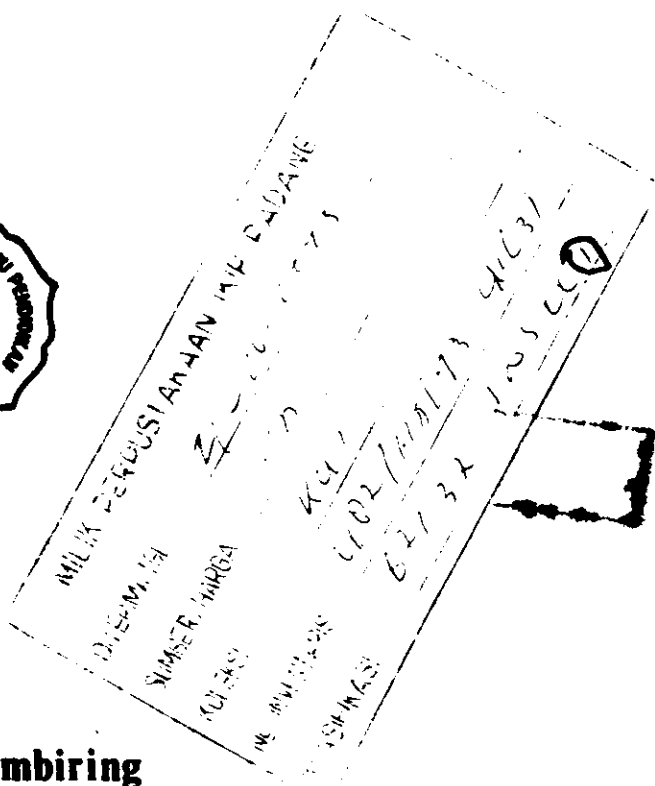


LAPORAN PENELITIAN

USAHA MEMPERKECIL KERUGIAN ENERGI PARA KONSUMEN PLN
DALAM INSTALASI PENERANGAN YANG MENGGUNAKAN LAMPU TL



Oleh :

Drs. Jamin Sembiring
(Ketua Tim Peneliti)

Penelitian ini dibiayai oleh :

Proyek Operasi dan Perawatan Fasilitas IKIP Padang
Tahun Anggaran 1991/1992

Surat Perjanjian Kerja No. : 70/PT37.H9/N.2.2/1991
Tanggal 13 September 1991

IKIP

INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN PADANG

1992



**USAHA MEMPERKECIL KERUGIAN ENERGI PARA KONSUMEN PLN
DALAM INSTALASI PENERANGAN YANG MENGGUNAKAN LAMPU TL**

Personalia Penelitian

Ketua : Drs. Jamin Sembiring

Anggota : Drs. Syamsuarnis

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

ABSTRAK

Lampu flourescent atau TL banyak sekali dipergunakan orang untuk penerangan baik di rumah tinggal, sekolah, perkantoran dan industri. Salah satu komponen yang terdapat dalam unit lampu TL adalah apa yang disebut ballast. Oleh orang awam ballast tersebut dikenal dengan sebutan Trafo Neon.

Ballast yang dipakai para konsumen antara lain merk Sinar, Starlite, Philips, dan Weltor. Masing-masing ballast tersebut ada yang berkapasitas 10 Watt/220 Volt, 20 Watt/220 Volt dan 40 Watt/220 Volt. Pemerintah dalam hal ini Perusahaan Listrik Negara (PLN) menganjurkan agar para konsumennya menggunakan lampu TL yang berfaktor kerja tinggi.

Namun demikian ballast TL tersebut umumnya berfaktor kerja rendah, khususnya ballast 20 Watt/220 Volt tidak memenuhi kriteria yang dianjurkan karena tidak lebih besar dari 0,5. Akibatnya ballast seperti ini menyerap daya relatif besar sehingga merugikan para konsumen.

Sehubungan dengan permasalahan di atas penelitian ini ingin melihat dan mendapatkan data mengenai faktor kerja, arus, daya aktif, dan daya semu, menetapkan ballast yang terbaik sesuai dengan ketentuan yang berlaku, memberikan rekomendasi kepada para konsumen listrik dalam usaha memperkecil kerugian energi pada penggunaan lampu TL.

Pertanyaan penelitian adalah ialah berapakah daya aktif, daya semu, arus dan faktor kerja masing-masing merk ballast sebelum dan sesudah dipasang kapasitor, berapakah kapasitas kapasitor (μF) yang cocok untuk perbaikan faktor kerja, berapakah perbandingan daya yang diserap oleh satu unit lampu TL antara yang memakai dan yang tidak memakai kapasitor.

Populasi penelitian ialah semua ballast TL 20 Watt / 220 Volt yang terdapat di Laboratorium Dasar Listrik FPTK IKIP Padang, sebanyak 120 buah dari 15 merk. Sampel diambil sebanyak 60 buah dengan teknik Proporsional Random Sampling.

Data dikumpulkan dengan teknik pengujian (pengukuran) di Laboratorium, dan setelah diolah dengan teknik perbandingan memperlihatkan hasil sebagai berikut:

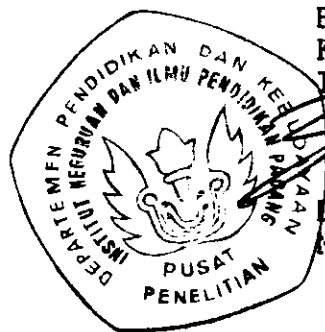
1. Lampu TL 20 Watt/220 Volt yang umumnya dipakai oleh para konsumen menggunakan ballast berfaktor kerja rendah, antara 0,35 sampai 0,49 Lagging, arusnya antara 0,30 sampai 0,53 Ampere, daya semu antara 66 sampai 116,6 VA, daya aktifnya antara 30 sampai 50 Watt.
2. Kapasitor yang paling baik untuk mempertinggi faktor kerja adalah kapasitas 4,5 uF.
3. Dengan memparalel kapasitor 4,5 uF terhadap ballast TL 20 Watt/220 Volt faktor kerjanya meningkat antara 0,73 sampai 0,99 Lagging, arusnya antara 0,16 sampai 0,25 Ampere, daya semunya antara 35,2 sampai 55,0 VA, daya aktifnya antara 33 sampai 42 Watt, lebih kurang setengah dari pada tanpa kapasitor. Kondisi di atas cukup realistis dalam usaha memperkecil rugi energi listrik dalam penggunaan lampu TL.

PENGANTAR

Penelitian merupakan salah satu karya ilmiah di perguruan tinggi. Karya ilmiah ini harus dilaksanakan oleh dosen IKIP Padang dalam rangka meningkatkan mutu, baik sebagai dosen maupun sebagai peneliti.

Oleh karena itu, Pusat Penelitian IKIP Padang berusaha mendorong dosen/peneliti untuk melakukan penelitian sebagai bagian dari kegiatan akademiknya. Dengan demikian mutu dosen/peneliti dan hasil penelitiannya dapat ditingkatkan.

Akhirnya saya merasa gembira bahwa penelitian ini telah dapat diselesaikan oleh peneliti dengan melalui proses pemeriksaan dari Tim Penilai Usul dan Laporan Penelitian Puslit IKIP Padang.



Padang, Februari 1992
Kepala Pusat Penelitian
IKIP Padang,

[Handwritten Signature]
Dr. Zainil, M.A.
NIP 130187088

UCAPAN TERIMA KASIH

Berkat Rahmat Allah SWT penelitian yang berjudul: **UBAHA
HEMPERKECIL KERUBIAN ENERGI PARA KONSUMEN PLN DALAM INSTALASI
PENERANGAN YANG MENGGUNAKAN LAMPU TL** ini telah dapat diselesaikan.

Dalam tahap-tahap kegiatan, peneliti telah mendapatkan bantuan yang tidak ternilai dari berbagai pihak. Sehubungan dengan itu dalam kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak tersebut, terutama kepada:

1. Rektor IKIP Padang selaku penanggung jawab pelaksanaan penelitian di dalam kawasan IKIP Padang.
2. Kepala Pusat Penelitian yang mengkoordinir pelaksanaan penelitian sekaligus berusaha mendapatkan dana.
3. Dekan FPTK IKIP Padang yang telah memberikan izin dan kemudahan pelaksanaan penelitian ini.
4. Ketua dan Sekretaris jurusan Pendidikan Teknik Elektro beserta staf dan teknisi yang telah membantu kelancaran penelitian ini.
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu penelitian ini.

Padang, Pebruari 1992.
Peneliti,

Drs. Jamin Sembiring.

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I : PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	2
B. Ruang Lingkup dan Pembatasan Masalah	12
C. Penjelasan Istilah	13
D. Tujuan Penelitian	14
E. Asumsi	14
F. Pertanyaan Penelitian	15
G. Kegunaan Hasil Penelitian	16
II : TINJAUAN KEPUSTAKAAN	17
A. Tinjauan Kepustakaan	17
B. Kerangka Konseptual	27
III : METODOLOGI	30
A. Rancangan Penelitian	30
B. Populasi dan Sampel	31
C. Jenis dan Sumber Data	33
D. Teknik dan Alat Pengumpul Data	34
E. Teknik Analisis Data	38
F. Prosedur Penelitian	40
G. Keterbatasan	41
IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN	42
A. Analisis Data	42
B. Pembahasan	60
V : KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	67
A. Kesimpulan	67
B. Rekomendasi	68
DAFTAR BACAAN	70

DAFTAR TABEL

TABEL	Halaman
1. Daftar Fluk Cahaya Lampu Untuk Tegangan 220 Volt	19
2. Karakteristik lampu TL Rapidstart sebelum diperbaiki faktor kerjanya	25
3. Karakteristik lampu TL Rapidstart sesudah diperbaiki faktor kerjanya	26
4. Persentase Arus, Daya Semu dan Rugi Energi setelah dinaikkan faktor kerja	27
5. Distribusi Populasi dan Sampel	32
6. Parameter Ballast TL 20 Watt/220 Volt Pengujian Tanpa Kapasitor	43
7. Parameter Ballast TL 20 Watt/220 Volt Pengujian Pakai Kapasitor (Kapasitor tetap, ballast diubah-ubah)	45
8. Parameter Ballast TL 20 Watt/220 Volt Pengujian Pakai Kapasitor (Ballast tetap, kapasitor diubah-ubah)	52
9. Perbandingan Parameter Listrik Ballast 20 Watt/ 220 Volt Antara Yang Kapasitor Dengan Yang Tidak Pakai Kapasitor	59

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Listrik merupakan salah satu energi yang sangat dibutuhkan oleh manusia modern dalam kehidupan sehari-hari di samping sandang dan pangan. Pada mulanya energi terutama digunakan orang untuk penerangan, namun kini telah merambah ke sektor-sektor lain, mulai dari peralatan yang sederhana sampai peralatan yang canggih. Untuk keperluan rumah tangga selain untuk penerangan, juga untuk peralatan yang lain, misalnya pengocok telur, penanak nasi, alat-alat hiburan, pengatur suhu ruangan (AC), semuanya memanfaatkan listrik. Demikian juga peralatan kantor, telekomunikasi serta industri-industri, semuanya membutuhkan energi listrik.

Kebutuhan akan energi listrik dirasakan semakin hari semakin meningkat. Sementara itu ada kalangan yang berpendapat makin bertambahnya konsumsi listrik per kapita di suatu daerah (negara), merupakan suatu indikasi bahwa tingkat kehidupan masyarakat daerah itu semakin meningkat pula.

Lampu-lampu penerangan untuk rumah tinggal, rumah sekolah, perkantoran, perpustakaan, laboratorium, dan tempat-tempat lainnya, selain menggunakan lampu pijar, kebanyakan menggunakan lampu flourescent atau TL.

Dibanding lampu pijar, lampu TL mempunyai keunggulan tersendiri, diantaranya warna cahaya yang dihasilkan lebih

putih, sehingga memberi kesan lebih terang. Sedangkan warna cahaya lampu pijar kekuning-kuningan, sehingga memberi kesan kurang terang. Selain itu usia lampu TL jauh lebih panjang dibanding lampu pijar. Dengan sistem instalasi yang bagus, usia lampu TL bisa mencapai 3 sampai 4 tahun. Dalam masa itu tidak perlu penggantian bolanya (tabung), berbeda dengan lampu pijar yang dalam waktu relatif singkat telah putus (perlu ditukar).

Disimak dari segi teknis, untuk pemakaian daya (Watt) yang sama besar, lampu TL menghasilkan cahaya hampir lima kali lebih besar dari pada lampu pijar. Misalnya sebuah lampu pijar dan sebuah lampu TL masing-masing berkapasitas 40W/220V. Lampu TL membangkitkan cahaya 2500 lumen, sedangkan lampu pijar hanya sekitar 500 lumen saja. Lumen adalah satuan intensitas cahaya yang dihasilkan lampu penerangan. Keuntungan-keuntungan seperti disebutkan di atas inilah yang antara lain menyebabkan konsumen listrik menggunakan lampu TL untuk penerangannya.

Sebagaimana diketahui, bahwa salah satu komponen listrik yang terdapat dalam unit lampu TL adalah apa yang disebut ballast. Oleh orang awam ballast tersebut dikenal dengan sebutan Trafo Neon.

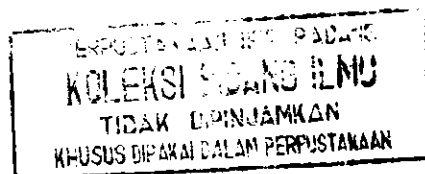
Ballast dapat dibuat dengan melilitkan kawat penghantar sedemikian rupa pada suatu inti besi sehingga membentuk kumparan (gulungan). Kumparan tersebut berfungsi dan mempunyai kemampuan menginduksikan tegangan gerak listrik

Jika ada perubahan fluks pada kumparannya. Oleh karena itu sebuah ballast mengandung Reaktansi Induktif (X_L) dalam satuan Ohm, serta Resistansi (R) dalam satuan Ohm. Hubungan antara besaran induktansi dan resistansi tersebut dinamakan Impedansi yang dilambangkan dengan huruf Z dalam satuan Ohm. Impedansi inilah yang antara lain mempengaruhi arus dan faktor kerja ($\cos \phi$) sebuah ballast TL.

