

KUALITAS LISTRIK DAN PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA BEBAN LISTRIK RUMAH TANGGA MENGGUNAKAN KAPASITOR

Ghoni Musyahaer

Teknik Elektronika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
 Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan
 Jl. Raya Pahlawan No. Gejlig – Kajen Kab. Pekalongan
 Telp.: (0285) 385313, www.fastikom.umpp.ac.id

ABSTRAK

Pemakaian energi listrik pada beban beban listrik, sering menimbulkan problem karena daya yang dikonsumsi tidak sesuai dengan daya yang dibutuhkan oleh beban. Hal ini disebabkan karena faktor daya pada beban terpasang cukup rendah. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan daya listrik yang tersedia dari PLN, maka keberadaan daya reaktif harus dibuat seminimal mungkin. Beban listrik pada umumnya bersifat induktif, dicirikan dengan arus yang tertinggal terhadap tegangan. Untuk itu haruslah dilakukan perbaikan faktor daya pada instalasi dengan memperhitungkan kapasitas beban terpasang dengan faktor daya yang dihasilkan. Salah satu cara perbaikan faktor daya adalah dengan memasang kapasitor. Dengan perbaikan faktor daya yang mendekati $\cos \phi$ (ϕ) =1 maka didapat pemakaian daya listrik yang optimum.

Kata Kunci: Faktor daya, Perbaikan faktor daya

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemakaian energi listrik pada beban beban listrik, sering menimbulkan problem karena daya yang dikonsumsi tidak sesuai dengan daya yang dibutuhkan oleh beban Hal ini disebabkan karena faktor daya pada beban terpasang cukup rendah. Oleh karena itu, agar pemanfaatan energi listrik yang tersedia dapat berfungsi secara optimal, haruslah dilakukan perbaikan faktor daya pada instalasi dengan memperhitungkan kapasitas beban terpasang dengan faktor daya yang dihasilkan. Salah satu cara perbaikan faktor daya adalah dengan memasang kapasitor. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan daya listrik yang tersedia dari PLN, maka keberadaan daya reaktif harus dibuat seminimal mungkin. Disamping itu penghematan energi merupakan sesuatu yang prioritas di tengah menipisnya persediaan energi listrik saat ini. Dalam penulisan ini dilakukan perhitungan perbaikan faktor daya analisis mengenai prinsip kerja dan pengaruh alat ini secara nyata terhadap kualitas listrik (tegangan, arus, power factor, rugi-rugi daya), persentase optimalisasi pemanfaatan daya, pengaruhnya terhadap tagihan listrik bulanan, pengaruhnya terhadap PLN, serta analisis tentang hal-hal yang harus diperhatikan dalam pemasangan kapasitor (seperti kondisi beban, lokasi pemasangan).

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana mengoptimalkan daya listrik rumah tangga?
- b. Alat apa yang digunakan dalam pengoptimalan daya?

- c. Bagaimana cara menentukan nilai kapasitor yang sesuai dengan daya terpasang?

1.3 Batasan Masalah

- a. Cara menentukan nilai kapasitor.
- b. Perbaikan faktor daya pada instalasi listrik rumah tangga.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penulisan ini adalah supaya dapat mengetahui bahwasanya penggunaan listrik dalam rumah tangga dapat dioptimalkan, sehingga bisa mengurangi keluhan-keluhan di masyarakat tentang penggunaan listriknya yang tidak atau kurang dari dayayang terpasang (tidak optimal).

2. LANDASAN TEORI

2.1. Faktor Daya

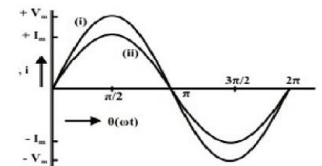
Sistem tenaga listrik yang andal dan energi listrik dengan kualitas yang baik atau memenuhi standar, mempunyai kontribusi yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat modern karena peranannya yang dominan dibidang industri, telekomunikasi, teknologi informasi, pertambangan, transportasi umum, dan lain-lain yang semuanya itu dapat beroperasi karena tersedianya energi listrik. Perusahaan-perusahaan yang bergerak diberbagai bidang sebagaimana disebutkan diatas, akan mengalami kerugian cukup besar jika terjadi pemadaman listrik tiba-tiba atau tegangan listrik yang tidak stabil, dimana aktifitasnya akan terhenti atau produk yang dihasilkan menjadi rusak atau cacat.

