

**STUDI PENGARUH PEMASANGAN ENERGY SAVER PADA
SISTEM TENAGA LISTRIK**

SKRIPSI

OLEH

JEREMY DWISATRYA HARTANTO

04 04 03 053 9



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Skripsi dengan judul :

STUDI PENGARUH PEMASANGAN ENERGY SAVER PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

yang dibuat untuk melengkapi persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Tenaga Listrik Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau salinan dari karya tulis yang sudah dipublikasikan di lingkungan Universitas Indonesia maupun Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali pada bagian-bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, Juli 2008

Penulis

Jeremy Dwisatrya Hartanto

NPM 04 04 03 053 9

LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul :

STUDI PENGARUH PEMASANGAN ENERGY SAVER PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

Dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian skripsi.

Depok, Juli 2008

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Rudy Setiabudy

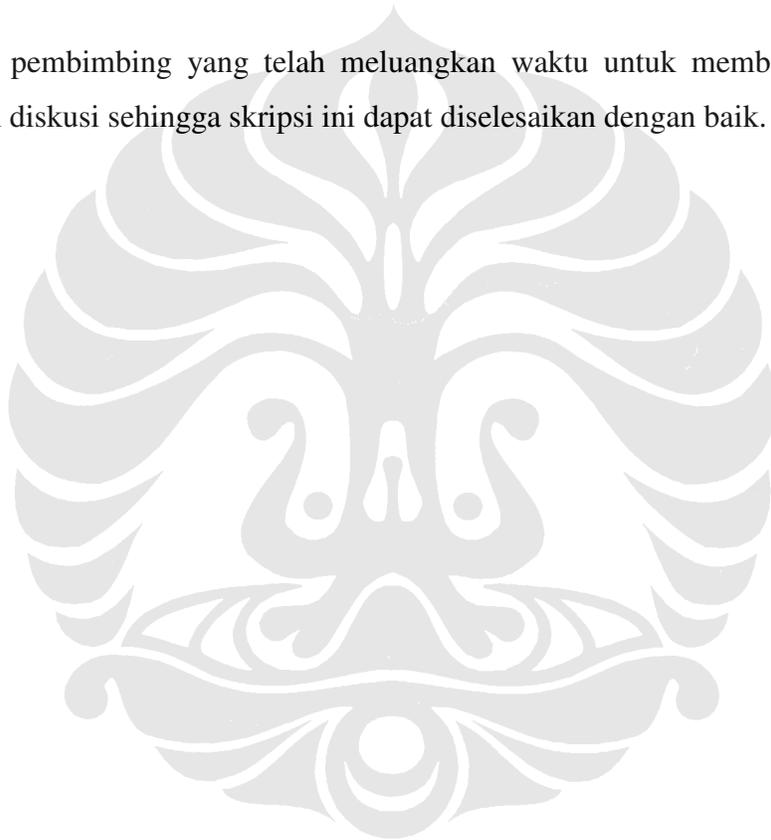
NIP. 131 402 966

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur hanya kepada Tuhan YME, sehingga dengan karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr. Ir. Rudy Setiabudy

sebagai dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan, bimbingan dan diskusi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.



Jeremy Dwisatrya Hartanto
04 04 03 053 9
Departemen Teknik Elektro

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Rudy Setiabudy

**STUDI PENGARUH PEMASANGAN ENERGY SAVER PADA
SISTEM TENAGA LISTRIK LISTRIK**

ABSTRAK

Dewasa ini energi kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat. Meningkatnya kebutuhan energi listrik tidak selalu dapat diimbangi dengan pengadaan sumber-sumber listrik (pembangkit). Untuk itu diperlukan suatu usaha menghemat energi listrik. Salah satu alternatif pilihan adalah dengan penggunaan alat energy saver. Alat energy saver ini banyak tersedia di pasaran dan ditujukan untuk penggunaan beban-beban rumah tangga.

Ada dua jenis energy saver yang banyak beredar di pasaran, yaitu energy saver yang dipasang secara paralel dengan beban dan energy saver yang dipasang seri dengan beban. Dari dua jenis energy saver ini, yang banyak beredar di pasaran adalah energy saver yang dipasang paralel. Energy saver yang dipasang paralel dengan beban ini dapat diasumsikan dengan sebuah beban kapasitif yaitu kapasitor. Menurut teori, pemasangan kapasitor secara paralel pada beban hanya mengkompensasi daya reaktif saja dan tidak akan merubah daya nyata yang berarti memperbaiki faktor daya.

Pada penelitian ini akan dianalisa pengaruh pemasangan energy saver terhadap kemampuan menghemat energi listrik. Dari hasil penelitian dan analisa akan didapat bahwa pemasangan energy saver pada sistem tenaga listrik tidaklah menghemat listrik.

Kata Kunci : Energy saver, Kapasitor, Faktor daya

Jeremy Dwisatrya Hartanto
04 04 03 053 9
Departemen Teknik Elektro

Counsellor
Dr. Ir. Rudy Setiabudy

**STUDY THE EFFECT OF ENERGY SAVER AT
ELECTRICAL POWER SYSTEM**

ABSTRACT

Nowadays the electrical energy needs increase. The increasing of electricity energy needs not always can be balanced with electricity sources supplying (generator). For that an effort to save the electricity is needed. One of the alternative choice is with tool called energy saver. This energy saver is supplied at market and attributed for household load use.

There are two kinds of energy saver that go around at market, one is energy saver that installed parallelly with load and energy saver that installed series with load. from two kinds energy saver this, many go around at market energy saver that installed parallel. energy saver that installed parallel with load can we assume with a capacitive load that is capacitor. Theoretically the parallel attachment of the capacitor bank at the loads only compensate reactive power and will not change real power that means repairs the power factor.

This research will study the effect of energy saver attachment on ability to save the electricity energy. The result of the research is that the energy saver attachment isn't saving the electric energy.

Key Word : Energy saver, Capacitor, Power factor

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
LAMPIRAN	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Sistematika Penulisan	2
BAB 2 LANDASAN TEORI	4
2.1 Beban – beban pada konsumen rumah tangga	4
2.1.1 Beban Resistif murni, Induktif murni, dan kapasitif murni	5
2.1.2 Kombinasi beban – beban resistif, induktif, dan kapasitif	7
2.1.2.1 Kombinasi beban resistif induktif dan resistif kapasitif	7
2.1.2.2 Kombinasi beban resistif induktif kapasitif	8
2.2 Faktor Daya dan Segitiga Daya	10
2.2.1 Umum	10
2.2.2 Pengertian	10
2.3 Energy Saver	13
2.3.1 Umum	13

2.3.2 Pengertian	13
2.3.3 Kompensator reaktif induktif (kapasitor shunt)	13
2.3.4 Energy saver di pasaran	15
2.4 Pengaruh Perbaikan Faktor Daya	16
2.4.1 Umum	16
2.4.2 Pengertian	16
2.4.3 Pengaruh perbaikan faktor daya	16
2.5 Lampu TL atau Lampu Fluorescent	17
2.5.1 Umum	17
2.5.2 Kelebihan dan kekurangan	17
2.5.3 Perinsip kerja lampu TL	18
2.5.4 Komponen ballast pada lampu TL	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Metode Pengambilan Data	20
3.2 Rangkaian Penelitian	21
3.3 Skenario Pengambilan Data	21
BAB 4 ANALISA PENGARUH PEMASANGAN ENERGY SAVER	31
4.1 Analisa Tiap Jenis Data Dari Tabel	31
4.2 Pengkompensasian Dari Energy Saver Pada Beban Lampu TL	32
4.3 Hasil Penelitian	35
BAB 5 KESIMPULAN	40
DAFTAR ACUAN	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	43

DAFTAR GAMBAR

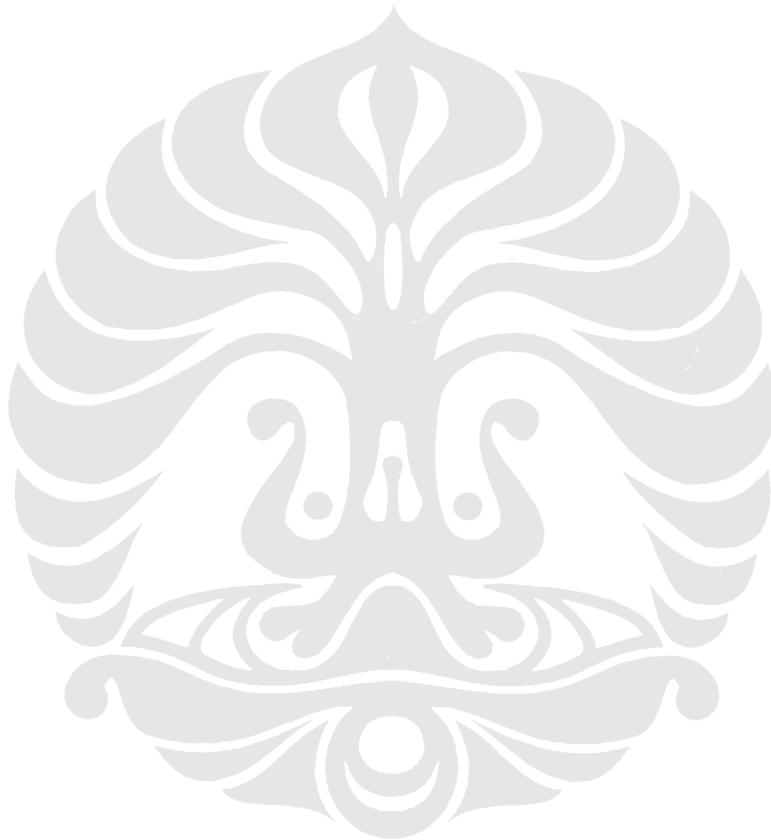
	Halaman
Gambar 2.1	Karakteristik gelombang arus pada beban linier 4
Gambar 2.2	Karakteristik gelombang arus pada beban non linier 4
Gambar 2.3	Grafik arus dan tegangan pada beban resistif murni 5
Gambar 2.4	Grafik arus dan tegangan pada beban induktif murni 6
Gambar 2.5	Grafik arus dan tegangan pada beban kapasitif murni 7
Gambar 2.6	Grafik arus dan tegangan pada beban resistif induktif 8
Gambar 2.7	Grafik arus dan tegangan pada beban resistif kapasitif 8
Gambar 2.8	Grafik arus dan tegangan pada beban resistif-induktif-kapasitif 9
Gambar 2.9	Segitiga daya 10
Gambar 2.10	Segitiga daya 12
Gambar 2.11	Diagram vektor sistem pembebanan tanpa dan dengan energy saver 14
Gambar 3.1	Rangkaian percobaan tanpa menggunakan energy saver 21
Gambar 3.2	Rangkaian percobaan dengan menggunakan energy saver 21
Gambar 4.1	Kurva karakteristik perbandingan daya semu 32
Gambar 4.2	Kurva karakteristik perbandingan daya nyata 33
Gambar 4.3	Kurva karakteristik perbandingan daya reaktif 33
Gambar 4.4	Kurva karakteristik perbandingan kompensasi energy saver terhadap banyak beban 34
Gambar 4.5	Kurva karakteristik perbandingan dari $\cos \phi$ 34
Gambar 4.6	Kurva karakteristik perbandingan arus 35
Gambar 4.7	Pemasangan energy saver pada beban rumah tangga 36
Gambar 4.8	Kurva perbandingan KWh dengan daya nyata beban 38

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 3.1	Data 600 VA ke bawah beban induktif tanpa energy saver	24
Tabel 3.2	Data 600 VA ke bawah beban induktif dengan energy saver	24
Tabel 3.3	Data 600 VA ke bawah beban resistif tanpa energy saver	25
Tabel 3.4	Data 600 VA ke bawah beban resistif dengan energy saver	25
Tabel 3.5	Data 600 VA ke bawah beban resistif induktif tanpa energy saver	26
Tabel 3.6	Data 600 VA ke bawah beban resistif induktif dengan energy saver	26
Tabel 3.7	Data 600 VA ke atas beban induktif tanpa energy saver	27
Tabel 3.8	Data 600 VA ke atas beban induktif dengan energy saver	27
Tabel 3.9	Data 600 VA ke atas beban resistif tanpa energy saver	28
Tabel 3.10	Data 600 VA ke atas beban resistif dengan energy saver	28
Tabel 3.11	Data 600 VA ke atas beban resistif induktif tanpa energy saver	29
Tabel 3.12	Data 600 VA ke atas beban resistif indukti dengan energy saver	29
Tabel 3.13	Data lampu TL Philips TLD 36 watt tanpa energy saver	30
Tabel 3.14	Data lampu TL Philips TLD 36 watt dengan energy saver	30

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Tabel IEC 60288 class 2	44
Lampiran 2 Foto percobaan	45



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Energi listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan dalam berbagai aktivitas manusia. Seiring berjalannya waktu dan berkembangnya dunia teknologi, kebutuhan terhadap energi listrik semakin meningkat. Namun, energi listrik yang tersedia bukanlah suatu energi yang tak terbatas. Permasalahan energi listrik sangat kompleks, mulai dari sistem yang mencakupi pembangkitan, transmisi dan distribusi, efisiensi, kualitas daya sampai dengan biaya, dan hal ini semakin menambah keterbatasan pengadaan energi listrik.

Banyak usaha yang dilakukan untuk melakukan penghematan energi listrik dan perbaikan kualitas daya yang disediakan. Dewasa ini banyak beredar dipasaran suatu alat yang dipromosikan dapat menghemat pemakaian energi listrik di lingkungan rumah tangga. Alat ini mempunyai nama bervariasi tergantung kepada pabrik pembuatnya, sedangkan nama standarnya belum ada. Umumnya mereka menyebut dengan nama *Energy Saver*. Alat energy saver ini dipromosikan dapat menghemat pemakaian energi listrik hingga 20% - 30%. Dalam masyarakat awam, energy saver ini dikatakan dapat membantu konsumen dalam menghemat energi listrik.

Ada dua jenis energy saver yang banyak beredar di pasaran, yaitu energy saver yang dipasang secara paralel dengan beban dan energy saver yang dipasang seri dengan beban. Dari dua jenis energy saver ini, yang banyak beredar di pasaran adalah energy saver yang dipasang paralel

Energy saver yang dipasang secara paralel terhadap beban sebenarnya merupakan energy saver aktif reaktif. Asas kerja energy saver ini memanfaatkan jenis arus yang dialirkan PLN ke pelanggan, yakni arus bolak-balik yang memiliki dua komponen daya: aktif dan reaktif. Daya aktif adalah daya sebenarnya yang dibutuhkan beban. Sebaliknya, daya reaktif adalah daya yang dapat terjadi karena beban yang bersifat induktif maupun

beban yang bersifat kapasitif. Induktansi disebabkan dari komponen beban yang berbentuk kumparan seperti motor listrik maupun transformator step down pada adaptor, sedangkan kapasitansi diakibatkan oleh komponen kapasitor. Resultan atau jumlah dari keduanya kemudian membentuk daya nyata.