Ballast yang ditemui atau yang diperjualbelikan di pasaran terdiri dari berbagai merk produksi, kapasitas dan kualitas (mutu). Merk yang dapat kita temui antara lain : Sinar, Starlite, Phillips, dan Weltor. Kapasitasnya antara lain : 10 Watt/220 Volt, 20 Watt/220 Volt, dan 40 Watt/220 Volt. Sedangkan kualitas dari berbagai merk itu sudah barang tentu tidak sama, ada yang baik, sedang, dan buruk.

Ballast yang berkualitas baik akan menginduksikan daya listrik dalam tingkat atau prosentasi yang tinggi, yang berarti kerugian dayanya relatif rendah. Sebaliknya ballast yang berkualitas buruk tentu saja menginduksikan daya dengan tingkat yang rendah pula, atau efisiensinya rendah.

Berkaitan dengan yang diuraikan pada paragraf 7 di atas, dalam rangkaian listrik pada lazimnya kita menjumpai dua (2) macam beban listrik (electric load), yakni beban resistif (resistive load) dan beban induktif (inductive load). Kedua jenis beban tersebut mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:



1. Beban Resistif

Beban resistif adalah beban yang semata-mata terdiri dari tahanan ohm saja, seperti lampu pijar dan alat pemanas. Beban ini mempunyai ciri-ciri bahwa daya yang dikonsumsinya semata-mata daya aktif.

2. Beban Induktif

Beban induktif adalah beban yang mengandung kumparan kawat yang dililit pada inti besi, seperti ballast TL atau mercury, motor listrik, alat las, dan transformator. Beban itu mempunyai ciri-ciri bahwa di samping mengkonsumsi daya aktif, ia juga menyedot daya reaktif yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet dalam beban-beban tersebut. (Pada beban resistif daya reaktifnya adalah nol). Penjumlahan geometris antara daya aktif dan daya reaktif disebut daya semu (apparent power).

$$\begin{array}{c} \longrightarrow \\ \text{Daya semu} \end{array} = \begin{array}{c} \longrightarrow \\ \text{Daya aktif} \end{array} + \begin{array}{c} \longrightarrow \\ \text{Daya reaktif} \end{array}$$

Daya aktif dinyatakan dalam satuan Watt atau kilo Watt, yaitu daya yang melakukan usaha yang sebenarnya (effective power). Daya reaktif dinyatakan dalam satuan VAR atau kVAR, sedangkan daya semu dinyatakan dalam satuan VA atau kVA. Kapasitas semua aparat-aparat listrik seperti Transformator, Generator, dan daya PLN dinyatakan dengan daya semu yaitu dalam satuan kVA.

Perbandingan antara daya aktif terhadap daya semu, disebut faktor kerja (power factor) atau $\cos \phi$.

$$\text{Faktor kerja } (\cos \phi) = \frac{\text{daya aktif}}{\text{daya semu}}$$

Makin besar daya reaktif suatu beban, makin kecil pula faktor kerjanya.

Masalah Yang Ditimbulkan Oleh Beban Induktif

1. Untuk daya terpasang tertentu (PLN atau GENSET), apabila terdapat banyak beban induktif (motor-motor + lampu TL) menyebabkan faktor kerjanya rendah sekali, maka daya aktif yang dibangkitkan akan jauh lebih kecil dibandingkan daya semunya.
Andaikan sebuah pabrik menggunakan GENSET dengan kapasitas 200 kVA. Apabila beban induktifnya mempunyai $\cos \phi = 0,5$ maka daya aktif = $0,5 \times 200 = 100$ kW. Dengan perkataan lain, GENSET tidak dimanfaatkan secara penuh. Dalam keadaan seperti ini, apabila dipergunakan daya aktif lebih besar dari 100 kW, maka GENSET akan berbeban lebih, yang berakibat bahwa GENSET akan panas bahkan bisa terbakar.
2. Untuk daya aktif (kW) tertentu, apabila $\cos \phi$ rendah, maka dibutuhkan kapasitas daya (daya semu) GENSET yang cukup besar dan penampang kabel transmisi maupun distribusinya yang cukup besar agar mampu menyalurkan daya yang besar tersebut.

Contoh:

- a. Suatu pabrik dengan beban total 100 kW. Apabila $\cos \phi = 0,5$ maka dibutuhkan GENSET dengan:

$$\text{Daya semu} = \frac{100}{0,5} = 200 \text{ kVA.}$$

Untuk itu dibutuhkan kabel distribusi yang berpenampang 150 mm^2 .

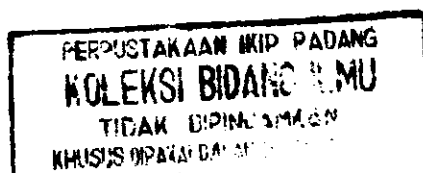
- b. Jika beban pabrik tersebut di atas mempunyai $\cos \phi = 0,95$ maka dibutuhkan GENSET dengan:

$$\text{Daya semu} = \frac{100}{0,95} = 105,263 \text{ kVA.}$$

Untuk menyalurkan daya sebesar itu cukup dengan menggunakan kabel distribusi berpenampang 95 mm^2 .

Jadi berdasarkan uraian di atas, jelaslah bahwa apabila faktor kerja rendah, maka investasi modal untuk GENSET atau TRAFD maupun kabel menjadi besar. Untuk daya aktif tertentu, bila faktor kerja rendah, maka dibutuhkan arus listrik yang besar dalam usaha menghantarkan daya listrik pada sepanjang kabel maupun dalam GENSET. Akibatnya akan menimbulkan kehilangan energi (current heat losses).

Pada paragraf di atas telah dijelaskan bahwa faktor kerja sebuah ballast TL dipengaruhi oleh nilai reaktansi induktifnya. Jika nilai reaktansi induktifnya besar, harga faktor kerja akan turun (rendah). Lampu-lampu TL yang dipakai di negara kita umumnya menggunakan ballast dengan



faktor kerja relatif rendah, lebih kurang 0,45. Faktor kerja yang sangat rendah akan menyebabkan lampu-lampu TL mengkonsumsi daya listrik hampir mencapai dua kali lipat dari pada daya aktif lampu TL tersebut. Menurut hasil pengamatan sementara peneliti bahwa :

- a. Lampu TL 20W/220V dalam kenyataannya mengkonsumsi daya semu sebesar 70 VA, arusnya 0,32 Ampere.
- b. Lampu TL 40W/220V dalam kenyataannya mengkonsumsi daya semu 78 VA, arusnya 0,345 Ampere.

Lampu-lampu TL tersebut di atas diuji tanpa menggunakan kapasitor, sedangkan merk ballastnya "Sinar". Data-data tersebut di atas memberi indikasi kepada kita bahwa faktor kerja ballastnya sangat rendah.

Secara teknis, faktor kerja tersebut dapat diperbaiki atau ditingkatkan. Perbaikan atau peningkatannya dapat dilakukan dengan cara memasang kapasitor secara paralel terhadap ballast tersebut dengan kapasitas yang cocok. Jika kapasitas kapasitor yang dipasang sesuai dengan yang diperlukan, faktor kerjanya bisa mencapai antara 0,80 sampai dengan 0,95.

Seberapa banyak daya semu yang dikonsumsi oleh sebuah TL, tidak banyak orang awam yang mengetahuinya. Orang awam sering mengartikan bahwa daya semu sama dengan daya

aktif. Bahkan sering timbul pertanyaan dari mereka mengapa sekering di rumah mereka sering putus, atau Mini Circuit Breaker (MCB) sering jatuh, padahal daya yang dipakai belum mencapai daya terpasang (daya tersedia). Dengan menjumlahkan angka daya semu dan arus listrik yang sesungguhnya dikonsumsi oleh seluruh lampu TL akan dapat menjelaskan kepada mereka mengapa sekering induk sering putus.

Di atas telah diuraikan angka daya semu (VA) dan arus listrik (Ampere) real dikonsumsi oleh lampu-lampu TL yang disebabkan oleh ballast berfaktor kerja rendah. Dengan sendirinya dengan daya terpasang PLN tertentu, lebih sedikit lampu TL dapat dipasang. Andaikan daya terpasang PLN di sebuah rumah sebesar 1300 VA, sistem tegangan 220 Volt, ingin dipasang lampu TL 20W/220V. Karena TL 20 Watt mengkonsumsi 77 VA, paling banter kita hanya dapat memasang TL sebanyak $1300/77 \approx 17$ buah saja. Lebih dari itu sekering akan putus jika lampu tersebut dinyalakan semuanya.

Di pihak lain jika kita mengajukan permohonan penyambungan listrik ke PLN untuk rumah atau kantor baru misalnya, dengan angka faktor kerja yang rendah akan mengakibatkan kebutuhan daya total terpasang menjadi sangat besar. Dengan lain perkataan terjadi pemborosan biaya penyambungan, karena dengan daya terpasang lebih besar, biayanya lebih besar pula.

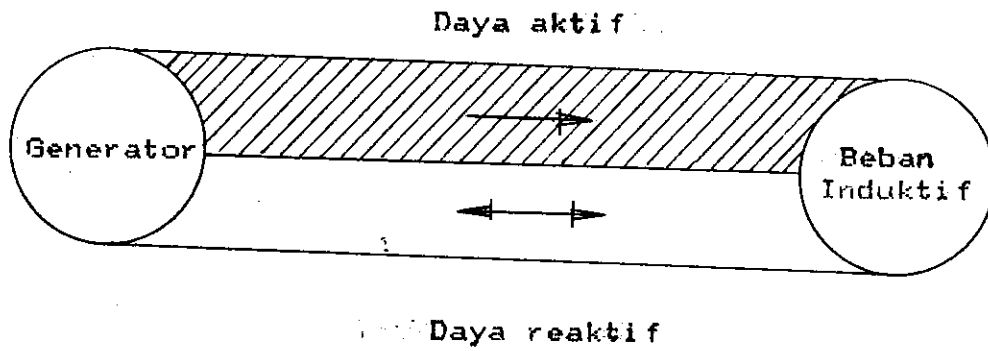
Sebagai suatu ilustrasi mengenai masalah yang

dipaparkan di atas ini adalah sebagai berikut:

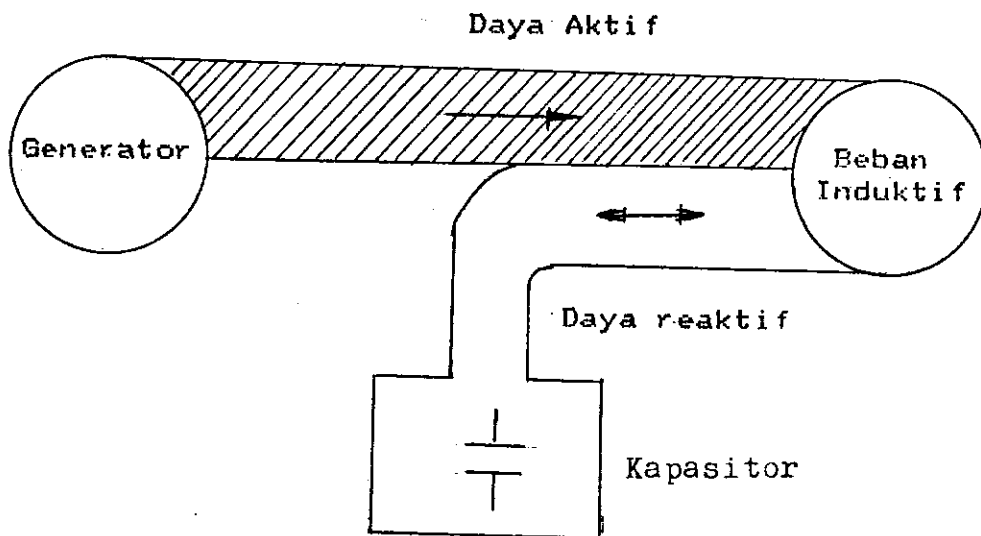
Misalkan sebuah rumah akan dipasang 18 buah TL 20W/220V. Daya yang disedot tiap TL 20W/220V adalah 77 VA. Jadi total daya diperlukan sebesar $77 \text{ VA} \times 18 = 1386 \text{ VA}$. Jadi daya terpasang PLN haruslah 1386 VA. Apabila faktor kerjanya dapat ditingkatkan menjadi sekitar 0,8 - 0,9, maka total daya yang diperlukan hanya sekitar 540 VA. Daya terpasang PLN cukup hanya 650 VA.

Kini didapat cara untuk memperbaiki faktor kerja rendah ini, yaitu dengan memasang kondensator pada masing-masing unit lampu TL itu. Kondensator ini berfungsi mempertinggi faktor kerja unit-unit lampu TL sehingga mendekati (0,8 - 0,9), dan mengurangi kerugian. Cara pemasangan kondensator tersebut adalah dihubungkan paralel dengan ballast. Ukuran/kapasitansi kapasitor yang cocok untuk sebuah TL tertentu dapat ditetapkan dengan cara tertentu pula. Pemasangan kapasitor secara paralel sebenarnya berfungsi mengkompensir daya reaktif yang disedot oleh ballast, karena ballast termasuk kelompok beban induktif. Dalam rangka memperlihatkan pengaruh pemasangan kapasitor terhadap beban induktif yang tenaga listriknya disuplai oleh generator, di bawah ini dibuat suatu diagram.

Keadaan Tanpa Kapasitor



Keadaan Sesudah Dipasang Kapasitor



Berdasarkan kedua diagram di atas dapat dijelaskan bahwa:

1. Sebelum Kapasitor Dipasang:

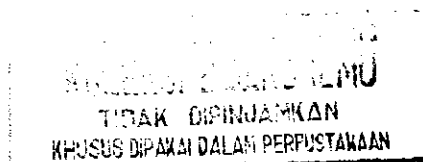
Daya aktif dan daya reaktif yang diserap oleh beban induktif seluruhnya dilayani oleh generator, akibatnya daya semu (kapasitas) dari generator menjadi besar.

2. Setelah Kapasitor Dipasang:

Seluruh atau sebagian besar daya reaktif yang diperlukan beban induktif dilayani oleh kapasitor, dengan demikian tugas generator kini hanya melayani (menyuplai) daya aktif saja, sehingga menjadi ringan, dengan demikian daya semu (kapasitas) menjadi kecil.

Dari ilustrasi di atas dapat disimpulkan bahwa proses kompensasi daya reaktif sangat tergantung dari kualitas ballast itu sendiri. Apabila nilai resistansi dan reaktansi yang dikandung ballast itu relatif besar, atau dengan kata lain mutu ballast kurang baik, maka daya reaktif yang harus dikompensasi juga besar. Selain itu akan menyebabkan drop tegangan pada jaringan listrik. Mengkompensasi daya reaktif yang cukup besar dibandingkan daya aktifnya sendiri sangatlah sulit.

