

ANALISIS UPAYA PENURUNAN BIAYA PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK PADA LAMPU PENERANGAN

Slamet Suropto

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhamadiyah Yogyakarta

Abstrak

Keterbatasan sumber energi listrik menuntut adanya upaya penghematan energi, agar fasilitas yang menggunakan energi listrik dapat dinikmati dalam jangka waktu yang lebih lama. Upaya penghematan ini perlu dilakukan oleh segenap pengguna energi listrik baik untuk penerangan maupun penggerak motor pada industri. Penghematan penggunaan energi listrik di samping akan mengurangi konsumsi bahan baku bagi penyedia daya listrik, juga akan mengurangi biaya pengeluaran bagi pengguna energi listrik. Paper ini membahas upaya penghematan energi listrik untuk keperluan penerangan dengan pemasangan kapasitor paralel pada lampu TL. Berdasarkan hasil penelitian ditunjukkan bahwa pemilihan lampu hemat energi dan pemasangan kapasitor paralel pada setiap lampu TL dapat menurunkan biaya pemakaian energi listrik secara signifikan.

Kata Kunci: Lampu TL, penghematan energi listrik, kapasitor paralel

1. PENDAHULUAN

Lampu sebagai salah sumber cahaya merupakan komponen penting agar aktifitas kehidupan dapat berjalan dengan baik terutama pada malam hari. Sumber energi yang digunakan untuk lampu dapat berupa minyak atau energi listrik baik berupa baterai maupun jaringan PLN. Lampu dengan menggunakan energi listrik dari baterai merupakan jenis lampu yang paling praktis untuk beberapa keperluan. Hanya saja untuk lampu yang berdaya besar akan timbul banyak masalah. Sehingga untuk kepentingan yang lebih kompleks banyak digunakan lampu dengan menggunakan energi listrik dari jaringan listrik PLN.

Untuk kepentingan penerangan terutama di kota besar ternyata energi yang diperlukan jumlahnya cukup banyak, baik untuk penerangan fasilitas umum maupun penerangan rumah tinggal. Kebutuhan energi listrik ini harus dipenuhi dengan cara mengubah bahan baku atau bentuk energi lain dari alam menjadi energi listrik. Pada kenyataannya persediaan bahan baku energi terbatas. Dengan demikian perlu diadakan upaya penghematan agar waktu penggunaan energi listrik dapat diperpanjang dan biaya operasional pengadaan energi tersebut dapat diperkecil. Penghematan ini akan berdampak menurunnya biaya yang harus dikelurakan oleh pengguna energi listrik.

Paper ini membahas penghematan energi listrik dengan menggunakan lampu hemat energi dan menaikkan faktor daya. Bahasan mengenai lampu hemat energi dibatasi dengan analisis perbandingan antara lampu pijar dengan lampu TL. Sedangkan bahasan upaya menaikkan faktor daya dibatasi dengan pemasangan kapasitor pada lampu TL. Paper ini diharapkan dapat bermanfaat bagi para pengguna energi listrik, khususnya untuk keperluan penerangan rumah tinggal. Dengan disertakan contoh perhitungan pemakaian energi dan perhitungan rekening listrik diharapkan dapat lebih dipahami oleh para pengguna, khususnya dari kalangan umum.

2. DASAR TEORI

2.1. Penggunaan Lampu Hemat Energi

Setiap jenis lampu perlu dipasang sesuai dengan peruntukannya, atau untuk memasang lampu penerangan perlu diketahui jenis lampu yang cocok. Untuk lampu penerangan jalan misalnya, perlu dipilih lampu yang cahayanya meluas hingga jarak yang cukup jauh, dan punya umur pemakaian yang panjang. Untuk penerangan teras atau ruang

belajar, tentu lebih baik jika dipilih jenis lampu hemat energi. Demikian selanjutnya, untuk masing-masing keperluan dipilih jenis lampu yang sesuai.

Di antara jenis lampu yang banyak digunakan untuk penerangan rumah tinggal adalah lampu pijar dan lampu TL. Kedua lampu ini masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan. Secara umum, harga lampu pijar relatif lebih murah dibanding dengan lampu TL. Sedangkan untuk daya yang sama cahaya yang dihasilkan lampu TL lebih terang dari pada lampu pijar. Kelebihan dan kekurangan yang lain adalah, panas yang ditimbulkan akibat lampu pijar lebih besar dibanding dengan lampu TL, tetapi cahaya lampu pijar relatif lebih stabil dibanding cahaya lampu TL.

