

Peningkatan Kinerja Lampu TL (*Fluorescent*) pada Catu Daya dengan Regulasi Tegangan Buruk

Supriono, I Nyoman Wahyu Satiawan

Staff Pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unram

Jl. Majapahit No. 62, Mataram-NTB 83125

Email: supriono.rio@lycos.com

Abstrak

Lampu TL dapat menyala dengan baik apabila dicatu (dipasang) pada sumber tegangan yang sesuai dengan rating tegangan lampu TL tersebut, misal 220 volt, 50 Hz. Daerah Pedesaan (di Indonesia) pada umumnya sumber tegangan (listrik) memiliki regulasi tegangan yang buruk. Buruknya regulasi tegangan pedesaan mengakibatkan lampu TL sulit bahkan tidak dapat menyala. Lampu TL sebagai sumber penerangan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan lampu pijar. Kehadiran trafo ballast pada lampu TL adalah merugikan. Trafo ballast berfungsi hanya pada saat start, setelah lampu TL menyala kehadiran trafo ballast mengakibatkan faktor daya menjadi rendah dan trafo ballast sendiri menyerap daya aktif. Menghilangkan ballast elektromagnetik dan menggantinya dengan proses switching pada lampu TL menghasilkan perbaikan faktor daya sekaligus lampu TL dapat menyala pada catu daya dengan regulasi tegangan yang sangat buruk. Frekuensi switching yang tinggi menghasilkan ukuran induktor yang kecil. Induktor dipergunakan pada proses switching untuk menghasilkan tegangan transient yang cukup untuk menyalakan lampu TL. Frekuensi Switching 800 Hz pada lampu TL sebagai pengganti trafo ballast menghasilkan faktor daya 0,86 leading. Jika lampu TL menggunakan trafo ballast maka faktor daya lampu TL tersebut 0,4 lagging. Lampu TL yang menggunakan trafo ballast tidak dapat menyala pada kondisi tegangan 160 volt tetapi switching dengan frekuensi lebih besar dari 800 Hz menghasilkan lampu TL dapat menyala dengan sempurna pada kondisi tegangan 160 volt.

Kata kunci: lampu TL, trafo ballast, faktor daya, frekuensi switching.

Abstract

Fluorescent lamp will shine perfectly if it applied on power supply matching with its rating for example 220 V, 50 Hz. Generally in rural (Indonesia) have poor regulation of power supply. Due to poor regulation in rural cause it hardly shines. Compare with incandescent lamp, fluorescent lamp have superiority. The present of electromagnetic ballast transformer at fluorescent lamp have effect poor power factor and increase power loss. The function of ballast transformer only just on starting time. Replacing ballast transformer with switching process on fluorescent lamp result both improving power factor and it can shine on poor power regulation of power supply. Increasing switching frequency result small inductor size. Inductor, using in switching frequency, makes high transient voltage so that its shines. Replacing ballast transformer by 800 Hz switching frequency result power factor 0,86 leading. If fluorescent lamp use ballast transformer, the power factor will be down until 0,4 lagging. If voltage of power supply 160 volt, fluorescent lamp by ballast transformer can not shine but by switching process (more 800 Hz) it shines perfectly.

Keywords: *fluorescent lamp, electromagnetic ballast transformer, power factor, switching frequency.*

Pendahuluan

Lampu pijar sebagai sumber penerangan bagi pemukiman ataupun komersial, akhir-akhir ini telah banyak digantikan oleh Lampu TL (*fluorescent Lamp*). Penggunaan lampu TL sebagai sumber penerangan karena memiliki cahaya yang lembut (tidak sakit dimata), cahaya lebih terang dan umur lebih panjang daripada lampu pijar.

Lampu TL dapat menyala dengan baik apabila dicatu (dipasang) pada sumber tegangan yang sesuai

dengan rating tegangan lampu TL tersebut, misal 220 volt, 50 Hz. Daerah Pedesaan (di Indonesia) pada umumnya sumber tegangan (listrik) memiliki regulasi tegangan yang buruk. Buruknya regulasi tegangan di daerah pedesaan mengakibatkan lampu TL sulit bahkan tidak dapat menyala. Disebabkan karena buruknya regulasi tegangan di daerah pedesaan mengakibatkan penggunaan lampu pijar lebih umum dibandingkan lampu TL.

Lampu TL biasanya dilengkapi dengan trafo ballast (*ballast transformer*) dan starter yang fungsinya untuk membatasi aliran arus dan menyediakan tegangan transien yang sesuai untuk penyalakan katoda [Liang dkk, 2001]. Trafo ballast dilihat dari cara kerjanya ada dua jenis yaitu ballast elektro-

Catatan: Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Desember 2005. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Elektro volume 6, nomor 1, Maret 2006.

magnetik dan ballast elektronik. Ballast elektromagnetik bekerja atas dasar induksi elektromagnetik dengan frekuensi sama dengan frekuensi sumber. Ballast elektronik bekerja dengan prinsip *resonant inverter* yang dilakukan dengan proses *switching* pada frekwensi tinggi. Tegangan transien dari *resonant inverter* tergantung pada komponen bejana resonansi (L dan C) sehingga tegangan transien dapat menjadi lebih besar dari tegangan sumber.

Sebagian besar daerah pedesaan di Indonesia tidak dapat menggunakan lampu TL karena tegangan listrik di desa pada umumnya sangat buruk. Melihat fenomena ini maka diperlukan suatu penelitian agar lampu TL dapat menyala dengan baik pada daerah yang tegangannya buruk.