Sebagaimana diketahui bahwa faktor kerja sebuah beban listrik selain mempunyai nilai atau besaran kuantitatif, juga mengandung arah atau sudut tertentu. Arah faktor kerja tersebut mungkin mendahului (leading) atau tertinggal (lagging) terhadap tegangannya.



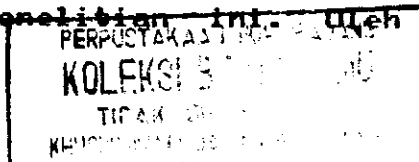
Jika setelah dipasang kapasitor ternyata nantinya arah faktor kerja ballast-ballast tersebut leading terhadap tegangannya, dianggap tidak baik atau tidak memenuhi syarat, karena keadaan seperti ini berarti pengaruh kapasitor terlalu besar (dominan). Faktor kerja berarah leading tidak diinginkan dalam perencanaan instalasi listrik, yang diinginkan adalah faktor kerja dengan arah lagging.

Dengan demikian, walaupun ternyata bahwa faktor kerjanya tinggi, tetapi karena arahnya leading, dalam penetapan atau pemilihan ballast yang baik, kelompok-kelompok tersebut tidak masuk nominasi.

B. Ruang Lingkup dan Pembatasan Masalah

Secara umum permasalahan yang akan dipecahkan sudah tergambar pada judul penelitian ini maupun pada latar belakang masalah. Namun demikian, untuk mendapatkan kesatuan pandangan, memperjelas dan mempertajam objek penelitian ini, perlu rasanya dikemukakan ruang lingkup dan pembatasan masalah penelitian ini.

Banyak faktor yang mempengaruhi hasil pengujian dalam rangka usaha memperkecil kerugian energi pada instalasi penerangan lampu TL antara lain, suhu ruangan, kecermatan alat-alat ukur yang digunakan. Oleh karena terbatasnya waktu, maka faktor-faktor yang disebut di atas itu tidak dimasukkan dalam ranah penelitian ini. Oleh sebab itu



penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Ruang lingkup yang akan diteliti adalah:

Seluruh merk ballast lampu TL 20 Watt/220 Volt yang biasa dipergunakan dan yang diperdagangkan di pasar.

2. Aspek yang diteliti adalah parameter dari ballast tersebut, yang mencakup faktor kerja, daya listrik, arus yang disedot masing-masing ballast dari berbagai merk baik sebelum maupun sesudah diperbaiki faktor kerjanya.

Kemudian membandingkan dan menganalisis perubahan faktor kerja, maupun arus yang disedot setelah diusahakan perbaikan faktor kerja dari ballast berbagai jenis merk tersebut. Dengan demikian penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang berkaitan dengan ilmu keteknikan, dalam hal ini Teknik Listrik dan Instalasi Listrik.

C. Penjelasan Istilah

Untuk mendapatkan kesatuan pandangan terhadap istilah-istilah yang dipakai dalam judul penelitian ini, peneliti merasa perlu menjelaskannya.

Memperkecil Kerugian Energi berarti suatu usaha mengurangi energi yang hilang pada beban listrik. Dalam kata ini terkandung makna kualitas dalam artian peningkatan atau perbaikan mutu beban listrik menjadi lebih baik atau efisiensi yang lebih tinggi. Instalasi berasal dari bahasa Inggris *Installation* yang berarti pemasangan, penyambungan

alat-alat listrik secara baik dan tepat sesuai dengan aturan yang berlaku.

D. Tujuan Penelitian

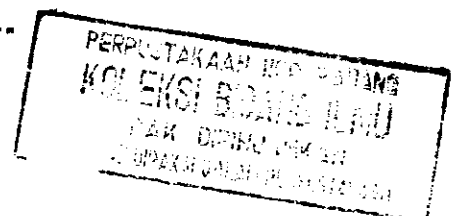
Penelitian ini dirancang dan dilaksanakan dengan tujuan:

1. Melihat dan mendapatkan data mengenai faktor kerja, arus, daya aktif, dan daya semu sebelum dan sesudah dipasang kapasitor.
2. Menentukan jenis ballast yang terbaik sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
3. Memperoleh gambaran yang akan digunakan sebagai rekomendasi terhadap para konsumen listrik sehubungan dengan usaha memperkecil kerugian energi dalam instalasi penerangan yang menggunakan lampu TL.

E. Asumsi

Untuk melaksanakan penelitian ini dikemukakan beberapa asumsi yaitu:

1. Ballast-ballast yang dipasarkan oleh produsen telah diuji coba sehingga secara teknis layak dipakai.
2. Faktor kerja ballast dapat diperbaiki dengan cara memasang kapasitor secara paralel.
3. Para konsumen awam sering mengartikan daya terpasang (dalam satuan VA) sama dengan daya nyata (dalam satuan Watt). Oleh karena itu mereka sering bertanya-tanya daya yang dipakai lebih kecil dari pada daya yang tersedia, tetapi sekring selalu putus.

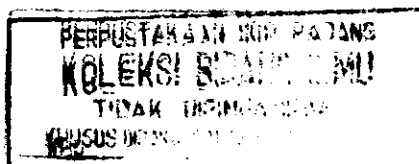


4. Para konsumen listrik umumnya belum mengetahui cara menghemat pemakaian energi listrik, khususnya untuk sistem penerangan dengan lampu TL.

F. Pertanyaan Penelitian

Bertolak dari permasalahan yang dikemukakan pada bagian sebelumnya dan mengingat pentingnya penghematan energi listrik, maka akan diajukan pertanyaan sebagai berikut:

1. Berapakah daya aktif, arus, daya semu, dan faktor kerja yang disedot oleh masing-masing merk ballast sebelum dipasang kapasitor sebagai pengkompensasi daya reaktif?
2. Berapakah daya aktif, arus, daya semu, dan faktor kerja yang disedot oleh masing-masing merk ballast sesudah dipasang kapasitor dari berbagai kapasitas (μF) sebagai pengkompensasi daya reaktif?
3. Berapakah kapasitas kapasitor (μF) yang cocok atau efektif untuk perbaikan faktor kerja berbagai jenis/merk ballast TL 20 Watt/220 Volt?
4. Berapakah perbandingan daya yang diserap oleh satu unit lampu TL yang diuji di Laboratorium antara yang memakai kapasitor dengan yang tidak memakai kapasitor?

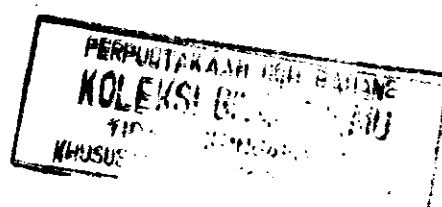


MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

G. Kegunaan Hasil Penelitian

Penelitian ini diharapkan berguna bagi:

1. Para konsumen listrik pada umumnya yaitu sebagai informasi dan pertimbangan dalam memilih merk ballast yang akan dipasang pada unit lampu TL demi penerangan rumah, kantor maupun tempat lainnya.
2. Para konsumen listrik dalam rangka usaha penghematan energi listrik berkaitan dengan tarif yang akan dibayar.
3. Perusahaan Listrik Negara (PLN) selaku pengelola energi listrik dalam rangka bahan anjuran ke pihak konsumen demi penghematan pemakaian energi listrik.



BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

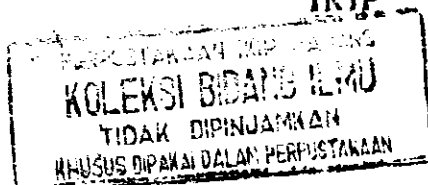
A. Tinjauan Kepustakaan

Penerangan yang baik akan mempengaruhi hasil kerja dan kenyamanan bekerja seseorang di dalam ruangan. Fungsi utama penerangan di dalam suatu ruangan/gedung adalah untuk menciptakan lingkungan visual yang nyaman dan berpengaruh baik kepada prestasi kerja.

Sejak awal, perencanaan penerangan suatu gedung harus dipikirkan, yaitu suatu hubungan timbal balik antara penerangan alami siang hari dengan penerangan buatan. Penerangan buatan digunakan untuk menunjang dan melengkapi penerangan alami secara berimbang. Untuk ruangan yang sangat luas hanya sebahagian saja yang terjangkau oleh penerangan alami siang hari, sehingga perlu dibuat penerangan buatan yang permanen. Juga penerangan buatan diperlukan untuk penerangan di malam hari sehingga suasana kerja, sama dengan suasana di siang hari.

Lampu penerangan untuk perumahan dan perkantoran, dewasa ini umumnya menggunakan lampu flourescent (TL), karena lampu tersebut hanya sedikit bahkan hampir tidak menimbulkan bayangan. Selain itu warna cahaya yang dipancarkannya lebih putih, sehingga memberi kesan lebih terang, usianya (life time) lebih lama jika dibandingkan dengan lampu pijar, akan tetapi boros daya listrik jika faktor kerjanya rendah (buruk).

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG



Sebelum instalasi penerangan dipasang, perlu terlebih dahulu direncanakan sedemikian rupa sehingga harga keseluruhan instalasi tersebut, termasuk ongkos pemasangan dan perawatan semurah mungkin, serta kerugian/kehilangan energi yang diakibatkan oleh komponen-komponen lampu pada sistem instalasinya sekecil mungkin pula, akan tetapi harus memenuhi syarat-syarat dan peraturan instalasi listrik yang berlaku.

Perencanaan penerangan sebuah ruangan/bangunan ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain keadaan ruangan, kekuatan penerangan yang dibutuhkan, jenis lampu yang akan dipergunakan, fluk lampu, efisiensi penerangan dan depresiasi penerangan. Untuk itu jumlah lampu yang diperlukan dapat dihitung dengan rumus yang disarankan oleh B.L Theraja (1977) sebagai berikut:

$$n = \frac{E \times A}{F \times \eta \times d}$$

keterangan : n = jumlah lampu

E = iluminasi yang diperlukan dalam lux

A = luas ruangan dalam m²

F = fluk lampu dalam lumen

η = efisiensi penerangan

d = depresiasi penerangan dalam %.

Dari rumus di atas jelas bahwa, besar kecilnya fluk lampu sangat menentukan jumlah lampu yang akan dipasang. Semakin besar fluk yang dihasilkan oleh sebuah lampu, maka jumlah lampu yang dibutuhkan untuk sebuah ruangan akan semakin kecil, dan begitu pula sebaliknya, jika semakin kecil fluk yang dihasilkan oleh sebuah lampu, maka jumlah lampu yang dibutuhkan³ semakin banyak. Oleh sebab itu Syamsuarnis (1989) menyarankan untuk menghemat pemakaian energi listrik (daya lampu), maka sebaiknya dipakai lampu-lampu hemat energi. Kita ketahui bahwa kekuatan penerangan antara satu lampu dengan lampu lainnya tidaklah sama walaupun menyerap daya yang sama. Sebagai perbandingan di bawah ini dikutip penemuan Philips (1988 : 18/39) dan (1988 : 243/257) tentang lumen/fluk beberapa macam /jenis lampu.

Tabel 1. Daftar Fluk Cahaya Lampu Untuk Tegangan
Untuk Tegangan 220 Volt.

Jenis lampu	Daya Lampu (Watt)	Kode Lampu	Fluk Cahaya (Lumen)
1	2	3	4
Pijar	15	Clear Lamp	120
	25	Clear Lamp	230
	40	Clear Lamp	430
	60	Clear Lamp	730
	75	Clear Lamp	960
	100	Clear Lamp	1380
	150	Clear Lamp	2440
	200	Clear Lamp	3150
	300	Clear Lamp	4850
	500	Clear Lamp	8400
1000	Clear Lamp	18800	

1	2	3	4
Pijar	2000	Clear Lamp	40000
	25	Argenta K.Lamp	190
	40	Argenta K.Lamp	375
	60	Argenta K.Lamp	640
	75	Argenta K.Lamp	840
	100	Argenta K.Lamp	1200
	150	Argenta K.Lamp	1880
Pijar	200	Argenta K.Lamp	2650
	40	Argenta Superlux	400
	60	Argenta Superlux	670
	75	Argenta Superlux	890
	100	Argenta Superlux	1280
	150	Argenta Superlux	2060
Flourescent (TL)	200	Argenta Superlux	2900
	18	TL D 18 W	1450
	20	TL M 20 W RS	1250
	40	TL M 40 W RS	3250
	60	TL M 65 W RS	4700

Dengan melihat perbandingan lumen beberapa jenis lampu pada tabel di atas, kita dapat memilih lampu-lampu yang berlumen tinggi demi mendapatkan intensitas penerangan yang tinggi pada suatu ruangan dan sekaligus sebagai salah satu usaha penghematan energi listrik.

Masyarakat konsumen listrik sengaja mengurangi konsumsi listriknya dan daya terpasang (kontrak) agar rekening bulanan kecil, namun efeknya terhadap kenyamanan bekerja sering terlupakan.

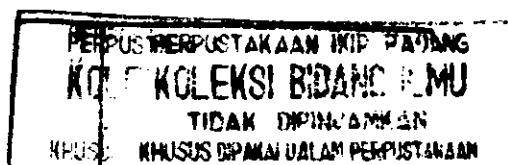
Usaha lain demi penghematan energi listrik yaitu dengan mematikan lampu-lampu sekiranya tidak diperlukan. Selain itu dapat pula dilakukan dengan menjadwalkan pemeliharaan pada sistem penerangan dan alat-alat lainnya.

Bila kita perhatikan sistem pemeliharaan yang dilakukan para konsumen listrik pada umumnya tidak menunjang usaha penghematan pemakaian energi listrik. Pada umumnya yang dilakukan hanya penggantian lampu bila telah putus atau rusak, tidak melakukan perawatan atau pemeliharaan, padahal pemeliharaan dan perawatan secara periodik memegang peranan yang sangat penting demi mempertahankan tingkat penerangan yang dibutuhkan dan penggunaan energi yang efektif.

Hal tersebut sejalan dengan penemuan Syamsuarnis (1989) yang mengadakan penelitian tentang usaha menuju efisiensi penggunaan energi listrik di IKIP Padang. Beliau menemukan bahwa perawatan terhadap instalasi penerangan yang meliputi perawatan/pembersihan lampu-lampu penerangan belum pernah dilakukan kecuali penggantian komponen yang rusak.