Spesifikasi lampu yang penting berkaitan dengan penerangan adalah konsumsi daya dan fluks cahaya yang dihasilkan lampu tersebut. Konsumsi daya lampu akan mempengaruhi biaya pemakaian yang harus dikeluarkan selama pemakaian. Sedangkan fluks cahaya tiap lampu akan mempengaruhi jumlah lampu yang diperlukan untuk mendapatkan kuat penerangan tertentu di suatu ruangan. Semakin tinggi fluks cahaya yang dihasilkan lampu, maka untuk mendapatkan kuat penerangan tertentu di suatu ruangan, jumlah lampu yang digunakan semakin sedikit.

Fluks cahaya yang dihasilkan suatu lampu sangat ditentukan oleh jenis lampu. Sebagai gambaran, perbandingan fluks cahaya yang dihasilkan oleh lampu pijar dan lampu TL dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Fluks cahaya yang dihasilkan beberapa jenis lampu TL

Jenis lampu	Warna	Fluks Cahaya (lumen)
TL 20 W	cahaya siang	750
TL 20 W	putih	850
TL 20 W	timah panas	950
TL 40 W	cahaya siang	1900
TL 40 W	putih	2000
TL 40 W	timah panas	2000

Catatan Data bisa berubah tergantung pabrik pembuatnya

Tabel 2. Fluks cahaya yang dihasilkan beberapa jenis lampu pijar

Daya lampu pijar	Fluks cahaya (lumen)
10 W	130
25 W	240
40 W	440
60 W	850
75 W	975
100 W	1425
150 W	2100

Catatan: Data bisa berubah tergantung pabrik pembuatnya

Tabel 3. Prosentase Pantulan Cahaya untuk Beberapa Warna Dinding

Warna	Terang	Sedang	Gelap
Kuning	70	50	30
Kuning-keabuan	65	45	25
Coklat	50	25	8
Merah	35	20	10
Hijau	60	30	12
Biru	50	20	5
Abu-abu	60	35	20
Putih	80	70	-
Hitam	-	4	-

Guna mendapatkan kuat penerangan yang lebih tinggi perlu juga ditinjau warna dinding ruangan. Semakin tinggi daya pantul dinding ruangan tentunya akan memperbesar kuat

penerangan untuk jenis lampu yang sama dan juga berlaku sebaliknya. Prosentase pantulan cahaya untuk beberapa warna dinding ditunjukkan pada Tabel 3.

Pada umumnya lampu penerangan diletakkan di atas bidang yang diterangi, misalnya bila ruangan mempunyai plafon yang tidak begitu tinggi, biasanya lampu ditempelkan pada plafon. Jika plafon ruangan cukup tinggi, maka lampu digantung pada ketinggian tertentu. Untuk mendapatkan terang cahaya yang maksimal perlu juga dipasang reflektor di atas lampu, agar pancaran cahaya lampu dapat mengarah ke arah bidang yang diterangi. Pemilihan bentuk, bahan dan warna reflektor juga mempengaruhi kuat penerangan.

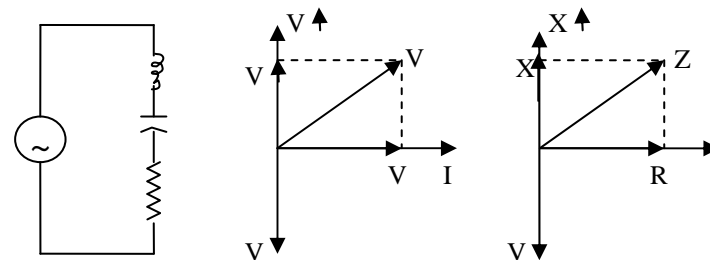
2.2. Perbaikan Faktor Daya

Pada peralatan listrik yang menggunakan sumber tegangan searah, misalnya baterai atau aki, maka daya yang diserap hanya tergantung pada tegangan dan arus yang mengalir. Daya listrik yang digunakan merupakan hasil kali tegangan sumber dengan kuat arus yang mengalir pada rangkaian peralatan tersebut.

Hal ini berbeda dengan peralatan listrik yang menggunakan sumber tegangan bolak-balik, baik dari jaringan PLN maupun generator sendiri. Pada rangkaian tegangan arus bolak-balik dikenal tiga macam besaran daya, yaitu daya semu, daya reaktif dan daya aktif. Nilai ketiga macam besaran tersebut dipengaruhi oleh faktor daya atau $\cos \phi$.

