan Andryanto, 2006).

$$P = V i \text{ Cos } \phi \quad (5.1)$$

Dimana :

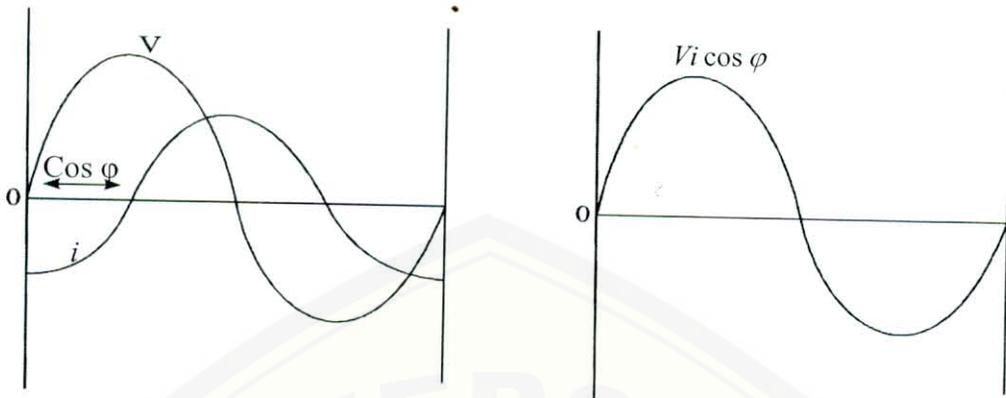
P adalah daya keluaran (Watt)

Cos  $\phi$  adalah faktor daya yang dimiliki oleh transformator *Ballast*

$i$  adalah arus (ampere)

V adalah tegangan (Volt)

Dari persamaan di atas, dengan faktor daya yang rendah akan menyebabkan tegangan dan arus tidak sefase sehingga perkalian antara tegangan dan arus tidak menghasilkan daya dalam satuan Watt, tetapi dalam satuan Volt-Ampere.



Gambar 5.2 Gelombang Fasa Tegangan dan Arus pada Transformator *Ballast*

Untuk membedakan faktor daya ( $\cos \varphi$ ) untuk beban  $Z$  yang bersifat induktif atau kapasitif dipergunakan pengertian *lagging power factor* atau *leading power factor* berdasarkan fasor arus yang terbelakang atau mendahului fasor tegangan. Untuk impedansi yang bersifat induktif, fasor arus terbelakang dari fasor tegangan maka dikatakan mempunyai *lagging power factor*, sedangkan untuk impedansi yang bersifat kapasitif, fasor arus mendahului fasor tegangan, maka dikatakan mempunyai *leading power factor* (Indrakoesoema dan Andryanto, 2006).

## (2) Faktor daya pada lampu TL

Karena pada rangkaian lampu TL terdapat *ballast*, maka pada lampu terdapat komponen arus yang menghasilkan daya reaktif. Semakin besar daya reaktif akan mengakibatkan semakin rendahnya faktor daya ( $\cos \varphi$ ) yang dimiliki lampu TL. Hubungan antara daya reaktif, daya aktif dan faktor daya dapat dituliskan dalam bentuk persamaan, seperti pada persamaan di bawah ini.

$$\cos \varphi = \frac{P}{Vi} \quad (5.2)$$

Dimana:  $P$  adalah daya aktif (Watt)

$Vi$  adalah daya reaktif (Volt-Ampere)

$i$  adalah arus (Ampere)

$\cos \varphi$  adalah faktor daya

Dari persamaan 5.1 tampak bahwa, dengan berubahnya daya semu ( $VI$ ) untuk daya aktif yang konstan mengakibatkan faktor daya ( $\cos \phi$ ) menjadi berubah pula. Atau dengan kata lain faktor daya yang rendah pada lampu mengakibatkan arus yang ditarik lampu akan menjadi lebih tinggi. Dengan arus yang tinggi, akan mengakibatkan daya yang hilang besar dan terjadinya jatuh tegangan yang besar juga (Indrakoesoema dan Andryanto, 2006).

