

## LAPORAN PENELITIAN

# PEMANFAATAN KAPASITOR SEBAGAI KOMPONEN PERBAIKAN FAKTOR DAYA TUBELAR LAMP (TL) DEMI MENGHEMAT PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK



MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG

DITERIMA TGL. : Juli '98

SUMBER / HARGA : K /

KOLEKSI : K

NO. INVENTARIS : 687 / K / 98 / 2

KLASIFIKASI : 621.315 sem P.1

Oleh

**Drs. Jamin Sembiring**

Penelitian ini dibiayai oleh :  
SPP/DPP IKIP Padang Tahun Anggaran 1997 / 1998  
Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian No. 2308/K12.1.7/PG/1997  
Tanggal 25 November 1997

---

INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN PADANG  
1998

MILIK UPT PERPUSTAKAAN  
IKIP PADANG

## ABSTRAK

Hingga saat ini lampu flourescent (TL) masih banyak dipergunakan oleh masyarakat untuk penerangan baik dalam rumah tangga, sekolah, perkantoran, pertokoan dan industri. Alasan penggunaan lampu tersebut di atas yaitu karena warna cahaya yang bening, terang, dan tahan lama.

Salah satu komponen yang terdapat di dalam unit lampu TL tersebut adalah ballast. Merk yang umum dipakai para konsumen listrik antara lain: Sinar, Nais, Mercy, Tens dan Philips. Ballast tersebut umumnya berkualitas rendah, khususnya ballast 40W/220V. Disebutkan demikian, karena faktor kerjanya ( $\cos \varphi$ ) tidak lebih dari 0,65. Akibatnya, ballast-ballast seperti itu menyerap daya daya relatif besar, sehingga merugikan para konsumen.

Sehubungan dengan permasalahan di atas, penelitian ini ingin meneliti faktor daya berbagai merk ballast, memperbaiki faktor kerjanya dengan memanfaatkan kapasitor sebagai alat pengkompensasi daya reaktif. juga hendak menetapkan ballast yang terbaik sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Memberikan rekomendasi kepada para konsumen listrik yaitu usaha-usaha yang dapat dilakukan didalam menghemat pemakaian energi listrik.

Pertanyaan penelitian ialah berapakah daya aktif, daya semu, arus, dan faktor kerja masing-masing ballast sebelum dan sesudah diparalel kapasitor. Berapakah kapasitas kapasitor yang cocok untuk perbaikan faktor kerja. Berapakah perbandingan daya yang diserap oleh satu unit TL antara yang memakai dan tidak pakai kapasitor.

Populasi penelitian ini adalah ballast 40W/220V sebanyak 60 buah yang terdiri dari 12 merk. Sampelnya ditetapkan 48 buah, masing-masing merk terdiri dari 4 buah.

Data-data dikumpulkan melalui pengujian di Laboratorium. Setelah data diolah dengan teknik perbandingan, memperlihatkan hasil sebagai berikut:

1. Lampu TL 40W/220V yang umum dipakai para konsumen ternyata faktor kerja ballastnya rendah, antara 0,41 sampai 0,74 lagging. Arusnya antara 0,24 sampai 0,40 Ampere. Daya semu antara 52,8 VA sampai 88,0 VA. Sedangkan daya aktifnya antara 34 sampai 56 Watt.
2. Kapasitor yang paling baik untuk mempertinggi faktor kerja adalah 3,25  $\mu$ F.
3. Dengan memparalelkan 3,25  $\mu$ F terhadap ballast 40W/220V, faktor kerja menjadi antara 0,52 sampai 0,96 lagging. Arusnya berkurang antara 0,18 sampai 0,32 Ampere. Daya semu antara 39,6 sampai 70,4 VA. Kondisi di atas dipandang cukup realistic karena pada dasarnya telah terjadi perbaikan faktor kerja yang cukup baik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Berkat Rahmat Allah SWT penelitian berjudul:

PEMANFAATAN KAPASITOR SEBAGAI KOMPONEN PERBAIKAN FAKTOR DAYA TUBELAR LAMP (TL) DEMI MENGHEMAT PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK ini dapat diselesaikan.

Dalam melaksanakan peneliti ini, kami banyak mendapatkan bantuan yang tidak ternilai dari berbagai pihak. Oleh sebab itu pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Rektor IKIP Padang selaku penanggung jawab pelaksanaan penelitian di dalam kawasan IKIP Padang.
2. Kepala Lembaga Penelitian IKIP Padang yang mengkoordinir pelaksanaan penelitian.
3. Dekan FPTK IKIP Padang yang telah memberikan izin penelitian, dana yang diperlukan serta kemudahan-kemudahan lainnya.
4. Ketua dan Sekretaris jurusan Pendidikan Teknik Elektro beserta staf dan teknisi yang telah memberi bantuan demi kelancaran penelitian ini.
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu penelitian ini.

Padang, Mei 1998.  
Peneliti,

Drs. Jamin Sembiring.

## DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK .....	i
UCAPAN TERIMA KASIH .....	ii
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	iv
BAB I : PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Ruang Lingkup dan Pembatasan Masalah .....	4
C. Penjelasan Istilah .....	5
D. Tujuan Penelitian .....	6
E. Asumsi .....	6
F. Pertanyaan Penelitian .....	7
G. Kegunaan Hasil Penelitian .....	7
II : TINJAUAN KEPUSTAKAAN .....	8
A. Tinjauan Kepustakaan .....	8
B. Kerangka Konseptual .....	17
III : METODOLOGI .....	19
A. Rancangan Penelitian .....	19
B. Populasi dan Sampel .....	20
C. Jenis dan Sumber Data .....	21
D. Teknik dan Alat Pengumpul Data .....	22
E. Teknik Analisis Data .....	25
F. Prosedur Penelitian .....	26
G. Keterbatasan .....	27
IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	29
A. Analisis Data .....	29
B. Pembahasan .....	40
V : KESIMPULAN DAN REKOMENDASI .....	46
A. Kesimpulan .....	46
B. Rekomendasi .....	47
DAFTAR BACAAN .....	48
LAMPIRAN .....	49

## DAFTAR TABEL

TABEL	Halaman
1. Daftar Fluk Cahaya Lampu Untuk Tegangan 220 Volt .....	10
2. Karakteristik lampu TL Rapidstart sebelum diperbaiki faktor kerjanya .....	15
3. Karakteristik lampu TL Rapidstart sesudah diperbaiki faktor kerjanya .....	15
4. Persentase Arus, Daya Semu dan Rugi Energi setelah dinaikkan faktor kerja .....	16
5. Distribusi Populasi dan Sampel .....	20
6. Parameter Ballast TL 20 Watt/220 Volt Pengujian Tanpa Kapasitor .....	30
7. Parameter Ballast TL 20 Watt/220 Volt Pengujian Pakai Kapasitor (Kapasitor tetap, ballast diubah-ubah) .....	32
8. Parameter Ballast TL 20 Watt/220 Volt Pengujian Pakai Kapasitor (Ballast tetap, kapasitor diubah-ubah) .....	36
9. Perbandingan Parameter Listrik Ballast 20 Watt/ 220 Volt Antara Yang Kapasitor Dengan Yang Tidak Pakai Kapasitor .....	39

# BAB I PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang Masalah

Kebutuhan dan konsumsi energi listrik untuk dekade mendatang akan terus meningkat, baik untuk keperluan pengoperasian alat-alat rumah tangga, perkantoran, terlebih industri. Di dalam rumah tangga, energi listrik selain digunakan untuk penerangan, juga untuk peralatan lain, misalnya peralatan masak-memasak, pengatur suhu ruangan (AC), dan alat hiburan. Peralatan-peralatan kantor, telekomunikasi, serta industri-industri, semuanya membutuhkan energi listrik. Permintaan tenaga listrik di Indonesia mencapai rata-rata 25 % per tahun, sementara itu pertumbuhan penyediaan tenaga listrik hanya berkisar 15 % per tahun.

