

Pengaruh Pemasangan Kapasitor Daya Terhadap Penghematan Pemakaian Energi Listrik Rumah Tangga

F. Danang Wijaya, T. Haryono

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Abstract

Electrical energy has become a basic need for modern society. Its flexibility in energy conversion to another form of energy makes people choose this energy.

The needs of electrical energy will grow as the increasing of the people prosperity. The use of electrical energy depends on the variety of electrical household products and electronic products that are used regularly.

The objectives of this research were to evaluate the effect of power capacitor installation to residential electrical energy saving and to calculate the amount of the energy saving.

The result showed that the installation of power capacitor can save energy. This saving is obtained from decreasing the reactive current that is drawn by the inductive loads. In water pump, refrigeration, AC and others inductive load, power capacitor will give reactive current to these loads, so it increase the power factor, decrease current supply and voltage drop.

Keywords: capacitor, saving, energy

1. Pendahuluan

Energi listrik telah menjadi salah satu kebutuhan primer masyarakat modern disamping sandang, pangan dan papan. Keluwesan energi listrik dalam transformasi energinya menjadi bentuk energi yang lain (mekanis, panas, cahaya) dan kemudahan dalam penyalurannya menyebabkan energi ini menjadi suatu pilihan.

Kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat sejalan dengan peningkatan kesejahteraan penduduk. Penggunaan energi listrik, khususnya untuk keperluan rumah tangga, juga semakin beragam sebagai akibat dari ditawarkan berbagai peralatan rumah tangga yang memanfaatkan energi listrik seperti setrika, *majic jar*, kulkas, dispenser, blender, *air conditioning* dan berbagai produk peralatan elektronika seperti televisi, VCD, radio tape dan sebagainya.

Di Indonesia pemakai (konsumen) energi listrik disuplai oleh PLN dan pemakai dikelompokkan menjadi kelompok rumah tangga, bisnis, industri dan publik. Pemakaian energi listrik oleh pelanggan diukur dengan kWhmeter. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui

pengaruh pemasangan kapasitor daya terhadap penghematan energi listrik di rumah tangga dengan latar belakang seperti telah tertuang di atas dan untuk mengantisipasi maraknya tawaran produk-produk penghemat energi listrik (*energy saving*) yang telah banyak beredar di masyarakat, yang diantaranya memberikan tawaran beberapa keuntungan salah satunya adalah penurunan tagihan pembayaran energi listrik. Setelah banyak melihat kasus di lapangan dan mencoba mengamati bahwa ternyata produk tersebut menggunakan komponen berupa kapasitor daya.

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah melihat sejauh mana pengaruh pemasangan kapasitor daya terhadap penghematan pemakaian energi listrik di rumah tangga.

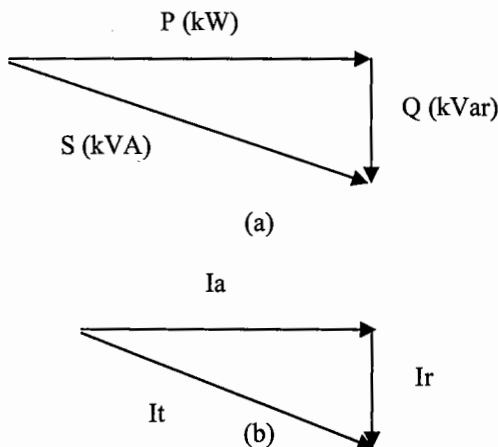
2. Fundamental

Kapasitor merupakan komponen peralatan listrik yang terbuat dari dua plat yang dipisahkan oleh suatu dielektrik. Ukuran suatu kapasitor dinyatakan oleh nilai kapasitansi dengan satuan Farad. Untuk kapasitor daya nilai kapasitansinya umumnya dalam mikro Farad. Dalam sistem

tegangan AC kapasitor daya mempunyai peranan sebagai penyimpan energi dalam bentuk medan listrik dan merupakan sumber daya reaktif (Elgerd, 1977).

Pada sistem tegangan AC dikenal dua macam bentuk energi yaitu energi aktif dan energi reaktif. Energi aktif merupakan energi yang dikonsumsi oleh beban yang menarik daya aktif dengan satuan watt. Beban yang termasuk sebagai pemakai daya aktif antara lain peralatan yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak, panas atau cahaya. Sedangkan daya reaktif berhubungan dengan beban yang mempunyai sifat induktif yang menghasilkan magnet, seperti trafo, motor listrik dan kabel/penghantar (Archie, 1991).