Tinjauan Pustaka

Lampu TL sebagai sumber penerangan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan lampu pijar, diantaranya:

- pada daya yang sama, cahaya yang dihasilkan oleh lampu TL lebih terang.
- Cahaya yang dihasilkan lembut (tidak sakit dimata).
- Umur lebih panjang.

Dibalik keunggulan yang dimiliki oleh lampu TL, ternyata lampu TL memiliki beberapa kelemahan/kekurangan, antara lain:

- tidak dapat menyala pada catu daya yang memiliki regulasi tegangan buruk (tegangan sumber dibawah rating tegangan lampu TL).
- Memerlukan trafo ballast elektromagnetik dan starter.
- Memiliki faktor daya rendah (lampu TL dengan ballast elektromagnetik).

Usaha untuk memperbaiki faktor daya dan menggantikan ballast elektromagnetik dengan ballast elektronik telah dilakukan oleh beberapa orang peneliti [2, 3, 4].

Liang dkk [2001] menyusun prosedur perancangan dalam menentukan komponen resonansi (L dan C) ballast elektronik pada lampu TL. Frekuensi *switching* ballast elektronik diatur agar mendekati frekuensi tangki resonansi (L dan C). Penggunaan frekuensi *switching* yang tinggi (lebih besar dari 20 kHz) menghasilkan ukuran induktor tangki resonansi ballast elektronik menjadi kecil sehingga ukuran geometri ballast elektronik menjadi kecil. Liang dkk menerapkan prosedur perancangan komponen resonansi hanya pada catu daya dengan tegangan konstan.

Seiring dengan makin populernya penggunaan ballast elektronik, karakteristik balast elektronipun diperbaiki. Cheng dkk [2001] memperbaiki faktor daya ballast elektronik dengan menggunakan metode gabungan *DC Buck Boost Chopper* dengan *inverter* yang dioperasikan pada kelas E. Arus dan tegangan pada *resonant load inverter (inverter kelas E)* harus dibatasi. Jika siklus kerja *chopper* diperbesar mengakibatkan tegangan resonansi tinggi tetapi arus resonansi kecil. Jika siklus kerja *chopper* diperkecil (dipersempit) mengakibatkan arus resonansi besar tetapi tegangan resonansi rendah. Siklus kerja pada *DC buck boost chopper* harus mendapat perhatian serius agar tegangan resonansi dan arus resonansi tidak merusak (mengurangi umur) lampu TL.

Moo dkk [2001] memperpanjang umur lampu TL yang mempergunakan ballast elektronik. Umur lampu TL diperpanjang dengan cara menghilangkan *glow current* pada saat filamen dalam pemanasan. *Glow current* dihindarkan dengan cara mengaktifkan elektronik *switch* yang terpasang paralel pada lampu TL saat pemanasan (*preheating*). Elektronik *switch* di *off* kan pada saat temperatur katoda mencapai temperatur optimum untuk terjadinya emisi pada katoda, pada saat ini juga tegangan penyalan diterapkan untuk menyalakan lampu TL.

Berdasarkan prinsip *resonant inverter* maka Lampu TL dapat dinyalakan pada sumber tegangan yang memiliki regulasi tegangan yang buruk sekalipun. Tegangan penyalan katoda lampu TL dan tegangan catu daya di rumuskan [Liang dkk, 2001] :

$$\left| \frac{V_s}{V_c} \right| = \left| \frac{1}{1 - \frac{\omega_{sc}^2}{\omega_s^2}} \right| \tag{1}$$

di mana:

V_s = tegangan penyalan katoda.

V_c = tegangan catu daya.

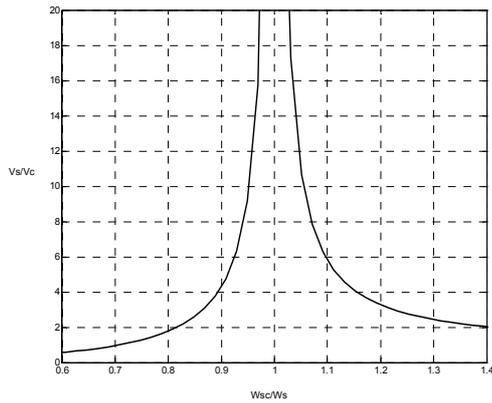
ω_{sc} = frekuensi *switching steady state*.

ω_s = frekuensi *switching* penyalan.

Mengacu pada grafik pada gambar 1, maka lampu TL dapat menyala dengan terang (normal) jika Frekuensi *switching* diatur dengan tepat

$$\left(\frac{\omega_{sc}^2}{\omega_s^2} \approx 1 \right)$$

walaupun pada tegangan sumber (catu daya) dibawah rating tegangan lampu TL tersebut. Pengaturan Frekuensi *switching* yang tepat pada balast elektronik akan menaikkan faktor daya lampu TL dibandingkan dengan faktor daya lampu TL dengan Ballast elektromagnetik.



Gambar 1. Grafik perubahan tegangan

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan:

1. Tegangan catu daya terhadap frekuensi *switching* pada lampu TL dengan mempergunakan ballast elektronik.
2. Perubahan faktor daya terhadap frekuensi *switching* pada lampu TL sehingga diperoleh frekuensi *switching* optimum.

Metode Penelitian

Bahan/Materi Penelitian.

Bahan yang dipergunakan pada penelitian adalah lampu TL (*fluorescent*) 10 watt dari berbagai merek (pabrik).

Jalan Penelitian.