Lampu-lampu penerangan untuk rumah tinggal, rumah sekolah, perkantoran, perpustakaan, laboratorium, industri, dan tempat-tempat lainnya, kebanyakan menggunakan lampu tubelar (TL), hanya sebagian kecil yang menggunakan lampu pijar. Dibanding lampu pijar, lampu TL lebih unggul, misalnya warna cahayanya 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. Lampu TL bisa mencapai usia 3 sampai 4 tahun. Dalam masa itu tidak perlu penggantian tabung, berbeda dengan lampu pijar yang dalam waktu relatif singkat akan putus sehingga 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 diatas inilah menyebabkan para konsumen lebih senang 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 cara 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 ( $X_L$ ) satuannya adalah Ohm, serta resistansi (R) satuannya Ohm. Hubungan antara besaran induktansi dan resistansi tersebut dinamakan Impedansi, dilambangkan dengan huruf Z, satuannya Ohm. Impedansi inilah yang antara lain mempengaruhi arus dan faktor kerja ( $\cos \phi$ ) sebuah ballast.

Ballast yang ditemui atau yang diperdagangkan dipasar terdiri dari berbagai merk produksi, kapasitas dan kualitas (mutu). Merk yang dapat kita temui antara lain:



Sinar, Starlite, Phillips, dan Mercy. Kapasitasnya beragam mulai dari: 10W/220V, 20W/220V, sampai 40W/220V. Sedangkan kualitas dari berbagai merk itu sudah barang tentu tidak persis sama, ada yang baik, sedang, dan buruk.

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

Daya listrik dapat dibagi dalam tiga katagori yaitu: daya aktif, daya reaktif, dan daya semu. Satuan ketiga daya itu masing-masing adalah Watt (W), Volt-Ampere-reaktif (VAR), dan Volt-Ampere (VA). Penjumlahan geometris antara daya aktif dan daya reaktif disebut daya semu (apparent power). Daya semu = Daya aktif + daya reaktif. Perbandingan antara daya aktif terhadap daya semu, disebut faktor kerja (power factor) atau  $\cos \phi$ .

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

Seberapa banyak daya semu yang dikonsumsi oleh sebuah lampu TL, tidak banyak orang awam yang mengetahuinya. Orang awam sering mengertikan bahwa daya semu sama dengan daya aktif. Bahkan mereka sering bertanya mengapa sekering dirumahnya sering putus, atau Mini Circuit Breaker (MCB) sering jatuh (membalik), padahal daya yang dipakai belum mencapai daya terpasang (tersedia).

Lampu-lampu TL yang dipakai di negara kita umumnya menggunakan ballast yang faktor kerjanya relatif rendah, berkisar 0,54. Faktor kerja yang rendah akan menyebabkan

lampu-lampu TL mengkonsumsi daya listrik hampir mencapai dua kali lipat dari pada daya aktif lampu TL tersebut. Menurut hasil pengamatan penulis pada penelitian sebelumnya (1992) bahwa: Lampu TL 20 Watt/220 Volt dalam kenyataannya mengkonsumsi daya semu sebesar 70 VA, sedangkan arusnya 0,32 Ampere.

Secara teknis, faktor kerja rendah 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. Selain itu arah dari pada faktor kerja tersebut akan tertinggal (lagging). Bila arah faktor kerja itu mendahului (leading), walaupun harga faktor kerja itu tinggi, hal ini sesungguhnya tidak seperti yang diharapkan. Pemasangan kapasitor secara paralel sebenarnya berfungsi mengkompensir daya reaktif yang diserap oleh ballast, karena ballast termasuk kelompok beban induktif.

## **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 pemanfaatan kapasitor sebagai komponen perbaikan faktor daya 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:

Sejumlah merk ballast lampu TL 40W/220V 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.

Pemanfaatan kapasitor berarti suatu usaha menggunakan kapasitor untuk memperbaiki faktor kerja sistem, sehingga memperkecil rugi energi pada beban listrik. Dalam kata ini

terkandung makna kualitas dalam artian peningkatan atau perbaikan mutu beban listrik menjadi lebih baik.

#### 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 listrik dalam instalasi penerangan yang menggunakan lampu TL.

#### E. Asumsi

Dalam 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 di atas, dan mengingat pentingnya penghematan energi listrik, maka akan diajukan pertanyaan sebagai berikut:

1. Berapakah daya aktif, arus, daya semu, dan faktor kerja masing-masing merk ballast sebelum dipasang kapasitor?.
2. Berapakah daya aktif, arus, daya semu, dan faktor kerja masing-masing merk ballast sesudah diparalel kapasitor dari berbagai kapasitas ( $\mu\text{F}$ )?
3. Berapakah kapasitas kapasitor yang cocok atau efektif untuk perbaikan faktor kerja berbagai merk ballast 40 Watt/220 Volt?
4. Berapakah perbandingan daya yang diserap oleh satu unit lampu TL antara yang memakai kapasitor dengan tanpa memakai kapasitor?

## 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 anjurannya 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 atau gedung adalah untuk menciptakan lingkungan visual yang nyaman sehingga dapat meningkatkan prestasi kerja.

Sejak awal, perencanaan penerangan suatu gedung harus didesain sedemikian rupa, yaitu suatu upaya merencanakan 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 kadang-kadang hanya sebahagian saja yang terjangkau oleh penerangan alami, sehingga perlu dibuat penerangan buatan yang permanen. Penerangan buatan diperlukan juga untuk malam hari sehingga pada malam haripun dapat bekerja sebagaimana di siang hari.

Perencanaan penerangan sebuah ruangan atau 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  $m^2$   
 $F$  = fluk lampu dalam lumen  
 $\eta$  = 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 dibutuhkan semakin banyak. Oleh sebab itu Syamsuarnis (1989) menyarankan untuk menghemat pemakaian energi listrik, untuk itu 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.

MILIK UPJ  
KIP PALANG

Tabel 1. Daftar Fluk Cahaya Lampu  
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	
2000	Clear Lamp	40000	
Pijar	25	Argenta K.Lamp	190
	40	Argenta K.Lamp	375
	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. 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 usaha penghematan pemakaian energi listrik yang dilakukan di negara kita sesungguhnya belum memadai. Pada umumnya yang dilakukan mereka adalah dengan sengaja mengurangi konsumsi listriknya dan daya terpasang (kontrak) agar rekening bulanan kecil, namun efeknya terhadap kenyamanan sering terlupakan. Pada sisi lain, perawatan dan pemeliharaan lampu yang mereka lakukan belumlah menunjang usaha penghematan pemakaian energi listrik. Pada umumnya yang mereka lakukan 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 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 ber-

fungsi 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.

Besarnya daya listrik terpasang (maximum demand) yaitu daya yang 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  $15 \times 40$  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.. 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 rangking 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 W/220 V dan 40W/220V 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 18.30 sampai dengan 22.00. Penyebabnya yaitu turun tegangan (drop voltage), seharusnya 220 Volt, kenyataannya hanya 170 Volt. Turun tegangan tersebut akibat dari pada impedansi ballast yang cukup besar.

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 Watt/220 Volt sampai dengan 60 Watt/220 Volt 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 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.