Masing-masing energi aktif dan reaktif menghasilkan suatu arus yaitu arus aktif (I_a) dan arus reaktif (I_r). Arus aktif mempunyai bentuk gelombang sefase dengan gelombang tegangan sumber. Sedangkan arus reaktif bentuk gelombangnya bisa bervariasi yaitu bergeser dari 0° sampai 90° baik tertinggal (beban induktif) atau mendahului (beban kapasitif) gelombang tegangan sumber (Saadad H, 1999). Total arus sebagai hasil akhir merupakan arus yang mengalir melalui kabel (penghantar) dari sumber ke beban. Arus ini akan mengalami pergeseran fase sebesar suatu sudut tertentu terhadap arus aktif (Preve Christophe, 1997). Gambar 1 menunjukkan komposisi vektor dari daya/arus aktif, daya/arus reaktif dan daya/arus total.



Gambar 1. a. Komposisi vektor daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan daya total/semu (S).
b. Komposisi vektor arus aktif (I_a), arus reaktif (I_r) dan arus total (I_t).

Hubungan antara arus aktif, arus reaktif dan arus total dinyatakan dalam persamaan:

$$I_t = \sqrt{I_a^2 + I_r^2} \tag{1}$$

$$I_a = I_t \cos \phi \tag{2}$$

$$I_r = I_t \sin \phi \tag{3}$$

Bila tidak ada harmonik maka $\cos \phi$ merupakan faktor daya.

Untuk rangkaian AC satu fase, dapat dinyatakan:

$$\text{Daya aktif} : P = VI \cos \phi \text{ (watt)} \tag{4}$$

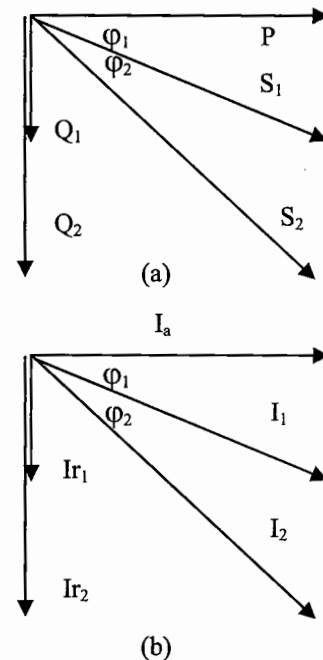
$$\text{Daya reaktif} : Q = VI \sin \phi \text{ (var)} \tag{5}$$

$$\text{Daya Total/Semu} : S = VI \text{ (VA)} \tag{6}$$

Sehingga faktor daya dapat didefinisikan sebagai :

$$\cos \phi = P/S \tag{7}$$

Sirkulasi energi reaktif yang terjadi di beban tergantung pada jenis beban yang tersambung. Semakin beban bersifat induktif maka daya reaktif yang harus ditarik semakin besar. Ini berarti $\cos \phi$ semakin kecil.



Gambar 2. Pengaruh $\cos \phi$ terhadap nilai daya total (a) dan arus total (b)

Penambahan arus reaktif akan mengakibatkan sirkulasi daya reaktif semakin besar dan menyebabkan beban lebih (*overload*) pada penghantar

atau trafo dan juga menaikkan rugi daya aktif. Akibat lainnya adalah terjadi peningkatan *drop* tegangan (IEEE, 1995).

Untuk mengurangi kejadian di atas maka kapasitor daya dipasang sebagai suplai daya reaktif di dekat dengan beban atau di sisi pelanggan. Namun harus juga diperhatikan bahwa besarnya kapasitor yang akan dipasang juga akan mempengaruhi arus total. Nilai kapasitansi yang terlalu besar justru akan memberikan pengaruh $\cos \phi$ menjadi *leading* yang berarti bahwa nilai $\cos \phi$ negatif dan mendekati 0. $\cos \phi$ yang *leading* ini mengakibatkan kapasitor menarik arus dari sumber atau dengan kata lain justru menjadi beban sistem. Oleh karena itu besarnya nilai kapasitansi kapasitor yang dipasang untuk kondisi beban rumah tangga harus disesuaikan.

