

Pembuktian Pemakaian Alat Penghemat Daya Listrik Di Masyarakat Dengan Uji Laboratorium

Sutan Marsus*, Yessi Marniati**, Andri Suyadi, Herman Yani

Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

*E-mail: sutan_marsus@polsri.ac.id

**E-mail: bulekpadang@yahoo.co.id

ABSTRACT

The electric power saving devices work using the working principle of the capacitors, which reduces reactive power and improve the power factor in home installations. However, based on research conducted by the authors in the Electrical Laboratory at State Polytechnic of Sriwijaya Palembang, the power saving devices can not reduce reactive power and improve the power factor on the circuit. This is because the value of the capacitor to the appliance does not correspond to the value of the total load on the circuit to be repaired, if the capacitor value is too large, the capacitor itself would be a load on the circuit. In this experiment load used is inductive loads (L), such as transformator lamp, television, and fan with a total peak power of 402 Watt and 315 VAR reactive power. After doing the analysis and calculation, the rating value of capacitor is needed to reduce reactive power and improve the power factor of 0.78 up to 0.9 and reduce the reactive power of 315 VAR down to 191.77 was 8.1 μ F.

Keywords: *Electric power saver, power factor, capacitor, inductive load*

ABSTRAK

Alat penghemat daya listrik yang dijual dipasaran bekerja menggunakan prinsip kerja kapasitor, yaitu mereduksi daya reaktif dan memperbaiki faktor daya pada instalasi rumah. Namun berdasarkan penelitian di Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang, dapat dibuktikan bahwa alat penghemat daya tersebut tidak dapat mereduksi daya reaktif dan memperbaiki faktor daya pada rangkaian. Hal ini disebabkan karena nilai kapasitor pada alat tersebut tidak sesuai dengan besarnya nilai total beban pada rangkaian yang akan diperbaiki, apabila nilai kapasitor terlalu besar, kapasitor itu sendiri akan menjadi beban pada rangkaian. Pada penelitian tersebut beban yang digunakan adalah beban induktif (L), yaitu lampu TL, Televisi dan Kipas angin dengan daya puncak total 402 Watt dan daya reaktif 315 VAR. Setelah melakukan analisa dan perhitungan, rating nilai kapasitor yang dibutuhkan untuk mereduksi daya reaktif dan memperbaiki faktor daya dari 0,78 hingga mencapai 0,9 dan mereduksi daya reaktif dari 315 VAR menjadi 191,77 VAR adalah sebesar 8,1 μ F.

Kata Kunci: Alat penghemat daya listrik, faktor daya, kapasitor, beban induktif

1. PENDAHULUAN

Energi listrik sudah menjadi kebutuhan wajib dalam membantu kegiatan kehidupan sehari – hari. Salah satunya adalah pemakaian listrik untuk rumah tinggal. Hampir semua peralatan dalam rumah tinggal menggunakan energi listrik sebagai sumber daya utama, seperti televisi, mesin cuci, lampu, Air Condition (AC) dan lain - lain.

Energi listrik yang digunakan tersebut tidak bisa didapatkan secara gratis, jika ingin mendapatkan energi listrik dari PT. PLN, maka diharuskan membayar biaya pemakaian listrik sesuai dengan banyaknya energi listrik yang digunakan. Semakin banyak energi listrik yang digunakan dalam rumah tinggal, maka semakin besar juga biaya pemakaian yang harus dibayar kepada PT. PLN.

Hal tersebut di atas tentu menjadi beban untuk sebagian masyarakat, karena dengan banyaknya peralatan- peralatan listrik yang digunakan di

rumah, maka harus mengeluarkan biaya lebih untuk pembayaran pemakaian energi listrik.

Untuk mengurangi biaya pemakaian adalah dengan cara mengurangi penggunaan peralatan- peralatan listrik, tetapi hal ini sangat tidak mungkin, mengingat saat ini peralatan- peralatan tersebut sudah menjadi kebutuhan wajib bagi kehidupan masyarakat modern saat ini.

Hal ini menimbulkan ide bagi beberapa perusahaan untuk membuat suatu alat yang dapat mengatasi masalah pemakaian dan pembayaran energi listrik yang dialami oleh masyarakat tersebut, yaitu dengan membuat alat yang dapat menghemat pemakaian daya listrik tanpa mengurangi peralatan listrik yang digunakan. Alat tersebut adalah alat penghemat daya listrik (*Power Optimizer*). Dalam promosi penjualannya, alat ini dikatakan mampu menghemat pemakaian listrik sebesar 10 % hingga 30 %. Namun hal itu tidak menjadi jaminan bahwa alat tersebut dapat menghemat energi atau daya

listrik, perlu suatu pembuktian dengan uji laboratorium. Dengan adanya pengujian ini maka akan dapat diketahui pengaruh alat penghemat daya listrik dalam menghemat penggunaan daya dan pembayaran daya listrik atau tidak

2. ALAT PENGHEMAT DAYA LISTRIK

Alat penghemat daya listrik adalah suatu alat yang oleh perusahaan pembuatnya diklaim mampu menghemat penggunaan daya listrik pada instalasi rumah tinggal. Alat tersebut juga diklaim mampu menghemat biaya pemakaian listrik dari 10 % hingga 30%.