Cos $\varphi$ semula	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
Cos $\varphi$ 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

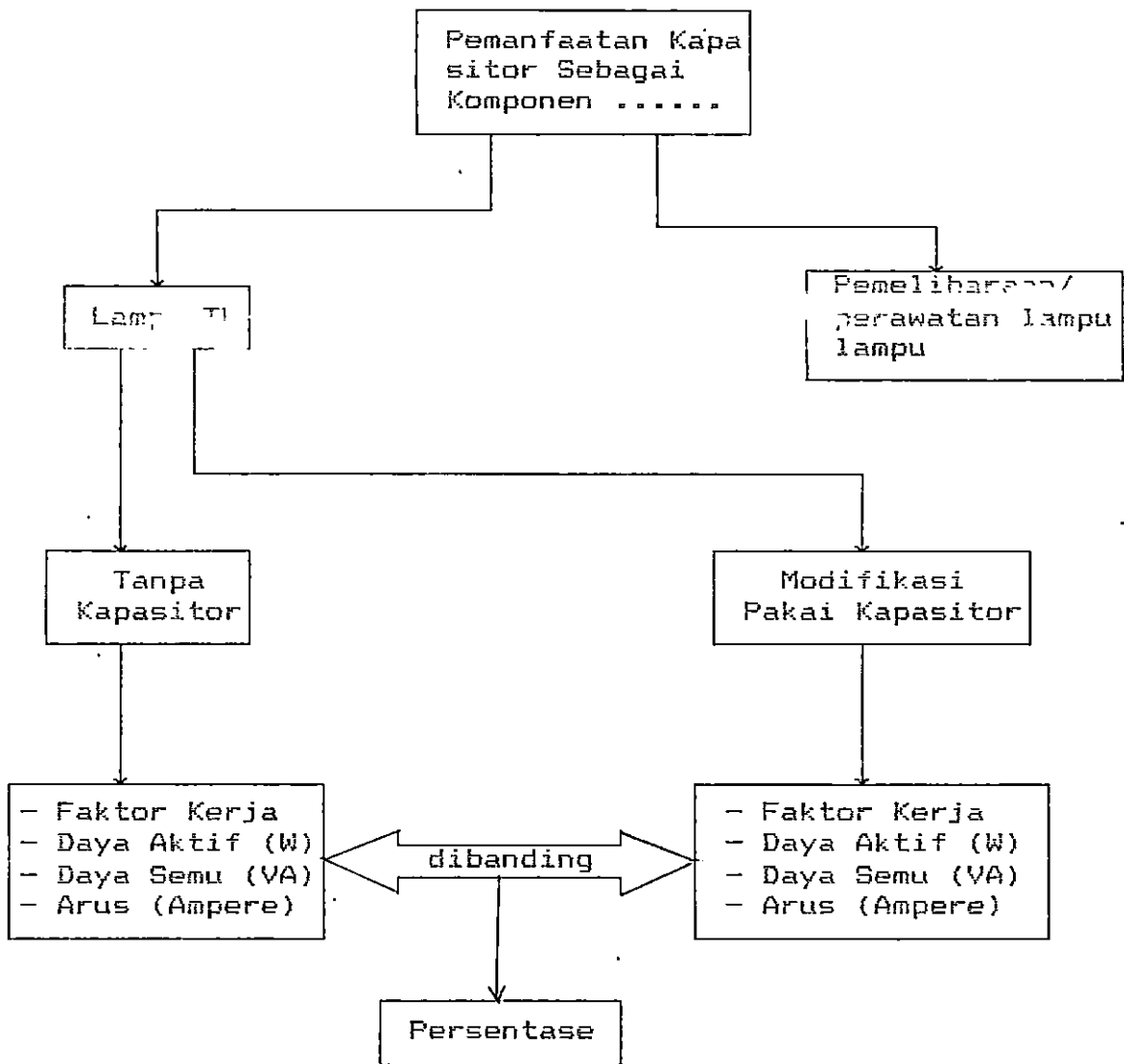
Besarnya daya listrik yang terpakai/dipergunakan dalam suatu instalasi penerangan dapat diketahui dengan cara menjumlahkan daya yang tertera pada label setiap lampu. Adakalanya daya terpakai berdasarkan penjumlahan daya masing-masing lampu tersebut, sebenarnya masih di bawah daya tersedia dari PLN, akan 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.

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

1. Menggunakan lampu hemat energi (faktor kerja tinggi).
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.





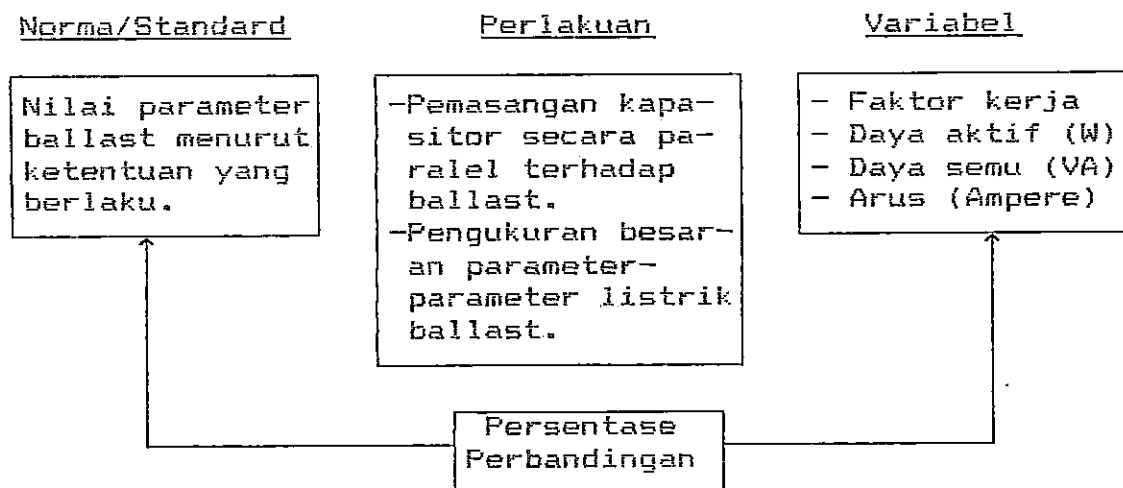
## BAB III

### METODOLOGI

#### A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dirancang dalam bentuk eksperimen dengan teknik survei. Sesuai dengan bentuknya, penelitian ini bermaksud untuk mengungkapkan kondisi atau karakteristik listrik beberapa macam merk ballast 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 standard yang ada, sehingga diperoleh kesimpulan tentang usaha pemanfaatan kapasitor sebagai komponen perbaikan faktor daya. Selanjutnya dikemukakan saran-saran perbaikan sebagai rekomendasi terhadap usaha penghematan penggunaan energi listrik bagi masyarakat

#### Rancangan Penelitian



## B. Populasi dan Sampel

Menurut pengamatan peneliti, ballast yang diperdagangkan di Pasar Padang ada sebanyak 12 merk, terdiri dari produksi dalam negeri maupun luar negeri. Produksi luar negeri yang berhasil kami temui hanya 3 merk, yaitu produksi Jerman, China Taiwan, dan Japan..

Kemudian peneliti membelinya 5 buah setiap merk. Empat dari lima buah dari setiap merk tersebut dijadikan sebagai objek penelitian. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Listrik FPTK IKIP Padang. Rincian merk ballast pengujian itu adalah seperti Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Distribusi Populasi dan Sampel

No.	Merk/jenis ballast	Populasi (buah)	Sampel (buah)
1.	Mercy	5	
2.	Tens	5	4
3.	Grand	5	4
4.	Greet	5	4
5.	Sinar	5	4
6.	Nais	5	4
7.	Triangle	5	4
8.	Philips	5	4
9.	Amico	5	4
10.	Boroco	5	4
11.	Starlite	5	4
12.	Osaka	5	4
Jumlah		60	48

## 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. Datayang diperoleh melalui beberapa kali pengujian, 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), atau daya listrik yang merupakan perkalian antara tegangan dan arus, satuannya VA.
4. Arus. Yakni besarnya daya (satuan ampere) yang disedot oleh ballast-ballast sampel tersebut. Arus tersebut merupakan perbandingan antara daya aktif dan tegangan ( $I = P/V$  Ampere).
5. Kapasitas Kapsitor. Yakni komponen yang berfungsi memperbaiki faktor kerja ballast lampu TL.

### b. Sumber Data

Data-data yang diperlukan di atas diperoleh dari pengujian ballast-ballast yang dijadikan sampel penelitian. Ballast tersebut sebanyak 12 merk berkapsitas 40W/220V. 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 Teknik Listrik FPTK IKIP Padang. Pengukuran dilaksanakan dalam dua tahap utama. Tahap pertama ballast diuji tanpa kapasitor. Tahap kedua, dipasang kapasitor yang dihubungkan 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. 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.