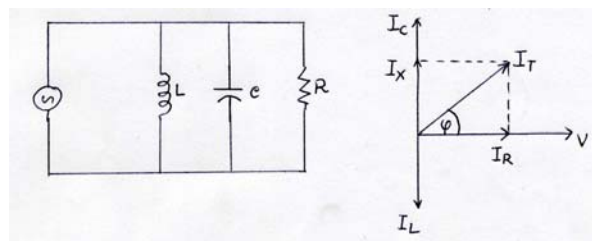
Daya aktif merupakan daya yang diserap oleh beban resistif yaitu beban yang berupa resistor, misalnya lampu pijar, setrika atau elemen pemanas air. Sedangkan daya reaktif merupakan daya yang diserap oleh beban reaktif yaitu beban yang berupa reaktans. Beban reaktif ada dua macam yaitu reaktans induktif dan reaktans kapasitif. Beban induktif biasanya berupa induktor atau lilitan, misalnya trafo, motor listrik dan balas lampu TL. Beban kapasitif biasanya berupa kapasitor yang kita gunakan untuk kompensasi dari beban induktif.

Kemudian daya semu merupakan hasil penjumlahan secara vektor antara daya aktif dan daya reaktif. Sedangkan hasil penjumlahan secara vektor antara resistansi dan reaktansi dinamakan impedansi. Faktor daya atau $\cos \phi$ merupakan besaran yang menunjukkan hubungan ketiga besaran tersebut. Nilai $\cos \phi$ adalah perbandingan antara nilai daya aktif terhadap daya semu atau perbandingan antara nilai resistansi dengan nilai impedansinya. Untuk memperjelas hubungan besaran-besaran tersebut dapat digunakan gambar diagram fasor seperti nampak pada Gambar 1.



a. Rangkaian RLC Seri

b. Diagram Fasor Tegangan dan Impedans



c. Rangkaian RLC Paralel

d. Diagram Fasor Arusnya

Gambar 1. Rangkaian RLC dan Diagram Fasornya

Pada rangkaian RLC paralel, arus yang mengalir pada rangkaian memenuhi persamaan:

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_X^2}$$

dimana,

$$I_X = I_C - I_L$$

Sedangkan pada rangkaian RLC seri, tegangan dan impedansi rangkaian memenuhi persamaan:

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + V_X^2} \qquad Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

dimana,

$$V_X = V_C - V_L \qquad X = X_C - X_L$$

Pada prakteknya sifat beban peralatan listrik merupakan induktif yang berakibat menurunkan nilai faktor daya. Padahal daya yang dapat kita perlukan sebenarnya hanyalah daya resistif, baik itu pada lampu TL maupun motor-motor listrik. Karena daya itulah yang akhirnya diubah menjadi cahaya atau gerak. Dengan rendahnya faktor daya atau sudut ϕ yang besar, maka untuk memperoleh besar daya resistif tertentu diperlukan daya semu yang cukup besar. Dengan demikian arus yang mengalir pada penghantar juga menjadi besar.

Jika arus yang mengalir pada rangkaian semakin besar, maka diameter penghantar yang digunakan juga harus semakin besar. Hal ini tentunya merupakan hal yang kurang menguntungkan. Untuk memperkecil arus yang mengalir, upaya yang dilakukan adalah memperbesar faktor daya, dengan memasang kapasitor paralel dengan beban.

Dengan pemasangan kapasitor paralel dengan beban maka nilai arus reaktif (I_X) akan menjadi berkurang, sehingga nilai arus total (I_T) akan berkurang mendekati nilai arus resistif (I_R). Dengan demikian arus yang mengalir pada rangkaian menjadi berkurang.

Sekalipun arus yang mengalir pada rangkaian berkurang, pemasangan kapasitor paralel tersebut tidaklah mengurangi konsumsi energi listrik yang terukur pada kWh meter. Hal ini karena yang terukur oleh kWh meter adalah energi akibat daya aktif, yaitu daya yang diserap beban resistif, sementara pada pemasangan kapasitor ini tidak mengurangi daya resistif.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Penggunaan Lampu Hemat Energi

Salah satu hal yang penting dalam perancangan instalasi penerangan adalah nilai kuat penerangan. Nilai ini bervariasi tergantung peruntukan ruangan, misalnya kuat penerangan ruang belajar tentu lebih tinggi dari pada ruang tidur. Sebagai contoh pedoman kuat penerangan kamar tidur berkisar 20–50 lux, kamar mandi dan dapur berkisar 50–100 lux, ruang keluarga berkisar 60–100 lux.