Alat penghemat daya listrik bekerja dengan cara memperbaiki faktor daya ($\cos\phi$) sehingga dapat mengurangi daya reaktif atau Q (VAR) yang dihasilkan oleh peralatan listrik, sehingga memaksimalkan kapasitas jaringan listrik yang kemudian dapat meningkatkan efisiensi penggunaan daya listrik.

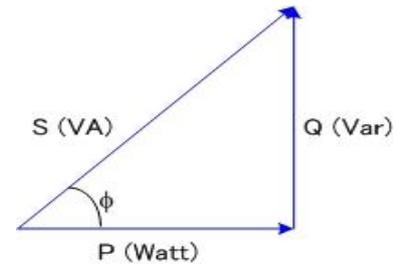


Gambar 1 Alat penghemat daya listrik

Alat penghemat daya tersebut dipasang pada rumah, ruko atau kantor dengan daya terpasang antara 450 VA hingga 2200 VA. Tersedia satu stop kontak untuk pemasangan alat penghemat daya tersebut. Alat penghemat daya listrik akan bekerja lebih efektif dan maksimal pada instalasi yang menggunakan peralatan-peralatan beban induktif, seperti lemari es, kipas angin, lampu TL, televisi, motor listrik, blender dan lain-lain.

2.1 Faktor Daya

Menurut sejarahnya, penggunaan konsep daya semu (*apparent power*) dan faktor daya (*power factor*) diperkenalkan oleh kalangan industri penyedia daya listrik, yang bisnisnya memindahkan energi listrik dari satu titik ke titik lain. Hal yang mempengaruhi perpindahan energi listrik tersebut adalah faktor daya. Untuk mencapai efisiensi pemindahan energi 100 %, maka rangkaian harus memiliki nilai faktor daya sebesar 1. Namun hal ini sulit dicapai karena adanya rugi – rugi yang ditimbulkan oleh penghantar listrik dan juga beban listrik, terutama beban induktif.



Gambar 2 Segitiga daya

Faktor daya yang rendah disebabkan oleh peralatan listrik seperti motor induksi, unit-unit *ballast* yang memerlukan arus magnetisasi reaktif untuk gerakannya. Alat-alat seperti ini memerlukan arus listrik untuk membangkitkan medan, sehingga menimbulkan panas dan daya mekanis yang dapat menimbulkan rugi-rugi.

Hal yang menyebabkan rendahnya faktor daya adalah besarnya daya reaktif. Daya reaktif yang terlalu besar ini tidak memberikan nilai kerja, melainkan diserap oleh saluran dan disimpan dalam bentuk elektromagnetik. Dengan bertambahnya daya reaktif, maka faktor daya menjadi rendah, sehingga akan menyebabkan beberapa kerugian, antara lain :

1. Kapasitas penyaluran daya dari saluran penghantar akan menurun. Bila faktor daya rendah maka arus akan membesar sedangkan kapasitas penghantar adalah tetap. Hal ini akan mengakibatkan menurunnya kapasitas penyaluran daya dari saluran penghantar.
2. Dengan bertambahnya daya reaktif, maka kebutuhan akan arus induktifnya akan menjadi lebih besar sehingga akan mendapatkan daya nyata, diperlukan penambahan daya semu dan hal ini berarti harus memperbesar kapasitas (kebutuhan instalasi listrik), yaitu dengan memperbesar rating pengaman arus lebih dan ukuran penghantar yang lebih besar.
3. Bertambahnya rugi – rugi pada saluran penghantar dan peralatan listrik. Hal ini biasanya berupa rugi – rugi penyaluran daya yang diakibatkan oleh panas yang timbul.

Prinsip dasar dari peningkatan faktor daya adalah dengan menyuntikkan arus dengan fase mendahului ke dalam rangkaian agar menetralkan arus yang ketinggalan fase. Salah satu caranya yaitu dengan memasang kapasitor pada rangkaian.