### 2. Alat Pengumpul Data

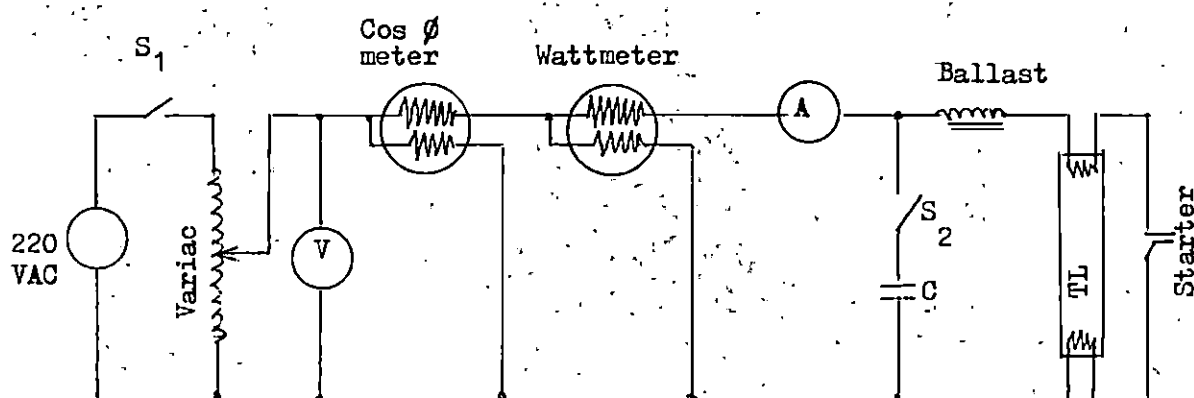
Alat pengumpul data atau instrumen yang dipergunakan terdiri dari Wattmeter, Voltmeter, Ampermeter, dan  $\cos \phi$  meter. Wattmeter adalah alat ukur untuk mengukur besarnya daya. Ampermeter adalah alat ukur untuk mengukur besarnya arus. Voltmeter adalah alat ukur untuk mengukur besarnya tegangan, sedangkan  $\cos \phi$  meter adalah alat ukur untuk mengukur besarnya faktor kerja.

Masing-masing alat ukur tersebut mempunyai tingkat kecermatan atau kelas yang relatif sama, walaupun merk dan pabriknya berbeda. Walaupun ada perbedaan keluaran-

nya 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 di bawah ini.

- |                              |                 |  |
|------------------------------|-----------------|--|
| 1. Wattmeter                 | Merk            | : Yokogawa                             |
|                              | Type/Model      | : FD-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<br>FVT.Co.Ltd India |
| 3. Voltmeter                 | Merk            | : Unigor A 42 P                        |
|                              | Kelas           | : 1,5                                  |
|                              | Frekuensi       | : 50 Hz                                |
|                              | Rating Tegangan | : 240 Volt                             |
|                              | Keluaran        | : BBC Metra Watt<br>India              |
| 4. Cos $\phi$ meter          | Merk/No.        | : Hinki/3304                           |
|                              | Kelas/Fase      | : 2,0/1, & 3                           |
|                              | Frekuensi       | : 50 Hz                                |
|                              | Rating Tegangan | : 240 Volt                             |
|                              | Keluaran        | : Hioko Electric<br>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 atau parameter listrik yang diinginkan. Perhatikan rangkaian di bawah ini.



Gambar Rangkaian Pengukuran

Keterangan : Untuk melakukan percobaan pertama, saklar  $S_2$  tetap dalam keadaan off, artinya tanpa kapasitor. Untuk melakukan percobaan kedua, saklar  $S_2$  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

Parameter-parameter listrik yang didapat dari hasil pengujian tanpa kapasitor terhadap seluruh merk ballast ditabulasikan dalam tabel 6. Nilai parameter listrik yang diukur dan diuji itu meliputi: Faktor Kerja, Arus, dan Daya. Nilai tersebut adalah hasil rata-rata dari empat kali pengujian, 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 40 W/220 V yang pengujiannya setelah dipasang kapasitor ditabulasikan pada tabel 7.

Kapasitor yang dipasang untuk setiap ballast terdiri dari 6 tingkat nilai yang dalam pelaksanaannya ditukar-tukar sedemikian rupa mulai dari nilai yang terendah sampai nilai yang tertinggi. Pengujian dengan tingkat nilai kapasitor seperti di atas dilakukan terhadap ke 12 merk ballast, yang masing-masing merk dilakukan sebanyak empat kali pergantian atau 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 berikutnya. 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 Dekan FPTK IKIP Padang, maka selanjutnya dilakukan penandatanganan kontrak dan sekaligus pembuatan disain oprasional penelitian.



Selanjutnya dilakukan penyusunan atau 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 40W/220V 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 Laboratorium Teknik 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

Untuk menjawab pertanyaan penelitian dilakukanlah analisis terhadap data-data yang telah dikumpulkan. 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 masing-masing merk ballast sebelum dipasang kapasitor?.

Untuk menjawab pertanyaan di atas, telah terkumpul data-data yang diperlukan yang diperoleh melalui pengujian terhadap setiap ballast sampel. Data-data tersebut disusun dalam bentuk tabel yang merupakan nilai rata-rata dari empat kali pengukuran. Hasil selengkapnya mengenai parameter-parameter listrik ke 12 merk ballast tersebut adalah seperti terlihat pada tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Parameter Ballast TL 40 W/220 V  
Pengujian Tanpa Kapasitor.

No.	Merk Ballast	Daya Aktif (Watt)	Arus (A)	Daya Semu (VA)	Faktor kerja lagging
1.	Mercy	54	0,38	83,6	0,65
2.	Tens	37	0,31	68,2	0,60
3.	Grand	53	0,38	83,6	0,63
4.	Greet	34	0,24	52,8	0,64
5.	Sinar	40	0,26	57,2	0,62
6.	Nais	45,5	0,39	85,8	0,61
7.	Triangle	44	0,32	70,4	0,74
8.	Philips	37	0,30	66,0	0,62
9.	Amico	45,1	0,40	88,0	0,63
10.	Broco	37,2	0,33	72,6	0,60
11.	Starlite	56	0,36	71,5	0,47
12.	Osaka	41	0,33	73,04	0,41
Jumlah		523,8	3,967	872,74	7,26
Rata-rata		43,65	0,33	72,728	0,605

Pertanyaan ke dua berbunyi:

Berapakah daya aktif, arus, daya semu, dan faktor kerja masing-masing merk ballast sesudah diparalel kapasitor dari berbagai kapasitas ( $\mu\text{F}$ )?

Pertanyaan ini diajukan dengan maksud untuk melihat bagaimana kualitas sejumlah merk ballast yang pada umumnya dipergunakan oleh para konsumen.

Ballast-ballast tersebut diuji parameter kelistrikan-nya 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 juga 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 40 W/220 V

Pengujian Pakai Kapasitor.

(Kapasitor tetap, ballast diubah-ubah)

Kapasitor ( $\mu\text{F}$ )	Merk Ballast	Daya Aktif (Watt)	Arus (Amp)	Daya Semu (VA)	Faktor Kerja ( $\text{Cos } \varphi$ )
1	2	3	4	5	6
2,25	Mercy	53	0,37	81,4	0,67 Lagging
	Tens	38	0,30	66,0	0,64 Lagging
	Grand	53	0,25	53,9	0,84 Lagging
	Greet	35	0,17	35,64	0,87 Lagging
	Sinar	40	0,22	48,4	0,86 Lagging
	Nais	45	0,28	61,6	0,82 Lagging
	Triangle	44,5	0,23	50,6	0,87 Lagging
	Philips	37,2	0,26	57,2	0,86 Lagging
	Amico	45,2	0,34	74,8	0,76 Lagging
	Broco	38	0,30	66,0	0,73 Lagging
	Starlite	55	0,30	66,0	0,63 Lagging
	Osaka	42	0,31	68,2	0,60 Lagging
3,25	Mercy	54	0,27	59,4	0,74 Lagging
	Tens	37	0,18	38,28	0,96 Lagging
	Grand	54	0,24	52,8	0,90 Lagging
	Greet	35	0,18	39,6	0,90 Leading
	Sinar	40	0,20	44,0	0,94 Lagging
	Nais	45	0,24	52,8	0,91 Lagging
	Triangle	45	0,22	48,4	0,93 Lagging
	Philips	40	0,19	41,8	0,96 Lagging
	Amico	59,8	0,32	70,4	0,84 Lagging
	Broco	57,9	0,29	63,8	0,90 Lagging
	Satrlite	54,7	0,28	62,04	0,88 Lagging
	Osaka	53,2	0,29	64,68	0,52 lagging