Beban listrik linier adalah beban yang tidak mempengaruhi karakteristik dari tegangan dan arus. Beban linier merupakan beban yang mengeluarkan bentuk gelombang yang berbentuk linier, dimana arus yang mengalir sebanding dengan tahanan dan perubahan tegangan dimana bentuk gelombang arus sama dengan bentuk gelombang tegangan. Pada kasus sumber tegangan berbentuk sinusoidal murni, beban linier mengakibatkan arus yang mengalir pada jaringan juga berbentuk sinusoidal murni. Beban linier dapat diklasifikasikan menjadi empat macam, beban resistif, dicirikan dengan arus yang sefasa dengan tegangan; beban induktif, dicirikan dengan arus yang tertinggal terhadap tegangan sebesar 90° , beban kapasitif, dicirikan dengan arus yang mendahului terhadap tegangan sebesar 90° , dan beban yang merupakan kombinasi dari tiga jenis tersebut, dicirikan dengan arus yang tertinggal/mendahului.

2.2. Daya

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan usaha. Pada sistem tenaga listrik, daya listrik dapat dikategorikan dalam 3 jenis, yakni, daya Nyata/Daya Aktif (Apparent Power) yang disimbolkan dengan P dengan satuan Watt, daya Reaktif (reactive Power) yang disimbolkan dengan Q dengan satuan Volt Amper Reaktif (VAR), dan daya Semu yang disimbolkan dengan S dengan satuan Volt Amper (VA). Pada kasus sistem listrik bolak-balik dimana tegangan dan arus berbentuk sinusoidal, perkalian antara keduanya akan menghasilkan daya aktif satuan volt-ampere (VA) yang memiliki dua buah bagian. Bagian pertama adalah daya yang dimanfaatkan oleh konsumen, bisa menjadi gerakan pada motor, bisa menjadi panas pada elemen pemanas, dsb; daya yang dimanfaatkan ini sering disebut sebagai daya aktif (real power) memiliki satuan watt (W) yang mengalir dari sisi sumber ke sisi beban bernilai rata-rata tidak nol. Bagian kedua adalah daya yang tidak dimanfaatkan oleh konsumen, namun hanya ada di jaringan, daya ini sering disebut dengan daya reaktif(reactive power) memiliki satuan volt-ampere-reactive (VAR) bernilai rata-rata nol. Daya reaktif dibutuhkan oleh beban agar dapat beroperasi. Beban jenis ini dikenal juga dengan beban induktif, seperti elektromotor, dan lampu TL. Besarnya daya reaktif pada beban ditentukan dengan besarnya faktor daya beban atau yang dikenal juga dengan $\cos \phi$. Jadi tidak semua daya listrik yang diterima oleh beban digunakan untuk menghasilkan daya nyata, tapi sebagian digunakan untuk daya reaktif. Oleh karena itu, daya reaktif yang diserap oleh beban harus diupayakan sekecil mungkin, dengan mengkompensasi daya reaktif itu sendiri. Kompensasi daya reaktif tersebut dapat dihasilkan oleh sebuah kapasitor. Umumnya daya reaktif yang diserap oleh beban, dikenal dengan daya reaktif induktif, sementara daya reaktif yang dihasilkan

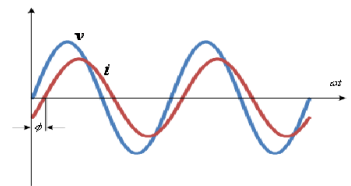
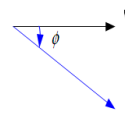
oleh sebuah kapasitor dikenal juga dengan daya reaktif kapasitif. Kedua daya reaktif ini secara vektoris mempunyai arah yang berlawanan, sehingga dapat saling meniadakan (saling mengkompensasi). Umumnya beban terpasang pada instalasi listrik, dapat dikategorikan sebagai beban resistif (seperti lampu pijar) dan beban kapasitif (seperti lampu TL). Bila beban tersebut dihubungkan ke sumber tegangan akan menghasilkan aliran arus ke beban yang secara vektoris dapat digambarkan seperti Gambar 2.1.a dan Gambar 2.1.b berikut.