Rangkaian penelitian dirangkai seperti pada gambar 2. Auto trafo dipergunakan sebagai simulasi sumber tegangan (catu daya) dengan regulasi tegangan buruk. Isolation Amplifier dipergunakan sebagai perantara tegangan dan arus pada oscilloscope digital dengan tegangan tinggi. Dipergunakan isolation amplifier adalah untuk melindungi oscilloscope

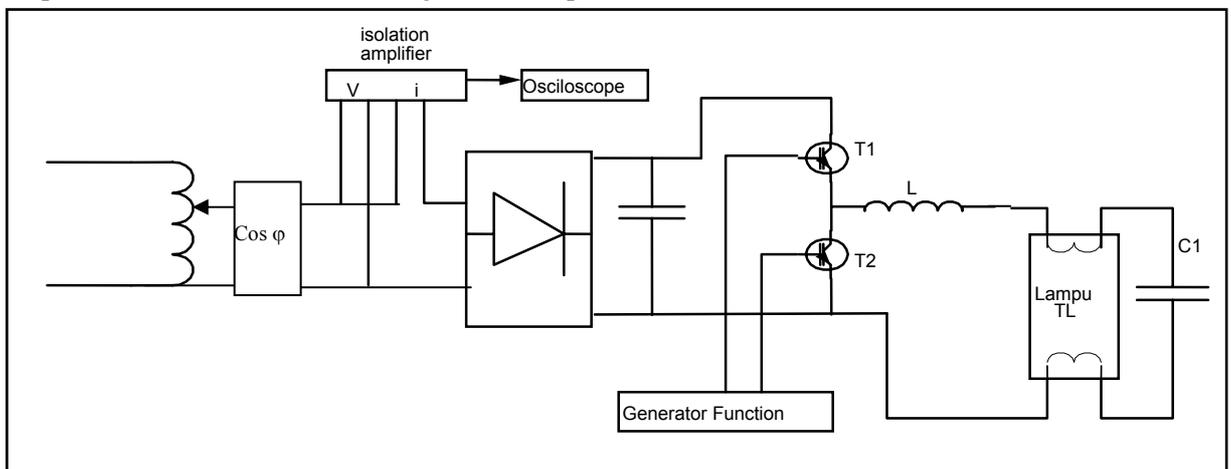
digital dari tegangan tinggi auto trafo, dengan perantaraan isolation amplifier Oscilloscope akan aman dari tegangan tinggi AC auto trafo. Frekuensi *switching* T_1 dan T_2 dikendalikan oleh *generator function*.

Sumber tegangan AC yang berasal dari auto trafo disearahkan oleh penyearah dan ditapis dengan kapasitor. IGBT T_1 dan IGBT T_2 serta L dan C_1 membentuk suatu *resonant inverter*. *Generator function* diset pada *range* karena toleransi nilai kapasitor yang tinggi (20%) juga nilai L yang bervariasi serta adanya kapasitansi parasit induktansi ceceran yang sulit diprediksi. Jika frekuensi dari *generator function* dekat dengan frekuensi resonansi rangkaian maka akan dihasilkan tegangan transient yang cukup besar sehingga dapat menyalakan lampu TL. Dengan kata lain lampu TL dinyalakan tanpa dengan pemanasan filament.

Pengujian pertama dilakukan dengan mempergunakan kapasitor C_1 dengan lampu TL merek ekonomat 10 watt. Auto trafo diset sampai mencapai tegangan 220 volt. Frekuensi dari generator function diubah ubah. Karakteristik nyala lampu TL diamati bersamaan dengan factor daya dari lampu TL dicatat

Pengujian berikutnya dilakukan dengan Lampu yang sama tetapi tanpa mempergunakan kapasitor C_1 . Karakteristik nyala lampu TL diamati bersamaan dengan faktor daya dari lampu TL dicatat. Tabel 1 dan table 2 memperlihatkan hasil pengujian.

Pengujian terakhir dilakukan dengan menset auto trafo pada tegangan 160 volt dicatu pada lampu TL yang sama tetapi tanpa memakai trafo ballast dan kapasitor C_1 , frekuensi dari Generator function diubah-ubah bersamaan dengan karakteristik nyala lampu dan factor daya diamati. Auto trafo diset pada tegangan 160 volt dimaksudkan untuk mewakili sumber tegangan dengan regulasi tegangan yang buruk.



Gambar 2. Rangkaian penelitian lampu TL (*fluorescent*) pada catu daya dengan regulasi tegangan buruk

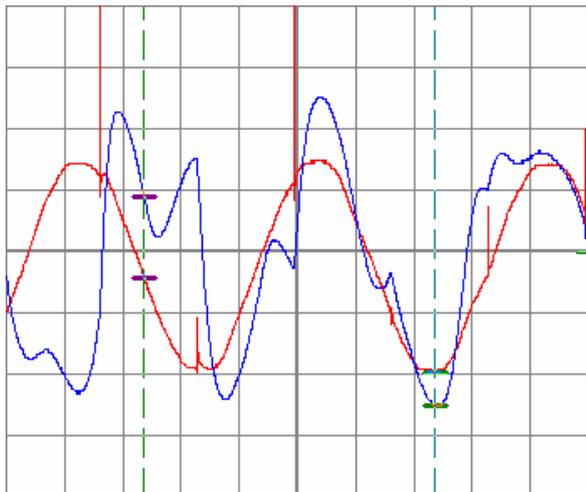
Hasil dan Pembahasan

Pengujian pertama dilakukan pada lampu TL merek ekonomat 10 Watt dengan mempergunakan trafo ballast merek sinar 10 watt dan kapasitor 1 μ F. auto trafo diset pada tegangan jala jala normal yaitu 220 volt. Hasil pengujian diperlihatkan pada table 1, bentuk gelombang tegangan dan arus diperlihatkan pada gambar 3 dan gambar 4.