Dalam kenyataannya, daya yang dipasok oleh PLN adalah daya nyata. Oleh sebab itu, untuk meminimalisasi daya yang dipasok oleh PLN maka sebisa mungkin daya reaktif diminimalisasi. Jika beban bersifat induktif maka diberi kapasitor dan jika beban bersifat kapasitif maka beban diberi komponen induktor. Karena banyaknya peralatan yang digunakan dalam lingkungan perumahan yang bersifat induktif, maka energy saver untuk mengurangi daya reaktif tidak lain berupa kapasitor. Biasanya alat ini dipasang secara paralel pada jaringan listrik, tepatnya setelah kotak pemutus arus (MCB = Mini Circuit Breaker) atau sekering yang telah terpasang sebelumnya.

1.2 TUJUAN PENULISAN

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah meneliti dan menganalisa energy saver yang dijual dipasaran untuk mengetahui apakah alat tersebut dapat melakukan penghematan sesuai dengan yang dipromosikan yaitu menghemat sampai sebesar 20%-30%.

1.3 BATASAN MASALAH

Dalam penyusunan skripsi ini pembatasan masalah akan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

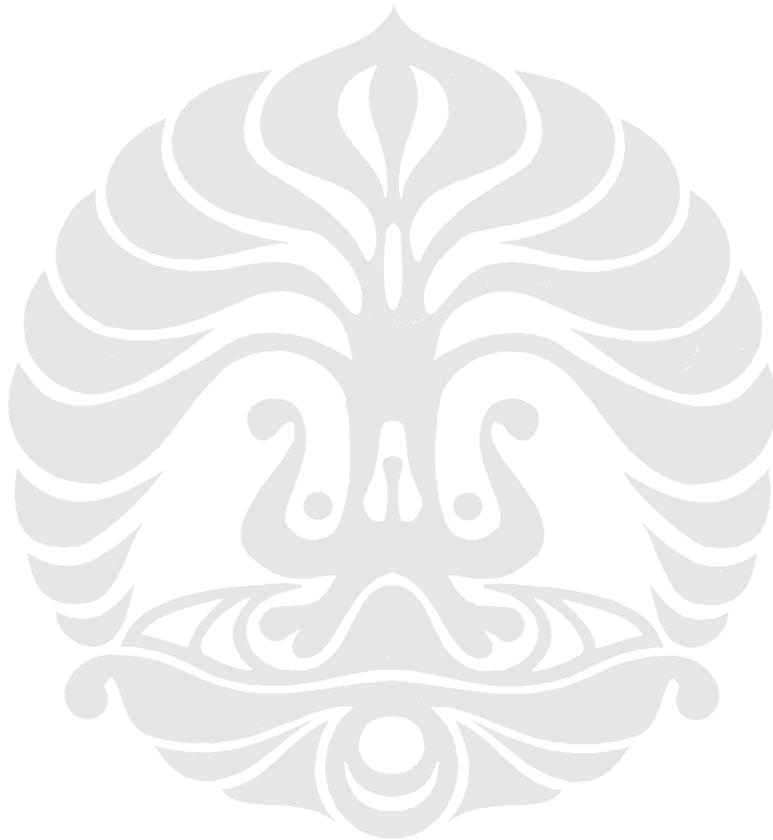
1. Sumber yang digunakan adalah 1 fasa 2 kawat
2. Pengambilan data dilakukan pada kondisi tegangan 215 V
3. Besar beban uji maksimal sebesar 2200 VA
4. Energy saver bekerja untuk keluaran 250 watt – 2200 watt.

1.4 SISTEMATIKA PENULISAN

Skripsi ini terdiri dari empat bab dan masing-masing bab terbagi ke dalam beberapa sub bab. Sistematika secara keseluruhan sebagai berikut :

Bab pertama yaitu pendahuluan menguraikan latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan dalam penyusunan skripsi ini. Bab kedua

berisi landasan teori tentang faktor daya dan tentang energy saver. Bab ketiga berisi penguraian tentang metodologi penelitian yang akan dilakukan. Bab keempat merupakan analisa berdasarkan data-data yang diperoleh dari penelitian. Bab 5 berisi kesimpulan dari hasil penelitian.

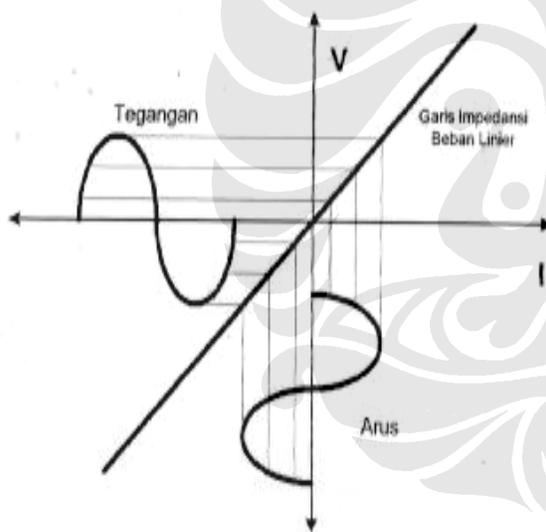


BAB II

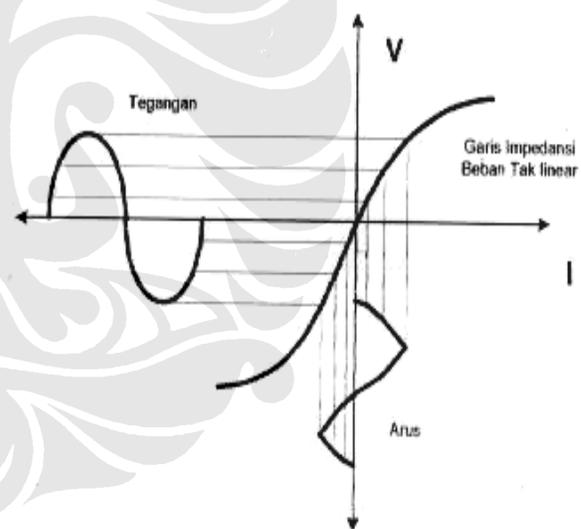
LANDASAN TEORI

2.1 BEBAN-BEBAN PADA KONSUMEN RUMAH TANGGA

Beban –beban listrik yang dimaksud di dalam penelitian ini adalah suatu komponen peralatan listrik yang menyerap energi listrik. Pada sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linier dan beban non linier. Pada beban linier sendiri, arus yang mengalir berbanding lurus dengan perubahan tegangan. Sebaliknya, pada beban non-linier, arus tidak berbanding lurus dengan tegangan. Jenis beban non linier ini akan menghasilkan gangguan/distorsi gelombang arus yang tidak sinusoidal.



Gambar 2.1 Karakteristik gelombang arus pada beban linier



Gambar 2.2 Karakteristik gelombang arus pada beban non linier

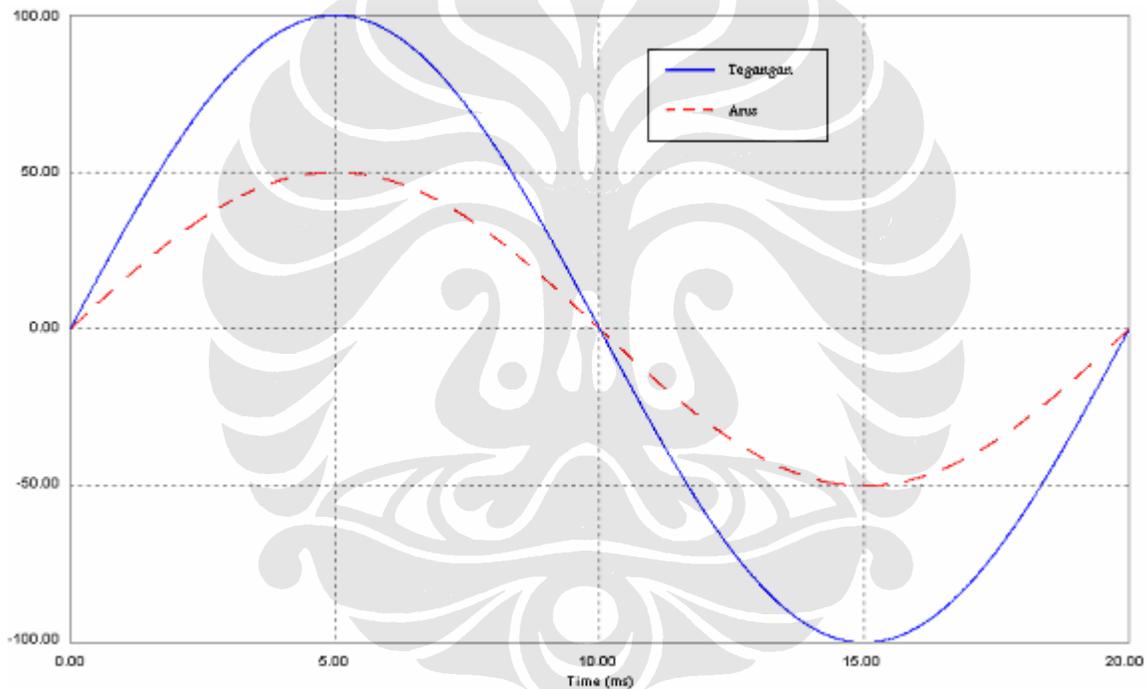
Pada penelitian ini yang akan dibahas adalah pemakaian beban linier yang umumnya digunakan pada konsumen rumah tangga. Beban linier adalah beban resistif, sedangkan beban non-linier antara lain beban induktif dan elemen penyimpan energi kapasitor.

2.1.1 Beban Resistif Murni, Induktif Murni dan Kapasitif Murni

Beban resistif murni adalah beban yang dapat menyerap seluruh daya yang disuplai oleh sumber. Beban resistif menggambarkan perbandingan antara tegangan dan arus secara proporsional. Satuan dari resistansi adalah ohm (Ω). Perbandingan ini dinyatakan sebagai resistansi, yaitu

$$R = \frac{v}{i} \longrightarrow v = R.i$$

Pada beban resistif murni, tegangan sinusoidal memberikan arus sinusoidal dengan sudut fasa yang sama. Begitu juga arus sinusoidal menghasilkan jatuh tegangan sinusoidal yang se-fasa.



Gambar 2.3 Grafik arus dan tegangan pada beban resistif murni

Contoh nyata dari beban resistif murni adalah resistor, walaupun terkadang resistor menunjukkan sifat ketidak-linierannya karena pengaruh suhu, baik dari lingkungan maupun panas yang berasal dari resistor sendiri¹.

¹ Johnson, David E, et.al. 1997. **Electric Circuit Analysis 3rd Edition**. New Jersey : Prentice Hall, Inc Hal 31

Beban induktif dan kapasitif disebut juga beban – beban reaktif. Beban reaktif adalah beban – beban yang tidak dapat menyerap seluruh daya yang disuplai oleh sumber, namun ada daya terbuang yang dikirimkan kembali ke sistem.

Beban induktif dihasilkan dari induktansi yang berbanding lurus dengan frekuensi, dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$X_L = 2.\pi.f.L$$

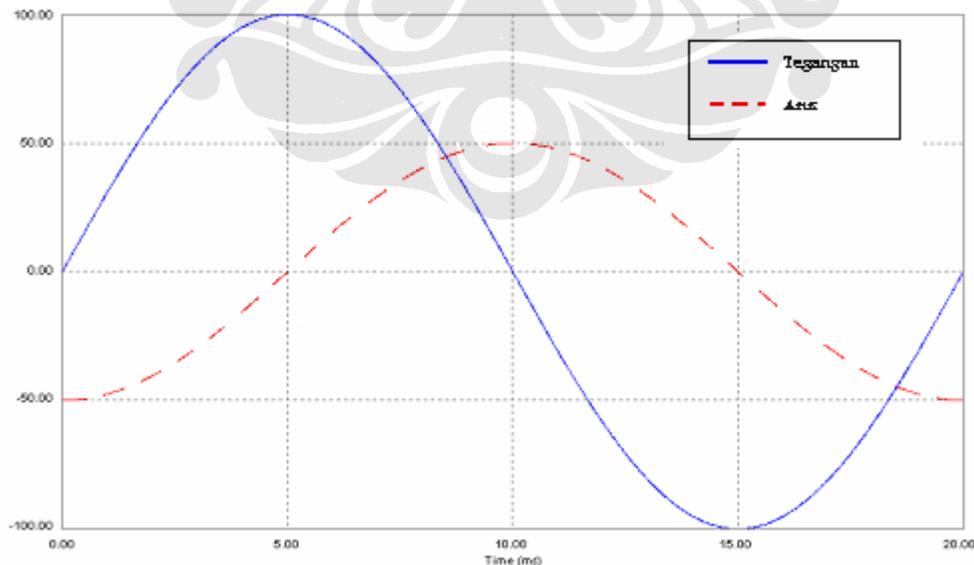
Sedangkan beban kapasitif dihasilkan dari kapasitansi yang berbanding terbalik dengan frekuensi, dapat dilihat dari persamaan berikut.

$$X_C = \frac{1}{2.\pi.f.C}$$

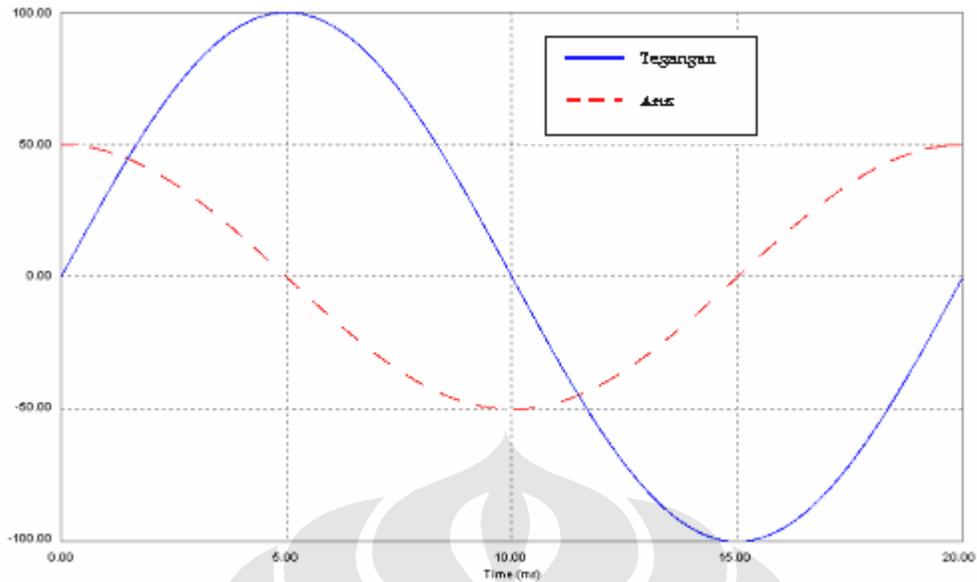
Perbandingan antara tegangan dan arus pada beban – beban reaktif dinyatakan oleh persamaan berikut,

$$i = C \frac{dv}{dt} \quad v = L \frac{di}{dt}$$

Beban induktif murni menggambarkan perbandingan antara tegangan dan arus dengan bentuk gelombang yang sama, akan tetapi gelombang tegangan mendahului gelombang arus sebesar 90°. Beban kapasitif murni menggambarkan perbandingan antara tegangan dan arus dengan bentuk gelombang yang sama, akan tetapi gelombang tegangan ketinggalan dari gelombang arus sebesar 90°.