Lampu TL terdiri dari beberapa komponen pokok seperti: tabung, sepasang fitting, starter, dan ballast. Komponen-komponen ini mempunyai fungsi dan tugas yang antara satu dengan lainnya saling melengkapi dan terpadu secara elektrik sehingga lampu TL dapat memancarkan cahaya.

Tabung berfungsi sebagai alat pemancar cahaya, karena di dalam tabung tersebut terdapat gas neon. Fitting berfungsi selain sebagai tempat kedudukan tabung juga berfungsi sebagai terminal melalukan arus ke tabung. Starter berfungsi sebagai saklar penunda waktu (time relay switch).

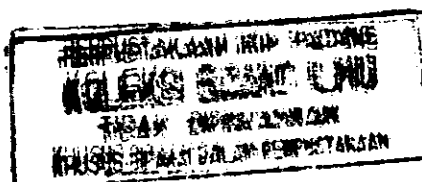


Pada saat lampu dihubungkan dengan tegangan bolak-balik terjadi pemanasan mula yang menyebabkan starter tersebut dalam waktu yang singkat sekali menghubungkan kedua filamen (elektroda) tabung. Pemanasan mula-mula ini menyebabkan emisi elektron di dalam tabung dari anoda ke katoda ditandai dengan timbulnya bunga api pada starter, dan tabung berkedip-kedip mau menyala. Ballast merupakan kumparan (lilitan kawat) berisi inti besi yang memiliki kemampuan menginduksikan gaya gerak listrik jika ada perubahan fluks yang melingkupinya. Sukarsono (1979) menyatakan bahwa fungsi ballast dalam unit TL adalah:

1. Memberikan pemanasan mula terhadap elektroda untuk penyediaan elektron bebas dalam jumlah banyak.
2. Memberikan gelombang potensial yang cukup besar untuk menimbulkan bunga api antara kedua elektroda.
3. Mencegah terjadinya peningkatan arus bunga api agar tidak melebihi batas yang telah ditentukan.

Sebuah ballast biasanya dipasang untuk melayani satu buah tabung, tetapi ada kalanya satu buah ballast digunakan untuk melayani dua buah tabung dalam satu unit.

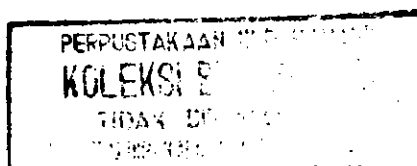
Besarnya daya listrik terpasang (maximum demand) yaitu daya disediakan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) untuk seorang konsumen didasarkan atas dua pertimbangan utama yaitu :



1. Banyaknya daya aktif yang diperlukan, tentu saja berkaitan dengan banyaknya beban listrik yang akan dilayani.
2. Faktor kerja beban yang dilayani tersebut.

Misalkan sebuah rumah hendak dipasang lampu TL 20 Watt/220 Volt sebanyak 15 buah. Diasumsikan faktor kerjanya 0,46 Dengan anggapan bahwa tiap unit TL menyerap daya sebesar 40 Watt (20 Watt untuk ballast + 20 Watt untuk tabung), maka daya aktif yang diperlukan sebanyak 15×40 Watt = 600 Watt. Jika faktor kerja 0,46, daya semu yang diperlukan adalah $600/0,46 = 1300$ VA. Menurut golongan tarif PLN yang berlaku, maka beban 1300 VA tersebut termasuk tarif R3.

Penerangan rumah tinggal dan kantor-kantor pemerintah termasuk dalam katagori non komersial, lebih-lebih lagi jika beban listrik mereka termasuk dalam tarif R_1 , R_2 , dan R_3 yaitu untuk daya 450 VA, 900 VA, dan 1300 VA. Daya yang tersedia tersebut akan efisien penggunaannya (rugi energi sekecil mungkin) jika faktor kerja masing-masing beban yang dilayaninya cukup baik. Dengan perkataan lain dapat disebutkan bahwa faktor kerja beban sangat penting demi penghematan energi listrik. Itulah sebabnya mengapa PLN menganjurkan para langgananya agar berusaha memaksimalkan faktor kerja, agar kerugian energi dapat ditekan.

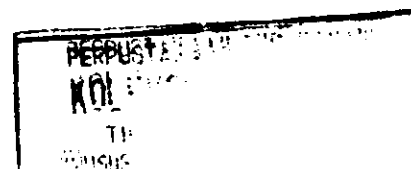


Menurut informasi atau laporan-laporan yang penulis kumpulkan, diantaranya dari Dirjen Energi Departemen Pertambangan dan Energi, Dr. A. Arismunandar pada siaran Berita Nasional TVRI tanggal 16 September 1990, mengatakan bahwa Indonesia merupakan negara yang paling boros menggunakan energi listrik jika dibandingkan dengan negara-negara lain. Di kalangan ASEAN saja, Indonesia menduduki ranking teratas dalam hal pemborosan energi listrik, sedangkan dalam hal konsumsi listrik per kapita berada pada papan bawah (peringkat terendah).

Pemborosan ini disebabkan oleh berbagai faktor, diantaranya karena kualitas komponen listrik yang bermutu rendah, ketidaktahuan para konsumen cara menghemat energi tersebut, kurangnya perawatan/pemeliharaan, kebocoran pada instalasi sebagai akibat pemasangan yang tidak benar.

Berkaitan dengan masalah penghematan energi listrik, Abdul Hadi (1986) menyarankan PLN agar mendidik para konsumen listrik untuk penghematan energi, misalnya dengan memakai peralatan yang efisien, jika peralatan tersebut merupakan beban induktif (termasuk lampu TL) harus dengan faktor kerja yang baik.

Pada daerah-daerah beban padat, atau di daerah yang jarak antara konsumen dengan gardu distribusi (GD) relatif jauh, sering kita temui bahwa lampu TL tidak dapat menyala dengan baik, bahkan kadang-kadang tidak dapat menyala jika dihidupkan menjelang senja (magrib). Penyebabnya yaitu

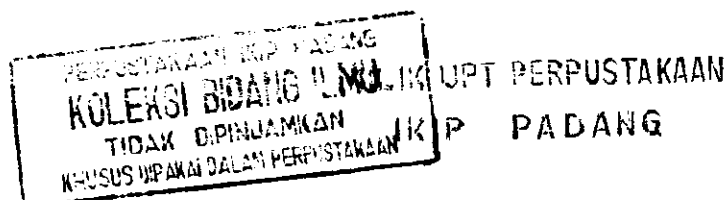


karena tegangan distribusinya turun (drop tegangan) yaitu sebagai dampak dari pada faktor kerja yang buruk. Hal ini dibenarkan oleh Sujono (1981) yang melakukan pengujian mengenai masalah karakteristik lampu TL Rapidstart (tanpa starter). Ia mengujinya di Laboratorium, lalu mendapatkan data bahwa untuk satu unit lampu TL 20 Watt/220 Volt dengan ballast merk Starlite seperti tabel di bawah ini.

Tabel 2. Karakteristik Lampu TL Rapidstart sebelum diperbaiki faktor kerjanya.

voltage	watt	merk ballast	faktor kerja	arus yang disedot	daya semu
220 V	20 W	Starlite	0,350	0,34 A	74,8 VA
220 V	40 W	Starlite	0,526	0,38 A	83,6 VA

Kemudian lampu-lampu TL Rapidstart itu ia pasang pada perumahan/pemukiman padat penduduk yang Gardu Distribusinya berjarak 2,2 km. Ternyata lampu tersebut tidak dapat menyala dengan sempurna jika dihidupkan pada saat memasuki magrib. Bahkan sama sekali tidak dapat menyala jika dihidupkan antara jam 20.00 sampai dengan 22.00. Penyebabnya yaitu turun tegangan (drop voltage) sebagai akibat dari pada impedansi ballast yang cukup besar. Voltage atau tegangan yang seharusnya 220 Volt, kenyataannya hanya 170 Volt.



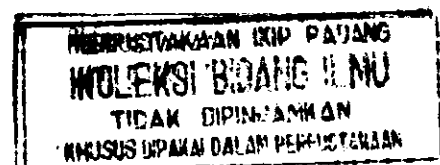
Dengan tegangan 170 Volt, ternyata lampu TL yang faktor kerjanya sudah diperbaiki sebagaimana diperlihatkan pada tabel 3 di bawah ini dapat menyala dengan sempurna.

Tabel 3. Karakteristik Lampu TL Rapidstart sesudah diperbaiki faktor kerjanya.

voltage	watt	merk ballast	faktor kerja	arus yang disedot	daya semu
220 V	20 W	Starlite	0,815	0,145 A	31,9 VA
220 V	40 W	Starlite	0,823	0,24 A	52,8 VA

Temuan yang senada dikemukakan oleh Hendri (1989) dan Yusrizal (1990) yang masing-masing melakukan pengujian turun tegangan oleh sejumlah lampu TL dan efektifitas/penyebaran cahaya pada suatu ruangan oleh lampu TL. Mereka sampai pada suatu kesimpulan bahwa semua ballast TL mulai dari kapasitas 10 W/220 V sampai dengan 60 W/220 V mempunyai faktor kerja kurang dari 0,6.

Sebagai standar atau perbandingan untuk menetapkan apakah sebuah ballast jika diparalel dengan sebuah kapasitor dengan nilai tertentu telah memenuhi syarat untuk perbaikan faktor kerja, arus, dan daya semu di bawah ini dikutip temuan Departemen Pertambangan dan Energi Listrik (1988) seperti di bawah ini.

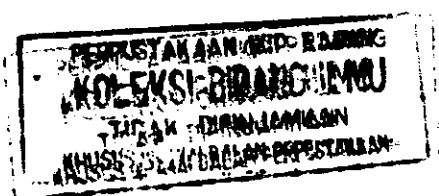


Tabel 4. Persentase Arus, Daya Semu dan Rugi Energi setelah dinaikkan faktor kerja.

Cosphi semula	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
Cosphi telah ditingkatkan	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9
Pengurangan arus listrik dan daya semu (VA)	37,5%	44,5%	25,0%	33,0%	12,5%	22,0%
Pengurangan kehilangan energi pada kabel	61,0%	69,0%	43,5%	55,5%	23,0%	39,5%

B. Kerangka Konseptual

Besarnya daya listrik yang terpakai/dipergunakan dalam suatu instalasi penerangan dapat diketahui dengan cara menjumlahkan daya yang tertera pada label setiap lampu. Adakalanya daya terpakai berdasarkan penjumlahan daya masing-masing lampu tersebut, sebenarnya masih di bawah daya tersedia dari PLN, akan tetapi Mini Circuit Breaker (MCB) sering jatuh. Hal ini disebabkan karena besar daya (Watt) pada label (name plat) sebuah lampu TL tidak sama dengan besar Watt yang digunakan. Biasanya daya yang digunakan lebih besar dari pada yang tertera pada label. Untuk itu perlu diamati penyebab/pengaruh yang menyebabkan hal tersebut.



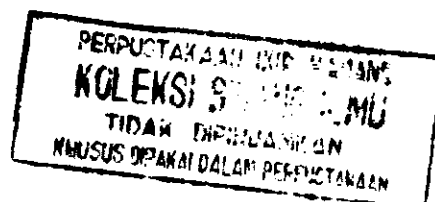
MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

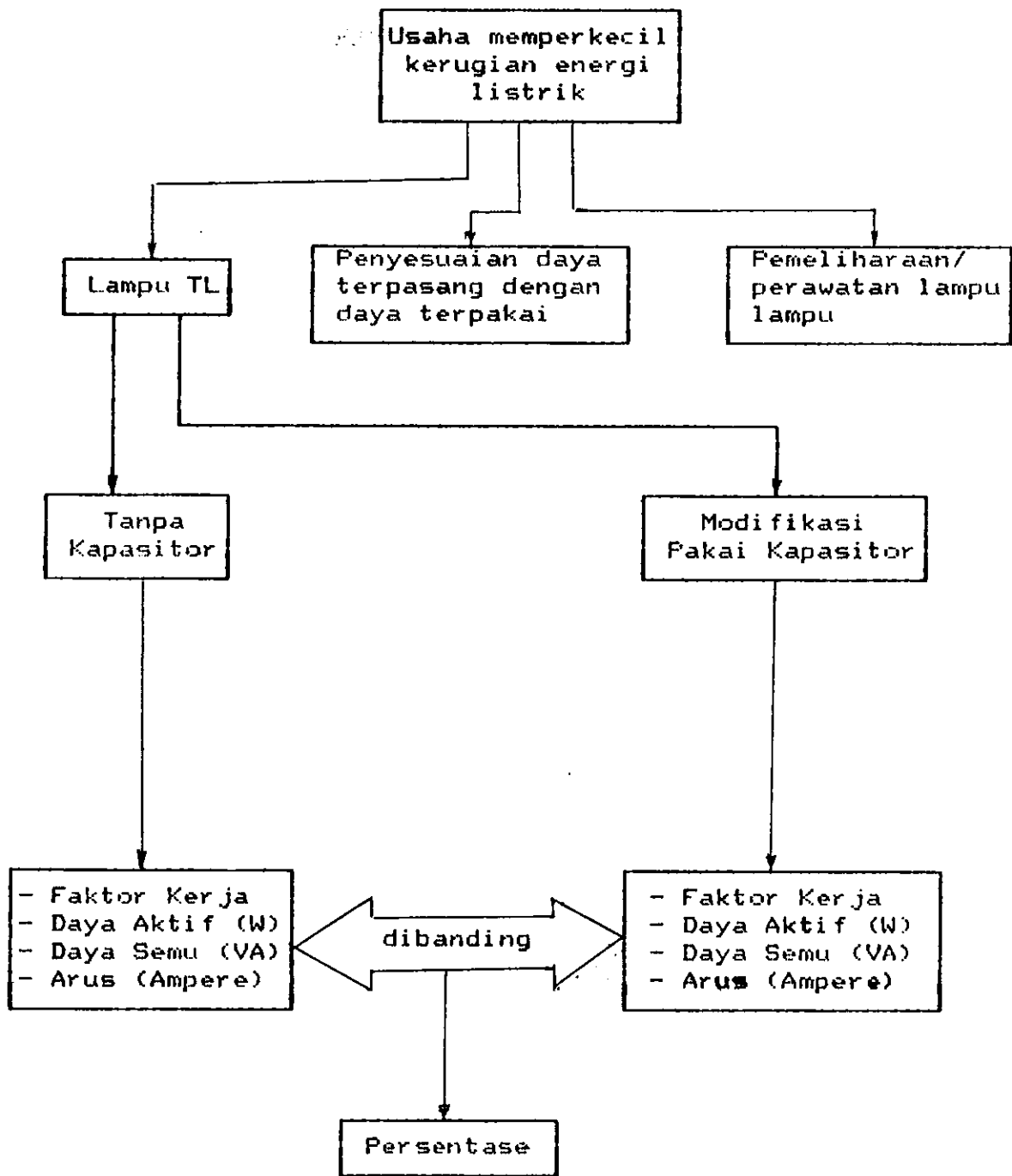
Penghematan energi listrik pada instalasi penerangan dapat dilakukan dengan beberapa usaha, antara lain:

1. Menggunakan lampu hemat energi.
2. Penyesuaian antara daya terpasang dengan daya terpakai.
3. Perawatan/pemeliharaan lampu tersebut.