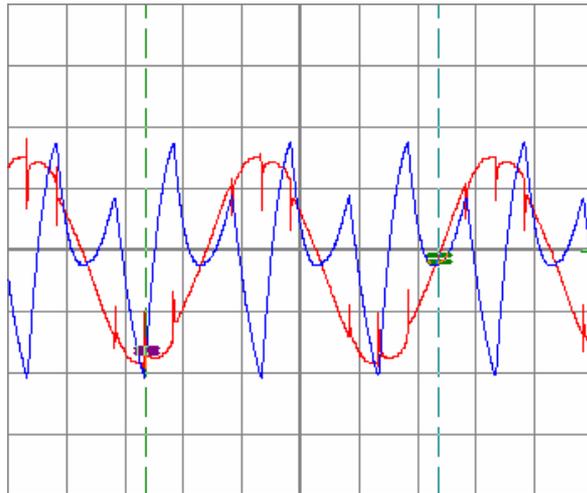
Pengujian berikutnya dilakukan pada lampu yang sama tetapi tanpa memakai kapasitor. Hasil pengujian diperlihatkan pada table 2 dan bentuk gelombang tegangan dan arus diperlihatkan pada gambar 5 dan gambar 6.

Pembahasan

Pada pengujian lampu TL dengan memakai kapasitor makin tinggi frekuensi *switching* maka lampu tidak dapat menyala. Trafo ballast dan kapasitor berfungsi sebagai *low pass filter* pada frekuensi tinggi sehingga tegangan pada elektroda lampu TL tidak cukup untuk membuat gas pada lampu TL mengalami *discharge* (menyalakan lampu TL). Gambar 3 menunjukkan bentuk gelombang yang mencapai 500 V_{p-p} , tegangan yang cukup untuk menghasilkan gas pada lampu TL mengalami *Discharge*. Tegangan 500 V_{p-p} tidaklah komtinu sehingga lampu TL menyala dengan flicker. Gambar 4 adalah bentuk gelombang lampu TL yang diuji dengan memakai kapasitor dan frekuensi *switching* 200 Hz. Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa tegangan puncak puncak kurang dari 400 V sehingga lampu TL tidak dapat menyala.



Gambar 3. Lampu TL Ekonomat 1 pada catu 220 V, frekuensi *switching* 60 Hz, dengan kapasitor. Merah arus (10 mA/Div), biru tegangan (100V/Div).



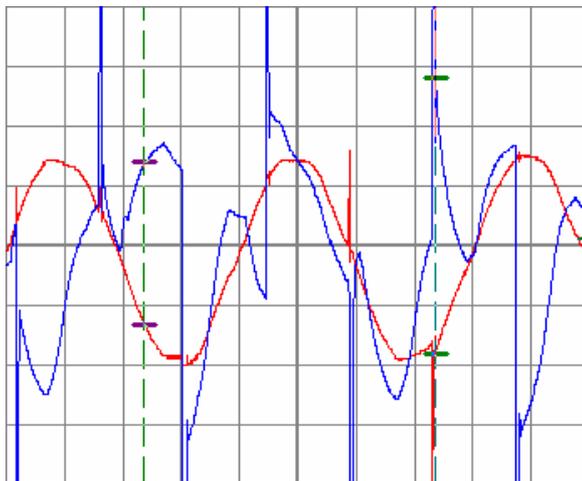
Gambar 4. Lampu TL Ekonomat 1 pada catu 220 V, frekuensi *switching* 200 Hz, dengan kapasitor. Merah arus (10 mA/Div), Biru tegangan (100V/Div).

Tabel 1. Pengujian Lampu TL 10 W merek Ekonomat 1 dengan trafo Balast 10 W merek sinar. memakai Kapasitor 1 μ F, tegangan catu 220 volt.

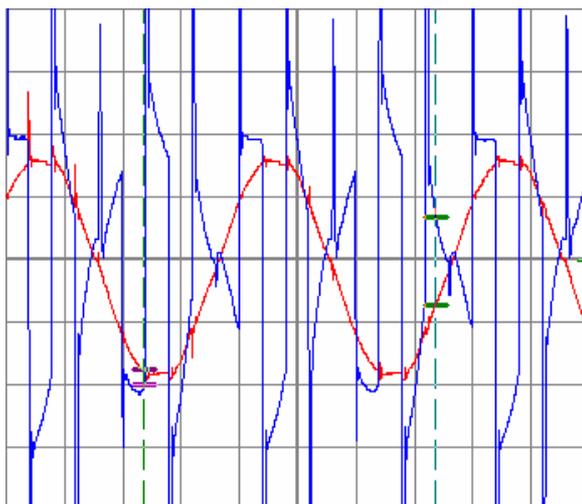
| Frek (Hz) | Cos ϕ | Keterangan |
|-----------|-----------------|---|
| 50 | $\pm 0,95$ | Lampu menyala terang, Cos ϕ berayun dari +0,95 s/d (-0,95) |
| 60 | $\pm 0,99$ | Lampu menyala dan flicker |
| 70 | $\pm 0,99$ | Lampu menyala tapi agak redup dan flicker |
| 80 | $\pm 0,99$ | Lampu menyala tapi agak redup dan flicker |
| 90 | ~ 1 | Lampu menyala tapi agak redup dan flicker |
| 100 | $\pm 0,95$ | Lampu menyala terang, Cos ϕ berayun dari +0,95 s/d (-0,95) |
| 110 | +0,98 - 1 | Lampu menyala tapi agak redup dan flicker |
| 120 | +0,98 - 1 | Lampu menyala tapi agak redup dan flicker |
| 130 | + 0,98 | Lampu menyala sangat redup dan flicker |
| 140 | + 0,98 | Lampu tidak menyala |
| 150 | +0,95 - (-0,99) | Lampu menyala tidak sempurna, Cos ϕ berayun dari +0,95 s/d (-0,99) |
| 160 | +0,99 | Lampu menyala tapi redup dan flicker |
| 170 | ~ 1 | Lampu menyala tapi redup dan flicker |
| 180 | ~ 1 | Lampu menyala tapi redup dan flicker |
| 190 | ~ 1 | Lampu tdk menyala |
| 200 | ~ 1 | Lampu tdk menyala |
| 220 | ~ 1 | Lampu tdk menyala |
| 240 | ~ 1 | Lampu tdk menyala |
| 250 | ~ 1 | Lampu tdk menyala |