Vektor arus dan tegangan gelombang arus dan tegangan.

Bentuk

(a) Beban resistif



Vektor arus dan tegangan gelombang arus dan tegangan.

Bentuk

(b) Beban Induktif.

Gambar 2.1 Diagram vektor dan arus untuk beban resistif dan beban induktif.

Jadi dapat dilihat bahwa beban resistif (Gambar 2.1.a) mempunyai vektor arus dan tegangan yang sefasa sehingga sudut $\phi = 0$, sementara beban induktif (Gambar 2.1.b) vektor arus terbelakang sebesar sudut ϕ . Hal ini disebabkan karena sebagian arus yang dikonsumsi oleh beban dimanfaatkan untuk mendapatkan daya reaktif.

Berikut rumus untuk menentukan faktor daya:

$$I V S = \times = P / \phi \cos \quad [1]$$

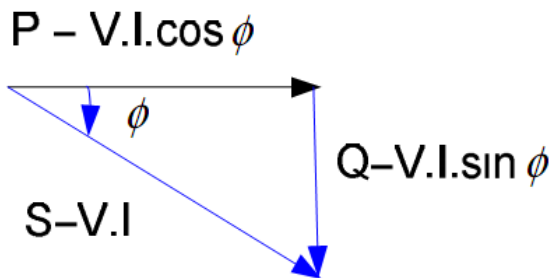
$$P = V.I. \cos \phi \quad [2]$$

$$Q = V.I. \sin \phi \quad [3]$$

maka dapat dituliskan: $\cos \phi = s/p$ [4]

Dari Gambar 2.1.b, bila vektor arus diuraikan menjadi 2 komponen arus, maka akan diperoleh vektor daya seperti Gambar 2.2 di bawah ini, dimana $P = V.I.\cos \phi$ merupakan daya nyata yang diserap oleh beban, $Q =$

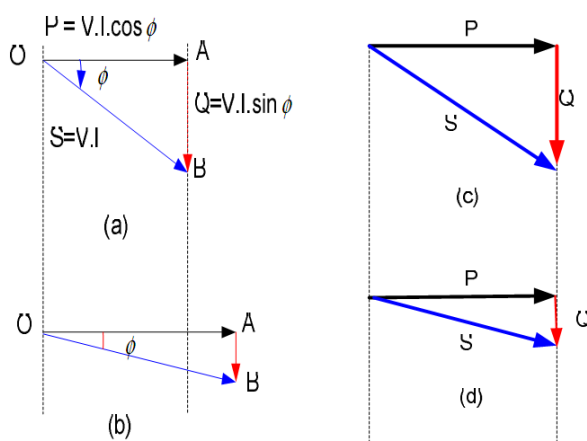
$V.I.\sin \phi$ daya yang diubah oleh beban menjadi daya reaktif, dan $S = V.I$, merupakan daya semu yang berasal dari jaringan listrik PLN.



Gambar 2.2 Diagram vektor daya untuk beban induktif

2.3 Perbaikan Faktor Daya

Dari Gambar 2.2, bila sudut ϕ nya diperkecil, maka untuk daya semu yang sama (dalam hal ini vector OB pada Gambar 2.3.a dan 2.3.b sama panjang), maka akan diperoleh vector OA yang semakin panjang (bandingkan vector OA pada Gambar 2.3.a dengan vector OA pada Gambar 2.3.b). Dan ini akan menghasilkan daya P yang semakin besar, sementara daya Q akan semakin kecil (bandingkan vector AB pada Gambar 2.3.a dengan vector AB pada Gambar 2.3.b). Dan bila beban listrik bekerja dengan daya konstan, maka semakin kecilnya sudut ϕ , akan menghasilkan daya S yang semakin kecil, seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 2.3.c dan Gambar 2.3.d. Oleh karena itu, dengan memperkecil sudut ϕ , daya beban terpasang dapat diperbesar. Memperkecil nilai sudut ϕ , sama halnya dengan memperbesar nilai $\cos \phi$. Pada Gambar 2.3 di bawah ini ditunjukkan vektor diagram daya dua sudut yang berbeda.