Gambar 2.4 Grafik arus dan tegangan pada beban induktif murni



Gambar 2.5 Grafik arus dan tegangan pada beban kapasitif murni

Contoh beban – beban induktif dalam kehidupan sehari – hari yang sering dipakai dalam rumah tangga adalah pendingin ruangan (AC), kulkas, dan peralatan yang menggunakan kumparan atau lilitan kawat.

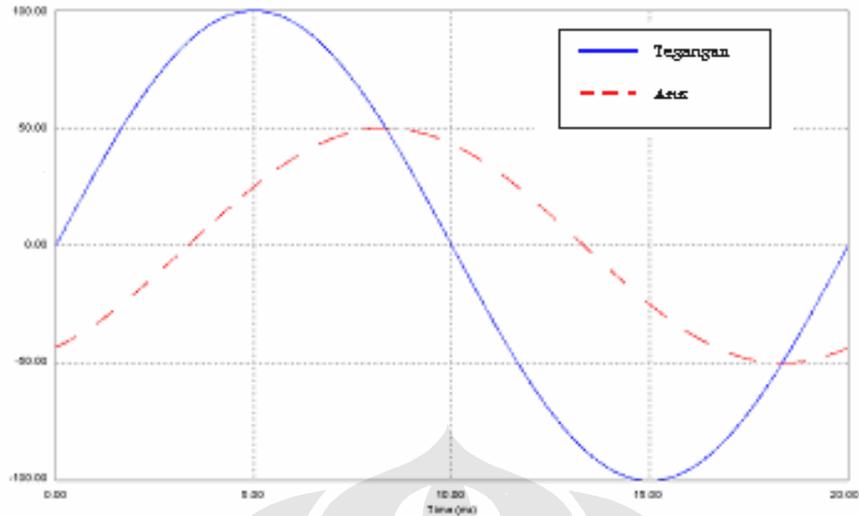
2.1.2 Kombinasi Beban - Beban Resistif, Induktif, dan Kapasitif

Konsumen rumah tangga biasanya menggunakan beban – beban kombinasi dari beban – beban yang telah dijelaskan diatas, yang pada umumnya bersifat resistif dan induktif.

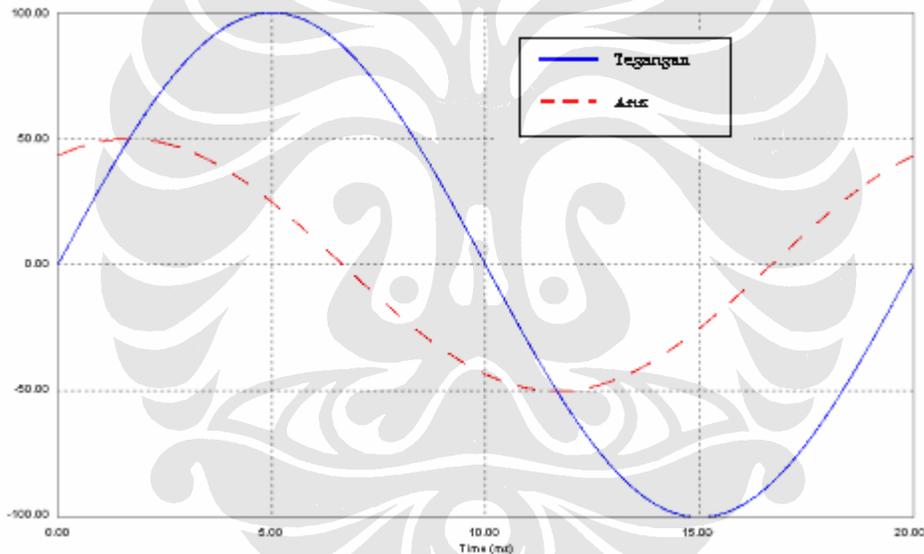
2.1.2.1 Kombinasi beban resistif induktif dan resisitif kapasitif

Pada kombinasi dari beban – beban resistif dan induktif, gelombang tegangan tetap mendahului gelombang arus, namun dengan pergeseran fasa yang lebih kecil dari 90° . Hal ini dikarenakan sudut fasa ditentukan oleh besar dari masing – masing resistansi dan induktansi

Begitu pula dengan kombinasi beban – beban resistif dan kapasitif, dimana gelombang tegangan ketinggalan dari gelombang arus dengan pergeseran fasa yang lebih kecil dari 90°



Gambar 2.6 Grafik arus dan tegangan pada beban resistif induktif



Gambar 2.7 Grafik arus dan tegangan pada beban resistif kapasitif

2.1.2.2 Kombinasi beban resistif induktif kapasitif

Untuk kombinasi beban induktif dengan beban kapasitif, maka pergeseran fasa gelombang tegangan terhadap arus ditentukan pula oleh besar masing – masing reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif.

Jika reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif bernilai sama, maka bentuk gelombang arus dan tegangan secara ideal akan menyerupai bentuk gelombang pada beban resistif murni. Dan apabila keduanya tidak bernilai sama, maka bentuk gelombang

ditentukan oleh nilai reaktansi yang lebih besar dan pergeseran fasa yang terjadi mengikuti selisih dari keduanya. Demikian juga dengan kombinasi beban – beban resistif induktif dan kapasitif.

Sebagai contoh, suatu beban dengan resistansi sebesar 10Ω , induktansi sebesar $0,05 \text{ H}$, dan kapasitansi sebesar $0,3 \text{ mF}$ dihubungkan dengan sumber dengan tegangan maksimum 100 V dan frekuensi 50 Hz . Maka,

$$X_L = 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,05 = 15,7 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 50 \times 3 \cdot 10^{-4}} = 10,62 \Omega$$

Impedansi beban

$$Z = R + j(X_L - X_C)$$

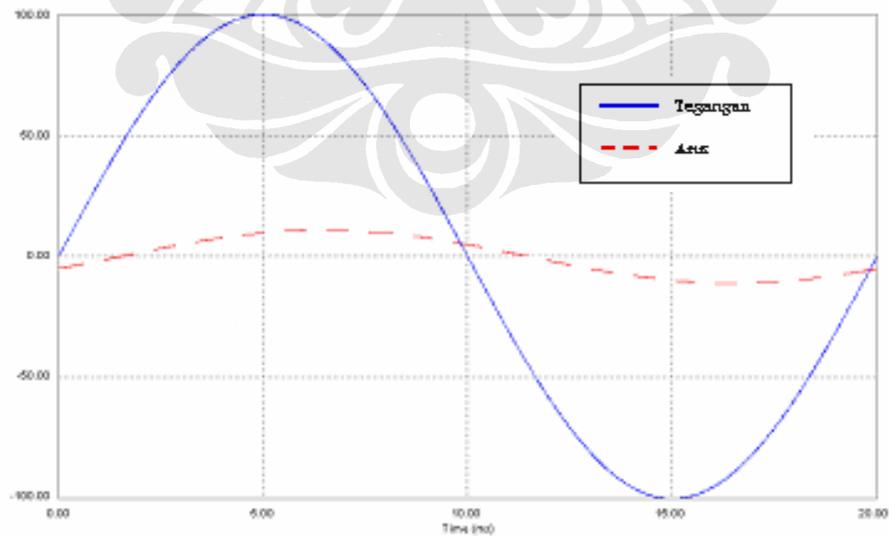
$$Z = 10 + j(15,7 - 10,62)$$

$$Z = 10 + j5,08$$

$$Z = 11 \angle 27^\circ \Omega$$

$$i = \frac{v}{Z} = \frac{100}{11 \angle 27^\circ} = 9,1 \angle -27^\circ \Omega$$

Didapatkan sudut fasa sebesar -27° dan bentuk gelombang yang dihasilkan adalah sebagai berikut:



Gambar 2.8 Grafik arus dan tegangan pada beban resistif induktif kapasitif

2.2 FAKTOR DAYA DAN SEGITIGA DAYA

2.2.1 Umum

Pada suatu sistem tenaga listrik, beban sistem selalu bervariasi dan berubah-ubah. Beban sistem itu sendiri ada yang berupa beban resistif dan beban induktif. Seiring dengan semakin bertambahnya kebutuhan akan beban-beban yang menghasilkan daya reaktif pada sistem tenaga listrik, power faktor dari sistem akan semakin mendekati nilai 0. Hal ini dapat mempengaruhi performa dari sistem tenaga listrik.

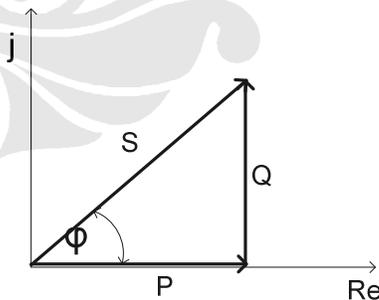
2.2.2 Pengertian

Daya nyata (watt) didefinisikan sebagai daya yang menghasilkan kerja. Adapun daya reaktif (var) ditentukan oleh sifat impedansi beban. Dengan demikian terdapat dua pengertian daya reaktif yaitu daya reaktif induktif dan daya reaktif kapasitif. Daya reaktif induktif adalah daya reaktif yang diserap oleh komponen listrik yang bersifat induktif sedangkan daya reaktif kapasitif adalah daya yang dihasilkan elemen listrik bersifat kapasitif. Daya semu (VA) secara vektoris merupakan hasil penjumlahan daya aktif dan daya reaktif.

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

Sedangkan faktor daya atau $\cos \theta$ didefinisikan sebagai perbandingan daya nyata (P) dengan daya semu (S)

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$



Gambar 2.9 Segitiga daya

Daya semu (S):

$$S = P + jQ$$

S = daya semu = $V_{rms} \cdot I_{rms}$

P = daya nyata = $V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos \varphi$

$$Q = \text{daya reaktif} = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \sin \varphi$$

Faktor daya ini mempengaruhi rugi-rugi hantaran I

$$I = \frac{P}{V \cos \varphi}$$

Rugi-rugi daya aktif pada saluran penghantar adalah daya aktif yang tidak menghasilkan energi yang dimanfaatkan bagi peralatan listrik, dimana kerugian tersebut diakibatkan karakteristik tahanan (ohm) saluran penghantar yang dialiri arus listrik. P_{rugi} . Rugi-rugi saluran penghantar:

$$P_{rugi} = I^2 R \text{ (Watt)}$$

Sehingga ketika P, V dan R adalah konstan maka rugi-rugi hantaran ini sebanding dengan $\cos \varphi$. Adapun rugi-rugi energi listrik pada saluran penghantar adalah daya aktif yang hilang di saluran penghantar dalam jangka waktu tertentu atau energi yang tidak dimanfaatkan bagi peralatan listrik. Rugi-rugi energi listrik pada saluran penghantar menimbulkan panas pada saluran tersebut. Persamaan rugi-rugi energi listrik dapat dirumuskan:

$$W_{rugi} = I^2 \cdot R \cdot t \text{ (KWh)}$$

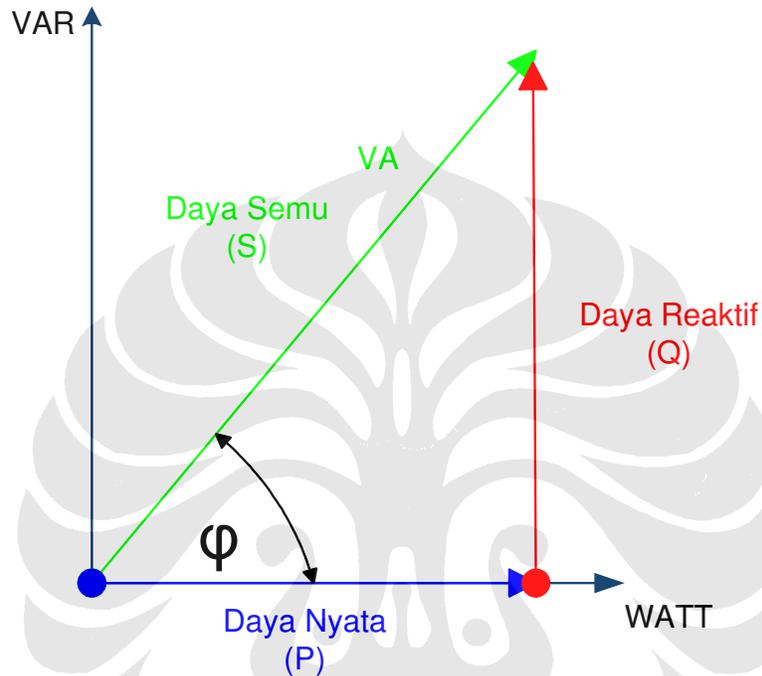
Keterangan:

- I : Arus pada saluran penghantar
- P_{rugi} : rugi-rugi saluran penghantar
- R : Tahanan saluran dalam Ohm
- W_{rugi} : Rugi-rugi energi listrik
- t : Jangkauan waktu dalam jam

Sehingga $\cos \varphi$ yang terlalu rendah dapat menyebabkan:

1. Arus yang mengalir besar, sehingga terdapat rugi panas / rugi daya yang lebih besar.

2. Dari sisi perusahaan listrik akan rugi, karena listrik yang diukur dan dibayar oleh konsumen rumah tangga adalah daya nyata (watt) nya saja sedangkan daya reaktif tidak dibayar.
3. Karena besar kapasitas suatu daya perumahan berdasarkan VA, maka PF yang rendah akan membuat pemanfaatan kapasitas daya tidak maksimal.