Banyak faktor yang mempengaruhi kuat penerangan, di antaranya jumlah fluks cahaya yang dihasilkan lampu, luas dan tinggi ruangan juga warna dinding. Faktor penting yang berkaitan langsung dengan penggunaan energi listrik adalah pemilihan jenis lampu. Untuk konsumsi daya yang sama, masing-masing jenis lampu mempunyai jumlah fluks cahaya lampu yang berbeda-beda. Untuk mendapatkan terang cahaya yang sama, pemilihan lampu yang dapat menghasilkan jumlah fluks cahaya yang lebih besar dapat mengurangi konsumsi dayanya.

Dalam penerangan rumah tinggal misalnya, untuk ruangan yang memerlukan kuat penerangan yang cukup tinggi, penggunaan lampu TL merupakan upaya penghematan energi yang tepat dibandingkan menggunakan lampu pijar. Contoh aplikasi penghematan energi tersebut digambarkan sebagai berikut:

Dimisalkan suatu ruangan berukuran panjang 10 m dan lebar 6 m dengan perkiraan penyerapan cahaya 30%. Ruangan tersebut memerlukan lampu dengan kuat penerangan 100 lux. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas ruangan} &= 10 \times 6 = 60 \text{ m}^2 \\ \text{Penyerapan 30 \% berarti fluks cahaya yang efektif hanya 70 \%} \\ \text{Fluks cahaya yang diperlukan adalah untuk kuat penerangan 100 lux} \\ &= 100 \times 60 = 6.000 \text{ lumen.} \\ \text{Fluks cahaya yang harus dihasilkan lampu} &= (100 : 70) \times 6.000 = 6.857 \text{ lumen.} \end{aligned}$$

Jika digunakan lampu TL 20 watt yang dan fluks cahaya sebuah lampu TL= 750 lumen, maka jumlah lampu TL 20 watt yang diperlukan = $6.857:750 = 12$ buah, sehingga kebutuhan dayanya adalah 240 watt. Jika setiap hari menyala selama 13 jam selama 1 bulan, maka konsumsi energinya = $240 \times 13 \times 30 \text{ watt jam} = 93.600 \text{ watt jam}$ atau 93,6 Kwh. Jika harga 1 Kwh adalah Rp. 400,- , maka biaya energinya = Rp. 37.440,- tiap bulan. Sedangkan jika digunakan lampu pijar 60 watt yang mempunyai fluks cahaya = 750 watt, maka jumlah lampu yang digunakan sama yaitu 12 buah, sehingga daya yang dibutuhkan = 720 watt. Dengan cara perhitungan seperti diatas didapat biaya energi pemakaian = Rp. 112.320,- tiap bulan.

Dari perhitungan di atas pengamatan biaya penggunaan energi yang digunakan untuk penerangan ruang tersebut dapat dihemat sebesar: Rp. 112.320,- - Rp. 37.440,- = Rp. 74.880,- tiap bulan yang merupakan angka penghematan yang cukup signifikan.

3.2. Pemasangan Kapasitor Paralel pada Lampu TL

Penggunaan lampu TL akan mengakibatkan faktor daya beban menjadi menurun. Hal ini berakibat arus yang mengalir ke dalam jaringan menjadi lebih besar untuk konsumsi daya yang sama. Bila arus yang mengalir semakin besar, maka luas penampang penghantar yang digunakan haruslah lebih besar dan kapasitas pembatas arus atau sekering yang digunakan juga lebih besar.

Luas penampang penghantar yang digunakan hanya berpengaruh biaya pembuatan instalasinya. Bagi pemakai energi listrik rumah tinggal yang konsumsi dayanya relatif kecil, pengaruh ini tidak begitu besar. Akan tetapi bagi pengguna yang konsumsi dayanya relatif besar, hal ini berpengaruh yang besar terhadap biaya instalasinya.

Paper ini akan menguraikan pengguna energi listrik untuk rumah tinggal yang kapasitas pembatas arusnya berpengaruh langsung pada besarnya biaya pemakaian listrik. Semakin besar kapasitas pembatas arusnya, maka biaya beban akan semakin tinggi dan biaya pemakaian tiap Kwh juga semakin tinggi. Sebagai contoh adalah ketentuan Tarif Dasar Listrik tahun 2002, diringkas seperti Tabel 4.