3. Metodologi

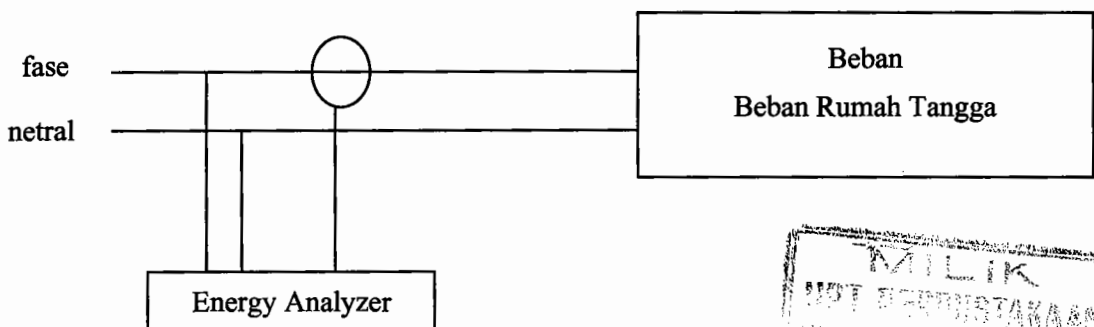
Sebagai bahan (objek) penelitian adalah kapasitor daya dengan nilai kapasitansi 4 μF , 8 μF

dan 9,6 μF . Tegangan kerjanya sampai dengan 400 volt.

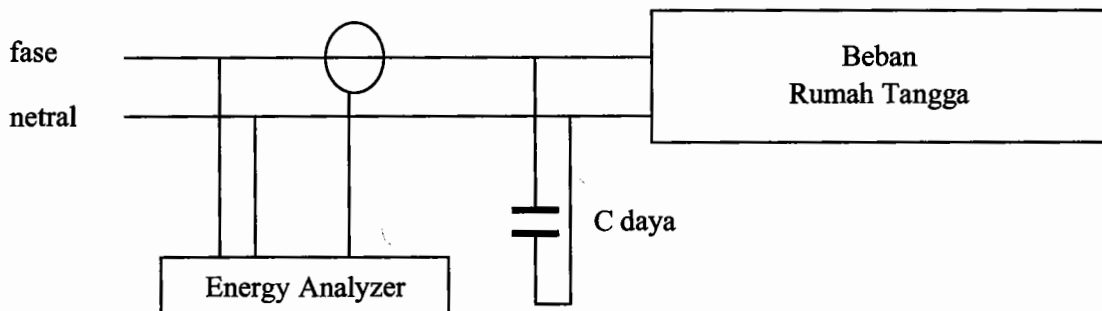
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah voltmeter, amperemeter, wattmeter, megger, $\cos \phi$ meter, kwhmeter, *energy analyzer*, power analyzer dan komputer untuk pengolahan data.

Penelitian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran energi listrik sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor daya yang disambungkan secara paralel dengan beban. Rangkaian pengukuran seperti terlihat pada gambar 3 dan 4. Nilai kapasitansi divariasikan terhadap beban untuk beban perumahan yang berbeda-beda.

Data yang diambil pada pengukuran adalah tegangan, arus, faktor daya, daya aktif, daya reaktif, dan energi listrik. Penelitian dilakukan dengan dua skenario, yaitu skenario pertama di laboratorium (skala laboratorium) dan yang kedua di instalasi rumah tangga.