1	2	3	4	5	6
4,5	Mercy	55	0,26	57,2	0,92 Leading
	Tens	38	0,28	60,5	0,99 Leading
	Grand	54	0,24	52,8	0,90 Leading
	Greet	35	0,20	44,0	0,84 Leading
	Sinar	41	0,28	61,6	0,70 Leading
	Nais	45,5	0,22	48,4	0,93 Lagging
	Triangle	45	0,24	52,8	0,97 Leading
	Philips	41	0,21	46,2	0,98 Leading
	Amico	60,2	0,33	72,6	0,92 Leading
	Broco	58,3	0,32	70,4	0,93 Leading
	Satrlite	55,3	0,31	68,2	0,94 Leading
Osaka	54	0,32	70,4	0,91 Leading	
7,5	Mercy	57	0,38	83,6	0,80 Leading
	Tens	38	0,31	68,2	0,56 Leading
	Grand	54	0,35	77,0	0,80 Leading
	Greet	36,5	0,35	77,0	0,54 Leading
	Sinar	42	0,43	94,6	0,54 Leading
	Nais	45,5	0,28	61,6	0,82 Leading
	Triangle	46	0,36	78,76	0,68 Leading
	Philips	41,5	0,25	55,44	0,75 Leading
	Amico	62	0,391	86,02	0,72 Leading
	Broco	61	0,396	87,12	0,70 Leading
	Starlite	57,1	0,371	81,62	0,70 Leading
Osaka	55	0,367	80,74	0,68 Leading	

1	2	3	4	5	6
9,0	Mercy	58	0,51	112,2	0,58 Leading
	Tens	40	0,64	104,5	0,43 Leading
	Grand	50,5	0,65	110,0	0,58 Leading
	Greet	37	0,64	114,4	0,49 Leading
	Sinar	42	0,58	94,6	0,54 Leading
	Nais	43	0,54	90,2	0,56 Leading
	Triangle	47	0,65	110,0	0,51 Leading
	Philips	42	0,30	61,6	0,69 Leading
	Amico	62,7	0,45	92,4	0,68 Leading
	Broco	61,8	0,452	92,4	0,67 Leading
	Starlite	58	0,44	88,0	0,68 Leading
	Osaka	56	0,46	85,8	0,66 Leading
13,5	Mercy	56	0,62	136,4	0,56 Leading
	Tens	40	0,64	140,8	0,38 Leading
	Grand	56	0,65	143,0	0,52 Leading
	Greet	38	0,64	140,8	0,32 Leading
	Sinar	43	0,58	127,6	0,48 Leading
	Nais	46,5	0,54	118,8	0,50 Leading
	Triangle	48	0,65	121,0	0,48 Leading
	Philips	43	0,30	66,0	0,65 Leading
	Amico	63,2	0,45	99,6	0,64 Leading
	Broco	62,7	0,452	99,6	0,63 Leading
	Starlite	58,9	0,44	96,8	0,62 Leading
	Osaka	57,1	0,46	101,2	0,61 Leading

Fertanyaan ke tiga berbunyi:

Berapakah kapasitas kapasitor yang cocok atau efektif untuk perbaikan faktor kerja berbagai merk ballast 40 W/220 V?

MILIK UPT PERPADANGAN  
IKIP PADANG



Jika kita perhatikan uraian sebelumnya yaitu yang terdapat pada halaman 4, paragraf 2 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 ( $\mu\text{F}$ ), ternyata kapasitas kapasitor yang cocok adalah  $3,25 \mu\text{F}$ . Hal ini didasarkan bahwa dengan kapasitas  $3,25 \mu\text{F}$  umumnya nilai arus dan daya yang diserap nilainya terkecil di antara 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  $2,25 \mu\text{F}$ , dan  $3,25 \mu\text{F}$ , baik arus maupun daya yang diserap relatif relatif besar.

Melalui tabel 8 di bawah ini dapat diamati dan ditetapkan kapasitas kapasitor yang paling tepat untuk perbaikan faktor kerja beberapa merk ballast 40 W/220 V.

Kemudian dengan kapasitor  $4,5 \mu\text{F}$ , baik arus maupun daya reaktif yang diserap relatif kecil. Sementara itu faktor kerjanya cukup tinggi, tetapi arahnya mendahului atau yang disebut leading, selanjutnya dengan kapasitor  $7,5$ ,  $9,0$  dan  $13,5 \mu\text{F}$  baik arus maupun daya aktif yang diserap cukup besar. Sedangkan faktor kerjanya selain kecil, arahnya juga leading.

Tabel 8. Parameter Listrik Ballast 40 W/220 V

Pengujian Pakai Kapasitor.

(Ballast tetap kapasitor diubah-ubah).

Merk Ballast	Kapasitor ( $\mu\text{F}$ )	Daya Semu (VA)	Arus (A)	Faktor Kerja ( $\text{Cos } \varphi$ )
1	2	3	4	5
Mercy	2,25	81,4	0,37	0,67 Lagging
	3,25	59,4	0,27	0,74 Lagging
	4,5	57,2	0,26	0,90 Leading
	7,5	83,6	0,38	0,80 Leading
	9,0	112,2	0,51	0,58 Leading
	13,5	136,4	0,62	0,56 Leading
Tens	2,25	66,0	0,30	0,67 Lagging
	3,25	38,28	0,174	0,96 Lagging
	4,5	60,50	0,275	0,98 Leading
	7,5	68,5	0,31	0,58 Leading
	9,0	104,5	0,475	0,42 Leading
	13,5	140,8	0,64	0,38 Leading
Grand	2,25	53,9	0,245	0,84 Lagging
	3,25	52,8	0,24	0,90 Lagging
	4,5	53,0	0,24	0,90 Leading
	7,5	77,0	0,35	0,80 Leading
	9,0	110,0	0,50	0,58 Leading
	13,5	143,0	0,65	0,52 Leading
Greet	2,25	35,64	0,162	0,87 Lagging
	3,25	39,6	0,18	0,90 Lagging
	4,5	44,0	0,20	0,84 Leading
	7,5	77,0	0,35	0,54 Leading
	9,0	114,4	0,52	0,49 Leading
	13,5	140,8	0,64	0,32 Leading

1	2	3	4	5
Sinar	2,25	48,4	0,22	0,86 Lagging
	3,25	44,0	0,20	0,94 Lagging
	4,5	61,6	0,28	0,70 Leading
	7,5	94,6	0,43	0,54 Leading
	9,0	95,0	0,435	0,53 Leading
	13,5	127,6	0,58	0,48 Leading
Nais	2,25	61,6	0,28	0,82 Lagging
	3,25	52,8	0,24	0,91 Lagging
	4,5	48,4	0,22	0,93 Leading
	7,5	61,6	0,28	0,82 Leading
	9,0	90,2	0,41	0,56 Leading
	13,5	118,8	0,54	0,50 Leading
Triangle	2,25	50,6	0,23	0,87 Lagging
	3,25	48,4	0,22	0,93 Lagging
	4,5	52,8	0,24	0,97 Leading
	7,5	78,76	0,36	0,68 Leading
	9,0	110,0	0,50	0,51 Leading
	13,5	121,0	0,65	0,48 Leading
Philips	2,25	57,3	0,26	0,86 Lagging
	3,25	41,8	0,19	0,96 Lagging
	4,5	46,2	0,21	0,98 Leading
	7,5	55,44	0,252	0,75 Leading
	9,0	61,6	0,28	0,69 Leading
	13,5	66,0	0,30	0,65 Leading
Amico	2,25	74,8	0,34	0,76 Lagging
	3,25	70,4	0,32	0,84 Lagging
	4,5	72,6	0,33	0,92 Leading
	7,5	86,02	0,39	0,72 Leading
	9,0	92,4	0,42	0,78 Leading
	13,5	99,0	0,45	0,64 Leading