Gambar 2.10 Segitiga daya

Faktor daya ditentukan sifat dari beban:

- Pf lagging: fasa arus tertinggal terhadap fasa tegangan, sifat beban induktif
- Pf leading: fasa arus mendahului fasa tegangan, sifat beban kapasitif

Perbaikan faktor daya adalah suatu usaha agar daya nyata mendekati nilai semu (nilai $\cos \theta$ mendekati 1). Secara real ini berarti nilai beban hampir resistif murni. Hal ini dilakukan dengan cara memparalel kapasitor (C) dengan beban.

Produksi sumber daya reaktif kapasitif untuk perbaikan faktor daya sistem tenaga listrik rumah tangga didapatkan dari kapasitor. Kapasitor (kapasitor shunt) sebagai kompensator reaktif dihubungkan paralel dengan beban listrik.

2.3 ENERGY SAVER

2.3.1 Umum

Suatu alat energy saver berarti adalah suatu alat yang melakukan penghematan energi listrik. Sedangkan sebenarnya ketika kita memasang suatu energy saver yang memiliki konsumsi daya beberapa watt maka berarti kita akan menambah daya beban pada sistem tersebut. Dari hal tersebut, penulis mencoba mencari dimanakah kemungkinan terjadi penghematan dan efektifkah alat tersebut berdasarkan teori.

2.3.2 Pengertian

Alat energy saver yang diperjual belikan memiliki konstruksi sedemikian, dan umumnya komponen dan sirkit dalam dari alat ini dicor (ditutupi) dengan suatu material isolasi, misalnya resin. Dengan demikian alat energy saver hanya dapat ditampilkan sebagai *black-box* tanpa diketahui prinsip kerjanya, kecuali fungsi pengaruhnya yang dapat diketahui dengan penelitian. Sementara itu, di dalam teori listrik diketahui bahwa penghematan pemakaian energi listrik (kWh) dapat dilakukan antara lain:

1. Menggunakan peralatan listrik yang hemat energi.
2. Meminimalkan waktu pemakaian energi listrik.
3. Mengurangi rugi konduktor dengan menggunakan material beresistansi sangat kecil (*super-conductor*).
4. Memperbaiki faktor daya

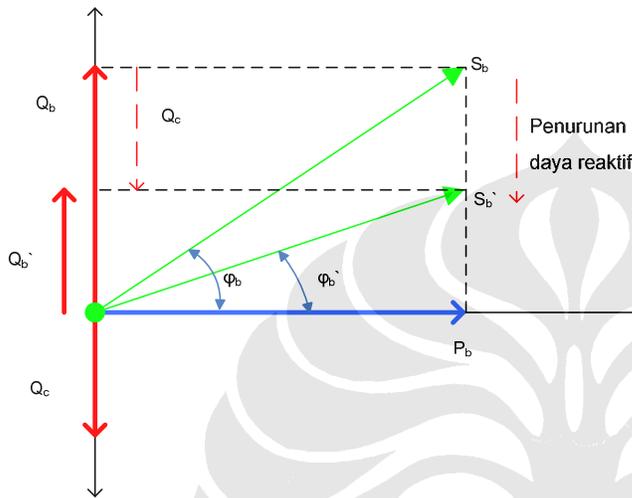
2.3.3 Kompensator Reaktif Induktif (Kapasitor Shunt)

Alat energy saver sebagai kompensator reaktif induktif mempunyai karakteristik kerja sama dengan sebuah kapasitor *shunt*, yaitu memperbaiki faktor daya ($\cos \phi$) yang berimplikasi kepada :

- Memperbaiki tegangan (mengurangi jatuh tegangan jaringan).
- Mengurangi susut energi (rugi hantaran).
- Memaksimalkan pemakaian kapasitas daya.

Prinsip kerja suatu kompensasi dari kompensator reaktif (kapasitor) dapat dituangkan secara vektor seperti gambar 2.11. Teori ini perlu diulas kembali sebagai pengantar.

Vektor-vektor yang dilukiskan pada gambar tersebut menunjukkan dua kondisi suatu sistem pembebanan, yaitu dalam kondisi tanpa kapasitor (energy saver) dan dengan kapasitor. Bila ditetapkan suatu nilai daya semu beban R_b dengan faktor daya tertentu $\cos \varphi$, maka berdasarkan diagram vektor gambar 2.11 dapat dihitung daya nyata (daya aktif) beban P_b dan daya reaktif induktif beban Q_b dengan persamaan berikut :



Gambar 2.11 : Diagram vektor sistem pembebanan tanpa dan dengan energy saver

Keterangan gambar 2.11:

- P_b : Daya nyata beban
- Q_b : Daya reaktif (induktif) beban semula
- S_b : Daya semu beban semula
- φ_b : Sudut daya beban semula
- Q_c : Daya reaktif (kapasitif) dari kapasitor
- Q_b' : Daya reaktif (induktif) baru dari sistem
- S_b' : Daya semu baru dari sistem
- φ_b' : Sudut daya baru dari sistem

$$P_b = R_b \cdot \cos \varphi_b \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_b = R_b \cdot \sin \varphi_b \quad \dots\dots\dots (2)$$

Dan jika dipasang kapasitor dengan daya reaktif kapasitif sebesar Q_c , maka dapat dihitung besarnya perubahan (delta) daya semu sistem dR_b dan daya semu baru dari sistem R_b' dengan persamaan :

$$\delta R_b = R_b - R_b' \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$R_b' = \sqrt{(P_b)^2 + (Q_b - Q_c)^2} \quad \dots\dots (4)$$

Dari persamaan (3) dan (4) dapat dibuat kurva karakteristik perubahan (Δ) daya semu versus daya semu beban dan karakteristik daya semu baru fungsi daya semu beban.

2.3.4 Energy Saver Di Pasaran

Ada dua jenis energy saver yang beredar dipasaran, yaitu:

- a. Energy saver yang pemasangannya diparalel terhadap peralatan listrik.
- b. Energy saver yang dipasang seri dengan peralatan listrik.²

Dari dua jenis yang beredar tersebut, yang paling banyak dijumpai dipasaran adalah energy saver jenis pemasangan paralel. Energy saver yang pemasangannya diparalel terhadap beban (peralatan listrik) merupakan sebuah kompensator reaktif induktif. Dengan demikian mudah diduga bahwa komponen dalam dari alat ini tidak lain adalah sebuah kapasitor.

Sementara itu, energy saver yang dipasang secara seri dengan peralatan listrik merupakan sebuah energy saver dengan menurunkan catu daya melalui penurunan tegangan catu. Komponen dalam dari alat energy saver jenis ini tidak diketahui, karena seluruh komponen dalam dari alat disegel dengan cara dicor (ditutup padat) menggunakan bahan isolasi padat (umumnya resin), sehingga prinsip kerja rincinya tidak diketahui pula secara pasti. Ada dugaan bahwa prinsip kerja dari alat ini adalah dengan menurunkan catu tegangan ke beban (peralatan listrik) menggunakan suatu impedans kombinasi induktif dan kapasitif. Impedans induktif berfungsi menurunkan catu tegangan, sedangkan kapasitor diarahkan untuk memperbaiki faktor daya. Sebagai hasil keluaran dari pemasangan alat energy saver jenis seri ini adalah diperoleh penurunan pemakaian daya nyata (watt), tetapi tegangan catu ke peralatan listrik juga dibuat turun. Sepintas kelihatan sebagai penghematan pemakaian energi listrik, tetapi sesungguhnya kinerja peralatan listrik menurun dan dapat berakibat mengurangi umur peralatan listrik. Dengan demikian alat energy saver jenis ini sebenarnya sangat tidak dianjurkan pemakaiannya.

² Pranyoto. 2005. **Alat Penghemat Listrik Untuk Rumah Tangga**. Majalah energi dan listrik: Vol XIV No.1

Kapasitas daya dari alat energy saver bervariasi sesuai dengan penggunaan daya listrik di perumahan. Umumnya diperuntukan bagi pelanggan 2200 VA hingga 6600 VA. Dalam hal dimensi fisiknya, ukuran energy saver yang beredar di pasaran umumnya mempunyai ukuran kecil, yaitu sekitar 200 mm x 150 mm x 100 mm. Bahkan ada yang berukuran cukup kecil-mungil menyerupai *mouse* komputer, tetapi ada juga yang berupa panel (kotak) listrik dengan ukuran agak besar (LxDxH : 500 mm x 300 mm x 800 mm). Penutup luar dari alat ini umumnya terbuat dari bahan isolasi (plastik) dengan bentuk sangat estetik dan menarik yang menunjukkan proses pembuatannya sudah melibatkan teknologi modern. Meskipun masih ada juga yang sederhana, terbuat dari plat besi. Penelitian dilakukan terhadap jenis kompensator reaktif induktif (jenis pemasangan paralel).

2.4 PENGARUH PERBAIKAN FAKTOR DAYA

2.4.1 Umum

Sistem dengan faktor daya yang mendekati 0 berarti sistem tersebut lebih banyak menyuplai daya reaktif daripada daya nyata, maka sistem tersebut memiliki daya semu yang sangat besar, sehingga sistem tersebut tidak efisien.

2.4.2 Pengertian

Ketika sebuah sistem memiliki faktor daya yang baik (mendekati 1) maka terjadi perbaikan faktor daya pada sistem tersebut. Perbaikan faktor daya akan berdampak kepada efisiensi KVA terhubung (konsumen).

2.4.3 Pengaruh perbaikan faktor daya

Untuk sebuah sistem dengan faktor daya rendah dibandingkan dengan sistem dengan faktor daya tinggi maka terjadi selisih daya semu yang dibutuhkan sistem yang seharusnya masih bisa kita pakai secara maksimal. Sebagai contoh, ketika $\cos \varphi = 1$ dan kapasitas daya semu adalah 2200 VA

$$S = V \cdot i$$

$$P = S \cdot \cos \varphi$$

$$P = 2200 \text{ VA} \cdot 1$$

$$P = 2200 \text{ W}$$

Daya nyata yang dapat dipasang adalah 2200 W.

$$P = V \cdot i \cdot \cos \varphi$$

$$2200 \text{ W} = 220 \text{ V} \cdot i \cdot 1$$

$$i = 10 \text{ A}$$

Sedangkan ketika $\cos \varphi = 0.5$ dan kapasitas daya semu adalah 2200 VA

$$S = V \cdot i$$

$$P = S \cdot \cos \varphi$$

$$P = 2200 \text{ VA} \cdot 0.5$$

$$P = 1100 \text{ W}$$

$$P = V \cdot i \cdot \cos \varphi$$

$$1100 \text{ W} = 220 \text{ V} \cdot i \cdot 0.5$$

$$i = 10 \text{ A}$$

Sehingga karena faktor daya yang rendah kita tidak dapat memakai seluruh kapasitas daya semu yang telah kita pesan. Terlihat daya nyata yang dapat dipakai untuk faktor daya 0.5 hanya 1100 W sedangkan dengan faktor daya 1 didapat daya nyata sebesar 2200 W.

2.5 LAMPU TL ATAU LAMPU FLUORESCENT

2.5.1 Umum

Lampu TL merupakan salah satu jenis lampu discharge yang penggunaannya sudah meluas di masyarakat. Penggunaan lampu ini menjadi populer karena memiliki kelebihan dibandingkan lampu pijar.

2.5.2 Kelebihan dan kekurangan

Kelebihan lampu TL dibandingkan lampu pijar sendiri, antara lain:

- Lampu TL pada daya yang sama sinarnya lebih terang
- Lampu TL tidak memakai filamen tetapi memakai elektroda tabung sehingga tidak membuat suhu ruangan panas
- Lampu TL sinarnya lebih lembut
- Lampu TL memiliki umur yang lebih lama

Selain kelebihan ternyata lampu TL memiliki kekurangan atau kelemahan antara lain:

- Lampu TL tidak dapat menyala pada catu daya yang memiliki tegangan yang buruk (tegangan sumber dibawah rating tegangan lampu TL)
- Lampu TL memerlukan ballast elektromagnetik dan starter
- Lampu TL dengan ballast elektromagnetik memiliki faktor daya yang rendah

2.5.3 Prinsip Kerja Lampu TL

Lampu TL terdiri dari tabung yang permukaannya dalamnya diberi bubuk lapisan fosfor, diisi dengan gas argon dan berisi 1 tetes air raksa, dengan kawat tungsten sebagai katoda yang dihubungkan keluar dengan elektroda pada akhir masing-masing tabung. Fungsi gas didalam tabung antara lain untuk membantu menyalakan lampunya. Gas yang digunakan adalah gas mulia seperti gas argon dan gas neon. Gas-gas mulia memiliki sifat tidak melakukan reaksi kimia dengan unsur-unsur lain.

Ketika elektroda-elektroda tabung dihubungkan pada tegangan yang cukup tinggi (tegangan penyalan), elektron-elektron bebas yang terdapat dalam tabung akan bergerak dari elektroda yang satu ke elektroda lainnya. Karena gerakan elektron-elektron ini, akan terjadi benturan-benturan dengan elektron-elektron terikat itu dapat terlepas keluar orbitnya, lepas dari ikatan inti atom. Atom-atom yang kehilangan elektron dapat menangkap kembali elektronnya atau elektron bebas lainnya. Jika sebuah elektron memasuki orbit kosong, kelebihan energinya akan dipancarkan sebagai cahaya tampak atau sinar ultraungu, hal ini disebabkan lampu memiliki tekanan sangat rendah sehingga banyak dipancarkan sinar ultraungu. Pada bagian dalam tabung telah diberi serbuk fluorescent (serbuk pendar), sinar ultraungu akan diubah menjadi cahaya tampak oleh serbuk tersebut.

2.5.4 Komponen Ballast Pada Lampu TL

Lampu TL membutuhkan ballast (kumpulan hambatan) yaitu impedansi yang disusun seri untuk membatasi arus yang melewati lampu. Fungsi ballast itu antara lain:

1. Memberikan arus penyalan pada lampu TL.

2. Menyediakan tegangan kejut yang cukup tinggi untuk elektroda-elektroda lampu TL (fluorescent) agar lampu menyala.
3. Memberikan arus listrik yang dilewati lampu agar keluaran lampu menyala dengan stabil.
4. Menyediakan tegangan yang dibutuhkan lampu selama lampu beroperasi.

Pada saat ini ballast (kumparan hambatan) mempunyai berbagai bentuk dan disain dan mempunyai bermacam kapasitas daya sesuai dengan daya lampu TL. Ballast (kumparan hambatan) mengkonsumsi sejumlah daya listrik. Kebanyakan ballast yang dipasarkan adalah jenis ballast elektromagnetik, ballast ini memiliki rugi-rugi daya yang disebabkan adanya kumparan kawat tembaga dan inti dari kumparan tersebut.

Kerugian pada ballast ada 2 yaitu:

1. Kerugian pada tembaga disebabkan adanya arus beban yang mengalir pada kawat tembaga $P = I^2 R$ (watt)
2. Kerugian pada inti besi ada 2 yaitu rugi histerisis yang disebabkan fluks bolak balik pada inti besi, dan rugi arus pusar.