Gambar 3. Rangkaian pengukuran energi listrik sebelum pemasangan kapasitor



Gambar 4. Rangkaian pengukuran energi listrik setelah pemasangan kapasitor

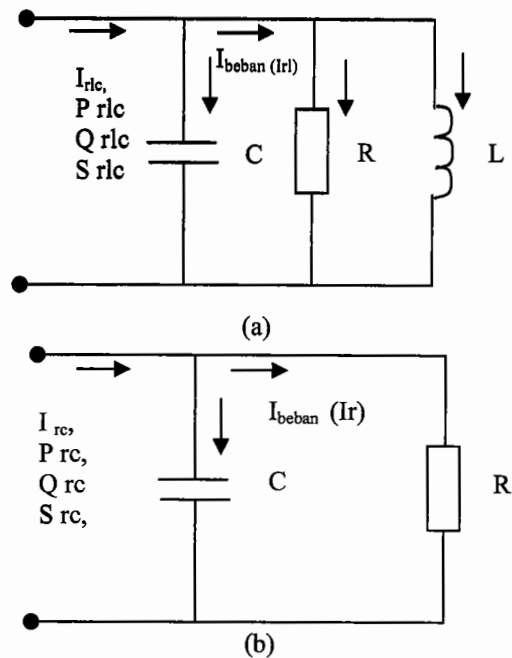
Data hasil penelitian dianalisis dengan cara mencari hubungan antara parameter-parameter terukur yang saling berkaitan seperti tegangan, arus, $\cos \phi$, daya aktif, daya reaktif dan energi listrik yang dapat memberikan kontribusi terhadap penghematan energi listrik. Hasil yang diperoleh kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

4. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan dua skenario. Skenario yang pertama adalah penelitian pemakaian daya listrik pada beban sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor daya dalam skala lab. Sedangkan skenario yang kedua adalah dengan mengukur pemakaian daya listrik sesudah dan sebelum pemasangan kapasitor daya di instalasi rumah tangga dengan beban seperti mesin pompa, mesin kulkas, lampu, televisi, magic jar dan seterika.

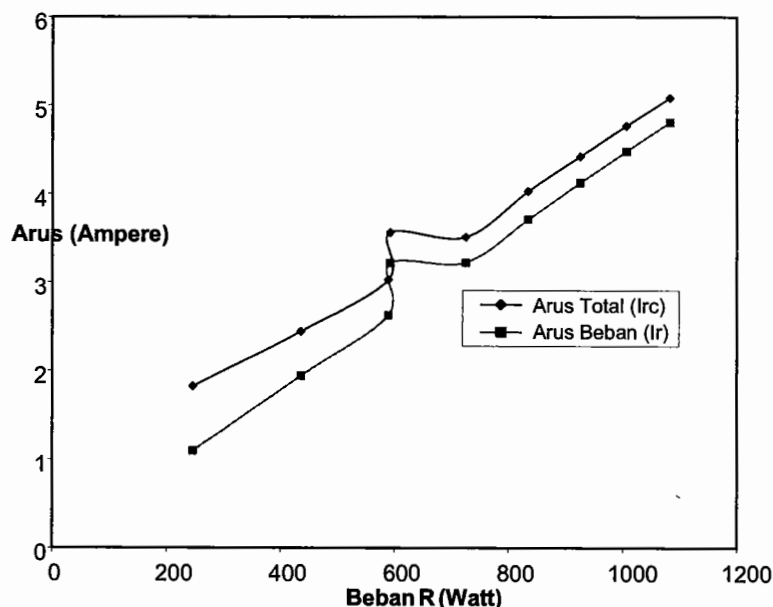
Untuk penelitian pertama, yang dilakukan di laboratorium Teknik Tenaga Listrik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik UGM, yaitu dengan meneliti salah satu *energy saver* yang ada di pasaran. Setelah dilakukan pengukuran terhadap peralatan tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa peralatan ini berupa kapasitor daya dengan

nilai kapasitansi $19 \mu\text{F}$ dan tegangan 220-400 volt. Sedangkan rangkaian penelitian ditunjukkan pada gambar 5 (a) untuk beban bersifat resistif dan 5 (b) beban bersifat induktif.