Gambar 5 dan gambar 6 adalah bentuk gelombang lampu TL yang diuji tanpa mempergunakan kapasitor. Jika dibandingkan antara gambar 5 dan gambar 6 maka tegangan puncak ke puncak pada gambar 6 adalah lebih cepat terjadi dibandingkan dengan gambar 5 hal ini mengakibatkan gas pada lampu TL mengalami *discharge* secara sempurna. Jika gas pada lampu TL mengalami *discharge* secara sempurna maka nyala lampu TL akan sempurna.

Pengujian yang terakhir dilakukan pada lampu TL yang sama ditambah lampu TL yang lain dari berbagai macam Merek (Pabrik) dengan tegangan catu 160 volt. Hasil pengujian ini diperlihatkan pada tabel 3 sampai tabel 8.



Gambar 5. Lampu TL Ekonomat 1 pada catu 220 V, frekuensi switching 70 Hz, tanpa kapasitor. Merah arus (10 mA/Div), Biru tegangan (100V/Div)



Gambar 6. Lampu TL Ekonomat 1 pada catu 220 V, frekuensi switching 250 Hz, tanpa kapasitor. Merah arus (10 mA/Div), Biru tegangan (100V/Div)

Tabel 2. Pengujian Lampu TL 10 W merek Ekonomat 1 dengan trafo Balast 10 W merek sinar. tanpa memakai Kapasitor, tegangan catu 220 volt.

| Frek (Hz) | Cos ϕ | Keterangan |
|-----------|------------|--|
| 50 | ~ 1 | Lampu menyala dan agak redup |
| 60 | ~ 1 | Lampu menyala tapi flicker dan agak redup |
| 70 | ~1 | Lampu menyala tapi sangat flicker dan agak redup |
| 80 | ~1 | Lampu menyala tapi sangat flicker dan agak redup |
| 90 | ~ 1 | Lampu menyala tapi sangat flicker |
| 100 | $\pm 0,99$ | Lampu menyala terang, Cos ϕ berayun dari +0,99 s/d (-0,99). |
| 110 | ~ 1 | Lampu menyala tapi sangat flicker dan agak redup |
| 120 | ~ 1 | Lampu menyala tapi sangat flicker dan agak redup |
| 130 | ~ 1 | Lampu menyala tapi sangat flicker |
| 140 | ~ 1 | Lampu menyala dan agak flicker |
| 150 | $\pm 0,99$ | Lampu menyala terang, Cos ϕ berayun dari +0,99 s/d (-0,99). |
| 160 | ~1 | Lampu menyala terang |
| 170 | ~ 1 | Lampu menyala terang |
| 180 | ~ 1 | Lampu menyala terang |
| 190 | ~ 1 | Lampu menyala terang |
| 200 | $\pm 0,99$ | Lampu menyala terang, Cos ϕ berayun dari +0,99 s/d (-0,99). |
| 250 | $\pm 0,99$ | Lampu menyala terang, Cos ϕ berayun dari +0,99 s/d (-0,99) |
| 300 | + 0,90 | Lampu menyala dengan redup |

Tabel 3. Pengujian Lampu TL 10 W merek Ekonomat 1 tanpa trafo Ballast dan kapasitor dengan tegangan 160 V.

| Frek (Hz) | Cos ϕ | Keterangan |
|-----------|------------|--------------------------------|
| 50 | +0,97 | Menyala dan tidak stabil |
| 60 | +0,97 | Menyala dengan flicker |
| 70 | +0,97 | Menyala dengan sedikit flicker |
| 80 | +0,97 | Menyala dengan sedikit flicker |
| 90 | +0,97 | Menyala dengan sedikit flicker |
| 100 | +0,95 | Menyala sempurna |
| 200 | +0,97 | Menyala sempurna |
| 300 | +0,97 | Menyala sempurna |
| 400 | +0,96 | Menyala sempurna |
| 500 | + 0,97 | Menyala sempurna |
| 600 | + 0,96 | Menyala sempurna |
| 700 | + 0,96 | Menyala sempurna |
| 800 | +0,96 | Menyala sempurna |
| 900 | + 0,97 | Menyala sempurna |
| 1000 | + 0,97 | Menyala sempurna |

Tabel 4. Pengujian Lampu TL 10 W merek Ekonomat 2 tanpa trafo Ballast dan kapasitor dengan tegangan 160 V.