Lampu TL termasuk kelompok lampu hemat energi dengan ketentuan jika faktor kerjanya cukup baik. Dengan faktor kerja yang baik, arus maupun daya semu (VA) yang diserap unit lampu itu relatif kecil, sehingga kerugian daya semakin berkurang.

Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan diagram pada halaman berikut ini.





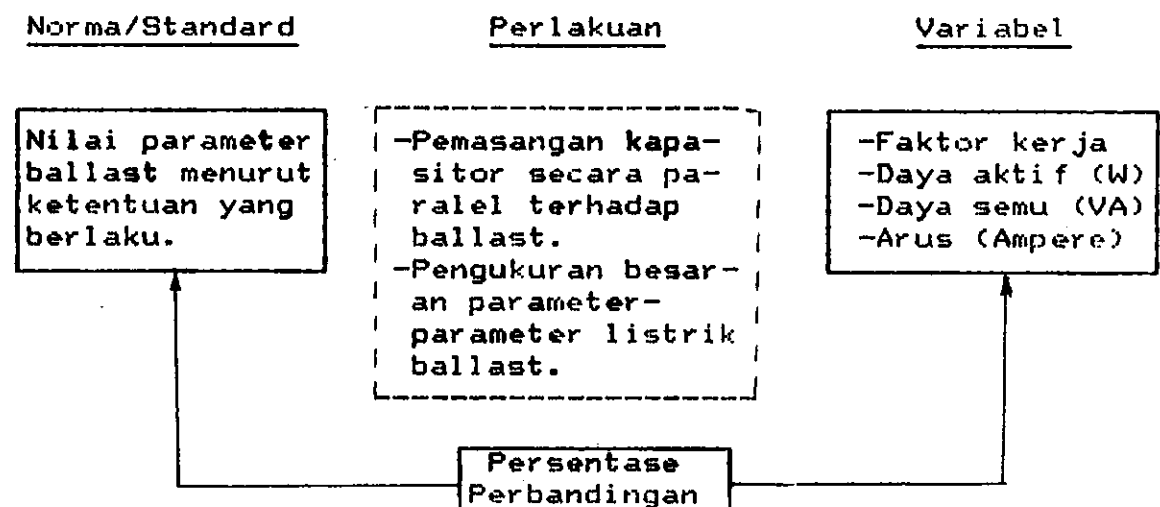
PERPUSTAKAAN IKIP PANG
KOLEKSI BIDANG ILMU
 TIDAK DIPINJAMKAN
 KHUSUSNYA DALAM PERPUSTAKAAN

BAB III
METODOLOGI

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dirancang dalam bentuk deskriptif dengan teknik survei. Sesuai dengan bentuknya, penelitian ini bermaksud untuk mengungkapkan kondisi atau karakteristik listrik beberapa macam merk ballast lampu TL yang banyak dipakai oleh konsumen, khususnya mengenai faktor kerja, arus, daya aktif, dan daya semu. Hasil pengukuran dianalisis serta dilakukan pembahasan dengan ketentuan yang berlaku sesuai dengan tujuan yang akan dicapai. Hasil pembahasan dibandingkan dengan standart yang ada, sehingga diperoleh suatu kesimpulan tentang usaha memperkecil kerugian energi listrik. Selanjutnya dikemukakan saran-saran perbaikan sebagai rekomendasi terhadap usaha penghematan penggunaan energi listrik bagi masyarakat.

Rancangan Penelitian

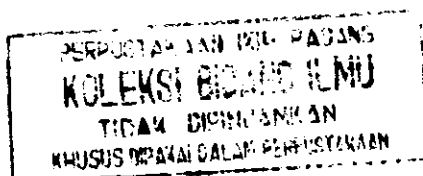


PERPUSTAKAAN UNIP PADANG
KOLEKSI BAHAN AJAR
TIDAK DIPINJAMKAN
KHUSUS DIPAKAI DALAM PENELITIAN

B. Populasi dan Sampel

Sebagai populasi dalam penelitian ini adalah semua ballast lampu TL20 Watt/220 Volt yang terdapat di Laboratorium Dasar Listrik FPTK IKIP Padang, terdiri dari 15 merk/jenis yang masing-masing merk/jenis ada sebanyak 8 buah. Sehingga total populasi adalah $15 \times 8 = 120$ buah.

Karena jumlah populasi relatif banyak, maka diambil sampel untuk diteliti dalam rangka untuk mendapatkan data-data yang diperlukan. Mengingat data-data yang diperlukan pada penelitian ini diperoleh melalui pengujian di Laboratorium, maka dipandang layak jika ditetapkan sampelnya sebanyak 4 buah untuk tiap merk/jenis. Penetapan seperti ini secara arbiter saja. Cara pengambilan sampel untuk masing-masing merk/jenis dilakukan secara acak. Dengan demikian jumlah sampel adalah $15 \times 4 = 60$ buah. Rincian populasi dan sampel tersebut diperlihatkan pada tabel 5 di bawah ini.



Tabel 5. Distribusi Pupulasi dan Sampel

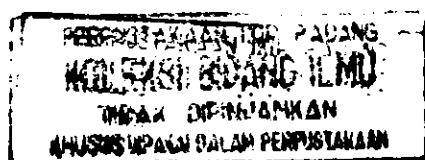
No.	Merk/jenis ballast	Populasi (buah)	Sampel (buah)
1.	Philips (WS)	8	4
2.	Amico	8	4
3.	Sinar	8	4
4.	Broco	8	4
5.	Starlite	8	4
6.	Triangle	8	4
7.	Tens	8	4
8.	Sanwa	8	4
9.	Philips (Hld)	8	4
10.	Weltor	8	4
11.	Osaka	8	4
12.	Atco	8	4
13.	Polamp	8	4
14.	Nasional	8	4
15.	G.E.C	8	4
J u m l a h		120	60

C. Jenis dan Sumber Data

a. Jenis Data

Jenis data yang akan dikumpulkan sesuai dengan yang telah dikemukakan pada sub bab ruang lingkup dan pembatasan masalah, yaitu :

1. Faktor Kerja. Yakni perbandingan antara nilai resistansi dan impedansi dari seluruh ballast lampu TL. Data yang diperoleh melalui beberapa kali pengukuran, diambil nilai rata-ratanya.
2. Daya Aktif. Yakni daya listrik sesungguhnya (dalam satuan watt) yang disedot oleh berbagai merk ballast yang menjadi sampel.
3. Daya semu. Yakni daya listrik yang tidak sesungguhnya (apparent power) dalam satuan Volt-Ampere, atau daya listrik yang merupakan perkalian antara tegangan dan arus.
4. Arus. Yakni besarnya daya (satuan ampere) yang disedot oleh ballast-ballast sampel tersebut. Arus tersebut merupakan perbandingan antara daya aktif dan tegangan ($I_s = P/V$ ampere).
5. Kapasitas Kapasitor. Yakni komponen yang berfungsi memperbaiki faktor kerja ballast lampu TL.



MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

b. Sumber Data

Data-data yang diperlukan di atas diperoleh dari pengujian ballast-ballast yang dijadikan sampel penelitian. Ballast tersebut sebanyak 15 merk berkapasitas 20 W/220 V. Pengujian dilakukan berulang kali dengan maksud agar data yang diperoleh dapat dipercaya (valid).

D. Teknik dan Alat Pengumpul Data

1. Teknik Pengumpul Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh melalui pengujian (pengukuran) yang dilaksanakan di Laboratorium Dasar Listrik FPTK IKIP Padang. Pengukuran dilaksanakan dalam dua tahap utama. Tahap pertama ballast diuji tanpa kapasitor dan tahap kedua ballast diuji dengan memasang kapasitor secara paralel.

Pada tahap pertama tersebut peneliti ingin mendapatkan besaran/nilai parameter listrik seluruh ballast yang berupa: Faktor Kerja, Arus, Daya nyata dan Daya Semu. Parameter-parameter ini semuanya dicatat dalam sebuah tabel (lihat tabel 6).

Pada tahap kedua peneliti mengadakan pengujian nilai besaran/parameter listrik seluruh ballast dengan kapasitor terpasang paralel yang berupa: Faktor Kerja, Arus, dan

Daya. Parameter yang diperoleh disusun dalam tabel (lihat tabel 7).

2. Alat Pengumpul Data

Alat pengumpul data atau instrumen yang dipergunakan terdiri dari Wattmeter, Voltmeter, Ampermeter dan Cos ϕ meter. Wattmeter adalah alat ukur untuk mengukur besarnya daya, ampermeter adalah alat ukur untuk mengukur besarnya arus, voltmeter adalah alat ukur untuk mengukur besarnya tegangan, sedangkan Cos ϕ meter adalah alat ukur untuk mengukur besarnya faktor kerja.

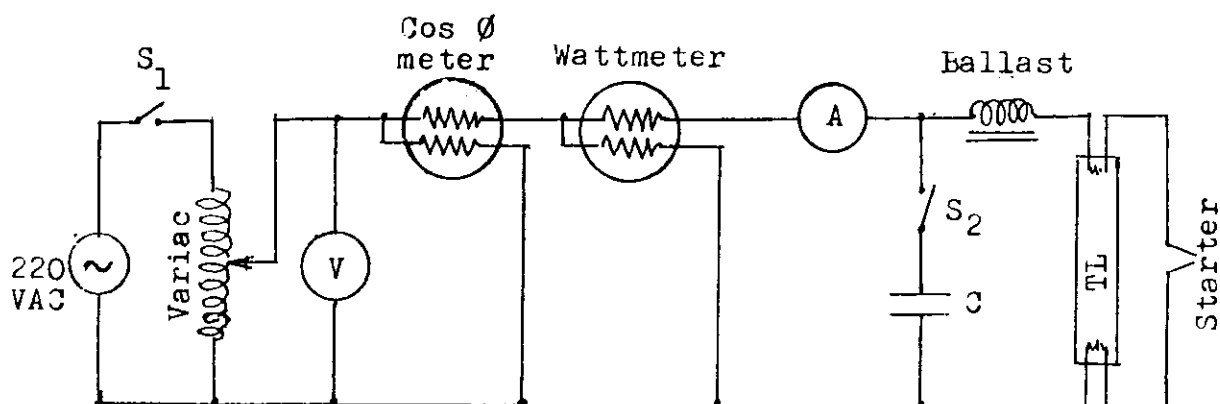
Masing-masing alat ukur tersebut mempunyai tingkat kecermatan atau kelas yang berbeda-beda. Selain kelas yang berbeda-beda, merk dan pabriknya juga berbeda. Walaupun ada perbedaan tingkat kecermatan dan keluarannya sebagaimana diuraikan di atas, satu hal yang pasti bahwa semua alat ukur yang disebutkan di atas dalam keadaan baik, penunjukannya dapat dipercaya sesuai dengan kelasnya. Karakteristik/data-data masing-masing alat ukur tersebut seperti pada halaman berikut ini.

1. Wattmeter
- Merk : Yokogawa
Type/Model : PD-310
Kelas : 0,5
Rating Tegangan : 60, 120, 240 Volt
Rating Arus : 0,5 - 1,0 Amper
Frekuensi : 50 Hz
Keluaran : Yokogawa-Japan
2. Ampermeter
- Merk : Meco
Model : SPT/No. 5163
Kelas : 1,0
Rating Arus : 6 Amper
Rating Tegangan : 240 Volt
Frekuensi : 50 Hz
Keluaran : Bombay Meco Inst
PVT.Co.Ltd India
3. Voltmeter
- Merk : Unigor A 42 P
Kelas : 1,5
Frekuensi : 50 Hz
Rating Tegangan : 240 Volt
Keluaran : BBC Metra Watt
India

4. Cos ρ meter	Merk/No.	: Hinki/3304
	Kelas/Fase	: 2,0/1 & 3
	Frekuensi	: 50 Hz
	Rating Tegangan	: 240 Volt
	Keluaran	: Hioko Electric Corp. Japan

5. Slide Regulator Kapasitas : 0,5 kVA

Alat-alat ukur ini semuanya dirangkai sedemikian rupa sehingga merupakan suatu rangkaian terpadu untuk mengukur besaran-besaran/parameter listrik yang diinginkan. Perhatikan rangkaian di bawah ini.



Gambar 1. Rangkaian Pengukuran

Keterangan : Untuk melakukan percobaan pertama, saklar S2 tetap dalam keadaan off, artinya tanpa kapasitor. Untuk melakukan percobaan kedua saklar S2 ditutup, artinya pakai kapasitor, yang dapat diatur nilainya. Sedangkan tegangan sumber dipertahankan konstan sebesar 220 Volt.

E. Teknik Analisis Data

Setelah data-data terkumpul, dilakukan proses analisis data sebagai berikut:

1. Tabulasi Data

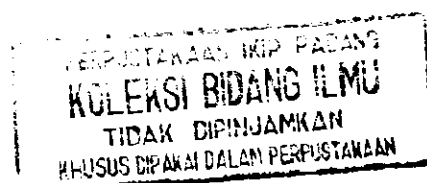
Hasil pengukuran parameter listrik seluruh merk ballast 20 Watt/220 Volt yang pengujiannya tanpa kapasitor ditabulasikan yang hasilnya diperlihatkan pada tabel 6. Nilai parameter listrik yang meliputi besaran Faktor Kerja, Arus (Amper), dan Daya (Watt) adalah hasil rata-rata dari empat kali percobaan/pengukuran, dalam arti bahwa ballast ditukar empat kali untuk merk yang sama. Hal ini dimaksudkan agar data-data yang diperoleh tersebut lebih akurat, dapat dipercaya. Interval waktu antara pengujian pertama dan kedua, antara ke dua dan ketiga, dan antara ketiga dengan ke empat selama 5 menit. Hal ini dimaksudkan agar ballast dan komponen lainnya kembali kepada kondisi semula (steady state).