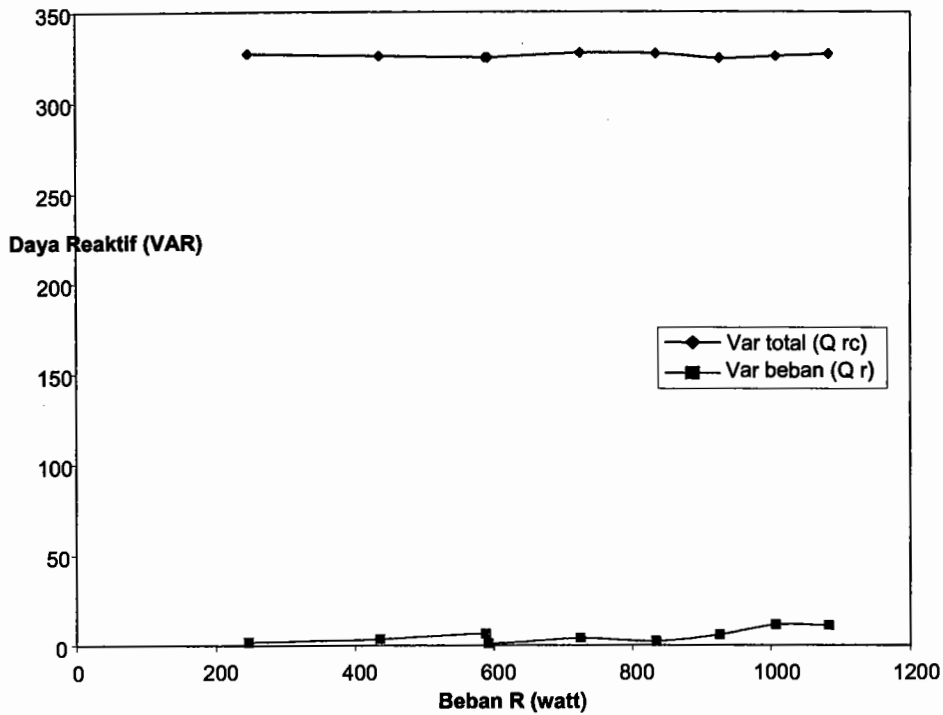


Gambar 5 (a) Rangkaian RC dan (b) Rangkaian RLC

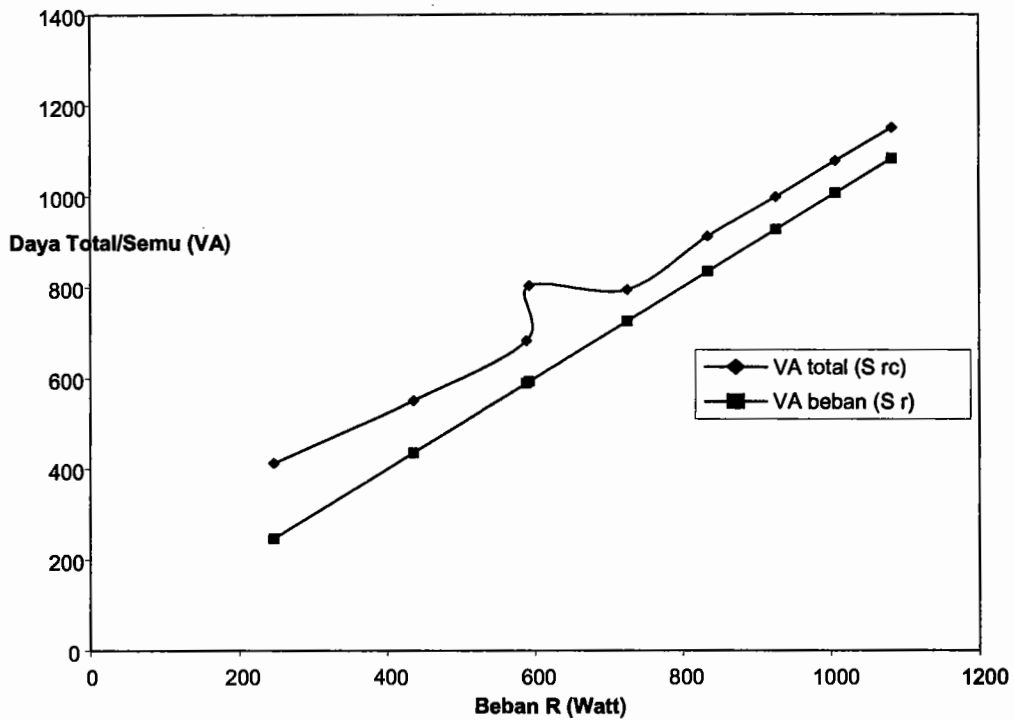
Selanjutnya dilakukan penelitian pemasangan *energy saver* untuk beban berupa R (resistans) dan beban L (induktansi). Hasil penelitian ditunjukkan pada grafik 6 – 8.