| Frek (Hz) | Cos ϕ | Keterangan |
|-----------|------------|--------------------------------------|
| 50 | +0,99 | Menyala redup dan flicker |
| 60 | +0,99 | Menyala redup dan flicker |
| 70 | +0,99 | Menyala redup dan flicker |
| 80 | +0,99 | Menyala redup dan flicker |
| 90 | +0,99 | Menyala tapi agak redup dan flicker. |
| 100 | +0,99 | Menyala tapi agak redup |
| 200 | +0,99 | Menyala dengan terang |
| 300 | +0,99 | Menyala dengan terang |
| 400 | +0,99 | Menyala dengan terang |
| 500 | +0,95 | Menyala dengan terang |
| 600 | +0,95 | Menyala dengan terang |
| 700 | +0,95 | Menyala sempurna |
| 800 | +0,95 | Menyala sempurna |
| 900 | +0,95 | Menyala sempurna |
| 1000 | +0,9 | Menyala sempurna |

Tabel 5. Pengujian Lampu TL 10 W merek Philips Life Max 1 tanpa trafo Ballast dan kapasitor dengan tegangan 160 V.

| Frek (Hz) | Cos ϕ | Keterangan |
|-----------|------------|---------------------------------|
| 50 | ~ 1 | tidak menyala |
| 60 | +0,98 | menyala redup dan flicker |
| 70 | +0,97 | menyala redup dan flicker |
| 80 | +0,97 | menyala redup dan flicker |
| 90 | +0,97 | menyala redup dan flicker |
| 100 | +0,94 | menyala redup dan tidak flicker |
| 200 | +0,94 | menyala kurang sempurna |
| 300 | +0,94 | menyala kurang sempurna |
| 400 | +0,96 | menyala sempurna |
| 500 | +0,96 | menyala sempurna |
| 600 | +0,96 | menyala sempurna |
| 700 | +0,96 | menyala sempurna |
| 800 | +0,96 | menyala sempurna |
| 900 | +0,96 | menyala sempurna |
| 1000 | +0,96 | menyala sempurna |

Tabel 6. Pengujian Lampu TL 10 W merek Philips Life Max 2 tanpa trafo Ballast dan kapasitor dengan tegangan 160 V.

| Frek (Hz) | Cos ϕ | Keterangan |
|-----------|------------|---------------------------------|
| 50 | ~ 1 | tidak menyala |
| 60 | +0,97 | menyala redup dan flicker |
| 70 | +0,97 | menyala redup dan flicker |
| 80 | +0,97 | menyala redup dan flicker |
| 90 | +0,97 | menyala redup dan flicker |
| 100 | +0,95 | menyala redup flicker tidak ada |
| 200 | +0,94 | menyala sempurna |
| 300 | +0,97 | menyala sempurna |
| 400 | +0,97 | menyala sempurna |
| 500 | +0,96 | menyala sempurna |
| 600 | +0,96 | menyala sempurna |
| 700 | +0,96 | menyala sempurna |
| 800 | +0,96 | menyala sempurna |
| 900 | +0,96 | menyala sempurna |
| 1000 | +0,96 | menyala sempurna |

Tabel 7. Pengujian Lampu TL 10 W merek Focus 1 tanpa trafo Ballast & ka-pasitor dengan tegangan catu 160 V.

| Frek (Hz) | Cos ϕ | Keterangan |
|-----------|------------|--------------------------------|
| 50 | 0,99 | tidak menyala |
| 60 | 0,98 | menyala redup dan flicker |
| 70 | 0,97 | menyala redup dan flicker |
| 80 | 0,97 | menyala redup dan flicker |
| 90 | 0,97 | menyala redup dan flicker |
| 100 | +0,99 | menyala redup dan agak flicker |
| 200 | +0,99 | menyala sempurna |
| 300 | +0,98 | menyala sempurna |
| 400 | +0,98 | menyala sempurna |
| 500 | +0,98 | menyala sempurna |
| 600 | +0,97 | menyala sempurna |
| 700 | +0,97 | menyala sempurna |
| 800 | +0,96 | menyala sempurna |
| 900 | +0,96 | menyala sempurna |
| 1000 | +0,95 | menyala sempurna |

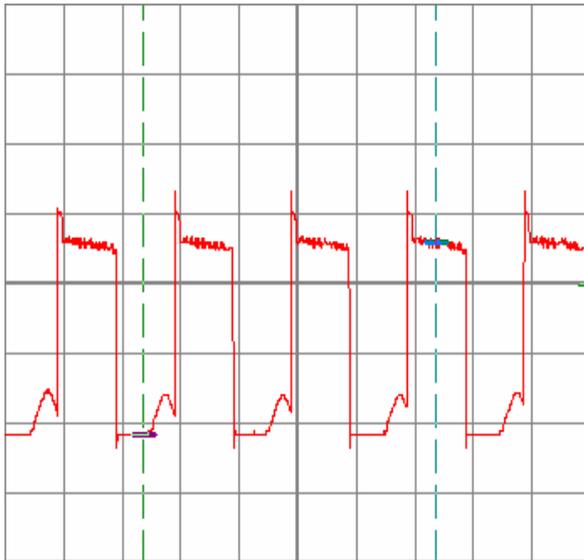
Tabel 8. Pengujian Lampu TL 10 W merek Focus 2 tanpa trafo Ballast dan kapasitor dengan tegangan catu 160 V.

| Frek (Hz) | Cos ϕ | Keterangan |
|-----------|------------|--|
| 50 | +0,99 | tidak menyala |
| 60 | +0,97 | menyala redup, flicker |
| 70 | +0,97 | menyala redup, flicker |
| 80 | +0,97 | menyala redup, flicker |
| 90 | +0,97 | menyala redup, flicker |
| 100 | +0,95 | menyala redup, agak flicker |
| 200 | +0,95 | menyala agak redup dan tidak terjadi flicker |
| 300 | +0,97 | menyala sempurna |
| 400 | +0,97 | menyala sempurna |
| 500 | +0,97 | menyala sempurna |
| 600 | +0,97 | menyala sempurna |
| 700 | +0,97 | menyala sempurna |
| 800 | +0,97 | menyala sempurna |
| 900 | +0,97 | menyala sempurna |
| 1000 | +0,97 | menyala sempurna |