Hasil pengukuran parameter listrik seluruh ballast 20 Watt/220 Volt yang pengujiannya setelah dipasang kapasitor, ditabulasikan yang hasilnya diperlihatkan pada tabel 7. Kapasitor yang dipasang untuk setiap ballast terdiri dari 8 tingkat nilai yang dalam pelaksanaannya ditukar-tukar sedemikian rupa mulai dari nilai yang terendah sampai nilai yang tertinggi. Untuk setiap tingkat nilai kapasitor dilakukan pengujian terhadap ke 15 merk ballast, yang masing-masing merk dilakukan sebanyak empat kali pergantian/penukaran. Data-data untuk setiap kali penukaran ballast dicatat, kemudian dijumlahkan dengan percobaan lainnya, selanjutnya diambil nilai rata-rata untuk masing-masing parameter, seterusnya disusun dalam tabel. Sesudah selesai percobaan untuk satu tingkat nilai kapasitor, dilanjutkan untuk nilai kapasitor berikutnya, lalu diambil nilai rata-ratanya.

Perlu ditambahkan, bahwa baik pada pengujian tanpa kapasitor maupun sesudah dipasang kapasitor tegangan sumber dipertahankan konstan sebesar 220 Volt yang dapat diatur melalui sebuah Slide Regulator.

2. Prosesing Data

Untuk menggambarkan bagaimana mengatasi kerugian energi para konsumen listrik dalam instalasi penerangan yang menggunakan lampu TL, ada empat parameter listrik utama yang mendapat perhatian, yaitu :



- a. Faktor Kerja
- b. Arus yang disedot (Amper)
- c. Daya yang disedot (Watt)
- d. Daya semu (VA)

Ke-empat parameter tersebut dibandingkan antara hasil percobaan pertama dan kedua. Kemudian dipilih yang terbaik sesuai dengan ketentuan yang ada.

F. Prosedur Penelitian

Sebelum penelitian ini dilaksanakan, terlebih dahulu proposal diajukan ke Pusat Penelitian IKIP Padang melalui jalur yang telah ditentukan oleh Pusat Penelitian IKIP Padang itu sendiri. Setelah usulan disetujui oleh pihak pemberi dana, dalam hal ini Puslit IKIP Padang, maka selanjutnya dilakukan penandatanganan kontrak dan sekaligus pembuatan disain oprasional penelitian.

Selanjutnya dilakukan penyusunan/pemilihan instrumen sebagai alat untuk pengumpul data. Tahap berikutnya adalah tahap pelaksanaan, yaitu berupa pengumpulan data, kemudian mengolah dan menganalisis data, kegiatan pengolahan data dilaksanakan antara lain mentabulasikan data yang diperoleh, dan prosesing data.

Sebagai langkah terakhir adalah penyusunan laporan penelitian yang meliputi penyusunan draf pertama, revisi draf dan perbanyakkan serta penjilidan laporan terakhir.

G. Keterbatasan

Penelitian ini terbatas untuk meneliti kualitas ballast lampu TL 20 Watt/220 Volt kaitannya dengan penghematan pemakaian energi listrik pada instalasi penerangan lampu TL.

Terdapat beberapa faktor atau kondisi yang mempengaruhi hasil penelitian ini antara lain:

1. Suhu ruangan tempat melakukan pengujian (Laboratorium).
2. Tegangan dan frekuensi sumber tenaga rangkaian uji.
3. Kecermatan alat-alat ukur yang dipergunakan.

Khusus untuk kondisi pertama di atas tidak dapat dikontrol dengan seksama oleh karena Labor Dasar Listrik tidak dilengkapi dengan alat pengatur suhu ruangan. Sedangkan untuk kondisi ke dua dan ke tiga dapat diatasi secara optimal, karena sumber tegangan rangkaian uji dapat diatur melalui Slide Regulator, sehingga tegangannya konstan. Demikian pula mengenai alat-alat ukur, sebelum digunakan terlebih dahulu dikalibrasi sehingga kecermatannya dapat dipercaya sesuai dengan kelasnya (range).

Namun demikian, karena kelas alat-alat ukur yang dipergunakan/tersedia termasuk sedikit kurang cermat (kelasnya antara 0,5 sampai dengan 2,0), sehingga hasil pengukuran karakteristik beberapa ballast hampir atau mendekati sama.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Data

Analisis data bertujuan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian yang diajukan sebelumnya. Data-data yang telah diperoleh dianalisis dengan cara mengaitkannya kepada masing-masing pertanyaan tersebut.

Pertanyaan pertama berbunyi:

Berapakah daya aktif, arus, daya semu, dan faktor kerja yang disedot oleh masing-masing merk ballast sebelum dipasang kapasitor sebagai pengkompensasi daya reaktif?

Untuk menjawab pertanyaan di atas, telah terkumpul data yang diperlukan yang diperoleh melalui pengukuran terhadap setiap ballast yang dijadikan sampel. Data-data tersebut disusun dalam sebuah tabel yang merupakan nilai rata-rata dari empat kali pengukuran. Hasil selengkapnya mengenai parameter-parameter listrik ke 15 merk ballast tersebut adalah seperti terlihat pada tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Parameter Ballast TL 20 W/220 V
Pengujian Tanpa Kapasitor.

No.	Merk Ballast	Daya Aktif (Watt)	Arus (A)	Daya Semu (VA)	Faktor kerja
1.	Philips (W.G)	34	0,37	81,4	0,41
2.	Amico	37	0,42	92,4	0,40
3.	Sinar	38	0,37	81,4	0,46
4.	Broco	34	0,41	90,2	0,42
5.	Starlite	50	0,34	74,8	0,35
6.	Triangle	39	0,39	85,8	0,42
7.	Tens	34	0,38	83,6	0,41
8	Sanwa	34	0,36	79,2	0,42
9.	Philips (Hld)	38	0,35	77,0	0,49
10.	Weltor	39	0,37	81,4	0,45
11.	Osaka	48	0,39	85,8	0,42
12.	Atco	44	0,53	116,6	0,39
13.	Polamp	30	0,36	79,2	0,38
14.	Nasional	37	0,39	85,8	0,41
15.	G.E.C	38	0,30	66,0	0,40
Jumlah		374	5,73	1182,2	6,23
Rata-rata		38,26	0,382	79,0	0,415

Pertanyaan ke dua berbunyi:

Berapakah daya aktif, arus, daya semu, dan faktor kerja yang disedot oleh masing-masing merk ballast sesudah dipasang kapasitor dari berbagai kapasitas (μF) sebagai pengkompensasi daya reaktif?

Pertanyaan ini diajukan dengan maksud untuk melihat sejauhmana kualitas setiap ballast yang ada di Laboratorium Dasar Listrik FPTK IKIP Padang yang pada umumnya tipe semacam itu dipergunakan oleh para konsumen.

Ballast-ballast tersebut diuji parameter kelistrikannya dengan memasang kapasitor secara paralel terhadap ballast itu sendiri. Ballast yang baik tidak hanya ditentukan oleh tingginya nilai faktor kerja saja, akan tetapi besarnya daya dan arus yang diserapnya merupakan faktor-faktor penentu kualitas suatu ballast. Demikian pula arah faktor kerja ballast tersebut, apakah mendahului atau tertinggal dari tegangannya. Untuk melihat kondisi di atas, dipasang kapasitor berbagai kapasitas yang ditukar secara bergantian. Hasil selengkapnya parameter-parameter listrik setiap ballast yang dijadikan sampel dapat dilihat pada tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Parameter Ballast TL 20 Watt/220 Volt
Pengujian Pakai Kapasitor.
(Kapasitor tetap, ballast diubah-ubah)

Kapasitor (μF)	Merk Ballast	Daya Aktif (Watt)	Arus (Amp)	Daya Semu (VA)	Faktor Kerja (Cos ϕ)
1	2	3	4	5	6
1,625	Philips (WG)	34	0,28	61,6	0,56 Lagging
	Amico	34	0,27	59,4	0,53 Lagging
	Sinar	37	0,24	52,8	0,56 Lagging
	Broco	34	0,25	55,0	0,64 Lagging
	Starlite	33	0,32	70,4	0,61 Lagging
	Triangle	39	0,27	59,4	0,57 Lagging
	Tens	34	0,25	55,0	0,56 Lagging
	Sanwa	35	0,30	66,0	0,76 Lagging
	Philips (Hld)	38	0,20	44,0	0,72 Lagging
	Weltor	35	0,23	50,6	0,76 Lagging
	Osaka	42	0,30	66,0	0,75 Lagging
	Atco	38	0,40	88,0	0,46 Lagging
	Polamp	38	0,26	57,2	0,51 Lagging
	Nasional	38	0,25	55,0	0,52 Lagging
	G.E.C	36	0,23	50,6	0,72 Lagging

1	2	3	4	5	6
2,25	Philips (WG)	34	0,24	52,8	0,67 Lagging
	Amico	34	0,23	50,6	0,61 Lagging
	Sinar	37	0,21	46,2	0,69 Lagging
	Broco	34	0,21	46,2	0,77 Lagging
	Starlite	33	0,29	63,8	0,69 Lagging
	Triangle	39	0,23	50,6	0,64 Lagging
	Tens	34	0,22	48,4	0,65 Lagging
	Sanwa	35	0,27	59,4	0,78 Lagging
	Philips (Hld)	38	0,18	39,6	0,74 Lagging
	Weltor	35	0,35	77,0	0,77 Lagging
	Osaka	42	0,27	59,4	0,78 Lagging
	Atco	38	0,36	79,2	0,69 Lagging
	Polamp	38	0,23	50,6	0,58 Lagging
	Nasional	38	0,22	48,4	0,64 Lagging
G.E.C	36	0,20	44,0	0,66 Lagging	
3,25	Philips (WG)	34	0,21	46,2	0,70 Lagging
	Amico	34	0,20	44,0	0,68 Lagging
	Sinar	37	0,18	36,9	0,59 Lagging
	Broco	34	0,19	41,8	0,79 Lagging
	Starlite	33	0,25	55,0	0,75 Lagging
	Triangle	39	0,20	44,0	0,70 Lagging
	Tens	34	0,19	41,8	0,75 Lagging
	Sanwa	35	0,24	52,8	0,80 Lagging
	Philips (Hld)	38	0,17	37,4	0,77 Lagging
	Weltor	35	0,30	66,0	0,82 Lagging
	Osaka	42	0,23	50,6	0,83 Lagging
	Atco	38	0,32	70,4	0,80 Lagging
	Polamp	38	0,19	41,8	0,73 Lagging
	Nasional	38	0,19	41,8	0,78 Lagging
G.E.C	36	0,19	41,8	0,72 Lagging	

1	2	3	4	5	6
4,5	Philips (WG)	34	0,16	35,2	0,96 Lagging
	Amico	34	0,16	35,2	0,96 Lagging
	Sinar	37	0,17	38,6	0,95 Lagging
	Broco	34	0,16	36,0	0,92 Lagging
	Starlite	33	0,18	39,6	0,84 Lagging
	Triangle	39	0,18	39,6	0,84 Lagging
	Tens	34	0,17	37,4	0,90 Lagging
	Sanwa	35	0,23	49,6	0,75 Lagging
	Philips (Hld)	38	0,16	35,2	0,99 Lagging
	Weltor	35	0,18	39,6	0,90 Lagging
	Osaka	42	0,21	46,2	0,90 Lagging
	Atco	38	0,25	55,0	0,73 Lagging
	Polamp	38	0,17	37,4	0,96 Lagging
	Nasional	38	0,16	35,2	0,97 Lagging
G.E.C	36	0,19	41,8	0,85 Lagging	
5,4	Philips (WG)	31	0,17	37,4	0,99 Lead
	Amico	30	0,16	35,2	0,98 Lead
	Sinar	27	0,18	39,6	0,90 Lead
	Broco	30	0,19	41,8	0,98 Lead
	Starlite	43	0,21	46,2	0,99 Lead
	Triangle	32	0,18	39,6	0,98 Lead
	Tens	28	0,18	39,6	0,95 Lead
	Sanwa	35	0,24	52,8	0,96 Lead
	Philips (Hld)	28	0,22	48,4	0,52 Lead
	Weltor	32	0,22	48,4	0,74 Lead
	Osaka	42	0,22	48,4	0,99 Lead
	Atco	38	0,20	44,0	0,95 Lead
	Polamp	28	0,16	35,2	0,94 Lead
	Nasional	28	0,16	35,2	0,95 Lead
G.E.C	28	0,20	44,0	0,80 Lead	

1	2	3	4	5	6
7,5	Philips (WG)	36	0,24	52,8	0,59 Lead
	Amico	32	0,26	57,2	0,49 Lead
	Sinar	39	0,30	66,0	0,49 Lead
	Broco	36	0,35	77,0	0,45 Lead
	Starlite	43	0,42	92,4	0,49 Lead
	Triangle	42	0,37	81,4	0,45 Lead
	Tens	36	0,35	77,0	0,45 Lead
	Sanwa	36	0,37	81,4	0,54 Lead
	Philips (Hld)	40	0,38	83,6	0,54 Lead
	Weltor	37	0,34	74,6	0,55 Lead
	Osaka	43	0,38	83,6	0,56 Lead
	Atco	38	0,50	110,0	0,38 Lead
	Polamp	38	0,36	79,2	0,49 Lead
	Nasional	38	0,35	77,0	0,49 Lead
G.E.C	37	0,32	70,4	0,48 Lead	
9,0	Philips (WG)	38	0,38	83,6	0,30 Lead
	Amico	33	0,37	81,4	0,34 Lead
	Sinar	39	0,40	88,0	0,30 Lead
	Broco	39	0,40	88,0	0,30 Lead
	Starlite	44	0,38	83,6	0,53 Lead
	Triangle	43	0,38	83,6	0,36 Lead
	Tens	39	0,39	85,8	0,30 Lead
	Sanwa	39	0,44	96,8	0,30 Lead
	Philips (Hld)	43	0,47	103,0	0,30 Lead
	Weltor	39	0,46	101,0	0,31 Lead
	Osaka	43	0,42	92,4	0,40 Lead
	Atco	45	0,59	129,0	0,58 Lead
	Polamp	39	0,37	81,4	0,34 Lead
	Nasional	39	0,38	83,6	0,32 Lead
G.E.C	38	0,43	92,4	0,30 Lead	

1	2	3	4	5	6
13,5	Philips (WG)	40	0,66	145,2	0,30 Lead
	Amico	37	0,66	145,2	0,30 Lead
	Sinar	42	0,70	151,8	0,30 Lead
	Broco	42	0,69	151,8	0,30 Lead
	Starlite	45	0,66	145,2	0,30 Lead
	Triangle	45	0,67	147,4	0,30 Lead
	Tens	40	0,69	150,7	0,30 Lead
	Sanwa	40	0,72	158,4	0,30 Lead
	Philips (Hld)	45	0,77	160,4	0,30 Lead
	Weltor	40	0,76	167,2	0,30 Lead
	Osaka	44	0,70	154,0	0,30 Lead
	Atco	46	0,55	121,0	0,30 Lead
	Polamp	40	0,66	145,2	0,30 Lead
	Nasional	42	0,67	146,3	0,30 Lead
	G.E.C	40	0,72	158,4	0,30 Lead

Pertanyaan ke tiga berbunyi:

Beapakah kapasitas kapasitor (μF) yang cocok atau efektif untuk perbaikan faktor kerja berbagai jenis/merk ballast TL 20 Watt/220 Volt?