Gambar 2.3 Perbandingan vektor diagram daya untuk sudut ϕ yang lebih kecil.

Gambar 2.3.c dan Gambar 2.3.d, memperlihatkan bahwa untuk pemakaian daya P

yang sama penyerapan daya S akan semakin kecil. Dan ini menunjukkan bahwa dengan perbaikan faktor daya yang semakin besar (sudut ϕ yang semakin kecil).

2.4 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen pasif yang menghasilkan daya reaktif. Konstruksi kapasitor ini terdiri atas dua keping pelat (konduktor) sejajar dan di tengah-tengahnya terdapat suatu bahan dielektrik. Nilai kapasitansi suatu kapasitor (C) adalah:

$$C = \epsilon \cdot A/d \quad [5]$$

C = kapasitansi (farad)

A = Luas penampang

d = jarak antar penampang

ϵ = permitivitas vakum ($\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$)

Proses pengurangan daya reaktif itu bisa terjadi karena kedua beban (induktor dan kapasitor) arahnya berlawanan akibatnya daya reaktif menjadi kecil. Bila daya reaktif menjadi kecil sementara daya aktif tetap maka harga pf menjadi besar akibatnya daya nyata (kVA) menjadi kecil

3. METODELOGI

Metodologi yang dilakukan adalah dengan cara penulis mencari referensi yang berkaitan dengan factor daya dan komponen-komponen yang bisa memperbaiki factor daya. Dilanjutkan dengan mengaplikasikan rumus-rumus yang ada terhadap perbaikan kualitas daya pada listrik rumah tangga

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penulisan ini, rumah diasumsikan berlangganan daya listrik sebesar 1300 VA. Langganan listrik ke PLN dihitung berdasarkan besar daya semu yang diminta oleh pelanggan. Makin besar daya semu yang diminta pelanggan makin besar juga tarik dan biaya pemasangan yang dibutuhkan. Dalam perancangan alat untuk perbaikan faktor daya kapasitor yang digunakan adalah kapasitor yang ratingnya yang mudah untuk dicari. Dengan kata lain besar kapasitansi kapasitor yang dipakai disesuaikan atau mendekati dari kapasitansi perhitungan. Alat yang digunakan untuk memperbaiki faktor daya juga berfungsi sebagai filter pasif untuk mengurangi harmonisa arus yang ada pada jaringan.

4.1 Pengukuran data kelistrikan

Untuk mengukur besaran listrik yang diperlukan digunakan alat ukur Clam On Power HiTester 3286-20 merek HIOKI. Alat ukur ini mampu mengukur parameter-parameter yang diperlukan, antara lain: arus, tegangan, faktor daya, % THDi pada pengukuran satu fasa dan untuk sistem tiga fasa mampu mengukur daya aktif, daya reaktif daya semu, dan urutan fasa.

Berikut tampilan alat ukur tersebut pada Gambar 3.1 di bawah ini:



Gambar 4.1 Clam On Power HiTester 3286-20 HIOKI

Pengukuran dilakukan pada keluaran dari power supply, pada kasus ini setelah keluaran kwh meter. Berikut hasil pengukuran pada sistem listrik rumah tangga yang berlangganan 1300 VA sebelum dipasang kapasitor yang ditunjukkan pada Tabel 3 di bawah ini. Tabel 3. Hasil pengukuran besaran listrik sebelum perbaikan faktor daya Besaran Listrik Sebelum perbaikan faktor daya