Bagian-bagian ballast yang standar didalamnya terdapat:

1. Kumparan kawat (lilitan kawat).
2. Rumah ballast yang berfungsi untuk melindungi komponen-komponen ballast didalamnya.
3. Inti yang terdiri dari laminasi baja.
4. Alat untuk membatasi suhu pada ballast.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 METODE PENGAMBILAN DATA

Penelitian yang akan dilakukan didasarkan pada teori yang telah dikemukakan sebelumnya. Hal yang akan diamati pada penelitian ini adalah pengaruh pemasangan energy saver sebagai kompensator faktor daya ketika dipasangkan variasi beban – beban resistif dan induktif. Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Pengukuran dan Rangkaian Listrik Departemen Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Penelitian akan dilaksanakan dengan melakukan pengujian dan pengamatan. Dalam pengukuran karakteristik kerja energy saver yang dipergunakan sebagai input adalah tegangan nominal 220 volt (V), variasi resistansi (R), variasi induktansi (L), dan energy saver. Pemasangan energy saver yaitu setelah KWh meter (pada sisi yang sama dengan beban) yaitu setelah pemasangan Pfmeter dan wattmeter. Juga alat ukur voltmeter analog untuk mengukur tegangan, amperemeter analog untuk mengukur arus, wattmeter analog untuk mengukur daya nyata (W), $\cos \phi$ meter analog untuk mengukur faktor daya dan Kwhmeter analog untuk mengukur Kwh. Sedangkan untuk mengukur beban pada tiap hambatan yang bisa diubah-ubah (resistance variable) dan induktor yang bisa diubah-ubah (inductance variable) dipergunakan alat ukur digital. Alat-alat tersebut antara lain :

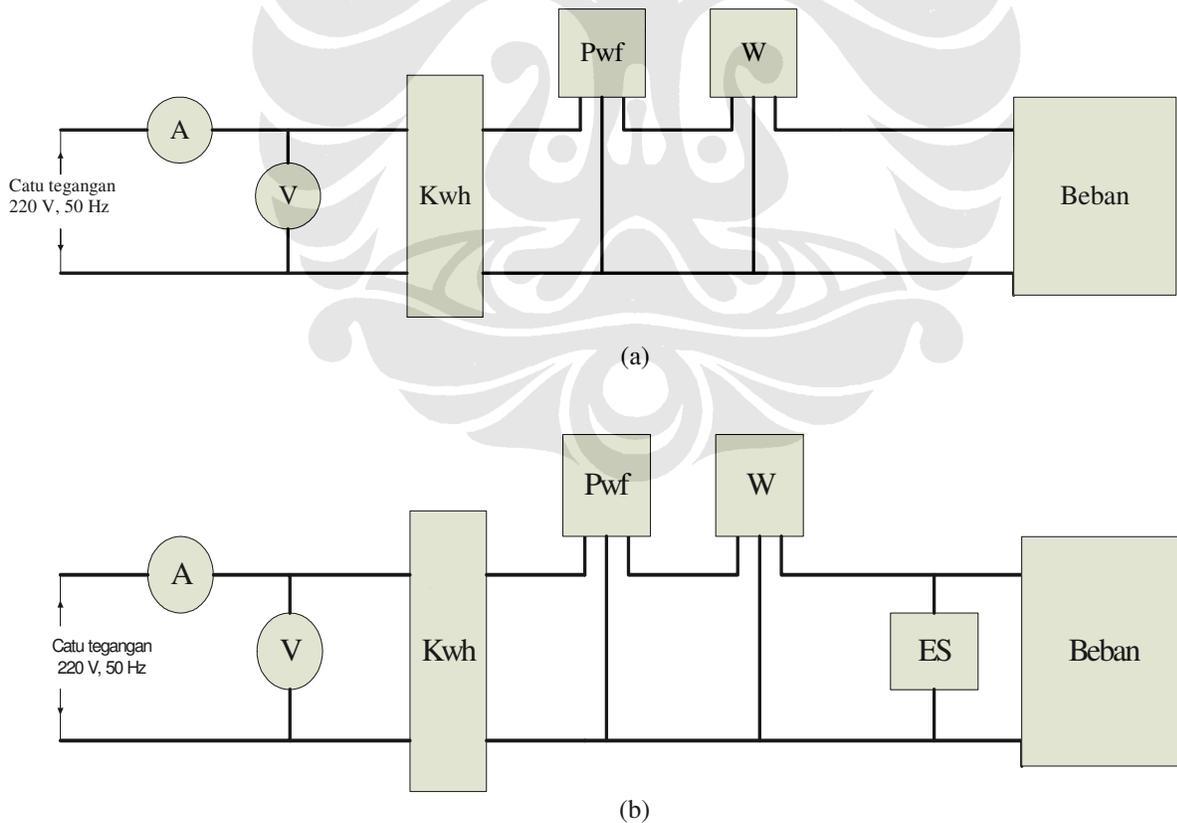
- Amperemeter : Portable amperemeter, YEW (45 Hz-65 Hz).
- Voltmeter : Portable Voltmeter, YEW (45 Hz-65 Hz).
- $\cos \phi$ meter : Portable Power Factor Meter, YEW type 2039.
- Wattmeter : Portable single phase wattmeter, YEW type 2041.
- KWhmeter : Single phase 2 wire KWhmeter, Schlumberger 230 V, 50 Hz.
- Energy saver : 2200 watt energy saver, Yomiko 220 V, 10 A.
- Lampu pijar sorot : Toki 150 watt.
- Lampu pijar : Philips 100 watt

- Lampu TL : Philips TLD 36 watt
- Variable inductance : Labvolt EMS 8510-05 rating 1045 watt
- Variable resistance : Labvolt EMS 8509-05 rating 1045 watt
- Stopwatch

Pengamatan akan dilakukan pada alat ukur yang telah disusun antara sumber dengan beban. Sehingga akan didapatkan data-data arus dari beban, tegangan di beban, daya nyata yang dikonsumsi beban, KWh yang terukur pada beban, dan faktor daya yang dimiliki beban. Untuk itu dibutuhkan juga stopwatch untuk mencatat KWhmeter selama 1 jam.

3.2 RANGKAIAN PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada sistem dengan diagram skematik seperti pada gambar 3.1. berikut.:



Gambar 3.1 Rangkaian percobaan tanpa menggunakan energy saver (a) dan dengan energy saver (b)

Keterangan gambar 3.1:

Catu tegangan = 220 Volt dan 50 Hz.

A = Amperemeter yang berfungsi mengukur arus pada beban.

V = Voltmeter yang berfungsi mengukur tegangan pada beban.

W = Wattmeter yang berfungsi mengukur daya nyata pada beban.

Pwf = Power factor meter yang berfungsi mengukur faktor daya beban.

ES = Energy Saver sebagai kompensator daya.

KWh = Kwhmeter yang berfungsi mengukur KWh pada beban.

Beban = Beban induktif dan beban resistif.

Beban induktif yang dipakai adalah lampu TL : Philips TLD 36 watt dan variable inductance : Labvolt EMS 8510-05 rating 1045 watt. Beban resistif yang dipakai adalah lampu pijar sorot : Toki 150 watt, lampu pijar : Philips 100 watt, dan variable resistance : Labvolt EMS 8509-05 rating 1045 watt.

3.3 SKENARIO PENGAMBILAN DATA

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan kualitas listrik ketika tidak memakai energy saver dan ketika memakai energy saver. Pengambilan data dilakukan sebanyak 4 kali yaitu 18 data pertama untuk beban yang besarnya dibawah 600 VA yang bervariasi yaitu 9 data ketika tidak dipararelkan dengan energy saver dan 9 data lagi ketika dipararelkan dengan energy saver. Rentangan beban diusahakan tidak jauh dan disesuaikan dengan daya aktif dan reaktif yang dihasilkan beban.

Pengambilan data kedua untuk beban yang besarnya diatas 600 VA yang bervariasi yaitu 9 data ketika tidak dipararelkan dengan energy saver dan 9 data lagi ketika dipararelkan dengan energy saver. Pengambilan data ketiga untuk beban lampu TL

yang terdiri dari 6 lampu TL dengan daya 36 watt untuk masing-masing lampu. Perubahan daya semu (S) akan diteliti ketika setelah dipararelkan dengan energy saver.

Pengambilan data dilakukan dengan skenario sebagai berikut:

1. Menyusun rangkaian seperti gambar 3.1 dengan menggunakan beban yang diubah-ubah.
2. Mencatat pengukuran dimana parameter yang diukur adalah nilai arus, nilai tegangan, nilai daya aktif, nilai KWh, dan nilai faktor daya terukur.
3. Memvariasikan beban sesuai dengan parameter yang ingin kita cari atau yang akan kita analisa.
4. Beban tersebut kita pararelkan dengan energy saver
5. Mencatat pengukuran lagi dimana parameter yang diukur adalah nilai arus, nilai tegangan, nilai daya aktif, nilai KWh, dan nilai faktor daya terukur.

Dari data-data yang diperoleh akan dilakukan pengolahan data untuk membandingkan data yang dihasilkan oleh masing-masing alat ukur energi, yang meliputi jumlah energi yang diserap beban dengan perhitungan dengan persamaan daya semu pada bab II. Berikut adalah data-data yang didapatkan dari hasil percobaan skripsi yang telah dilakukan:

Tabel 3.1 Data 600 VA ke bawah beban induktif tanpa energy saver

Data 600 VA ke bawah

Tanpa Energy Saver

No.	Beban	Pengukuran					Perhitungan	
		V (Volt)	I (Ampere)	Daya nyata (Watt)	Daya reaktif (V.I.sin pi)	PF (cos pi) (lag/lead)	Daya nyata (V.I.cos pi)	Daya semu (V.I)
1	0.675 H	215	0.74	10 W	154 VAR	0.097 lag	15.5 W	159.1 VA
2	0.355 H	215	1.43	10 W	303.2 VAR	0.085 lag	26.133 W	307.45 VA
3	0.22 H	215	2.36	20 W	524 VAR	0.08 lag	40.592 W	507.4 VA

Tabel 3.2 Data 600 VA ke bawah beban induktif dengan energy saver

Dengan Energy Saver

No.	Beban	Pengukuran						Perhitungan		
		V (Volt)	I (Ampere)	Daya nyata (Watt)	Daya reaktif (V.I.sin pi)	PF (cos pi) (lag/lead)	KWH 1 jam (KWH)	Daya nyata (V.I.cos pi)	Daya semu (V.I)	Var Energy Saver
1	0.675 H	215	0.18	20 W	10.9 VAR	0.72 lag		27.8 W	38.7 VA	143.1 VAR
2	0.355 H	215	0.78	20 W	160 VAR	0.2 lag		33.54 W	167.7 VA	143.2 VAR
3	0.22 H	215	1.8	30 W	381.5 VAR	0.1 lag	0.036 KWH	38.7 W	387 VA	142.5 VAR

Tabel 3.3 Data 600 VA ke bawah beban resistif tanpa energy saver

Data 600 VA ke bawah

Tanpa Energy Saver

No.	Beban	Pengukuran				Perhitungan		
		V (Volt)	I (Ampere)	Daya nyata (Watt)	PF (cos pi) (lag/lead)	Daya nyata (V.I.cos pi)	Daya semu (V.I)	Daya reaktif (V.I.sin pi)
1	293.33 ohm	215	0.74	150 W	1	159.1 W	159.1 VA	0
2	146.67 ohm	215	1.43	300 W	1	307.45 W	307.45 VA	0
3	88 ohm	215	2.36	500 W	1	507.4 W	507.4 VA	0

Tabel 3.4 Data 600 VA ke bawah beban resistif dengan energy saver

1.1.1.1 Dengan Energy Saver

No.	Beban	Pengukuran					Perhitungan			
		V (Volt)	I (Ampere)	Daya nyata (Watt)	PF (cos pi) (lag/lead)	KWH 1 jam (KWH)	Daya nyata (V.I.cos pi)	Daya semu (V.I)	Daya reaktif (V.I.sin pi)	Var Energy Saver
1	293.33 ohm	215	0.99	160 W	0.75 lead		159.6375 W	212.85 VA	140.481 VAR	(140.481) VAR
2	146.67 ohm	215	1.57	310 W	0.91 lead	0.3 KWH	307.1705 W	337.55 VA	140.083 VAR	(140.083) VAR
3	88 ohm	215	2.46	510 W	0.96 lead	0.5 KWH	507.744 W	528.9 VA	148.092 VAR	(148.092) VAR

Tabel 3.5 Data 600 VA ke bawah beban resistif dan induktif tanpa energy saver

Data 600 VA ke bawah

Tanpa Energy Saver

No.	Beban	Pengukuran					Perhitungan	
		V (Volt)	I (Ampere)	Daya nyata (Watt)	Daya reaktif (V.I.sin pi)	PF (cos pi) (lag/lead)	Daya nyata (V.I.cos pi)	Daya semu (V.I)
1	0.675 H + 293.33 ohm	215	1.07	170 W	150.5 VAR	0.74 lag	170.237 W	230.05 VA
2	0.355 H + 293.33 ohm	215	1.65	1750 W	298.2 VAR	0.52 lag	184.47 W	354.75 VA
3	146.67 ohm + 0.675 H	215	1.65	310 W	147.7 VAR	0.88 lag	312.18 W	354.75 VA

Tabel 3.6 Data 600 VA ke bawah Beban resistif dan induktif dengan energy saver

Dengan Energy Saver

No.	Beban	Pengukuran						Perhitungan		
		V (Volt)	I (Ampere)	Daya nyata (Watt)	Daya reaktif (V.I.sin pi)	PF (cos pi) (lag/lead)	KWH 1 jam (KWH)	Daya nyata (V.I.cos pi)	Daya semu (V.I)	Var Energy Saver
1	0.675 H + 293.33 ohm	215	0.8	175 W	9.2 VAR	0.99 lag		170.28 W	172 VA	141.3 VAR
2	0.355 H + 293.33 ohm	215	1.14	180 W	156.6 VAR	0.72 lag	0.175 KWH	176.472 W	245.1 VA	141.6 VAR
3	146.67 ohm + 0.675 H	215	1.49	320 W	7.1 VAR	0.99 lag	0.31 KWH	317.1465 W	320.35 VA	140.6 VAR