Jika kita perhatikan uraian sebelumnya yaitu yang terdapat pada halaman 12, di mana disebutkan bahwa walaupun faktor kerja suatu ballast cukup tinggi, akan tetapi bila arahnya mendahului tegangan (leading), dianggap tidak baik atau tidak memenuhi syarat, karena jika terjadi kondisi seperti itu berarti pengaruh kapasitor terlalu besar (dominan). Arah faktor kerja yang diinginkan adalah tertinggal dari tegangannya (lagging).

Berdasarkan hasil pengujian dengan memasang kapasitor secara paralel dari berbagai kapasitas (μF), ternyata kapasitas kapasitor yang cocok adalah $4,5 \mu\text{F}$. Hal ini didasarkan bahwa dengan kapasitas $4,5 \mu\text{F}$ umumnya nilai arus dan daya yang diserap nilainya terkecil diantara kapasitor yang lain, sementara itu faktor kerjanya paling tinggi. Selain itu syarat utama yaitu arah faktor kerja "Lagging" tetap terpenuhi.

Di pihak lain, dengan kapasitor $1,625$, $2,25$, dan $3,25 \mu\text{F}$, baik arus maupun daya yang diserap relatif besar, sedangkan faktor kerjanya relatif rendah. Demikian pula dengan kapasitor $5,4$, $7,5$, $9,0$, dan $13,5 \mu\text{F}$, baik arus maupun daya yang diserap cukup besar, sedangkan faktor kerjanya rendah.

Melalui tabel 8 di bawah ini dapat diamati dan ditetapkan kapasitas kapasitor yang paling tepat (sesuai) untuk perbaikan faktor kerja beberapa merk ballast TL 20 Watt/220 Volt.

Tabel 8. Parameter Listrik Ballast TL 20 Watt/220 Volt
 Pengujian Pakai Kapasitor.
 (Ballast tetap kapasitor diubah-ubah).

Merk Ballast	Kapasitor (μF)	Daya Listrik (VA)	Arus (A)	Faktor Kerja (Cos ϕ)
1	2	3	4	5
Philips (WG)	1,625	61,6	0,28	0,56 Lagging
	2,25	52,8	0,24	0,67 Lagging
	3,25	46,5	0,21	0,70 Lagging
	4,5	35,2	0,16	0,96 Lagging
	5,4	37,4	0,17	0,85 Lead
	7,5	52,8	0,24	0,59 Lead
	9,0	83,6	0,38	0,30 Lead
	13,5	145,2	0,66	0,30 Lead
Amico	1,625	52,8	0,27	0,53 Lagging
	2,25	50,6	0,23	0,61 Lagging
	3,25	44,0	0,20	0,68 Lagging
	4,5	35,2	0,16	0,96 Lagging
	5,4	36,8	0,164	0,87 Lead
	7,5	57,2	0,26	0,49 Lead
	9,0	81,4	0,37	0,34 Lead
	13,5	145,2	0,66	0,30 Lead

1	2	3	4	5
Sinar	1,625	52,8	0,24	0,56 Lagging
	2,25	46,2	0,21	0,68 Lagging
	3,25	39,6	0,18	0,70 Lagging
	4,5	36,8	0,17	0,95 Lagging
	5,4	40,04	0,16	0,86 Lead
	7,5	66,0	0,30	0,49 Lead
	9,0	88,0	0,40	0,30 Lead
	13,5	151,8	0,70	0,30 Lead
Broco	1,625	55,0	0,25	0,64 Lagging
	2,25	46,2	0,21	0,77 Lagging
	3,25	41,8	0,19	0,79 Lagging
	4,5	36,0	0,164	0,92 Lagging
	5,4	41,8	0,19	0,85 Lead
	7,5	77,0	0,35	0,45 Lead
	9,0	88,0	0,40	0,30 Lead
	13,5	151,8	0,69	0,30 Lead
Starlite	1,625	70,4	0,32	0,61 Lagging
	2,25	63,8	0,29	0,69 Lagging
	3,25	55,0	0,25	0,75 Lagging
	4,5	39,8	0,18	0,84 Lagging
	5,4	46,2	0,21	0,80 Lead
	7,5	81,4	0,37	0,45 Lead
	9,0	83,6	0,38	0,36 Lead
	13,5	145,2	0,66	0,30 Lead

1	2	3	4	5
Triangle	1,625	59,4	0,27	0,57 Lagging
	2,25	50,6	0,23	0,64 Lagging
	3,25	44,0	0,20	0,70 Lagging
	4,5	39,6	0,18	0,86 Lagging
	5,4	55,0	0,25	0,90 Lead
	7,5	81,4	0,37	0,45 Lead
	9,0	83,6	0,38	0,36 Lead
	13,5	147,4	0,67	0,30 Lead
Tens	1,625	55,0	0,25	0,56 Lagging
	2,25	48,4	0,22	0,65 Lagging
	3,25	41,8	0,19	0,75 Lagging
	4,5	37,4	0,17	0,90 Lagging
	5,4	40,0	0,18	0,95 Lead
	7,5	77,0	0,35	0,45 Lead
	9,0	85,8	0,39	0,30 Lead
	13,5	159,7	0,685	0,30 Lead
Sanwa	1,625	66,0	0,30	0,76 Lagging
	2,25	59,4	0,27	0,73 Lagging
	3,25	52,8	0,24	0,80 Lagging
	4,5	49,5	0,225	0,75 Lagging
	5,4	52,8	0,24	0,90 Lead
	7,5	81,4	0,37	0,54 Lead
	9,0	86,8	0,44	0,30 Lead
	13,5	158,4	0,72	0,30 Lead

KOLEKSI BIDANG ILMU
TIDAK DIPINJAMKAN
KHUSUS DIPAKAI DALAM PERPUSTAKAAN

1	2	3	4	5
Philips(Hld)	1,625	44,0	0,20	0,72 Lagging
	2,25	39,6	0,18	0,74 Lagging
	3,25	37,4	0,17	0,77 Lagging
	4,5	35,2	0,16	0,99 Lagging
	5,4	48,4	0,22	0,52 Lead
	7,5	83,6	0,38	0,54 Lead
	9,0	103,0	0,47	0,30 Lead
	13,5	169,4	0,77	0,30 Lead
Weltor	1,625	50,6	0,23	0,76 Lagging
	2,25	77,0	0,35	0,77 Lagging
	3,25	66,0	0,30	0,82 Lagging
	4,5	39,6	0,18	0,90 Lagging
	5,4	48,4	0,23	0,74 Lead
	7,5	74,6	0,34	0,55 Lead
	9,0	101,0	0,46	0,31 Lead
	13,5	167,2	0,76	0,30 Lead
Osaka	1,625	66,0	0,30	0,75 Lagging
	2,25	59,4	0,27	0,78 Lagging
	3,25	50,6	0,23	0,83 Lagging
	4,5	46,2	0,21	0,90 Lagging
	5,4	50,6	0,23	0,85 Lead
	7,5	83,6	0,38	0,56 Lead
	9,0	92,4	0,42	0,40 Lead
	13,5	154,0	0,70	0,30 Lead

1	2	3	4	5
Atco	1,625	88,0	0,40	0,46 Lagging
	2,25	79,2	0,36	0,69 Lagging
	3,25	36,9	0,18	0,80 Lagging
	4,5	70,4	0,32	0,73 Lagging
	5,4	44,0	0,20	0,92 Lead
	7,5	110,0	0,50	0,38 Lead
	9,0	121,0	0,55	0,58 Lead
	13,5	129,8	0,59	0,30 Lead
Polamp	1,625	57,2	0,26	0,51 Lagging
	2,25	50,6	0,23	0,58 Lagging
	3,25	41,8	0,19	0,73 Lagging
	4,5	37,4	0,17	0,96 Lagging
	5,4	44,0	0,20	0,94 Lead
	7,5	79,2	0,36	0,49 Lead
	9,0	81,4	0,37	0,34 Lead
	13,5	145,2	0,66	0,30 Lead
Nasional	1,625	55,0	0,25	0,52 Lagging
	2,25	48,4	0,22	0,64 Lagging
	3,25	41,8	0,19	0,78 Lagging
	4,5	35,2	0,16	0,97 Lagging
	5,4	61,6	0,28	0,90 Lead
	7,5	77,0	0,35	0,49 Lead
	9,0	83,6	0,38	0,32 Lead
	13,5	146,3	0,665	0,30 Lead

1	2	3	4	5
G.E.C	1,625	50,6	0,23	0,72 Lagging
	2,25	44,0	0,20	0,66 Lagging
	3,25	41,8	0,19	0,72 Lagging
	4,5	41,8	0,19	0,85 Lagging
	5,4	44,0	0,20	0,80 Lead
	7,5	70,4	0,32	0,48 Lead
	9,0	92,4	0,43	0,30 Lead
	13,5	158,4	0,72	0,30 Lead

Pertanyaan ke empat berbunyi:

Berapakah perbandingan daya yang diserap oleh satu unit lampu TL yang diuji di Laboratorium antara yang memakai kapasitor dengan yang tidak memakai kapasitor?

Perbandingan yang dimaksudkan di sini lebih difokuskan perbandingan antara parameter-parameter listrik ballast yang pakai kapasitor 4,5 μF dengan tanpa kapasitor. Parameter-parameter listrik yang diperbandingkan tersebut meliputi arus, daya semu, dan faktor kerja. Daya aktif tidak dibandingkan, mengingat bahwa daya aktif antara yang pakai kapasitor dan tanpa kapasitor relatif sama. Parameter-parameter listrik dari ballast yang diuji dengan menggunakan kapasitor-kapasitor di bawah nilai 4,5 μF (1,625 sampai dengan 3,25 μF) dan di atas 4,5 μF (5,4 sampai dengan 13,5 μF) tidak diperbandingkan mengingat bahwa nilai parameter-parameter listrik dalam ke dua interval kapasitor tersebut tidak memenuhi syarat kaitannya dalam usaha mengurangi rugi energi, sebagaimana telah disebutkan sebelumnya. Hasil selengkapnya perbandingan daya terhadap setiap ballast yang dijadikan sampel dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 9. Perbandingan Parameter Listrik Ballast
20 Watt/220 Volt Antara Yang Pakai
Kapasitor Dengan Yang Tidak Pakai
Kapasitor.

No.	Ballast	Arus	Daya Semu	Faktor kerja
1.	Philips (W.G)	0,43	0,43	0,43
2.	Amico	0,38	0,38	0,37
3.	Sinar	0,46	0,47	0,46
4.	Broco	0,39	0,40	0,39
5.	Starlite	0,52	0,52	0,53
6.	Triangle	0,46	0,46	0,47
7.	Tens	0,45	0,45	0,45
8.	Sanwa	0,69	0,63	0,64
9.	Philips (Hld)	0,46	0,46	0,47
10.	Weltor	0,49	0,49	0,48
11.	Osaka	0,54	0,54	0,53
12.	Atco	0,47	0,47	0,47
13.	Polamp	0,47	0,47	0,48
14.	Nasional	0,41	0,41	0,40
15.	G.E.C	0,63	0,63	0,64

B. Pembahasan

Sebelum dilakukan pembahasan, perlu dikemukakan kembali pertanyaan penelitian yang telah dianalisis di atas.

Pertanyaan pertama berbunyi:

Berapakah daya aktif, arus, daya semu, dan faktor kerja yang disedot oleh masing-masing merk ballast sebelum dipasang kapasitor sebagai pengkompensasi daya rekatif?

Jawaban dari pertanyaan pertama penelitian ini sebenarnya telah dapat dilihat dari hasil pengolahan dan analisis data pada tabel 6 di atas.

Daya aktif yang diserap oleh ballast berkisar antara 30 sampai 50 Watt, atau rata-rata 38,26 Watt. Ballast yang paling sedikit menyerap daya ialah merk Polamp (30 Watt), sedangkan yang paling besar adalah merk Starlite (50 Watt).

Arus yang diserap oleh ballast-ballast tersebut berkisar antara 0,30 sampai dengan 0,53 Ampere, dengan rata-rata 0,382 Ampere. Ballast yang paling besar menyerap arus ialah merk Atco (0,53 Ampere), sedangkan yang paling rendah yaitu merk G.E.C (0,30 Ampere). Apabila dibandingkan dengan ballast yang memakai kapasitor, jelas bahwa arus yang diserap tersebut cukup besar, sebab jauh lebih besar dari pada yang memakai kapasitor.

Daya semu yang diserap oleh ballast-ballast berkisar antara 66 VA sampai dengan 116,6 VA, dengan rata-rata 79 VA.

Ballast yang paling besar menyerap daya semu yaitu merk Atco (116,6 VA), sedangkan yang paling kecil ialah merk G.E.C (66 VA). Dilihat dari rata-rata daya semu ini saja termasuk besar, yang sebenarnya dapat diturunkan lagi agar rugi daya dapat diperkecil.