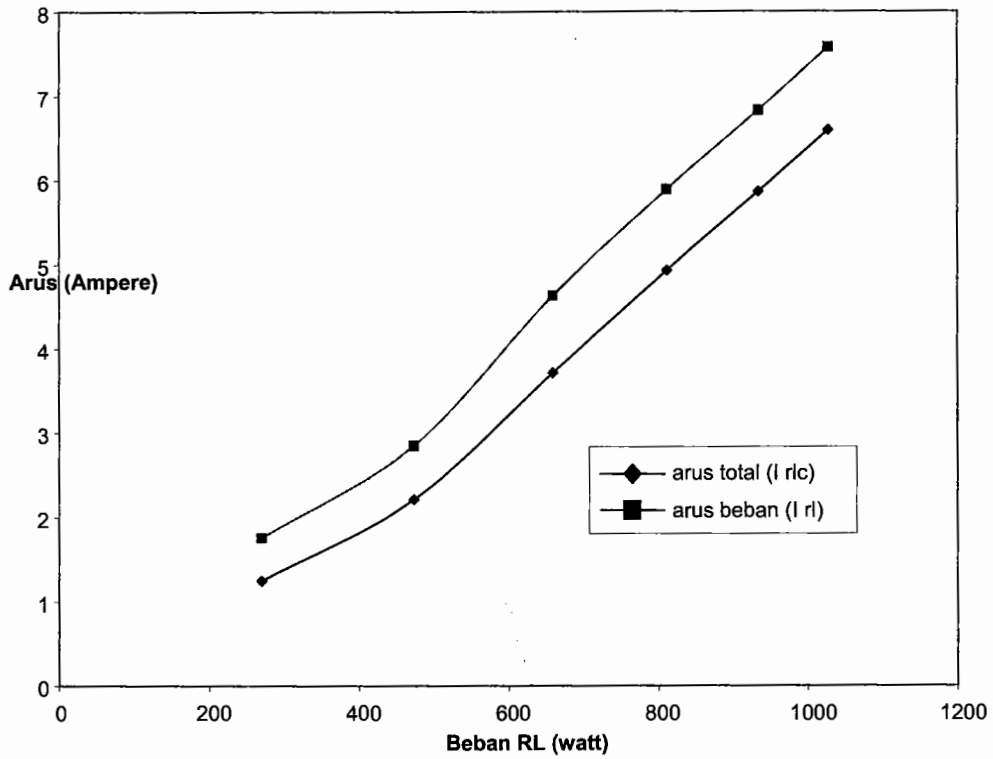
Gambar 6. Grafik arus total (I_{rc}) dan arus beban (I_r) terhadap beban resistif diparalel kapasitor daya



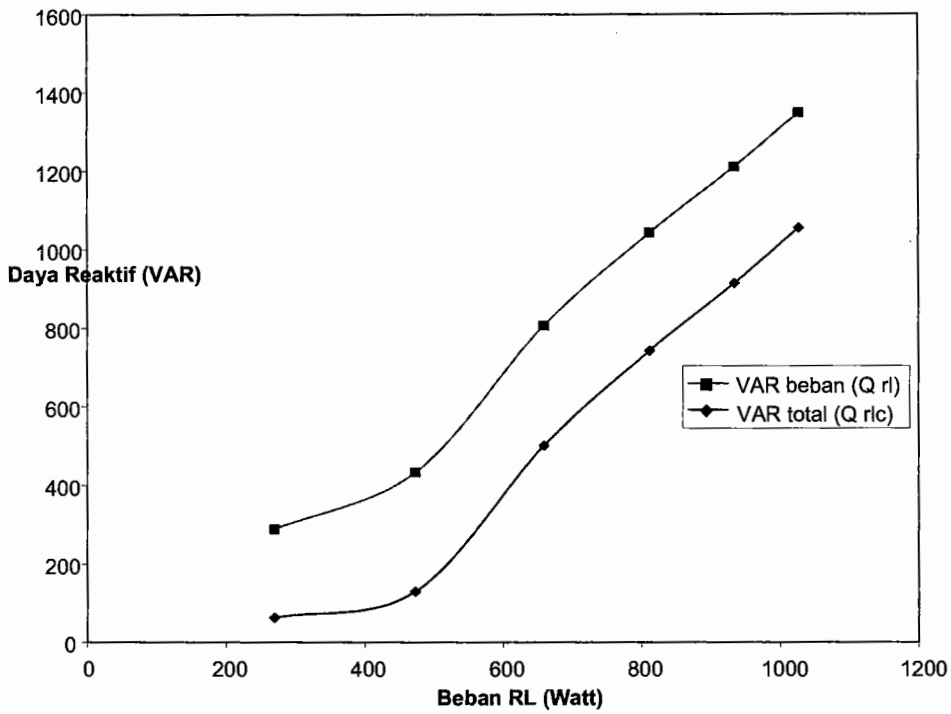
Gambar 7. Grafik Var total (Q_{rc}) dan Var beban (Q_r) terhadap beban resistif diparalel kapasitor daya