Tabel 3.7 Data Beban 600 VA ke atas beban induktif tanpa energy saver

Beban 600 VA ke atas

Tanpa Energy Saver

No.	Beban	Pengukuran					Perhitungan	
		V (Volt)	I (Ampere)	Daya nyata (Watt)	Daya reaktif (V.I.sin pi)	PF (cos pi) (lag/lead)	Daya nyata (V.I.cos pi)	Daya semu (V.I)
1	0.182 H	215	2.8	10 W	637 VAR	0.12 lag	72.24 W	602 VA
2	0.091 H	215	5.7	20 W	1267 VAR	0.08 lag	98.04 W	1225.5 VA

Tabel 3.8 Data Beban 600 VA ke atas beban induktif dengan energy saver

Dengan Energy Saver

No.	Beban	Pengukuran						Perhitungan		
		V (Volt)	I (Ampere)	Daya nyata (Watt)	Daya reaktif (V.I.sin pi)	PF (cos pi) (lag/lead)	KWH 1 jam (KWH)	Daya nyata (V.I.cos pi)	Daya semu (V.I)	Var Energy Saver
1	0.182 H	215	2.2 A	10 W	497 VAR	0.18 lag	0.05 KWH	85.14 W	473 VA	140 VAR
2	0.091 H	215	5.1 A	20 W	1128 VAR	0.1 lag	0.1 KWH	109.65 W	1096.5 VA	139 VAR

Tabel 3.9 Data 600 VA ke atas beban resistif tanpa energy saver

Beban 600 VA ke atas

Tanpa Energy Saver

No.	Beban	Pengukuran				Perhitungan		
		V (Volt)	I (Ampere)	Daya nyata (Watt)	PF (cos pi) (lag/lead)	Daya nyata (V.I.cos pi)	Daya semu (V.I)	Daya reaktif (V.I.sin pi)
1	73.33 ohm	215	2.8	600 W	1	602 W	602 VA	0
2	36.67 ohm	215	5.7	1200 W	1	1225.5 W	1225.5 VA	0

Tabel 3.10 Data 600 VA ke atas beban resistif dengan energy saver

Dengan Energy Saver

No.	Beban	Pengukuran						Perhitungan			
		V (Volt)	I (Ampere)	Daya nyata (Watt)	PF (cos pi) (lag/lead)	KWH 1 jam (KWH)	t (1 KWH) (menit)	Daya nyata (V.I.cos pi)	Daya semu (V.I)	Daya reaktif (V.I.sin pi)	Var Energy Saver
1	73.33 ohm	215	2.9 A	600 W	0.97 lead	0.6 KWH	98 menit	604.795 W	623.5 VA	151.5 VAR	(151.5) VAR
2	36.67 ohm	215	5.9 A	1200 W	0.99 lead	1.2 KWH	50 menit	1255.815 W	1268.5 VA	177.59 VAR	(177.59) VAR

Tabel 3.11 Data 600 VA ke atas beban resistif dan induktif tanpa energy saver

Beban 600 VA ke atas

Tanpa Energy Saver

No.	Beban	Pengukuran				Perhitungan		
		V (Volt)	I (Ampere)	Daya nyata (Watt)	Daya reaktif (V.I.sin pi)	PF (cos pi) (lag/lead)	Daya nyata (V.I.cos pi)	Daya semu (V.I)
1	0.182 H + 73.33 ohm	215	4.1	610 W	612.3 VAR	0.75 lag	661.125 W	881.5 VA
2	0.091 H + 73.33 ohm	215	6.45	615 W	1230.7 VAR	0.48 lag	665.64 W	1386.75 VA
3	36.67 ohm + 0.182 H	215	6.35	1210 W	597.4 VAR	0.9 lag	1228.725 W	1365.25 VA
4	36.67 ohm +0.109 H	215	8	1210 W	1208.6 VAR	0.74 lag	1272.8 W	1720 VA

Tabel 3.12 Data 600 VA ke atas beban resistif dan induktif dengan energy saver

Dengan Energy Saver

No.	Beban	Pengukuran						Perhitungan			
		V (Volt)	I (Ampere)	Daya nyata (Watt)	Daya reaktif (V.I.sin pi)	PF (cos pi) (lag/lead)	KWH 1 jam (KWH)	t (1 KWH) (menit)	Daya nyata (V.I.cos pi)	Daya semu (V.I)	Var Energy Saver
1	0.182 H + 73.33 ohm	215	3.75 A	620 W	475.5 VAR	0.8 lag	0.62 KWH	94 menit	645 W	806.25 VA	136.8 VAR
2	0.091 H + 73.33 ohm	215	6.15 A	625 W	1092.3 VAR	0.53 lag	0.625 KWH	90 menit	700.79 W	1322.25 VA	138.4 VAR
3	36.67 ohm + 0.182 H	215	6.15 A	1220 W	462.4 VAR	0.93 lag	1.22 KWH	48 menit	1229.6925 W	1322.25 VA	135 VAR
4	36.67 ohm +0.109 H	215	7.7 A	1220 W	1071.3 VAR	0.77 lag	1.22 KWH	79 menit	1274.735 W	1655.5 VA	137.3 VAR

Tabel 3.13 Data lampu TL Philips TLD 36 Watt tanpa energy saver

Data lampu TL Philips TLD 36 Watt

No.	Banyak Beban	Pengukuran				Perhitungan		
		V (Volt)	I (Ampere)	Daya nyata (Watt)	PF(cos pi) (lead/lag)	Daya semu (V.I)	Daya nyata (V.I.cos pi)	Daya reaktif (V.I.sin pi)
1	1 lampu	215 V	0.332 A	35 W	0.92 lag	71.38 VA	65.669 W	27.909 VAR
2	2 lampu	215 V	0.712 A	70 W	0.62 lag	153.08 VA	94.91 W	120.014 VAR
3	3 lampu	215 V	1.02 A	105 W	0.55 lag	219.3 VA	120.615 W	183.115 VAR
4	4 lampu	215 V	1.37 A	140 W	0.52 lag	294.55 VA	153.166 W	251.545 VAR
5	5 lampu	215 V	1.7 A	175 W	0.49 lag	365.5 VA	179.095 W	317.985 VAR
6	6 lampu	215 V	2.1 A	210 W	0.49 lag	451.5 VA	221.235 W	393.58 VAR

Tabel 3.14 Data lampu TL Philips TLD 36 Watt dengan energy saver

Dengan energy saver

No.	Banyak Beban	Pengukuran				Perhitungan			
		V (Volt)	I (Ampere)	Daya nyata (Watt)	PF(cos pi) (lead/lag)	Daya semu (V.I)	Daya nyata (V.I.cos pi)	Daya reaktif (V.I.sin pi)	Kompensasi Energy saver
1	1 lampu	215 V	0.4 A	40 W	0.88 lead	86 VA	75.68 W	40.764 VAR	(109.437) VAR
2	2 lampu	215 V	0.435 A	75 W	1	93.53 VA	93.53 W	0	120.014 VAR
3	3 lampu	215 V	0.635 A	110 W	0.92 lag	136.525 VA	125.603 W	62.208 VAR	120.907 VAR
4	4 lampu	215 V	0.92 A	145 W	0.8 lag	197.8 VA	158.24 W	140.61 VAR	110.935 VAR
5	5 lampu	215 V	1.3 A	180 W	0.7 lag	279.5 VA	195.65 W	199.6 VAR	118.382 VAR
6	6 lampu	215 V	1.69 A	215 W	0.68 lag	363.35 VA	247.078 W	266.41 VAR	127.17 VAR

BAB IV

ANALISA PENGARUH PEMASANGAN ENERGY SAVER

4.1 ANALISA TIAP JENIS DATA DARI TABEL

-Pada data 600 VA ke bawah beban induktif

- Rata-rata kompensasi daya reaktif energy saver adalah 142.93 VAR.
- Terjadi kenaikan daya nyata sedikit pada pengukuran.

-Pada Data 600 VA ke bawah beban resistif

- Rata-rata kompensasi daya reaktif adalah (142.885) VAR.
- PF menjadi lead.
- Terjadi kenaikan daya nyata sedikit pada pengukuran.
- KWh meter yang terukur adalah sama dengan nilai watt meter yang terukur.

-Pada data 600 VA ke bawah beban kombinasi

- Kompensasi daya reaktif rata-rata adalah 141.16 VAR.
- Terjadi kenaikan daya nyata sedikit pada pengukuran.

-Pada data 600 VA ke atas beban induktif

- Rata-rata kompensasi daya reaktif energy saver adalah 139.5 VAR.
- Tak terjadi perubahan daya nyata secara rata-rata.

-Pada data beban 600 VA ke atas beban resistif

- Rata-rata kompensasi daya reaktif energy saver adalah (164.545) VAR.
- Cos pi menjadi lead.
- Terjadi kenaikan daya nyata sedikit pada pengukuran.

-Pada data 600 VA ke atas beban kombinasi

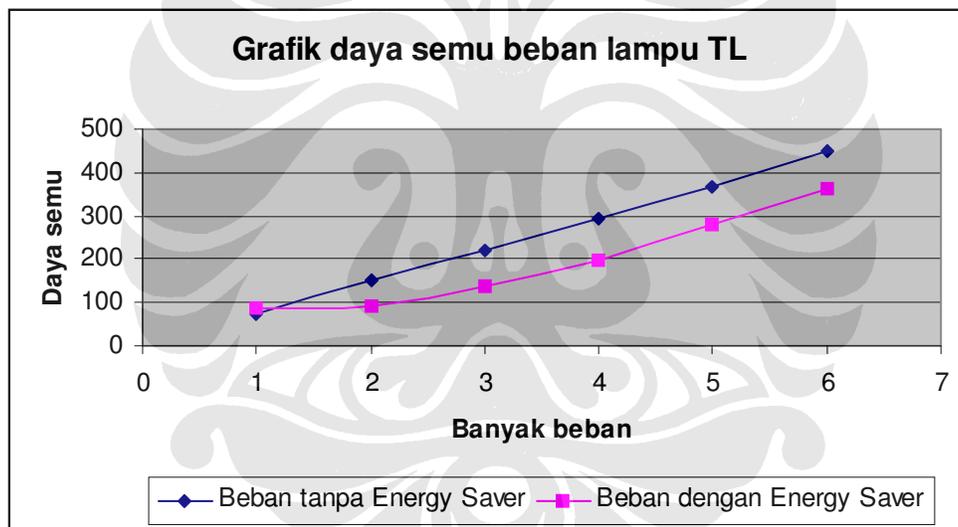
- Rata-rata kompensasi daya reaktif energy saver adalah 136.875 VAR.
- Terjadi kenaikan $\cos \phi$.
- Terjadi kenaikan daya nyata sedikit pada pengukuran.

-Pada data lampu TL philips TLD

- Rata-rata kompensasi daya reaktif energy saver adalah 119.481 VAR.
- Terjadi kenaikan daya nyata pada pengukuran maupun perhitungan.

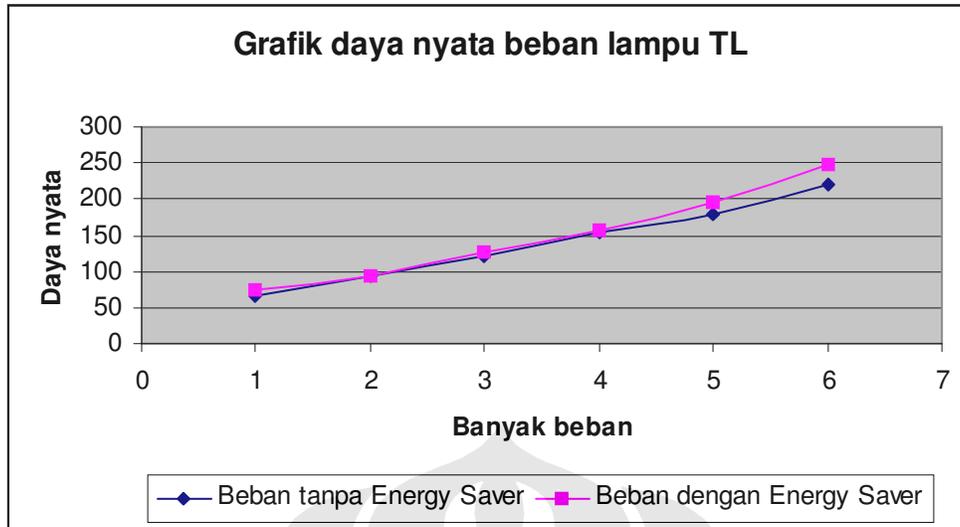
dari data-data di atas terlihat semakin besar beban induktif dan reaktif maka rata-rata kompensasi daya reaktif dari energy saver akan menurun walaupun relatif kecil.

4.2 PENGKOMPENSASIAN DARI ENERGY SAVER PADA BEBAN LAMPU TL



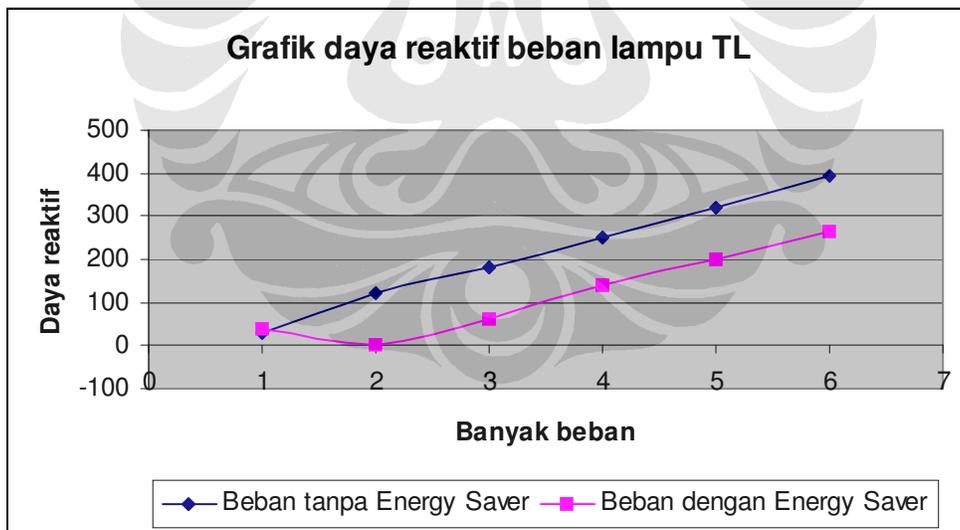
Gambar 4.1 Kurva karakteristik perbandingan daya semu

Kurva gambar 4.1 menggambarkan daya semu setelah pemasangan energy saver akan menurun. Dari kurva tersebut terlihat juga bahwa bila kondisi sistem sudah baik, artinya memiliki faktor daya ($\cos \phi$) mendekati nilai satu, maka pemasangan kompensator daya justru membuat daya semu dari sistem menjadi naik.