Mengenai faktor kerja ballast-ballast ternyata berkisar anantara 0,35 sampai dengan 0,49 dengan rata-rata yaitu 0,415. Ternyata faktor kerja seluruh ballast masih rendah, jauh di bawah standard minimal. Dengan faktor kerja rendah ($\cos \phi$ rendah), maka $\sin \phi$ akan tinggi, sehingga daya reaktif akan besar, karena daya reaktif (VAR) merupakan perkalian antara tegangan dengan arus dan $\sin \phi$. Daya reaktif yang besar inilah sebenarnya yang ingin dihindari (diperkecil) agar peralatan penerangan lebih efisien.

Pertanyaan ke dua berbunyi:

Berapakah daya aktif, arus, daya semu, dan faktor kerja yang disedot oleh masing-masing merk ballast sesudah dipasang kapasitor dari berbagai kapasitor (μF) sebagai pengkompensasi daya reaktif?

Ke 15 merk ballast sampel diuji dalam 8 tingkat kapasitas kapasitor. Masing-masing kapasitor dikenakan untuk pengujian parameter ballast tersebut. Dari tabel 7 dapat kita lihat bahwa nilai daya aktif ballast sama besarnya untuk pengujian dengan kapasitor 1,625, 2,25, 3,25, dan 4,5 μF . Dengan

perkataan lain dapat disebut bahwa walaupun kapasitor ditukar kapasitasnya, namun daya aktif (Watt) yang diserapnya tidak berubah. Yang nyata-nyata berubah pada pengujian dengan interval kapasitor tersebut di atas adalah nilai arus, daya semu, dan faktor kerjanya.

Arus masing-masing ballast berkurang setiap perubahan (kenaikan) kapasitas kapasitor dalam interval 1,625 sampai dengan 4,5 μF . Pengurangan arus berkisar antara 85% sampai dengan 95%. Artinya dengan menggunakan kapasitor 2,25 μF , arus yang diserap ballast hanya sebesar 85% sampai dengan 95% dari pada dengan kapasitor 1,625 μF . Sedangkan dengan kapasitor 3,25 μF , arus yang diserap ballast hanya 82,6% sampai dengan 95% dari pada dengan kapasitor 2,25 μF .

Mengapa daya aktif hampir tidak berubah, sementara arus, dan faktor kerja berubah nilainya apabila kapasitor dirubah? Hal ini merupakan suatu keistimewaan. atau yang disebut kekhususan. Di pihak lain dengan kapasitor 5,4, 7,5, 9,0 dan 13,5 μF baik daya aktif, arus, daya semu, dan faktor kerjanya turut berubah.

Dengan kapasitor 1,625, 2,25, 3,25 dan 4,5 μF terutama daya aktif relatif sama besarnya (tak berubah), hal ini disebabkan arah faktor kerja yang Lagging. Faktor kerja lagging berarti arus kapasitif tidak mempengaruhi daya aktif (Watt), yang lebih umum disebut daya reaktif. Karena jika daya aktif turut berubah (turun atau bertambah kecil), maka TL tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya yaitu lumen yang

dihasilkannya akan turun.

Pertanyaan ke tiga berbunyi:

Berapakah kapasitas kapasitor (μF) yang cocok atau efektif untuk perbaikan faktor kerja berbagai jenis/merk ballast TL 20 Watt/220 Volt?

Ketika parameter-parameter listrik seluruh ballast diuji dengan memasang kapasitor berkapasitas di atas $4,5 \mu\text{F}$, dapat kita lihat bahwa satu hal yang paling menonjol yaitu faktor kerjanya berarah Leading atau mendahului tegangannya (lihat tabel 7). Berbeda sekali pada saat kapasitor berkapasitas di bawah $4,5 \mu\text{F}$, arah faktor kerjanya Lagging atau tertinggal dari tegangannya.

Bertolak dari yang telah kami uraikan pada Bab I halaman 12, maka dapat dikatakan bahwa kapasitor-kapasitor di atas $4,5 \mu\text{F}$ (dalam hal ini $5,4$, $7,5$, $9,0$, dan $13,5 \mu\text{F}$) tidak cocok/baik untuk perbaikan faktor kerja ballast TL 20 Watt/220 Volt.

Ketika ballast dipasang paralel dengan kapasitor $5,4 \mu\text{F}$, memang arus maupun daya semu yang diserap ballast relatif kecil, di pihak lain faktor kerjanya cukup baik, tetapi karena arah dari faktor kerja yang ditimbulkannya mendahului tegangannya, maka kapasitor seperti itu secara teknis tidak cocok untuk perbaikan faktor kerja sebagaimana yang diinginkan.

Selanjutnya dengan kapasitor $7,5 \mu\text{F}$, arus dan daya semu yang diserapnya relatif besar, arah faktor kerjanya selain

mendahului tegangannya, nilainyaupun rendah pula.

Arus dan daya semu yang diserap semakin besar sedangkan faktor kerja semakin buruk apabila dipasang kapasitor berkapasitas 9,0 dan 13,5 uF. Oleh sebab itu kapasitor yang paling tepat atau yang paling efektif untuk perbaikan faktor kerja ballast TL 20 Watt/220 Volt untuk masing-masing merk adalah 4,5 uF.

Pertanyaan ke empat berbunyi:

Berapakah perbandingan daya yang diserap oleh satu unit lampu TL yang diuji di Laboratorium antara yang memakai kapasitor dengan yang tidak memakai kapasitor?

1. Perbandingan Arus Yang Diserap.

Arus yang diserap oleh setiap ballast tanpa kapasitor bervariasi antara 0,30 sampai 0,53 Ampere (tabel 6). Jika ballast tersebut diparalel dengan kapasitor 4,5 uF, maka arus yang diserapnya bervariasi antara 0,16 sampai 0,25 Ampere (tabel 7). Oleh sebab itu apabila dibandingkan arus yang diserap antara yang tidak pakai kapasitor dengan yang pakai kapasitor 4,5 uF nilai perbandingannya bervariasi antara 0,38 sampai 0,63 atau antara 38% sampai 63%. Jelas terlihat bahwa arus yang diserap ballast-ballast TL 20 Watt /220 Volt jika memakai kapasitor jauh lebih kecil dari pada tanpa kapasitor (tabel 9). Sebagai standar perbandingan pengurangan arus apabila faktor kerja dinaikkan dari 0,5

menjadi 0,9 minimal 44,5%

Pengurangan arus listrik dengan memparalel kapasitor 4,5 uF terhadap semua ballast menurut hasil penelitian ini kelihatannya cukup realistis. Sedangkan perbandingan arus antara tanpa kapasitor dengan memakai kapasitor 1,625 uF, 2,25 uF, 3,25 uF, 5,4 uF, 7,6 uF, 9,0 uF, dan 13,5 uF tidak memenuhi standar yang ada.

Dengan demikian melalui perbandingan arus tersebut sekali lagi terbukti bahwa kapasitor yang paling tepat untuk perbaikan faktor kerja semua ballast TL 20 Watt/220 Volt yang diteliti tersebut adalah 4,5 uF.

2. Perbandingan Daya Semu Yang Diserap

Daya semu yang diserap oleh setiap ballast tanpa kapasitor bervariasi antara 66 sampai 116,6 VA (tabel 6), sedangkan setelah diparalel dengan kapasitor 4,5 uF, daya semu yang diserapnya bervariasi antara 35,2 VA sampai 55 VA (tabel 7).

Oleh sebab itu jika kita lihat perbandingan daya semu antara tanpa kapasitor dengan pakai kapasitor 4,5 uF, ternyata bahwa dengan pakai kapasitor 4,5 uF, daya semu yang diserap berkurang sekitar 38% sampai 63% (tabel 9).

Di sinipun jelas nampak bahwa daya semu yang diserap ballast-ballast TL 20 Watt/220 Volt jauh lebih kecil dari pada tanpa kapasitor. Standar pengurangan daya semu apabila faktor kerja dinaikkan dari 0,5 menjadi 0,9 minimal 44,5%.

Pengurangan daya semu dengan memparalel kapasitor 4,5 uF terhadap semua ballast berdasarkan hasil penelitian ini cukup realistis. Apabila kapasitor yang diparalel di bawah 4,5 uF dan di atas 4,5 uF, maka perbandingan standarnya tidak memenuhi.

Berdasarkan uraian / pembahasan di atas dapat disebut bahwa kapasitor yang paling sesuai untuk perbaikan faktor kerja ballast T1 20 Watt/220 Volt adalah 4,5 uF.

3. Perbandingan Faktor Kerja

Faktor kerja ballast-ballast yang diuji tanpa kapasitor berkisar antara 0,35 sampai 0,49, sedangkan jika diuji dengan memparalel kapasitor 4,5 uF, faktor kerja ballast-ballast tersebut naik antara 0,73 sampai 0,99 Lagging, yang kenaikannya mencapai dua kali lipat.

Pengujian dengan memparalel kapasitor masing-masing di bawah dan di atas 4,5 uF (1,625, 2,25, dan 3,25 uF) serta (5,4, 7,5, 9,0, dan 13,5 uF), faktor kerjanya tidak memenuhi standar yang ditetapkan, malahan dengan kapasitor di atas 4,5 uF arah faktor kerjanya semuanya mendahului tegangan (Leading).

Dengan faktor kerja yang tidak baik, kerugian energi pada lampu TL menjadi besar, sehingga efisiensi penggunaan lampu yang kondisinya seperti disebutkan di atas ini menjadi rendah.

BAB V

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Setelah dilakukan analisis dan pembahasan pada bab terdahulu, maka pada bab ini akan dikemukakan beberapa kesimpulan dan rekomendasi seperti di bawah ini.

A. Kesimpulan

1. Lampu TL merupakan suatu beban induktif, jika dipasang tanpa kapasitor, arus maupun daya semu yang diserapnya relatif besar, sedangkan faktor kerjanya rendah (buruk). Daya aktifnya rata-rata 38,26 Watt, arusnya rata-rata 0,382 Ampere, daya semunya 79,0 VA, faktor kerjanya rata-rata 0,45.
2. Lampu TL yang dipakai di Indonesia umumnya menggunakan ballast yang berfaktor kerja sangat rendah, berkisar antara 0,35 sampai 0,45. Faktor kerja yang rendah akan menyebabkan lampu-lampu TL mengkonsumsi daya listrik 2 (dua) kali lipat dari pada daya aktif lampu TL tersebut. Akibatnya pemakaian energi listrik boros, sehingga merugikan para konsumen.
3. Dengan memasang kapasitor secara paralel, baik arus, daya semu maupun faktor kerjanya turut berubah. Setiap kali perubahan kapasitas kapasitor, nilai besaran listrik tersebut akan berubah. Berapa besarnya perubahan tersebut sesuai dengan reaktansi induktif dan kapasitif yang terbentuk pada ballast itu.

4. Dengan memparalel kapasitor 4,5 uF terhadap ballast TL 20 Watt/220 Volt, arus dan daya semunya paling rendah (kecil) jika dibandingkan dengan kapasitor yang lainnya, sedangkan faktor kerjanya paling tinggi. Jadi dapat dikatakan bahwa penggunaan lampu TL 20 Watt/220 Volt akan lebih efektif apabila dipasang kapasitor 4,5 uF secara paralel, sehingga kerugian energi dapat diperkecil.
5. Ballast TL 20 Watt/220 Volt yang terbaik adalah nomor urut 9 dari pada sampel yang diteliti, sedangkan yang kurang baik adalah merk dengan nomor urut 12 dari sampel yang diteliti.
6. Dengan mempengaruhi ballast TL dengan kapasitor, besarnya arus berubah. Ini membuktikan bahwa dengan mempengaruhi arus yang mengalir pada ballast, maka akan menggeser sudut fase tegangan dan arusnya, sehingga faktor kerja ($\cos \phi$) berubah.

B. Rekomendasi

Sebagai bahan pertimbangan dalam rangka memperkecil kerugian energi listrik oleh para konsumen yang menggunakan lampu TL sebagai alat penerangan, maka diberikan rekomendasi sebagai berikut ini.

1. Perlu diadakan penelitian lanjut yang ruang lingkungnya lebih luas, agar hasil penelitian yang didapatkan lebih meyakinkan, terutama untuk ballast Tl 40 Watt/220 Volt

- yang dewasa ini banyak dipergunakan.
2. Pakailah kapasitor 4,5 uF untuk lampu TL 20 Watt/220 Volt untuk mempertinggi faktor kerjanya, sehingga lampu tersebut dapat menghemat energi listrik.
 3. Disarankan kepada para konsumen yang menggunakan lampu TL 20 Watt/220 Volt agar menggunakan ballast yang berkualitas baik, dalam sampel penelitian ini mempunyai nomor 9.
 4. Agar tabung TL itu dirawat atau dibersihkan dari debu atau kotoran-kotoran lainnya yang menempel secara teratur sehingga cahayanya tetap dan warnanya tetap jernih tidak suram.
 5. Usahakan agar tegangan jaringan tetap konstan 220 Volt, terutama yang jauh dari gardu transformator yaitu dengan menggunakan slide regulator (transformator yang dapat diatur). Sebab dengan tegangan yang konstan sepanjang hari/malam, usia lampu TL lebih panjang, bisa mencapai 3 tahun. Selain itu dapat menghemat penggunaan energi listrik.

DAFTAR BACAAN

- Departemen Pertambangan dan Energi, Perusahaan Listrik Negara.
(1988). Energi Panas Bumi, Jakarta
- Harten, P. Van dan E. Setiawan. (1981). Instalasi Arus Kuat 2.
Jakarta, Bina Cipta.
- Hadi, Abdul. (1986). Fungsi Kapasitor Dalam Rangkaian Listrik.
Jakarta, Departemen Pekerjaan Umum.
- Mendri. (1989). Studi Tentang Pengaruh Kapasitor Terhadap
Faktor Daya Beberapa Jenis Ballast Lampu TL Di FPTK IKIP
Padang, Padang, Thesis.
- Philips. (1988). Compact Lighting Catalogue. Lighting
Division, Netherlands.
- Sujono, Ir. (1981). Karakteristik dan Cara Kerja Dari Pada
Condensor, Jakarta, Departemen Pekerjaan Umum.
- Soekarsono. (1979). Ilmu Listrik. Jakarta, Depdikbud.
- Syamsuarnis. (1991). Usaha-Usaha Menuju Efisiensi Penggunaan
Energi Listrik di IKIP Padang. Laporan Penelitian, Padang
- Theraja, B.L. (1977). A Text Book of Electrical Technology.
New Delhi, S. Chand & Co Ltd.