Tabel 4. Biaya Pemakaian Listrik Berdasar Tarif Dasar Listrik Tahun 2002

Golongan beban	900 VA	1300 VA
Biaya beban	Rp. 10.225,-	Rp. 27.335,-
Pemakaian s/d 20 Kwh	tiap Kwh Rp. 159,-	tiap Kwh Rp. 262,-
Pemakaian 21 s/d 60 Kwh	tiap Kwh Rp. 250,-	tiap Kwh Rp. 277,-
Pemakaian selebihnya	tiap Kwh Rp. 278,-	tiap Kwh Rp. 323,-

Tabel 5. Rincian Beban Terpasang

Jenis beban	Jumlah
Lampu pijar 5 watt	2 buah
Lampu pijar 25 watt	4 buah
Lampu TL 20 watt	6 buah
Pompa air 150 watt	1 buah
Komputer 150 watt	1 buah
Kulkas	1 buah
Kipas angin 75 watt	1 buah

Contoh penghematan biaya pemakaian listrik berkaitan dengan pemasangan kapasitor paralel pada lampu TL adalah sebagai berikut. Misal sebuah rumah tinggal yang menggunakan daya listrik PLN tegangan 220 volt dengan beban yang terpasang seperti Tabel 5.

Berdasarkan pengukuran terhadap sebuah lampu TL 20 watt, Arus yang mengalir pada lampu tersebut pada saat menyala tanpa menggunakan kapasitor adalah 250 mA, sedangkan jika dipasang kapasitor arusnya turun menjadi 130 mA. Dengan asumsi semua beban menyala secara bersamaan, maka hasil perhitungan arus yang mengalir ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Arus Beban

Jenis beban	Jumlah	Arus tanpa kapasitor	Arus dengan kapasitor
Lampu pijar 10 watt	2 buah	91 mA	45,5 mA
Lampu pijar 25 watt	4 buah	455,5 mA	455,5 mA
Lampu TL 20 watt	6 buah	1.500 mA	780 mA
Pompa air 150 watt	1 buah	681,8 mA	681,8 mA *)
Kulkas 60 watt	1 buah	272,3 mA	272,3 mA
Komputer 150 watt	1 buah	681,8 mA	681,8 mA *)
Kipas angin 75 watt	1 buah	342,2 mA	342,2 mA
J u m l a h		4.022,6 mA	3.302,6 mA

*) dengan asumsi pf beban pompa air tidak berubah

Dari hasil perhitungan di atas, sebelum dipasang kapasitor tital arus beban = 4,022 A. dengan demikian agar leluasa untuk menyalakan semua beban yang terpasang, maka pengaman arus lebihnya harus lebih besar 4 ampere, atau masuk golongan beban minimal 1300 VA. Setelah dipasang kapasitor, arus beban berkurang menjadi 3,303 A. Dengan arus beban tersebut maka pengaman arus lebihnya cukup 4 ampere, tau masuk golongan 900 VA.

Dengan perbedaan golongan tarif tersebut, maka berdampak pada jumlah biaya pemakaian untuk jumlah penggunaan energi yang sama. Dicontohkan perhitungan biaya untuk pemakaian 100 Kwh setiap bulan.

Untuk golongan beban 1300 VA, total biaya Rp. 56.575 dengan rincian:

Biaya beban	Rp. 27.335,-
Biaya pemakaian 20 Kwh pertama	Rp. 5.240,-
Biaya pemakaian 40 Kwh kedua	Rp. 11.080,-
Biaya pemakaian 40 Kwh sisanya	Rp. 12.920,-

Untuk golongan beban 900 VA, total biaya Rp. 34.525,- dengan rincian:

Biaya beban	Rp. 10.225,-
Biaya pemakaian 20 kWh pertama	Rp. 3.180,-
Biaya pemakaian 40 kWh kedua	Rp. 10.000,-
Biaya pemakaian 40 kWh sisanya	RP. 11.120,-

Dari contoh perhitungan di atas didapat pengematan biaya pemakaian energi listrik 100 Kwh adalah Rp. 22.050,- .

4. SIMPULAN

Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa pemilihan lampu hemat energi dan pemasangan kapasitor paralel pada setiap lampu TL dapat menurunkan biaya pemakaian energi listrik secara signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Fink Donald G., Beaty H. Wayne, "Standard Handbook for Electrical Engineering", 14th ed., McGraw-Hill, 2000
- [2]. Fowler Richard J., "Electricity Principle anda Application", 6th ed., McGraw-Hill, 2003.
- [3]. Robert M.E., "Tetap Terang Meski Listrik Mahal", Intisari on the net, Oktober 2001.