Dampak dari penggunaan lampu dengan faktor daya rendah adalah jumlah daya yang tersambung dalam bentuk daya aktif (Watt) akan menjadi lebih rendah, sehingga daya yang bisa dimanfaatkan lampu TL menjadi lebih kecil. Faktor daya lampu akan berubah dengan berubahnya arus dan tegangan yang diberikan pada lampu TL tersebut.

Dengan tegangan yang besar yang masuk pada lampu TL maka akan berakibat terjadinya pelepasan elektron yang besar pula dalam gas argon yang terletak antara kedua elektroda pada tabung lampu TL tersebut. Dengan demikian panas yang dibangkitkan dalam tabung akibat terionisasinya gas argon mampu untuk membuat merkuri uap dan tegangan jepit antara kedua elektroda dalam tabung lampu TL. Akhirnya, pelepasan elektron yang terjadi akan melalui uap merkuri yang dapat membangkitkan radiasi ultraviolet. Radiasi ultraviolet inilah yang akan dirubah menjadi cahaya tampak oleh lapisan *flourescent*.

Salah satu upaya yang bisa dilakukan agar jumlah daya tersambung yang tersedia dalam bentuk daya aktif (Watt) menjadi optimal adalah dengan cara memasang kapasitor dengan nilai yang sesuai terhadap lampu TL tersebut.

Suatu instalasi listrik akan semakin optimum, baik dari segi teknis maupun ekonomis jika faktor dayanya mendekati 1 (satu) (Indrakoesoema dan Andryanto, 2006).

## 5.2 Pengaruh Efisiensi ( $\eta$ ) Transformator *Ballast* terhadap Intensitas Cahaya yang dihasilkan Lampu TL

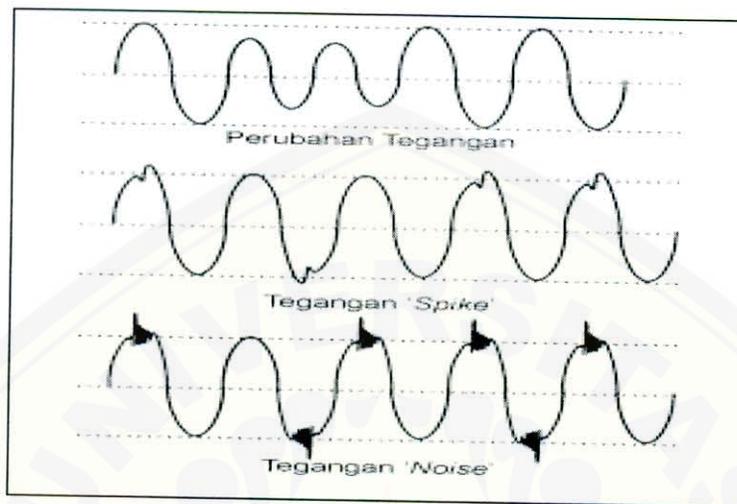
Efisiensi suatu transformator merupakan perbandingan antara daya keluar dengan daya masuk, seperti pada persamaan 2.1 (halaman 14). Secara teori, semakin besar nilai efisiensi suatu transformator *ballast* yang digunakan pada rangkaian lampu TL, maka intensitas cahaya yang dihasilkan akan semakin besar pula, karena hal ini berhubungan dengan daya dan tegangan yang masuk dan keluar ( $P_{in/out}$  dan  $V_{in/out}$ ) dari transformator *ballast* tersebut.