Besaran Listrik	Sebelum perbaikan faktor daya
Arus (I)	3.24 A
Tegangan (V)	201 V
$\cos \phi_1$	0,782 lagging
ϕ_1	$38,5^0$
Daya Semu	651,24 VA
Daya Aktif	509,26 Watt
Daya Reaktif	405,4 VAR

Data dari hasil asumsi

Dengan mengetahui besaran-besaran listrik yang diperlukan, maka nilai kapasitor dan induktor yang akan digunakan dapat dihitung menggunakan persamaan [3].

$$1 Q = 405,4 \text{ VAR}$$

Dan untuk daya aktif yang konstan, besarnya kapasitas kapasitor yang dibutuhkan untuk mereduksi daya reaktif dari $\cos 1 \phi = 0,782$ menjadi $\cos 2 \phi = 0,98$ sebagai berikut :

$$1 P = 509,26 \text{ Watt}$$

Untuk perbaikan faktor daya menjadi :

$$\cos \phi_2 = 0,98.$$

$$65,5192 = S \text{ VAR}$$

$$3,1032 = Q \text{ VAR}$$

Besar kapasitas kapasitor yang dibutuhkan :

$$1,302 = \Delta Q \text{ VAR}$$

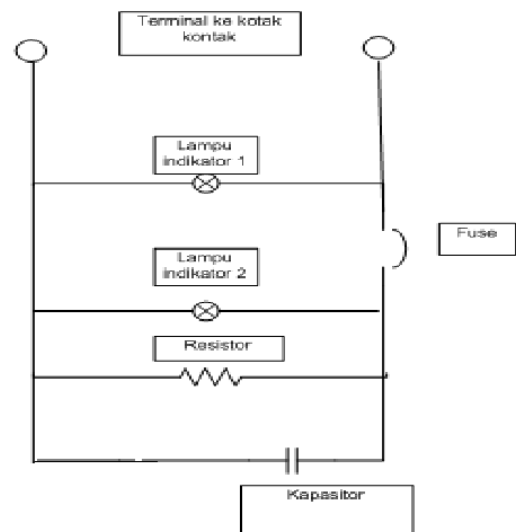
$$Q \Delta \text{ Daya Reaktif (Var)} = V^2 2\pi f.C \quad [6]$$

$$\text{maka: } C = \Delta Q / V^2 2\pi f \quad [7]$$

$$C = 23,81 \mu\text{F}$$

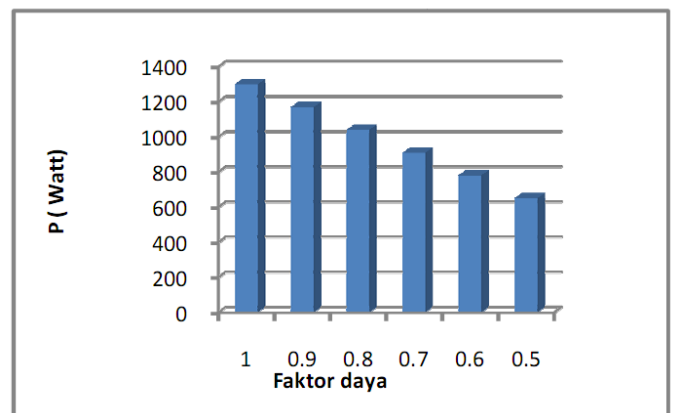
Besar kapasitansi kapasitor yang diperlukan untuk mengubah faktor daya dari $\cos \phi_1 = 0,782$ menjadi $\cos \phi_2 = 0,98$ sebesar $C = 23,81 \mu\text{F}$ Karena kapasitor dengan kapasitansi $C = 23,81 \mu\text{F}$ susah didapatkan, maka kapasitor yang digunakan kapasitor dengan rating $C = 22 \mu\text{F}$, $V = 250 \text{ volt}$

Pada Gambar 3.2 berikut ditunjukkan rangkaian alat yang akan digunakan untuk memperbaiki faktor daya.