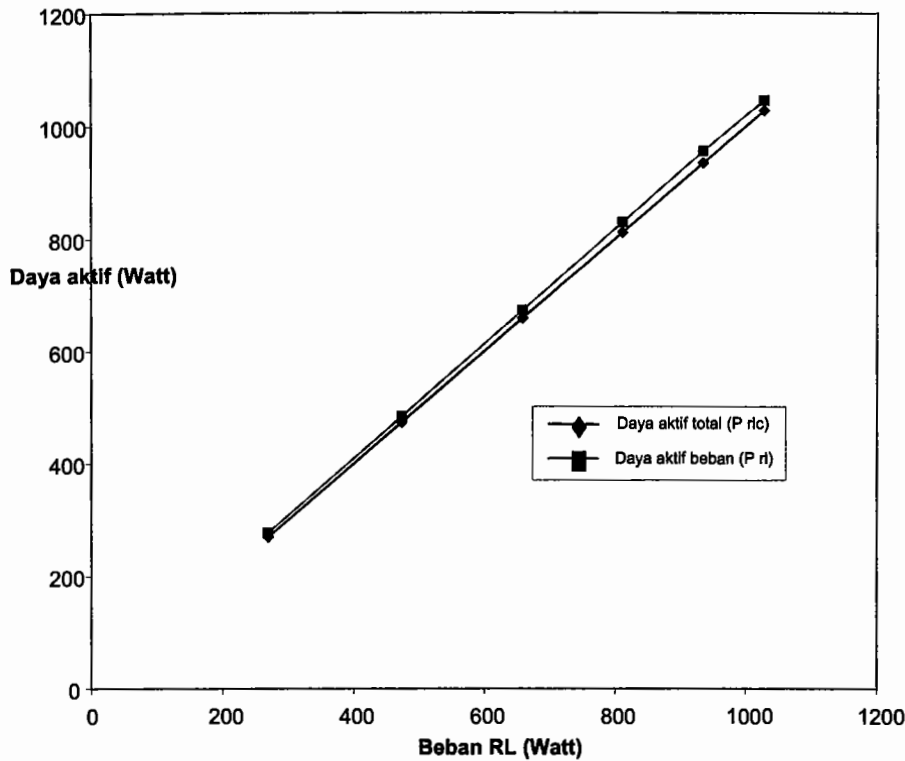
Gambar 8. Grafik daya total (S_{rc}) dan daya VA (S_r) beban terhadap beban resistif diparalel kapasitor daya



Gambar 9. Grafik arus total (I rlc) dan arus beban (I rl) terhadap beban RL diparalel kapasitor



Gambar 10. Grafik VAR total (Q rlc) dan beban (Q rl) terhadap beban RL diparalel kapasitor daya



Gambar 11. Grafik daya aktif total (P_{rlc}) dan daya aktif beban (P_{rl}) terhadap beban RL diparalel kapasitor daya

Dari data gambar 6 terlihat bahwa penambahan kapasitor daya secara paralel pada beban resistif akan memperbesar nilai arus total, sehingga dalam hal ini justru kapasitor membebani sistem. Sedangkan untuk kasus beban RL, kapasitor daya mempunyai pengaruh dapat menurunkan nilai arus total. Dalam hal ini kapasitor daya dapat mengkompensasi arus reaktif beban yang bersifat induktif. Untuk daya aktif

(gambar 8 dan 11) mempunyai nilai yang hampir sama antara beban dan daya total sistem.

Sedangkan untuk penelitian pemasangan kapasitor daya yang dipasang di instalasi rumah tangga dengan beban mesin kulkas, mesin pompa, magic jar, lampu dan televisi. Hasil penelitian ditunjukkan pada tabel 1 sampai dengan 4. Pengukuran daya dilakukan didekat kWhmeter aslin atau diujung sumber instalasi.