Pada gambar 4.5 dan 4.6 memperlihatkan perbedaan nilai efisiensi dari transformator yang digunakan pada lampu TL. Nilai efisiensi transformator *ballast* akan bertambah besar jika transformator ballast yang digunakan pada lampu TL tersebut lebih besar dari daya lampu TL itu sendiri jika dibandingkan dengan efisiensi transformator pada saat dipasangkan dengan daya yang lebih kecil dari daya lampu TLnya. Ketika pada lampu TL 10 W digunakan transformator ballast 20 W, maka efisiensi dari transformator ballast tersebut akan bertambah besar. Dan semakin kecil daya transformator yang digunakan terhadap lampu TL tersebut, maka efisiensi yang diperoleh semakin kecil juga.

Perbedaan nilai efisiensi transformator ballast yang terjadi merupakan pengaruh dari perbedaan tegangan masuk maupun tegangan keluar ( $V_{in}$  dan  $V_{out}$ ) dari transformator ballast itu sendiri jika dalam suatu rangkaian listrik transformator ballast tersebut dihubungkan dengan suatu beban, hal ini adalah lampu TL. Tegangan output dari transformator merupakan tegangan dalam bentuk tegangan induksi yang merupakan awal dari suatu proses operasi Lampu TL sehingga memancarkan cahaya. Sehingga nilai intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu TL tersebut akan terpengaruh dengan bertambahnya nilai efisiensi dari transformator ballast tersebut.

Perbedaan dari nilai efisiensi yang didapatkan ini, seperti uraian di atas, juga dipengaruhi oleh faktor daya baik yang terdapat pada transformator *ballast* itu sendiri maupun pada lampu TL. Selain itu, juga terdapat gangguan-gangguan lain yang

berhubungan dengan tegangan sumber seperti *noise* pada jaringan dan terjadinya tegangan transien.



Gambar 5.3 Gangguan Tegangan pada Sumber Tegangan Listrik

Selain gangguan di atas gangguan listrik lain yang sering terjadi dan dapat diamati dengan berkedipnya lampu TL setelah lampu menyala dalam keadaan normal. Hal ini menandakan terjadinya fluktuasi tegangan listrik. Walaupun gangguan listrik seperti ini biasanya terjadi dalam beberapa detik saja tetapi permasalahan ini juga dapat menyebabkan terjadinya perubahan nilai efisiensi transformator karena turun naiknya tegangan listrik tersebut.

Secara keseluruhan, dalam hubungannya dengan efisiensi transformator *ballast* dan intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu TL dengan pemasangan transformator ballast yang berbeda-beda ini, memperlihatkan suatu fenomena yang menarik khususnya yang berhubungan dengan pendapat atau *image* yang berkembang di pasaran terhadap merk suatu produk yang dalam hal ini khususnya pada transformator *ballast* merk *Phillips* yang selama ini terkenal dengan kualitas bagus, namun dalam penelitian pengukuran nilai intensitas cahaya pada lampu TL ini, jika dibandingkan dengan nilai dari intensitas cahaya yang dihasilkan terhadap lampu TL ketika transformator ini digunakan, tidak menunjukkan suatu nilai yang istimewa

bahwa transformator merk *Phillips* ini merupakan transformator dengan kualitas terbaik, yang selama ini berkembang di masyarakat. Karena dari data yang didapatkan untuk nilai intensitas cahaya pada lampu TL ini, transformator *ballast* merk *Phillips* ini masih di bawah transformator *ballast* merk *Triangle*.





## BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian beserta uraian pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Besarnya intensitas cahaya yang dihasilkan lampu TL dipengaruhi oleh jenis dan besarnya daya transformator *ballast* yang digunakan. Semakin besar daya transformator *ballast* yang digunakan pada lampu TL tersebut, maka Intensitas cahaya yang dihasilkan akan semakin besar pula. Karena dalam rangkaian lampu TL tersebut terdapat faktor daya, baik yang dimiliki oleh transformator ballast itu sendiri maupun yang dimiliki oleh lampu TL.
2. Besarnya intensitas cahaya yang dihasilkan lampu TL dipengaruhi oleh nilai efisiensi transformator *ballast* yang digunakan, dimana nilai efisiensi ini dipengaruhi oleh faktor daya yang terdapat pada transformator *ballast* itu sendiri.