1	2	3	4	5
Broco	2,25	66,0	0,30	0,73 Lagging
	3,25	63,8	0,29	0,90 Lagging
	4,5	70,4	0,32	0,93 Leading
	7,5	87,12	0,40	0,70 Leading
	9,0	92,4	0,42	0,67 Leading
	13,5	99,6	0,45	0,63 Leading
Starlite	2,25	66,0	0,30	0,63 Lagging
	3,25	62,04	0,282	0,88 Lagging
	4,5	62,8	0,31	0,94 Leading
	7,5	81,62	0,371	0,70 Leading
	9,0	88,0	0,40	0,68 Leading
	13,5	96,8	0,44	0,62 Leading
Osaka	2,25	68,2	0,31	0,60 Lagging
	3,25	64,68	0,294	0,82 Lagging
	4,5	70,4	0,32	0,91 Leading
	7,5	80,74	0,367	0,68 Leading
	9,0	85,8	0,39	0,66 Leading
	13,5	101,2	0,46	0,61 Leading

Pertanyaan ke empat berbunyi:

Berapakah perbandingan daya yang diserap oleh satu unit lampu TL 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 3,25  $\mu\text{F}$  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  $3,25 \mu\text{F}$  ( $2,25 \mu\text{F}$  dan di atas  $3,25 \mu\text{F}$  ( $4,5$  sampai dengan  $13,5 \mu\text{F}$ ) 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 9 dibawah ini.

Tabel 9. Perbandingan Parameter Listrik Ballast 40 W/220 V Antara Yang Pakai Kapasitor Dengan Yang Tidak Pakai Kapasitor.

No.	Ballast	Arus	Daya Semu	Faktor kerja
1.	Mercy	0,71	0,71	0,88
2.	Tens	0,56	0,56	0,63
3.	Grand	0,63	0,63	0,70
4.	Greet	0,75	0,75	0,71
5.	Sinar	0,77	0,77	0,66
6.	Nais	0,62	0,62	0,67
7.	Triangle	0,63	0,69	0,80
8.	Philips	0,63	0,63	0,64
9.	Amico	0,80	0,80	0,75
10.	Broco	0,89	0,88	0,67
11.	Starlite	0,87	0,87	0,53
12.	Osaka	0,89	0,88	0,50

## 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 masing-masing merk ballast sebelum diparalel kapasitor?

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 34 sampai 56 Watt, atau rata-rata 43,65 Watt. Ballast yang paling sedikit menyerap daya ialah merk Greet (34 Watt), sedangkan yang paling besar adalah merk Starlite (56 Watt).

Arus yang diserap oleh ballast-ballast tersebut berkisar antara 0,24 sampai dengan 0,40 Ampere, dengan rata-rata 0,33 Ampere. Ballast yang paling besar menyerap arus ialah merk Amico (0,40 Ampere), sedangkan yang paling kecil yaitu merk Greet (0,24 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 52,8 VA sampai dengan 88,0 VA, dengan rata-rata 72,73 VA. Ballast yang paling besar menyerap daya semu yaitu merk Amico (88,0 VA), sedangkan yang paling kecil ialah merk Greet (52,8 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 antara 0,41 sampai dengan 0,74 dengan rata-rata yaitu 0,60. 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 oleh masing-masing merk ballast sesudah dipasang kapasitor dari berbagai kapasitor ( $\mu\text{F}$ )?

Ke 12 merk ballast sampel diuji dalam 6 tingkat kapasitas kapasitor. Masing-masing kapasitor dikenakan untuk pengujian parameter ballast tersebut. Dari tabel 7 dapat kita lihat bahwa daya aktif, daya semu, arus, dan faktor kerja masing-masing ballast dengan kapasitor 2,25, 3,25, 4,5, 9,0 dan 13,5  $\mu\text{F}$  tidaklah sama besar. Dengan perkataan lain, setiap perubahan kapasitas kapasitor daya aktif berubah atau tidak sama besar.

Arus masing-masing ballast semakin kecil apabila kapasitor dinaikkan, khususnya dari 2,25 menjadi 3,25  $\mu\text{F}$ . Penurunan arus berkisar antara 73% sampai dengan 81%. Artinya, dengan menggunakan kapasitor 3,25  $\mu\text{F}$ , arus ballast hanya 73% sampai 81% dari pada dengan kapasitor 2,25  $\mu\text{F}$ .

Mengapa daya aktif turut berubah, ketika kapasitansi kapasitor dirubah? Hal ini mudah dipahami, sebab daya aktif tersebut merupakan produk dari perkalian dari unsur tegangan, arus, dan faktor kerja. Sementara itu tegangan diset konstan. Walaupun tegangan konstan 220 Volt, tetapi karena arus dan faktor keraja berubah, maka daya aktif akan turut berubah.

Pertanyaan ke tiga berbunyi:

Berapakah kapasitansi kapasitor yang cocok atau efektif untuk perbaikan faktor kerja berbagai merk ballast 40W/220V?

Ketika kepada ballast diparalelkan kapasitor berkapasitansi mulai 4,5 sampai 13,5  $\mu\text{F}$ , ternyata bahwa arah faktor kerjanya mendahului atau leading (lihat Tabel 7 dan 8):

Bertolak dari uraian pada Bab I, dapat dikatakan bahwa kapasitor-kapasitor di atas 3,25  $\mu\text{F}$  (dalam hal ini 4,5; 7,5; 9,0, dan 13,5  $\mu\text{F}$ ) tidak cocok atau tidak baik untuk perbaikan faktor kerja ballast 40 W/220 V.

Pada sat ballast-ballast dipasang paralel kapasitor 4,5  $\mu\text{F}$ , ternyata arus maupun daya semu ballast-ballast relatif kecil. Di pihak lain, faktor kerjanya cukup baik, namun arahnya mendahului tegangan. Hal ini berarti kapasitor berkapasitansi 7,5  $\mu\text{F}$  tidak cocok untuk perbaikan faktor keraja ballast 40W/220V.

Faktor keraja semakin buruk, serta arus dan daya semu semakin bertambah besar bila ballast tersebut dipasang paralel kapasitor 9,0 dan 13,5  $\mu\text{F}$ . Oleh sebab itu kapasitor yang paling tepat atau yang paling efektif untuk perbaikan faktor kerja ballast 40W/220V berbagai merk adalah 3,25  $\mu\text{F}$ .



Pertanyaan ke empat berbunyi:

Berapakah perbandingan daya yang diserap oleh satu unit lampu TL yang memakai kapasitor dengan tanpa kapasitor?

#### 1. Perbandingan Arus Yang Diserap.

Arus yang diserap oleh setiap ballast tanpa kapasitor bervariasi antara 0,24 sampai 0,53 Ampere (tabel 6). Jika ballast-ballast tersebut diparalel dengan kapasitor 3,25  $\mu\text{F}$ , arus yang diserapnya bervariasi antara 0,18 sampai 0,25 Ampere (tabel 7). Oleh sebab itu perbandingan arus antara tanpa kapasitor dengan pakai kapasitor 3,25  $\mu\text{F}$  bervariasi antara 0,56 sampai 0,89 (atau antara 56% sampai 89%). kondisi ini cukup realistis mengingat perbandingan penurunan arus memenuhi persyaratan yang ditetapkan seperti Tabel 4.

Pada Tabel 4 diperlihatkan, apabila faktor kerja dinaikkan dari 0,5 menjadi 0,9 pengurangan arus minimal 44,5%.