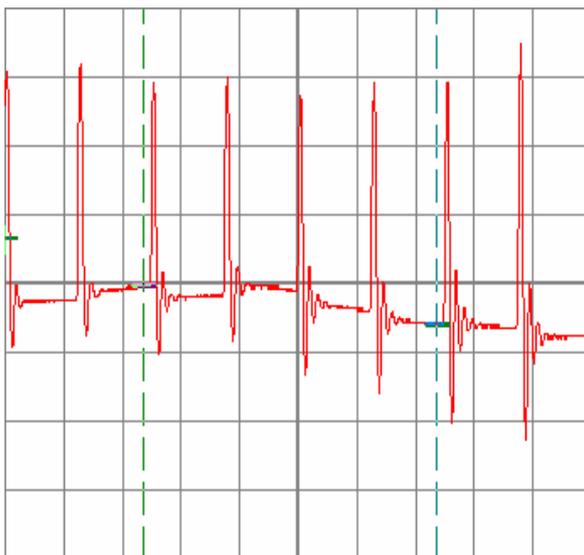
Pembahasan Pengujian Lampu TL tanpa Kapasitor dan tanpa Trafo Ballast

Pada frekuensi rendah (< 100 Hz) lampu TL menyala dengan flicker disebabkan karena tegangan *transient* yang dihasilkan oleh proses *switching* tidak seluruhnya (secara terus menerus) memiliki tegangan untuk mengakibatkan gas pada lampu TL mengalami *discharge*. Tegangan yang dihasilkan oleh proses *switching* kurang dari 100 Hz dapat dilihat pada gambar 7. Sedikitnya tegangan *transient* yang dapat menghasilkan gas pada lampu TL mengalami *discharge* menghasilkan aliran elektron pada filament lampu sangat terbatas. Aliran elektron yang tidak sempurna pada kedua filament lampu TL menghasilkan cahaya lampu TL kurang sempurna dan flicker.

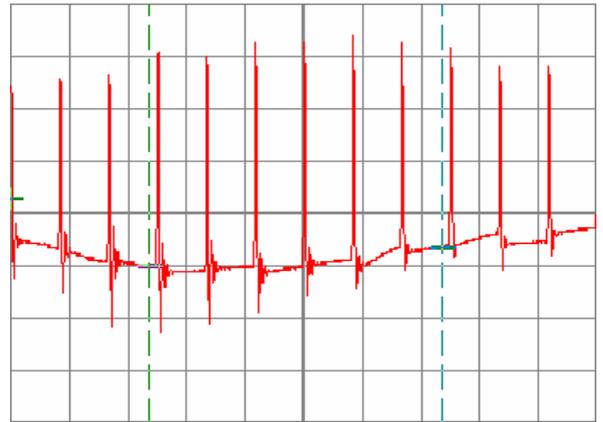
Lampu TL menyala dengan sempurna pada frekuensi *switching* lebih besar dari 500 Hz karena tegangan *transient* yang dihasilkan oleh proses *switching* sangat tinggi dan terjadi secara terus menerus, diperlihatkan pada gambar 8, sampai gambar 12. Tegangan *transient* yang tinggi dan terjadi secara terus menerus menghasilkan aliran elektron pada filament lampu TL sangat besar sehingga lampu TL menyala dengan sempurna.



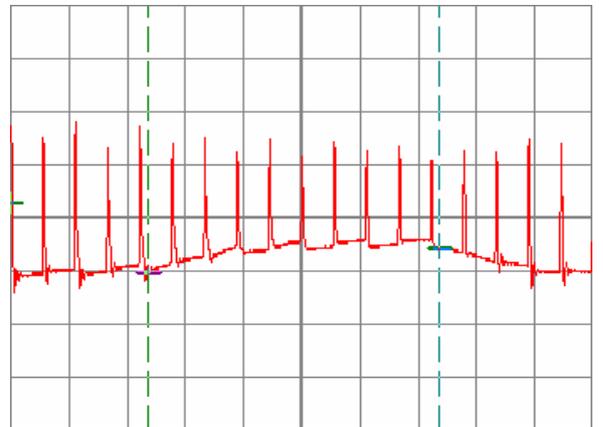
Gambar 7. Lampu TL Ekonomat 1 pada catu 160 V, frekuensi *switching* 90 Hz, tanpa kapasitor dan Trafo Ballast. Tegangan 50 V/Div, TB 5 ms/Div.