Gambar 4.2 Kurva karakteristik perbandingan daya nyata

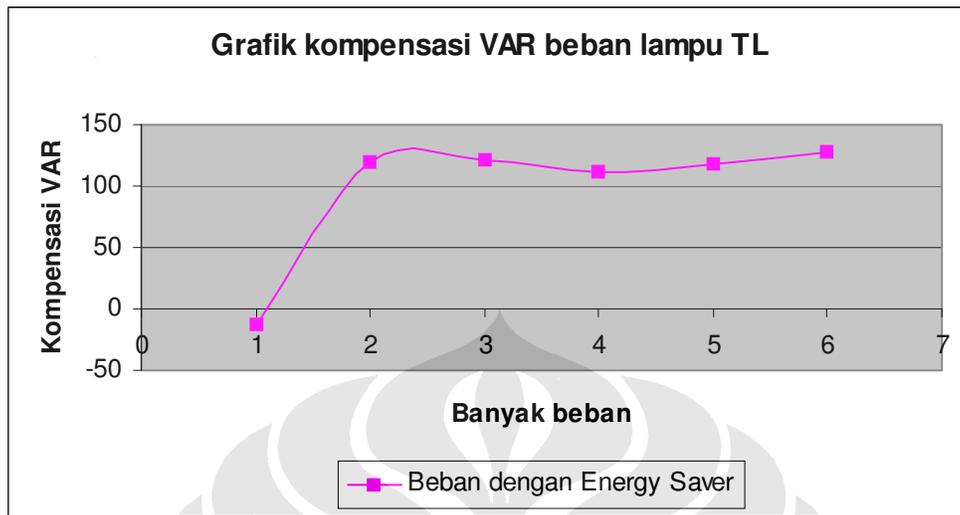
Dari gambar 4.2 dapat terlihat bahwa daya nyata beban lampu TL ketika menggunakan energy saver akan mengalami kenaikan. Hal ini berarti menunjukkan ada konsumsi daya nyata sendiri oleh energy saver maka penggunaan energy saver justru akan merugikan.



Gambar 4.3 Kurva karakteristik perbandingan daya reaktif

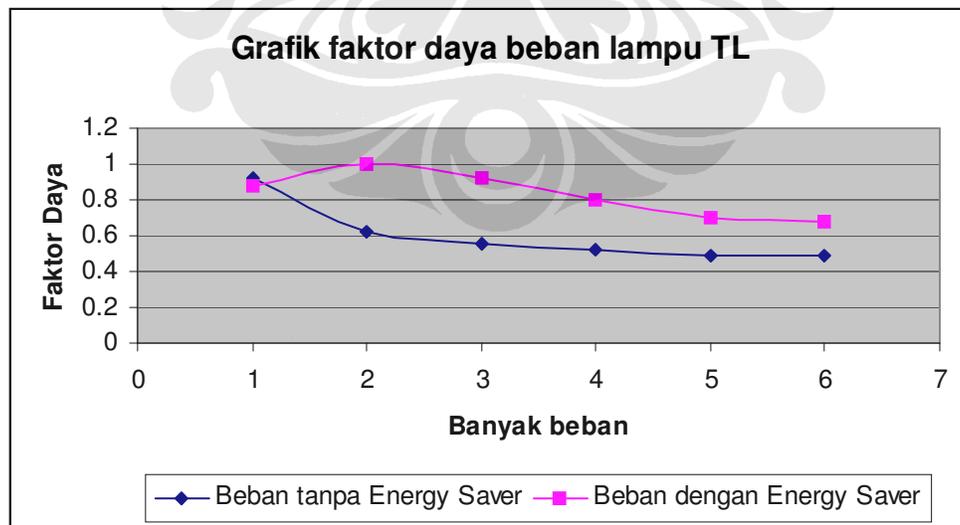
Berdasarkan gambar 4.3 maka terlihat bahwa daya reaktif yang dikompensasi oleh energy saver terbaik adalah bernilai 120 var yaitu ketika daya reaktif pada sistem

bernilai 0. Pada beban tersebut $\cos \phi$ dari sistem adalah 1. Pada banyak beban = 1 terlihat penambahan energy saver justru merugikan.



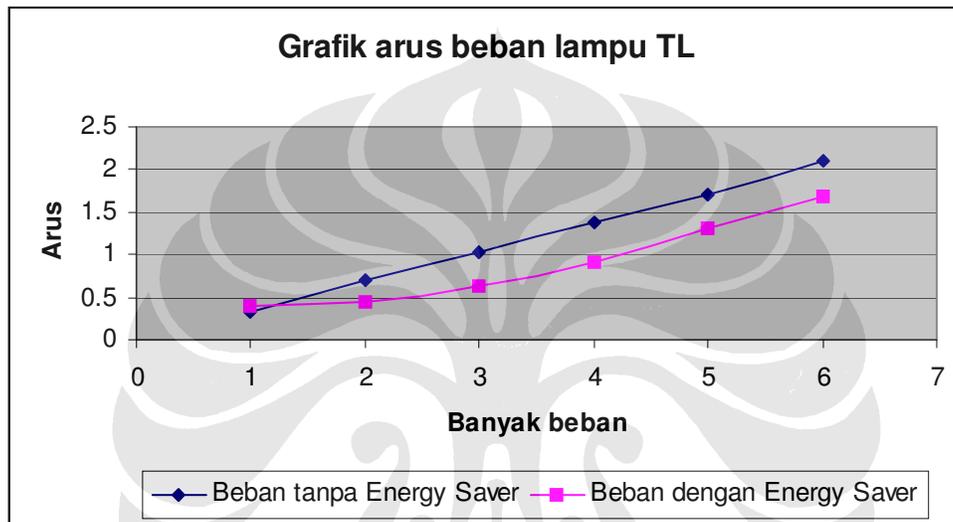
Gambar 4.4 Kurva karakteristik perbandingan kompensasi energy saver terhadap banyak beban

Dari gambar 4.4 diatas terlihat bahwa ketika banyak beban adalah 1 lampu maka kompensasi VAR justru akan memberikan kelebihan VAR kepada sistem. Ketika banyak beban adalah 2 lampu TL atau lebih maka kompensasi VAR dari energy saver cenderung konstan yaitu sebesar 120 VAR.



Gambar 4.5 Kurva karakteristik perbandingan dari $\cos \phi$

Berdasarkan gambar 4.5 maka terlihat bahwa faktor daya ($\cos \phi$) yang dihasilkan oleh sistem dengan dan tanpa energy saver akan terus menurun. Meskipun pada data saat banyak beban adalah 2 lampu TL terlihat faktor daya bernilai 1. Hal ini disebabkan oleh kompensasi VAR dari energy saver yang pasif. Sehingga energy saver hanya mampu memperbaiki faktor daya ($\cos \phi$) untuk beban-beban kecil dan ketika untuk beban-beban induktif besar, kompensasi ini tidak lagi berarti. Faktor daya ($\cos \phi$) tidak akan mendekati nilai 1 untuk beban yang semakin besar.



Gambar 4.6 Kurva karakteristik perbandingan arus

Dari gambar 4.6 terlihat bahwa ketika beban pada saat 1 lampu TL maka pemakaian energy saver justru akan memperbesar arus hantaran. Hal ini dikarenakan pada beban induktif kecil maka kompensasi VAR dari energy saver akan berlebih sehingga $\cos \phi$ akan lead dan arus akan lebih besar. Ketika tanpa energy saver $\cos \phi$ lag < $\cos \phi$ lead, dalam keadaan setelah pemasangan energy saver maka pemakaian energy saver justru akan merugikan.

4.3 HASIL PENELITIAN

Setelah menganalisa grafik dan tabel data, maka didapatkan ciri-ciri atau karakteristik data. Ciri-ciri umum data yang didapat adalah:

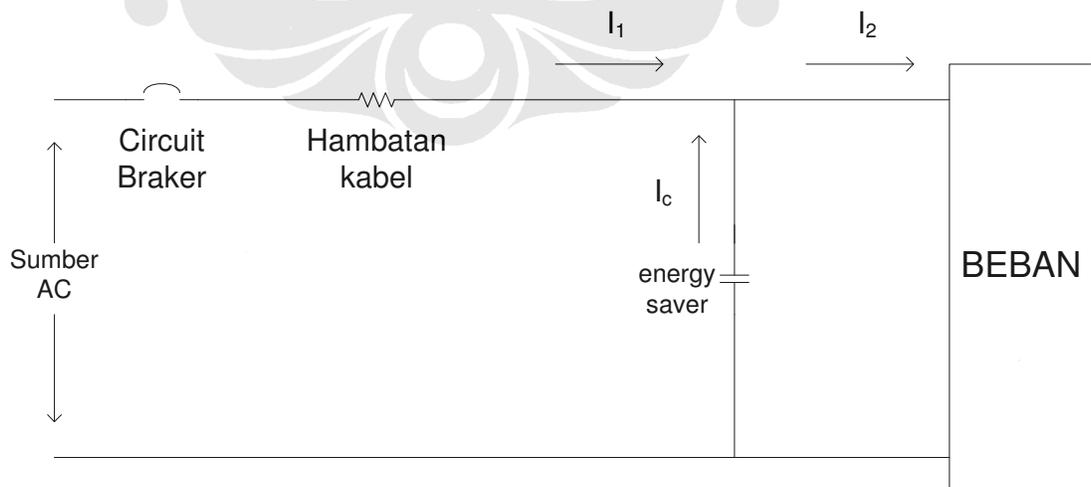
- Terjadi perbaikan faktor daya pada beban-beban induktif sedangkan pada beban-beban resistif murni didapatkan faktor daya yang semakin memburuk.

- Tidak didapatkan penurunan daya nyata (watt). Sebaliknya didapatkan kenaikan daya nyata sedikit pada pengukuran.
- Tidak didapatkan perubahan putaran pada KWh meter.

Mengacu dari ciri-ciri umum data yang telah didapatkan, energy saver ini merupakan sebuah kompensator daya reaktif induktif (kapasitor). Pemasangan energy saver pada rumah tangga digunakan hanya untuk memperbaiki faktor daya. Seperti yang telah dibahas sebelumnya bahwa, pemasangan energy saver hanya akan mengurangi daya reaktif dan tidak akan memberikan perubahan apa – apa terhadap daya aktif dan tidaklah melakukan penghematan sebesar 20%-30% seperti yang dijanjikan produsen.

Komponen utama dari *energy saver* ini biasanya juga disebut kapasitor bank. Namun, secara analisis pemasangan kapasitor secara paralel pada beban hanya akan meningkatkan faktor daya. Peningkatan faktor daya ini menggambarkan bahwa jumlah daya nyata yang diserap adalah tetap, yang berubah hanyalah jumlah daya reaktif. Daya yang dibayar konsumen adalah daya nyata, kecuali untuk konsumen industri terkena denda daya reaktif jika berlebihan.

Kompensasi daya reaktif induktif dari pemanfaat listrik menggunakan kompensator daya jenis kapasitor dapat berimbas kepada turunya susut energi (rugi hantaran). Sebagai contoh, suatu beban perumahan pada tegangan kerjanya menyedot arus resistif 4 A dan arus induktif 2 A, sehingga arus total yang mengalir pada kawat hantaran adalah $\sqrt{4^2 + 2^2} = 4,47$ A. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar 4.7.



Gambar 4.7 Pemasangan energy saver pada beban rumah tangga

Pada gambar di atas, bila kawat hantaran dari pemutus arus (CB) yang mencatu beban perumahan disambungkan dengan kabel 2.5 mm^2 , maka menurut standart IEC 60228 class 2 mengenai hambatan kawat per km (ohm/km) pada frekuensi 50 HZ yaitu sebesar 0.093 ohm/km akan didapat hambatan kabel perumahan dari CB sampai beban adalah diasumsikan 10 meter $\times 0.093 \text{ ohm/km} \times 1/1000 \text{ km/meter} = 0.00093 \text{ ohm}$

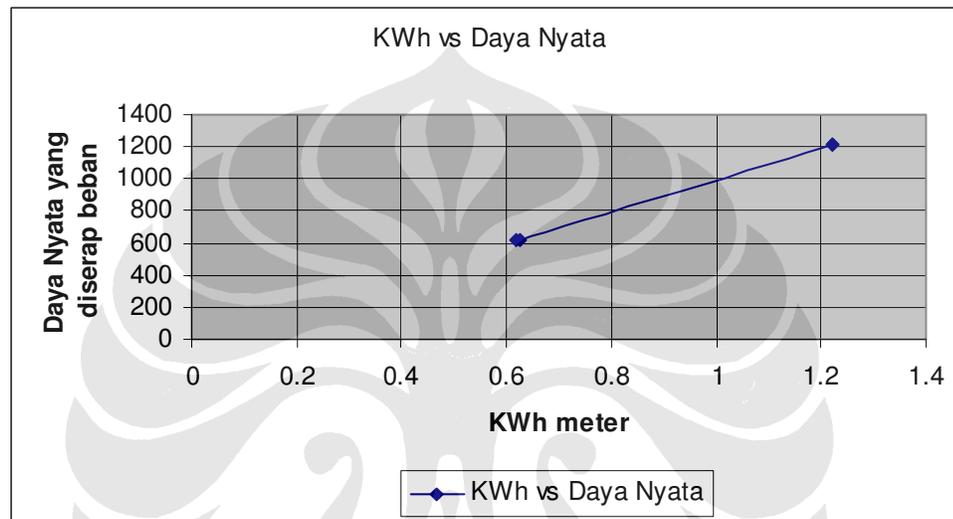
Rugi daya yang hilang pada jaringan adalah : $(4,47)^2 \times 0.00093 = 0.0186 \text{ watt}$. Kemudian suatu kompensator daya dipasang secara paralel dengan beban. Bila kompensasi yang diberikan sempurna, maka arus induktif 2 A dari beban akan dikompensir secara total (100%), sehingga arus induktif yang mengalir menjadi nol dan arus total yang mengalir pada kawat hantaran turun menjadi 4 A. Dan rugi hantaran yang timbul turun menjadi : $(4)^2 \times 0.00093 = 0.01488 \text{ watt}$, artinya dicapai penghematan daya nyata sebesar $(0.0186 - 0.001488) = 0.000372 \text{ watt}$.

Terlepas dari besar atau kecilnya, contoh di atas menunjukkan bahwa pemasangan kompensator daya reaktif induktif dapat berimbas kepada penurunan rugi daya hantaran. Sehingga sebenarnya pemakaian kompensator faktor daya akan lebih terasa pada arus yang lebih tinggi (beban berat), hambatan kabel lebih besar (kabel berdiameter lebih luas), dan jarak dari CB atau KWh ke beban yang cukup jauh.