Pengurangan arus listrik dengan memparalel kapasitor 3,25  $\mu\text{F}$  terhadap semua ballast 40W/220V menurut penelitian ini kelihatannya cukup realble. Sedangkan perbandingan arus antara tanpa kapasitor dengan memakai kapasitor 2,25  $\mu\text{F}$ , 3,25  $\mu\text{F}$ , 4,5  $\mu\text{F}$ , 7,5  $\mu\text{F}$ , 9,0  $\mu\text{F}$ , dan 13,5  $\mu\text{F}$  tidak memenuhi standar yang ada.

Dengan demikian berdasarkan perbandingan arus tersebut sekali lagi terbukti bahwa kapasitor yang paling tepat untuk perbaikan faktor kerja semua ballast 40 W/220V adalah 3,25  $\mu\text{F}$ .

## 2. Perbandingan Daya Semu Yang Diserap

Daya semu yang diserap oleh setiap ballast tanpa kapasitor bervariasi antara 52,8 VA sampai 88VA (lihat Tabel 6). Setelah diparalel dengan kapasitor 3,25  $\mu\text{F}$ , daya semu tersebut bervariasi antara 36,9 VA sampai 70,4 VA (Tabel 7). Perbandingan daya semu antara tanpa kapasitor dengan memakai kapasitor 4,5  $\mu\text{F}$ , bergerak antara 38% sampai 89%. (Tabel 9).

Di sinipun jelas tampak bahwa daya semu yang diserap ballast-ballast 40 W/220 V lebih kecil dari pada tanpa kapasitor. Menurut standard (Tabel 4) pengurangan daya semu apabila faktor kerja dinaikkan dari 0,5 menjadi 0,9 minimal 44,5%. Ternyata pengurangan daya semu tersebut memenuhi standar yang ditetapkan.

Pengurangan daya semu dengan memparalel kapasitor 3,25  $\mu\text{F}$  terhadap semua ballast ternyata cukup realble. Apabila terhadap ballast itu diparalel kapasitor di bawah nilai 3,25  $\mu\text{F}$  dan di atas 3,25  $\mu\text{F}$ , perbandingan standardnya tidak memenuhi.

Berdasarkan pembahasan di atas dapat disebut bahwa kapasitor yang paling cocok untuk perbaikan faktor kerja ballast 40 W/220 V adalah 3,25  $\mu\text{F}$ .

## 3. Perbandingan Faktor Kerja

Faktor kerja ballast-ballast yang diuji tanpa kapasitor berkisar antara 0,41 sampai 0,65 lagging. Sedangkan jika diuji dengan pakai kapasitor 3,25  $\mu\text{F}$ , faktor kerja ballast-ballast tersebut naik antara 0,52 sampai 0,96 Lagging.

Pengujian dengan memparalel kapasitor di bawah dan di atas  $3,25 \mu\text{F}$  (yaitu  $2,25$ ,  $4,5$ ,  $7,5$ ,  $9,0$  dan  $13,5 \mu\text{F}$ ), tidak memenuhi standar yang ditetapkan. Dengan kapasitor di atas  $3,25 \mu\text{F}$  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.

## KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Pada bab ini akan dikemukakan beberapa kesimpulan dan rekomendasi seperti di bawah ini.

## A. Kesimpulan

1. Ballast TL 40W/220V yang banyak digunakan pada umumnya mempunyai faktor kerja rendah, berkisar antara 0,41 sampai 0,74. Faktor kerjanya rendah ini mengakibatkan lampu-lampu TL tersebut mengkonsumsi daya listrik 2 (dua) kali lipat dari pada daya nominalnya. Akibatnya, pemakaian daya listrik boros, sehingga merugikan para konsumen.
2. Lampu TL 40W/220V merupakan suatu beban induktif. Jika digunakan tanpa memparalel kapasitor, baik arus maupun daya semu yang diserapnya relatif besar, sedangkan faktor kerjanya rendah (buruk). Daya aktifnya rata-rata 43,65 Watt, arusnya rata-rata 0,33 Ampere, daya semunya 72,79 Va, dan faktor kerjanya rata-rata 0,605.
3. Dengan memparalel kapasitor terhadap ballast dengan kapasitas yang cocok, baik arus, daya semu, maupun faktor kerjanya lebih baik dibanding dengan tanpa kapasitor paralel. Dengan memparalel kapasitor 3,25  $\mu\text{F}$ , arus dan daya semunya paling rendah (kecil) jika dibanding dengan kapasitor lainnya. Sedangkan faktor kerjanya paling tinggi. Jadi dapat dikatakan bahwa penggunaan lampu TL 40W/220V akan lebih efektif apabila diparalel kapasitor 3,25  $\mu\text{F}$ , sehingga rugi energi dapat diperkecil.

4. Berdasarkan sampel yang diteliti, ballast TL 40W/220V, yang terbaik adalah nomor urut 5. Sedangkan yang kurang baik adalah merk dengan nomor urut 12.
5. Setelah ballast diparalel dengan kapasitor, besarnya arus berubah. Hal ini membuktikan bahwa dengan mempengaruhi arus yang mengalir pada ballast, maka akan menggeser sudut fase tegangan dan arusnya, sehingga faktor kerja berubah.

## B. Rekomendasi

Sebagai bahan pertimbangan dalam rangka usaha memperkecil kerugian energi para konsumen yang menggunakan lampu TL sebagai alat penerangan, maka diberikan rekomendasi sebagai berikut:

1. Perlu diadakan penelitian lanjut yang ruang lingkupnya lebih luas, agar hasil penelitian yang didapatkan lebih akurat, terutama untuk ballast TL 40W/220V yang dewasa ini banyak dipergunakan.
2. Paralelkanlah kapasitor  $3,25 \mu\text{F}$  untuk lampu TL 40W/220 V untuk mempertinggi faktor kerjanya, sehingga lampu tersebut dapat menghemat energi listrik.
3. Agar para konsumen yang menggunakan ballast 40Wt/220V yang berkualitas baik, dalam sampel penelitian ini adalah nomor 6. Tabung lampu perlu dirawat dan dibersihkan dari debu dan kotoran-kotoran lainnya yang menempel sehingga cahaya dan warnanya tetap jernih, tidak suram. Selain itu tegangan jaringan usahakan agar tetap konstan 220 Volt, terutama yang jauh dari gardu transformator.

## 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.
- Hendri. (1989). Studi Tentang Pengaruh Kapasitor Terhadap  
Faktor Daya Beberapa Jenis Ballast Lampu TL di FPTK IKIP  
Padang, Padang, Thesis.
- Philips. (1988). Compact Lighting Catalog. Lighting Division,  
Netherlands.
- Sujono, Ir. (1981). Karakteristik dan Cara Kerja Dari Pada  
Condenser, 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.
- Sembiring, Jamin, Drs. (1992). Usaha Meperkecil Kerugian  
Energi Para Konsumen PLN Yang Menggunakan Lampu TL,  
Laporan Penelitian, IKIP Padang.
- Theraja, B.L. (1977). A Text Book of Electrical Technology, New  
New Delhi, S. Chand & Co Ltd.

## FAKTOR DAYA

Daya rata-rata yang diserahkan ke sebuah beban dalam arus bolak-balik sinusoidal mantap adalah:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \theta \text{ Watt}$$

Hal ini berarti daya ( $P$ ) tersebut merupakan perkalian antara tegangan efektif dan arus efektif serta cosinus dari sudut antara tegangan dan arus. Dalam praktek, perkalian antara  $V \cdot I$  disebut daya semu (apparent power), biasanya ditandai dengan simbol  $S$  satuan dalam VA atau kVA, yaitu untuk membedakan dengan satuan daya rata-rata (average power), dalam Watt. Jadi jelas bahwa daya rata-rata tidak akan pernah lebih besar dari pada daya semu. Perbandingan antara daya rata-rata terhadap daya semu, didefinisikan sebagai Faktor Kerja. Oleh sebab itu bila kita sebut faktor kerja ( $fk$ ) sebagai  $\cos \theta$ , maka dalam kondisi sinusoidal adalah:

$$fk = \frac{P}{V \cdot I} = \cos \theta \quad (1)$$

yaitu tanpa satuan.  $\theta$  sering disebut sebagai sudut  $fk$ .