Tabel 1. Hasil pengukuran pada beban mesin kulkas merk LG Expresscool 100 watt sebelum pemasangan C

Pengukuran	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Cos φ	Daya (watt)
1	215	0.68	0.74	108
2	218	0.66	0.72	104
3	219	0.65	0.72	102
4	220	0.64	0.71	101
5	220	0.61	0.68	91

Tabel 2. Hasil pengukuran pada beban mesin kulkas merk LG Expresscool 100 watt setelah pemasangan $C = 9,8 \mu\text{F}$

Pengukuran	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Cos ϕ	Daya Total (watt)
1	216	0.52	-0.91	102
2	218	0.5	-0.9	98
3	219	0.49	-0.88	95
4	220	0.44	-0.89	94
5	220	0.44	-0.87	85

Tabel 3. Hasil pengukuran pada beban mesin pompa merk Nasional 125 watt sebelum pemasangan $C = 8 \mu\text{F}$

Pengukuran	Tegangan (volt)	Arus (Ampere)	Cos ϕ	Daya Total (Watt)
1	222	1.26	0.72	200
2	222	1.26	0.72	200

Tabel 4. Hasil pengukuran pada beban mesin pompa merk Nasional 125 watt setelah pemasangan $C = 8 \mu\text{F}$

Pengukuran	Tegangan (volt)	Arus (Ampere)	Cos ϕ	Daya (watt)
1	222	0.95	0.93	196
2	222	0.95	0.93	196

Dari tabel di atas terlihat bahwa pemasangan kapasitor dapat mengurangi arus total sistem. Hal ini mengakibatkan drop daya ($I_t^2 R$) saluran instalasi rumah dapat dikurangi, sehingga dapat mengurangi daya total saluran. Hasil pengukuran di kWhmeter, sebagai sumber daya, akan mengalami penurunan. Jadi penghematan pemakaian energi listrik dapat terjadi karena arus total yang mengalir di saluran instalasi rumah tangga mengalami penurunan karena terkompensasinya arus reaktif oleh kapasitor daya.

Pengaruh penghematan ini, khususnya beban-beban yang bersifat induktif, seperti motor listrik, motor pompa, mesin cuci, kulkas yang umumnya dimiliki oleh pelanggan kelompok rumah tangga di atas 1300 VA dengan asumsi pada kelompok pelanggan ini sudah banyak beban yang bersifat induktif seperti AC, motor pompa, lemari es.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Pemasangan kapasitor daya pada instalasi rumah tangga dapat mengurangi arus total saluran yang ditarik oleh beban khususnya beban RL.
2. Semakin besar nilai L maka arus yang terkompensasi oleh kapasitor daya akan semakin besar, sehingga penghematan energi listrik semakin besar.
3. Ukuran kapasitor daya menentukan kenaikan cos phi, yang berakibat pada pemakaian daya. Apabila nilai kapasitor terlalu besar justru akan menyebabkan cos phi *leading* dan membebani sistem.
4. Penurunan daya yang terjadi karena pengurangan arus total, sehingga rugi jaringan berkurang. Semakin besar pengurangan arus total sistem maka penghematan yang dapat dilakukan dapat semakin besar.
5. Untuk beban RL yang mempunyai faktor daya rendah, maka pemasangan kapasitor daya dengan nilai kapasitans yang sesuai akan memberikan pengurangan arus total sistem

sehingga *drop* daya di saluran rumah makin kecil. Ini berarti penghematan semakin besar.

Saran

Penelitian ini memberikan hasil yaitu pengaruh penghematan pemakaian energi listrik di rumah tangga dengan pemasangan kapasitor sehingga perlu disosialisasikan.

Daftar Pustaka

Archie, 1991, *Principles of Energy Conversion*, McGraw Hill, New York.

Elgerd, 1977, *Basic Electric Power Engineering*, Addison Wesley.

Gonen, 1986, *Electric Power Distribution System Engineering*, McGraw Hill, New York

IEEE, 1995, *Recommended Practice for Energy Conservation and Cost-Effective Planning in Industrial Facilities*, IEEE Inc.

Preve Christophe, 1997, *Industrial Electrical Network Design Guide Volume 2*, Group Schneider.

Saadad H, 1999, *Power System Analysis*, Addison Wesley Inc. New York