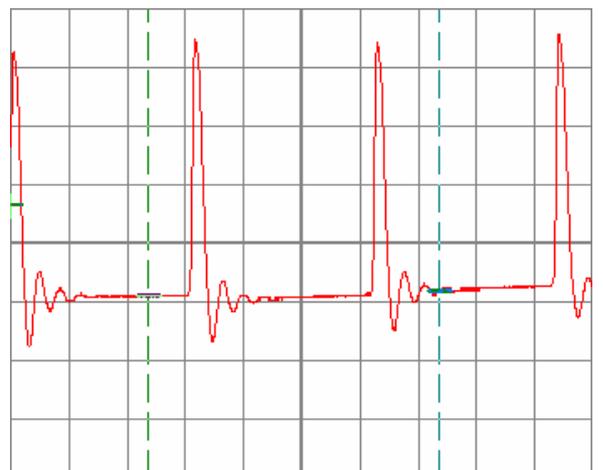
Gambar 8. Lampu TL Ekonomat 2 pada catu 160 V, frekuensi *switching* 800 Hz, tanpa kapasitor dan Trafo Ballast. Tegangan 100 V/Div, TB 0,5 ms/Div



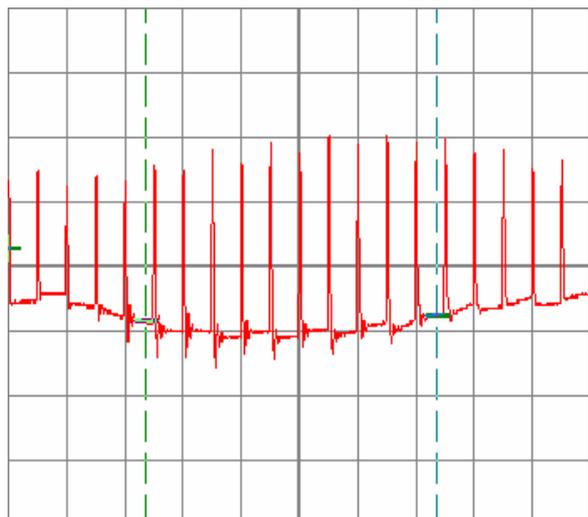
Gambar 9. Lampu TL Philips Life Max 1 pada catu 160 V, frekuensi *switching* 600 Hz, tanpa kapasitor dan Trafo. Tegangan 100 V/Div, TB 1 ms/Div



Gambar 10. Lampu TL Philips Life Max 2 pada catu 160 V, frekuensi *switching* 900 Hz, tanpa kapasitor dan Trafo. Tegangan 100 V/Div, TB 1 ms/Div.



Gambar 11. Lampu TL merek Focus 1 pada catu 160 V, frekuensi *switching* 800 Hz, tanpa kapasitor dan Trafo Ballast. Tegangan 100 V/Div, TB 1 ms/Div



Gambar 12. Lampu TL merek Focus 2 pada catu 160 V, frekuensi switching 1000 Hz, tanpa kapasitor dan Trafo Ballast. Tegangan 100 V/Div, TB 1 ms/Div

Switching dengan frekuensi lebih besar dari 800 Hz menghasilkan energi yang dikembalikan ke sumber menjadi makin banyak menghasilkan faktor daya ($\cos \phi$) menjadi sangat baik yaitu lebih besar dari 0,86 *leading*. Faktor daya lampu TL yang dinyalakan dengan trafo Ballast (bekerja secara elektro magnetik) sekitar 0,4 *lagging*. Induktor yang dipergunakan pada proses *switching* untuk menghasilkan tegangan *transient* yang besar (*overshoot*). Semakin besar ukuran induktor yang dipergunakan maka proses *switching* makin lambat. Semakin lambat frekuensi *switching* maka nyala lampu TL menjadi tidak sempurna. Hal ini dapat dilihat dari pengujian lampu TL memakai trafo ballast dengan pengujian lampu TL tanpa trafo ballast.

Fungsi trafo ballast pada lampu TL adalah untuk menghasilkan tegangan transient yang sangat besar pada saat start. Setelah lampu menyala kehadiran trafo ballast adalah merugikan karena trafo ballast sendiri menyerap daya aktif dan daya reaktif yang sangat besar sehingga mengakibatkan faktor daya menjadi buruk.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Kehadiran trafo ballast pada lampu TL adalah merugikan karena setelah lampu menyala keberadaan trafo ballast mengakibatkan faktor daya ($\cos \phi$) menjadi buruk.
2. Makin besar ukuran induktor yang dipergunakan pada proses *switching* menyebabkan frekuensi *switching* semakin lambat dan nyala lampu menjadi tidak sempurna.
3. Lampu TL dapat dipergunakan untuk memperbaiki faktor daya jika:
 - tidak mempergunakan *trafo ballast* dan
 - frekuensi *switching* tinggi $> 800\text{Hz}$
4. *Switching* pada frekuensi tinggi pada lampu TL dapat memperbaiki faktor daya hingga 0,86 *leading*, faktor daya lampu TL dengan trafo ballast 0,4 *lagging*.

Saran

1. Sudah saatnya trafo ballast pada lampu TL ditinggalkan dan diganti dengan *switching* frekuensi tinggi.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk melihat pengaruh tegangan *overshoot* pada proses *switching* terhadap umur lampu TL.

Daftar Pustaka

- [1] Alonso, J.M., Villegas, J.P., Blanco, C., Rico, M., 1997, A Microcontroller-Based Emergency Ballast for Fluorescent Lamps, IEEE Industrial Electronics Society Volume 44, hal. 207–216.
- [2] Cheng, L.H., Moo, S.C., Yen, C.H., Huang, H.S., 2001, *Single-Switch High Power Factor Electronic Ballast for Compact Fluorescent Lamps*, IEEE PEDS, hal. 764–769.
- [3] Liang, T.J., Cheng, C.A., Shyu, W.B., Chen, J.F., 2001, *Design Procedure for Resonant Components of Fluorescent Lamps Electronic Ballast Based on Lamp Model*, IEEE PEDS, hal. 618–622.
- [4] Moo, S.C., Lin, F.T., Cheng, L.H., Soong, J.M., 2001, *Electronic Ballast for Programmed Rapid Start Fluorescent Lamps*, IEEE PEDS, hal. 538–542.
- [5] Ogata, K., 1998, *Modern Control Engineering*, Prentice Hall, Singapore.