### 6.2 Saran

1. Dalam merangkai lampu TL yang dapat menghasilkan intensitas cahaya yang lebih besar, konsumen dapat menggunakan (merangkaikan) transformator ballast yang dayanya lebih besar dari daya lampu TL itu sendiri. Karena intensitas cahaya yang dihasilkan akan lebih besar (lebih terang) jika lampu TL tersebut menggunakan transformator ballast yang dayanya lebih besar juga.
2. Dalam memilih transformator ballast, pilihlah transformator ballast yang memiliki faktor daya ( $\cos \phi$ ) yang lebih besar, karena semakin besar faktor daya ( $\cos \phi$ ) yang dimiliki suatu transformator ballast, maka intensitas cahaya yang dihasilkan nantinya oleh lampu TL tersebut akan semakin besar juga.

DAFTAR PUSTAKA

- Biro Efisiensi Energi. 2005. Lighting (Bahasa Indonesia). PDF. <http://www.elektronikablog.co.id>. [10 juni 2007].
- Dariyanto. 1983. *Teknik Listrik*. Bandung: Tarsito.
- Francis, R. & Rifat, M. E. 1995. *Transformator*. Semarang: CV. Aneka Solo.
- Fitzgerald dkk. 1981. *Dasar-dasar Elektronika Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Gozali, M. 2006. *Transformator*. Diktat Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
- Indrakoesoema dan Andryanto. 2006. *Kajian Faktor Daya ( $\cos\phi$ ) Lampu TL pada Penerangan di RSG –GAS*. <http://www.majalahiptek.co.id>. Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir. Volume III, No.1 April 2006 [10 juni 2007]
- Longhurst, R.S., 1957. *Geometrical and Physical Optics*. London: Longmans. Green and Co Ltd.
- UNEP.2006. *Pencahayaan*. Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia. <http://www.energyefficiencyasia.org>. [21 Mei 2007]
- Muhaimin. 2001. *Teknologi Pencahayaan*. Bandung: PT. Rafika Aditama.
- Wibisono, S.K. 2006. *Analog Lampu TL*. <http://www.elektronikaindonesia.co.id>, [18 Oktober 2006].
- Walpole.R.E. 1993. *Pengantar Statistika*. Edisi ke-3. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Zuhail. 1982. *Dasar-dasar Tenaga Listrik*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Lampiran A.

DATA HASIL PENELITIAN

I. LAMPU TL 10 W

a. Ballast 10 W

Jenis Ballast	$V_{in}$ (Volt)	$V_{out}$ (Volt)	I (Lux)	Efisiensi (%)
Phillips	$230 \pm 3$	$218 \pm 3$	$86 \pm 1$	$95 \pm 3$
Tens	$229 \pm 3$	$215 \pm 3$	$72 \pm 1$	$94 \pm 3$
Central	$231 \pm 3$	$216 \pm 3$	$68 \pm 1$	$94 \pm 3$
Triangle	$230 \pm 3$	$219 \pm 3$	$90 \pm 1$	$95 \pm 3$

b. Ballast 20 W

Jenis Ballast	$V_{in}$ (Volt)	$V_{out}$ (Volt)	I (Lux)	Efisiensi (%)
Phillips	$230 \pm 3$	$218 \pm 3$	$140 \pm 2.5$	$95 \pm 3$
Tens	$230 \pm 3$	$216 \pm 3$	$125 \pm 2.5$	$94 \pm 3$
Central	$230 \pm 3$	$212 \pm 3$	$105 \pm 2.5$	$92 \pm 3$
Triangle	$231 \pm 3$	$220 \pm 3$	$155 \pm 2.5$	$95 \pm 3$