Apabila beban berupa resistif murni maka arus dan tegangan akan sefase. Dengan demikian  $\theta = 0$ ,  $fk = 1$  serta daya rata-rata dan daya semu adalah sama besar. Faktor kerja ( $fk = 1$ ) akan didapat yaitu apabila beban induktif dan kapasitif saling menghilangkan antara satu dengan yang lain. Pengaturan nilai resistansi beban sehingga mendekati kondisi di atas adalah merupakan suatu hal yang penting dalam sistem tenaga listrik, yang kemudian akan kita bahas.

Dalam suatu beban reaktif murni,  $\theta$  berada antara  $90^\circ$ ,  $fk = 1$  dan daya rata-rata akan nol. Dalam hal ini, beban ekuivalen adalah sebuah induktansi ( $\theta = 90^\circ$ ) atau suatu kapasitansi ( $\theta = -90^\circ$ ),

serta arus dan tegangan berbeda fase sebesar  $90^\circ$ . Sebuah beban dimana  $-90^\circ < \theta < 0^\circ$  adalah ekuivalen terhadap suatu kombinasi RC, sebaliknya bila  $0^\circ < \theta < 90^\circ$  beban adalah merupakan kombinasi RL.

Karena  $\cos \theta = \cos (-\theta)$  jelas bahwa faktor kerja beban RC mempunyai  $\theta = -\theta_1$ , dimana  $0 < \theta_1 < 90^\circ$ , yang sama terhadap beban RL dengan  $\theta = \theta_1$ . Untuk mengatasi kesulitan mengidentifikasi macam-macam beban tersebut, fk ditandai dengan suatu karakteristik atau sifat yang disebut leading atau lagging yaitu menyatakan hubungan antara arus dan tegangan. Dengan demikian sebuah beban RC mempunyai fk leading, dan suatu beban RL mempunyai fk lagging. Sebagai contoh, hubungan seri resistor  $100 \Omega$  dan induktor  $0,1 \text{ H}$  pada frekuensi  $60 \text{ Hz}$  mempunyai impedansi  $100 + j37,7 = 106,9 \angle 20,66^\circ \Omega$  dan mempunyai fk sebesar  $\cos 20,66^\circ = 0,936$  lagging.

Dalam praktek, faktor kerja suatu beban sangatlah penting. Dalam penggunaan industri, misalnya beban-beban yang dioperasikan beratus-ratus Watt, dan faktor kerja sangatlah berpengaruh terhadap jumlah rekening listrik (electrical bill). Misalkan, sebuah mesin mill mengkonsumsi  $100 \text{ kW}$  dari ten  $220 \text{ Volt}$ , faktor kerja  $0,85$  lagging, kita tahu bahwa arus efektif di dalam mill adalah:

$$I = \frac{P}{V \cdot \text{fk}} = \frac{100.000}{220 \cdot 0,85} = 534,8 \text{ A}$$

Daya semu yang disuplai adalah  $V \cdot I = (220)(534,8) \text{ VA} = 117,66 \text{ kVA}$  dan daya semu akan berkurang menjadi  $V \cdot I = 105,3 \text{ kVA}$ .

Apabila dibandingkan nilai arus efektif ( $I$ ) antara yang terakhir dengan yang semula (asli), ternyata bahwa arus efektif berkurang sebesar  $56,3 \text{ A}$  atau  $10,5\%$ . Oleh sebab itu stasion pembangkit harus membangkitkan arus yang besar apabila faktor kerja rendah. Oleh karena jaringan transmisi penyalur daya mempunyai resistansi, maka generator harus memproduksi daya yang besar



untuk menyuplai beban 100 kW itu. Dimisalkan resistansi  $0,1 \Omega$ , lalu daya yang harus diangkitkan oleh sumber adalah:

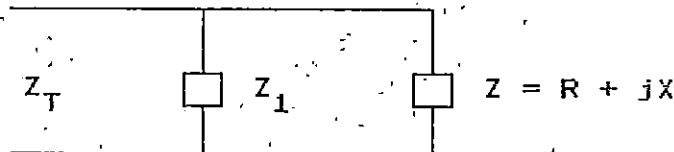
$$P = 100.000 + 0,1 I^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kemudian kita dapatkan: } P &= 128,6 \text{ kW} & \text{fk} &= 0,85 \\ &= 122,9 \text{ kW} & \text{fk} &= 0,95 \end{aligned}$$

yang berarti bahwa pembangkit tenaga perlu memproduksi daya 5,7 kW (4,64%) untuk menyuplai faktor kerja yang rendah itu tadi.

Inilah alasannya mengapa para pengusaha listrik menganjurkan agar para konsumen mempertinggi faktor kerja bebannya, katakanlah 0,9, yang mana hal ini di industri dipahami orang.

Sekarang mari kita perhatikan suatu metode menyambungkan faktor kerja sebuah beban yang mempunyai impedansi:  $Z = R + jX$ . Kita boleh menetapkan faktor kerja dengan menyambungkan impedansi  $Z_1$  paralel dengan  $Z$  seperti gambar di bawah ini.



Dalam hubungan ini jelas bahwa tegangan beban tidak berubah. Karena  $Z$  adalah tetap, arus  $I$  tidak akan berubah, serta daya yang diberikan ke beban juga tidak terpengaruh. Arus  $I$  disuplai oleh generator, namun tidak akan berubah. Impedansi kombinasi paralel adalah:

$$Z = \frac{Z \cdot Z_1}{Z + Z_1}$$

Secara umum, kita tetapkan  $Z$  sehingga (1) menyerap daya nol dan (2)  $Z_T$  memenuhi penetapan faktor kerja  $\text{fk}$ . Kondisi (1) membutuhkan reaktif murni, sehingga,  $Z_1 = jX_1$ .

Kondisi kedua membutuhkan bahwa:

$$\cos \left[ \tan^{-1} \left( \frac{I \cdot Z_T}{R \cdot Z_T} \right) \right] = \text{FK} \quad *)$$

Dengan mensubstitusikan  $Z_T$  dalam term  $R$ ,  $X$ , dan  $X_1$  kedalam persamaan ini kita peroleh:

$$X_1 = \frac{R \tan(\cos^{-1} \text{FK}) - X}{R^2 + X^2}$$

( $\cos^{-1} \text{FK}$ ) adalah positif jika FK adalah lagging, dan negatif jika

FK adalah leading.

Contoh.

Kita akan aplikasikan persamaan (\*) diatas. Jika dimisalkan rangkaian gambar 1 diatas faktor kerjanya diperbesar menjadi 0,95. sebelumnya kita telah mendapatkan bahwa:

$$Z = 100 + j100 = 141,4 / 45^\circ$$

Sebelum ditambah sebuah reaktansi paralel  $Z$ , faktor kerja adalah:

$$\text{fk} = \cos \theta = \cos 45^\circ = 0,707 \text{ lagging}$$

Semenjak kita tetapkan faktor kerja 0,95 lagging,  $\tan^{-1}(\text{FK})$

$$X_1 = \frac{100^2 + 100^2}{100 \tan(\cos^{-1} 0,95) - 100} = -297,92 \Omega$$

Jika  $X_1 < 0$ , reaktansi adalah kapasitansi  $C = 1/\omega X_1 = 33,6 \mu\text{F}$ .

Sekarang, impedansi beban menjadi:

$$Z_T = \frac{(100 + j100)(-j297,92)}{100 + j100 - j297,92} = 190,0 / 18,2^\circ$$

Berterusnya, daya untuk koreksi beban adalah:

$$P = \frac{100^2}{Z(190,0)} \cos(18,2^\circ) = 25 \text{ watt}$$

yaitu sama seperti yang diberikan ke Z didalam gambar 1.

Namun, arus adalah:  $I = \frac{100}{Z} = 0,372 \text{ A}$

Bila dibandingkan dengan arus sebelumnya yaitu:

$$I = 1/2 = 0,5 \text{ A}$$

Dapat kita amati bahwa harga arus turun (semakin kecil) sebesar

0,128 A atau 25,6 %.

MILIK UPT PENYUSUNAN  
IKIP PADANG