Gambar 4.2 Rangkaian Alat perbaikan faktor daya

Dari perhitungan diatas, dengan adanya perbaikan faktor daya dari $\cos \phi_1 = 0,782$ lagging menjadi $\phi_2 = 0,965$ lagging memperlihatkan bahwa perbaikan faktor daya menghasilkan penambahan daya yang lebih besar (dari 1016,6 Watt, menjadi 1254,5Watt) seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 4berikut.



Gambar 4.3 Hubungan Faktor daya dengan pemakaian daya listrik.

Dari hasil percobaan, perbaikan faktor daya dapat mengurangi pemakaian arus yang mengalir pada sistem. Berikut perhitungan pengurangan pemakaian arus yang terjadi:

I_1 = Arus sebelum perbaikan faktor daya

I_2 = Arus setelah perbaikan faktor daya

Maka pengurangan pemakaian arus yang terjadi

(ΔI) adalah:

% pengurangan pemakaian arus

(% ΔI) =

$$(\% \Delta I) = \frac{\Delta I}{I_1} \times 100\%$$

$$\% \Delta I = \frac{0,61}{3,24} \times 100\% = 18,8\%$$

Dari hasil perhitungan diatas setelah perbaikan faktor daya pemakaian arus listrik berkurang sebesar 18,8% dengan beban yang sama.

4.2 Pengaruh Perbaikan Faktor Daya Terhadap Tagihan Listrik Bulanan dan Terhadap PLN

Untuk pelanggan rumah tangga hanya dikenakan biaya pemakaian Kilo Watt Jam

(KWh). Sehingga pengaruh pemasangan kapasitor sebagai kompensator daya reaktif tidak

akan mengurangi tagihan bulanan untuk pemakaian daya aktif yang sama. Karena KWh

meter hanya mengukur daya aktif saja. Kalau pun ada pengurangan daya aktif ketika dipasang kapasitor, itu

hanya sedikit yaitu berkurangnya rugi-rugi panas di saluran instalasi rumah karena berkurangnya arus

total. Dengan memperbaiki faktor daya pelanggan dapat mengurangi pemakaian daya Semu(S) sebesar 18,82 %.

Sehingga pelanggan dapat mengoptimalkan tanpa harus menambah besar langganan listrik ke PLN. Semakin

optimalnya daya aktif yang dimanfaatkan di sisi pelanggan. Dengan demikian jumlah pelanggan yang

minta tambahan daya ke PLN akan berkurang. Ini sangat membantu PLN yang menangani permintaan

dari pelanggan baik sambungan baru maupun permintaan tambahan daya.

5. KESIMPULAN

Dari analisis yang dilakukan, diperoleh kesimpulan berikut ini:

1. Pada beban rumah tangga yang bersifat induktif dan daya berlangganan kapasitor yang digunakan akan bermanfaat untuk memperbaiki faktor daya. Pada sistem listrik rumah tangga pada beban terpasang yang tetap 509,26 Watt dengan faktor daya sebelumnya 0,782 lagging menjadi 0,965 lagging. Mengurangi drop tegangan karena turunnya arus dari 3.24A menjadi 2.63A.

2. Dengan adanya perbaikan faktor daya, dengan daya semu maksimum 1300 VA maka pemakaian daya semu untuk beban yang sama berkurang. Besar pengurangan pemakaian daya semu sebesar 18,82 %. Sehingga pelanggan mengoptimasi pemakaian daya listrik berlangganan ke PLN.

Daftar Pustaka

1. PDH Course 144, Power Factor in Electrical Management, www.PDHcentre.com.
2. ElektrotekLTD, Understanding Power Factor Correction and Harmonics, www.elektrotekltd.com.
3. Noptin H, "Analisis Pengaruh Pemasangan Mini Kapasitor Bank Terhadap Kualitas Listrik Di Rumah Tangga Serta Perancangan Filter Aktif Menggunakan Kontroler PI Sebagai Pelindung Kapasitor Dari Harmonisa", Fakultas Teknik ITS. 2012.
4. Vlad grigore, Topological Issues in Single Phase Power Factor Correction, Institute of Intelligent Power electronic Publication, Helsinki University technology, 2011. (Dissertation of PhD).