II. LAMPU TL 15 W

a. Ballast 10 W

Jenis Ballast	$V_{in}$ (Volt)	$V_{out}$ (Volt)	I (Lux)	Efisiensi (%)
Phillips	$230 \pm 3$	$216 \pm 3$	$66 \pm 1$	$94 \pm 3$
Tens	$231 \pm 3$	$214 \pm 3$	$62 \pm 1$	$93 \pm 3$
Central	$229 \pm 3$	$206 \pm 3$	$60 \pm 1$	$90 \pm 3$
Triangle	$230 \pm 3$	$217 \pm 3$	$68 \pm 1$	$94 \pm 3$

b. Ballast 20 W

Jenis Ballast	$V_{in}$ (Volt)	$V_{out}$ (Volt)	I (Lux)	Efisiensi (%)
Phillips	$229 \pm 3$	$214 \pm 3$	$105 \pm 2.5$	$93 \pm 3$
Tens	$230 \pm 3$	$212 \pm 3$	$100 \pm 2.5$	$92 \pm 3$
Central	$229 \pm 3$	$210 \pm 3$	$96 \pm 1$	$92 \pm 3$
Triangle	$228 \pm 3$	$216 \pm 3$	$110 \pm 2.5$	$95 \pm 3$

### III. LAMPU TL 20 W

#### a. Ballast 10 W

Jenis Ballast	$V_{in}$ (Volt)	$V_{out}$ (Volt)	I (Lux)	Efisiensi (%)
Phillips	$229 \pm 3$	$212 \pm 3$	$62 \pm 1$	$93 \pm 3$
Tens	$228 \pm 3$	$208 \pm 3$	$54 \pm 1$	$91 \pm 3$
Central	$229 \pm 3$	$203 \pm 3$	$52 \pm 1$	$89 \pm 3$
Triangle	$229 \pm 3$	$213 \pm 3$	$66 \pm 1$	$93 \pm 3$

#### b. Ballast 20 W

Jenis Ballast	$V_{in}$ (Volt)	$V_{out}$ (Volt)	I (Lux)	Efisiensi (%)
Phillips	$229 \pm 3$	$215 \pm 3$	$86 \pm 1$	$94 \pm 3$
Tens	$230 \pm 3$	$212 \pm 3$	$82 \pm 1$	$92 \pm 3$
Central	$228 \pm 3$	$210 \pm 3$	$80 \pm 1$	$92 \pm 3$
Triangle	$230 \pm 3$	$216 \pm 3$	$94 \pm 1$	$94 \pm 3$

Lampiran B

Foto Alat dan Bahan Penelitian



Foto Alat dan Bahan yang digunakan dalam Penelitian Pengukuran Intensitas Cahaya yang dihasilkan Lampu TL