Akibat dari pemasangan energy saver sendiri adalah berkurangnya arus hantaran utama (I_1), sedangkan pada arus hantaran beban (I_2) besar arusnya adalah tetap. Sehingga semakin dekat energy saver diletakkan dengan beban maka pengkompensasian daya hilang hantaran dari energy saver semakin besar. Mengecilnya arus I_1 ini juga menguntungkan dilihat dari pembatas arus pada CB karena dapat memakai dengan penuh kapasitas daya yang telah dipesan.

Pencatatan daya nyata sendiri salah satunya dilakukan dengan menggunakan alat ukur energi KWh meter yang sebagian besar adalah alat ukur energi analog tipe induksi, yang dipasang pada konsumen. Alat ukur energi tipe induksi memanfaatkan torsi yang dihasilkan dari komponen tegangan dan arus beban serta frekuensi sistem yang menghasilkan kedua komponen tersebut. Jadi, walaupun menggunakan kapasitor bank seharusnya pencatatan pada KWh meter adalah tetap jika menggunakan beban yang sama dan dengan waktu yang sama.

KWh meter sendiri telah divalidasi sebelum dilakukannya percobaan yaitu menggunakan beban lampu pijar sorot sebesar 1000 watt yang dipasangkan selama 1 jam dan diukur besar KWh. Didapatkan 1 KWh untuk 1000 watt beban selama 1 jam. Pada beberapa pengujian beban yang telah dilakukan yaitu yang menggunakan beban variable resistif induktif (tabel 3.6). Hasil uji sendiri menunjukkan tidak terjadi perubahan KWh meter (putarannya) baik ketika terpasang energy saver maupun ketika tanpa memasang energy saver.



Gambar 4.8 Kurva perbandingan KWh dengan daya nyata beban

Dari gambar 4.8 dapat dilihat kenaikan daya nyata beban juga akan menaikkan KWh meter yang tercatat dan nilainya juga sesuai dengan yang terukur pada wattmeter, sehingga daya yang harus dibayarkan oleh konsumen / pelanggan adalah tetap. Maka tidaklah terjadi penghematan seperti yang dikatakan oleh produsen karena:

1. Tidak didapatkan penurunan daya nyata.
2. Tidak didapatkan perubahan pencatatan KWh pada KWh meter sendiri.

Didapatkan sedikit kenaikan daya nyata pada pengukuran setiap data yang diuji. Hal ini berarti energy saver mengkonsumsi daya nyata, dan konsumsi daya nyata dari energy saver kira-kira sebesar 5 watt.

Kompensasi daya reaktif (VAR) energy saver adalah pasif atau tidak mengikuti kenaikan beban. Hal ini tak sesuai dengan nama energy saver yang tertera pada kotak depan itu sendiri yaitu automatic power energy saver. Juga pengkompensasian oleh

energy saver yang dijanjikan sampai 2200 VA tidak dicapai dilihat pada data tabel 3.13 dan 3.14 yaitu $\cos \phi = 1$ adalah pada beban 2 lampu TL yang berarti pengkompensasian maksimal hanya untuk 2 lampu TL yang memiliki daya semu sekitar 153.08 VA saja. Untuk beban sampai 6 lampu TL terlihat $\cos \phi = 0.68$ yang berarti sudah jauh dari nilai 1.

Energy saver memiliki kompensasi daya reaktif rata-rata 119.481 VAR yaitu memiliki kapasitas sekitar 9.14uf.



BAB V

KESIMPULAN

Dari hasil analisa dapat disimpulkan bahwa:

1. Energy saver tidak mengurangi daya aktif (tidak menghemat energi). Pada pengukuran wattmeter terlihat beban 35 watt terukur 40 watt dengan energy saver, beban 70 watt terukur 75 watt dengan energy saver dan seterusnya.
2. Pengkompensasian dengan energy saver yang dijanjikan sampai 2200 VA ternyata tidak terbukti karena pada beban induktif 6 lampu TL, faktor daya yang memakai energy saver sudah jauh dari nilai 1 yaitu sebesar 0.68 lag.
3. Pada data percobaan Lampu TL, terlihat kompensasi daya reaktif dari energy saver tersebut adalah pasif. Yaitu bernilai 120.014 VAR, 120.907 VAR, 110.935 VAR, 118.382 VAR, 127.17 VAR.
4. Pemasangan energy saver tidak mengubah pencatatan oleh KWhmeter. 620 watt didapatkan 0.62 KWH selama 1 jam. 1220 watt didapatkan 1.22 KWH selama 1 jam. 625 watt didapatkan 0.625 KWH selama 1 jam.
5. Diperkirakan komponen energy saver tersebut adalah sebuah kapasitor 9.14 uf dilihat dari kompensasi daya reaktif / VAR rata-rata energy saver sebesar 119.481 VAR dan lampu 5 watt yaitu terjadi penambahan nilai daya aktif sebesar 5 watt tiap data.

DAFTAR ACUAN

- [1] Johnson, David E, et.al. 1997. **Electric Circuit Analysis 3rd Edition**. New Jersey : Prentice Hall, Inc Hal 31
- [2] Pranyoto. 2005. **Alat Penghemat Listrik Untuk Rumah Tangga**. Majalah energi dan listrik: Vol XIV No.1
- [3] Jufri, Fauzan Hanif. 2007. **Analisa Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Alat Ukur Energi Analog (KWh METER)**. Seminar
- [3] Sapiie, Soedjana DR. 1974. **Pengukuran dan Alat – Alat Ukur Listrik**. Bandung : PT Pradnya Paramita
- [4] **AC Power Factor And Apparent Power**. Part 12
www.catas1.org/eng/elec/edu/pt12.pdf
- [5] Hasyim Asy'ari, et al (2003). **Perbaikan Tegangan untuk Konsumen**. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer. Diakses dari eprints eprints.ums.ac.id
- [6] Prabowo, Supto Adi. 2000. **Pemakaian Lampu Pijar Sebagai Kumparan Hambat Pada Lampu TL**. Skripsi
- [7] Sapiie, Soedjana DR. 1974. **Pengukuran dan Alat – Alat Ukur Listrik**. Bandung : PT Pradnya Paramita
- [8] IEC. **IEC STANDART 60228 class 2**

DAFTAR PUSTAKA

- Fassbinder, Stefan. 2004. **Harmonics, Capacitors in harmonic-Rich Environments.** Deutches Kupferinstitut
- Johnson, David E, et.al. 1997. **Electric Circuit Analysis 3rd Edition.** New Jersey : Prentice Hall, Inc
- Jufri, Fauzan Hanif. 2007. **Analisa Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Alat Ukur Energi Analog (KWh METER).** Seminar
- Pabla, A. S, 1996. **Sistem Distribusi Daya Listrik.** Jakarta: penerbit Erlangga
- Prabowo, Sapto Adi. 2000. **Pemakaian Lampu Pijar Sebagai Kumparan Hambat Pada Lampu TL.** Skripsi
- Sapiie, Soedjana DR. 1974. **Pengukuran dan Alat – Alat Ukur Listrik.** Bandung : PT Pradnya Paramita
- Short, Tom. 2004. **Electric Power Distribution Handbook.** CRC Press LLC
- Tagare, DM. 1994. **Electrical Power Capacitors.**

LAMPIRAN

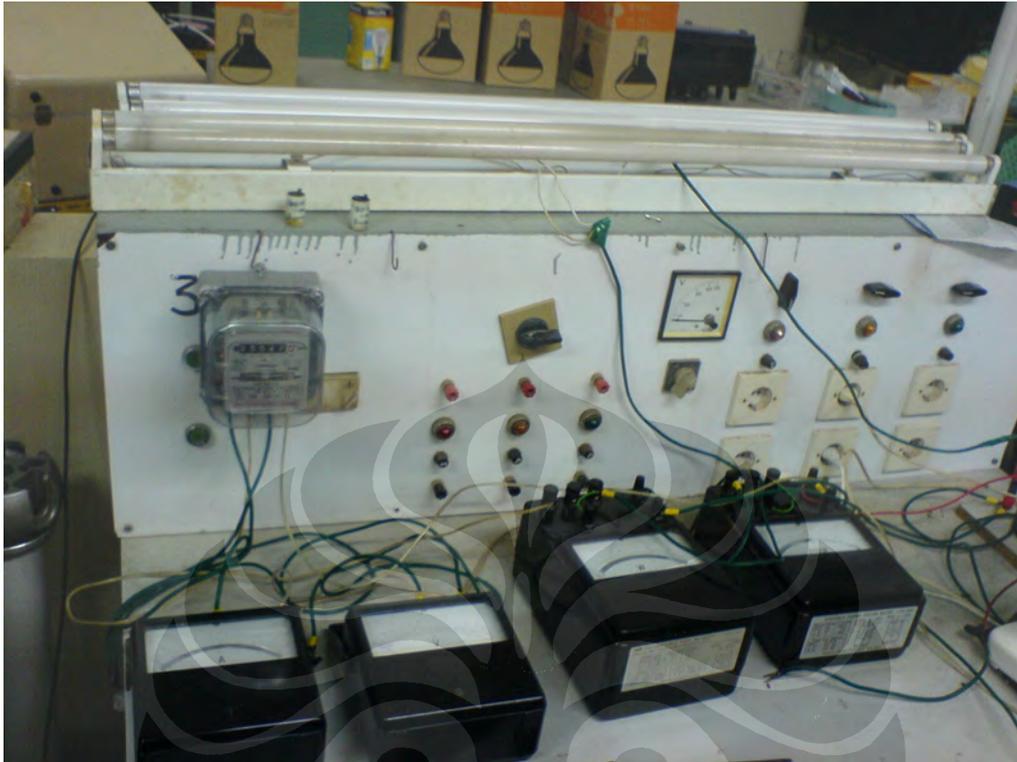


Lampiran 1 Tabel IEC 60288 class 2

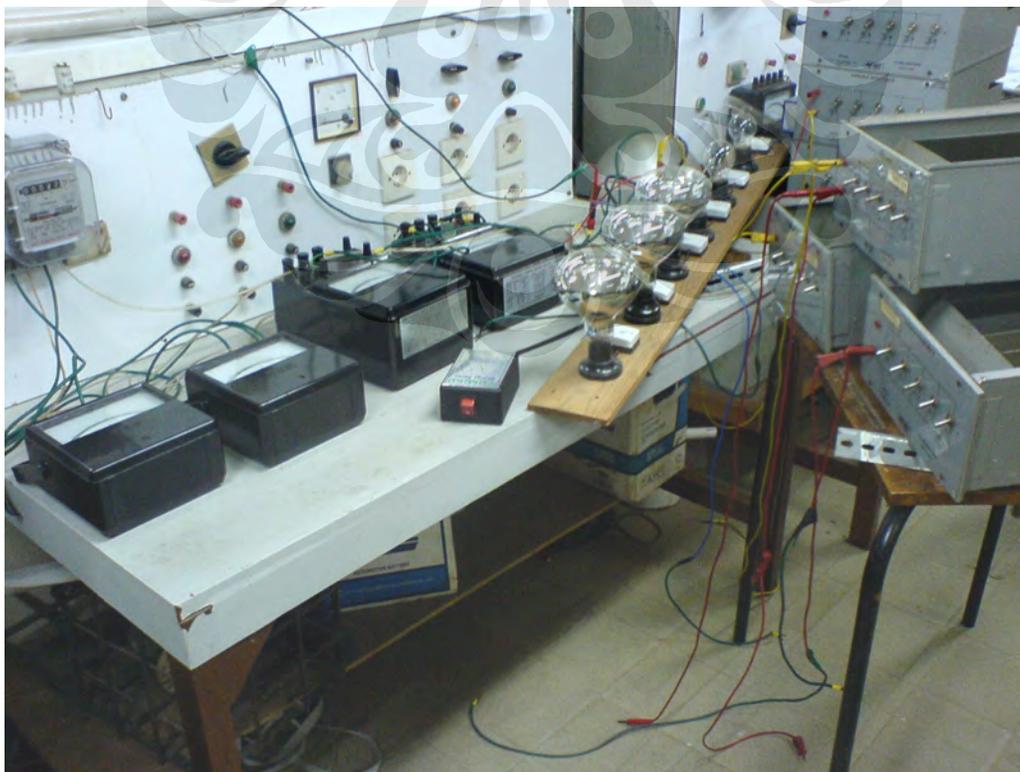
Electrical values power cables

Number of elements	Cross section core, mm ²	Conductor type 2	Max. conductor resistance at 20°C, Ohm/km	Max. conductor resistance at 90°C, Ohm/km	Reactance at 50Hz, Ohm/km	Reactance at 60Hz, Ohm/km	Current rating IEC 60092-352, Ampere	Short circuit rating 1 second, Ampere
2	1.5	SCC	12.1	15.428	0.099	0.119	17	210
3G	1.5	SCC	12.1	15.428	0.099	0.119	17	210
3	1.5	SCC	12.1	15.428	0.099	0.119	14	210
4G	1.5	SCC	12.1	15.428	0.099	0.119	14	210
4	1.5	SCC	12.1	15.428	0.099	0.119	14	210
5	1.5	SCC	12.1	15.428	0.099	0.119	20	210
7	1.5	SCC	12.1	15.428	0.099	0.119	20	210
12	1.5	SCC	12.1	15.428	0.099	0.119	20	210
19	1.5	SCC	12.1	15.428	0.099	0.119	20	210
24	1.5	SCC	12.1	15.428	0.099	0.119	20	210
27	1.5	SCC	12.1	15.428	0.099	0.119	20	210
37	1.5	SCC	12.1	15.428	0.099	0.119	20	210
32	1.5	SCC	12.1	15.428	0.099	0.119	20	210
2	2.5	SCC	7.41	9.448	0.093	0.111	24	350
3G	2.5	SCC	7.41	9.448	0.093	0.111	24	350
3	2.5	SCC	7.41	9.448	0.093	0.111	20	350
4G	2.5	SCC	7.41	9.448	0.093	0.111	20	350
4	2.5	SCC	7.41	9.448	0.093	0.111	20	350
5G	2.5	SCC	7.41	9.448	0.093	0.111	20	350
5	2.5	SCC	7.41	9.448	0.093	0.111	28	350
3	4	SCC	4.61	5.878	0.087	0.104	27	560
3	6	SCC	3.08	3.927	0.082	0.099	34	840
3	10	SCC	1.83	2.333	0.078	0.093	47	1400
3	16	SCC	1.15	1.466	0.074	0.089	63	2240
3	25	SCC	0.727	0.927	0.075	0.09	84	3500
3	35	SCC	0.524	0.668	0.073	0.087	100	4900

Lampiran 2 Foto Percobaan



gambar a. foto rangkaian percobaan dengan beban lampu TL



gambar b. foto seluruh rangkaian pengambilan data



gambar c. foto beban variasi resistif dan induktif



gambar d. foto alat ukur yang dipakai dalam percobaan



gambar e. Foto alat energy saver