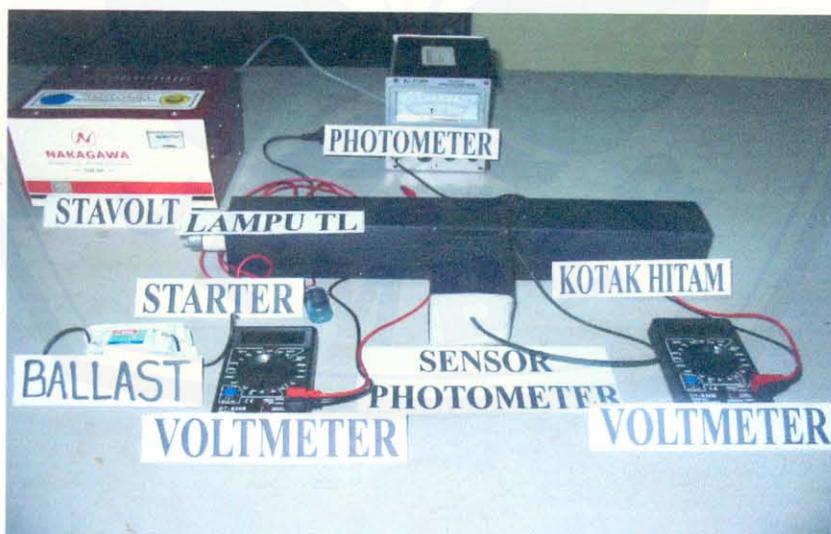


Foto pengukuran intensitas cahaya pada lampu TL 15 W

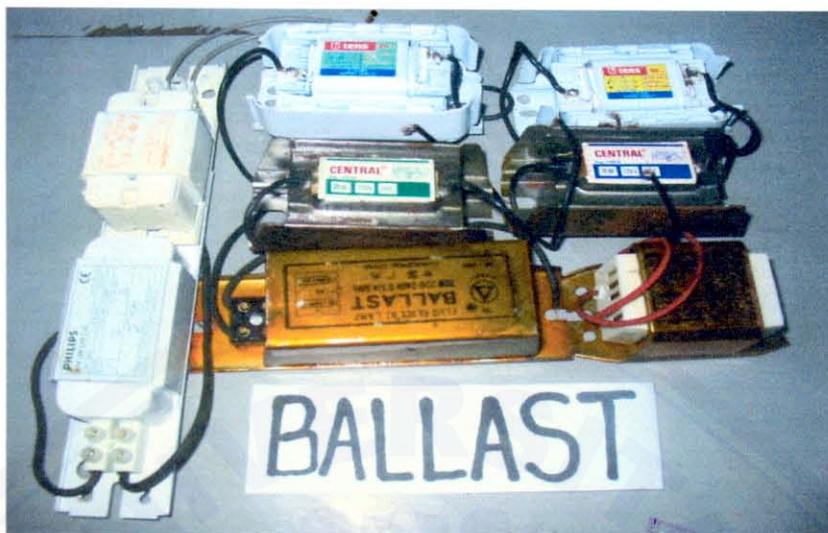


Foto Transformator Ballast yang digunakan (*Phillips, Tens, Central dan Triangle*)



Foto Lampu TL yang digunakan (*Phillips 10 W, 15 W dan 20 W*)





## SURAT KETERANGAN SELESAI PERBAIKAN SKRIPSI

Kami selaku Tim Penguji Ujian Akhir/Skripsi dari mahasiswa yang tersebut di bawah ini:

Nama : Adriadi Busra  
Nomor Induk Mahasiswa : 991810201010  
Jurusan : Fisika  
Semester : XVI  
Tanggal Ujian : 19 Juli 2007  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Jenis Transformator dalam Rangkaian Lampu TL terhadap Intensitas Cahaya yang Dihasilkan



Menerangkan dengan sebenarnya bahwa mahasiswa yang bersangkutan betul-betul telah melaksanakan perbaikan Tugas Akhir/Skripsi sebelum berakhirnya batas waktu yang telah ditetapkan.

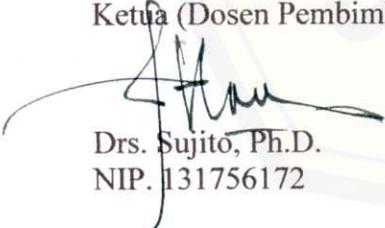
Demikian surat keterangan ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui

Tim Penguji Skripsi

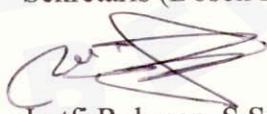
Jember, 2 Agustus 2007

Ketua (Dosen Pembimbing Utama)

  
Drs. Sujito, Ph.D.  
NIP. 131756172

Jember, 2 Agustus 2007

Sekretaris (Dosen Pembimbing Anggota)

  
Lutfi Rohman, S.Si., M.Si.  
NIP. 132 206 037

Jember, 2 Agustus 2007

Dosen Penguji I

  
Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si.  
NIP. 132 206 034

Jember, 2 Agustus 2007

Dosen Penguji II

  
Mutmainnah, S.Si., M.Si.  
NIP. 132 162 505