Kebanyakan instalasi Industrial menggunakan motor induksi untuk mengendalikan beban mekanis. Kecuali jika bekerja menggunakan beban penuh (atau mendekati beban penuh), faktor daya dari motor ini dapat cukup rendah. Akibatnya pemakaian kVA-nya pada beban kecil lebih besar daripada keluarannya. Sebaliknya, beban kecil pada

motor ini mengakibatkan tingginya biaya kVA. Jika faktor daya dari jaringan diperbaiki dengan menghubungkan kapasitor ke tiap motor induksi besar, maka kVA permintaan maksimum dari instalasi berkurang. Akibatnya, koreksi faktor daya mempunyai efek sekunder dalam mengurangi arus yang dialirkan oleh kombinasi motor – kapasitor jika dibandingkan dengan motor saja. Perbaikan faktor daya itu tidak mempengaruhi beban dalam kW dari jaringan (karena hal ini tergantung pada banyaknya kerja yang diselesaikan oleh jaringan)

2.2 Jenis-Jenis Beban Listrik

Dalam sistem listrik arus bolak balik, jenis – jenis beban listrik dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian, yaitu :

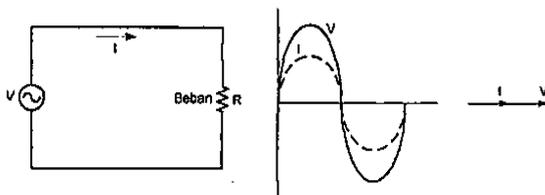
1. Beban Resistif (R)

Beban resistif adalah beban yang terdiri dari komponen tahanan ohm / resistor murni, seperti elemen pemanas dan lampu pijar. Beban jenis ini hanya menyerap daya aktif dan tidak menyerap daya reaktif sama sekali, serta mempunyai faktor daya sama dengan Tegangan dan arusnya berada pada satu garis yang sama. Persamaan daya sebagai berikut:

$$P = V \times I \tag{1}$$

Keterangan :

- P = Daya aktif beban (Watt)
- V = Tegangan beban (V)
- I = Arus beban (A)



Gambar 3 Arus dan tegangan beban resistif

2. Beban Induktif (L)

Beban induktif (L) yaitu beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada suatu inti, seperti *coil*, motor-motor listrik, transformator dan selenoida. Beban jenis ini dapat menyebabkan pergeseran fasa pada arus sehingga bersifat *lagging*. Persamaan daya aktif untuk beban induktif adalah sebagai berikut.

$$P = V \times I \times \text{Cos } \phi \tag{2}$$

Keterangan :

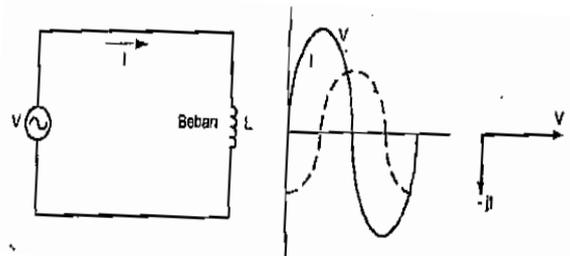
- P = Daya aktif yang diserap oleh beban (Watt)
- V = Tegangan yang mencatu beban (Volt)
- I = Arus yang mengalir pada beban (Ampere)
- Cos ϕ = Sudut antara arus dan tegangan

Untuk menghitung besarnya reaktansi induktif (XL) dapat digunakan rumus.

$$X_L = 2\pi \times f \times L \tag{3}$$

Keterangan :

- XL = Reaktansi induktif
- f = Frekuensi (Hz)
- L = Induktansi (H)



Gambar 4 Arus dan tegangan pada beban induktif

3. Beban Kapasitif (C)

Beban kapasitif (C) yaitu beban yang memiliki kemampuan kapasitansi atau kemampuan untuk menyimpan energi yang berasal dari pengisian dielektrik (*electrical charge*) pada suatu sirkuit. Beban jenis ini menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif.¹

Persamaan daya aktif untuk beban kapasitif adalah sebagai berikut.

$$P = V \times I \times \text{Sin } \phi \tag{4}$$

Keterangan :

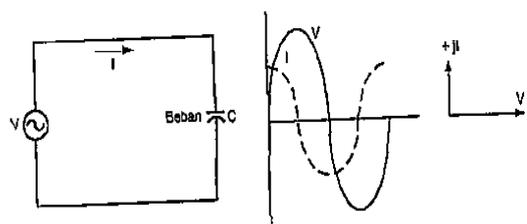
- P= Daya aktif beban (Watt)
- V=Tegangan beban (Volt)
- I= Arus beban (Ampere)
- Cos ϕ = Sudut antara tegangan dan arus

Untuk menghitung besarnya reaktansi kapasitif (Xc) adalah dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$X_c = \frac{1}{2\pi \times f \times C} \tag{5}$$

Keterangan :

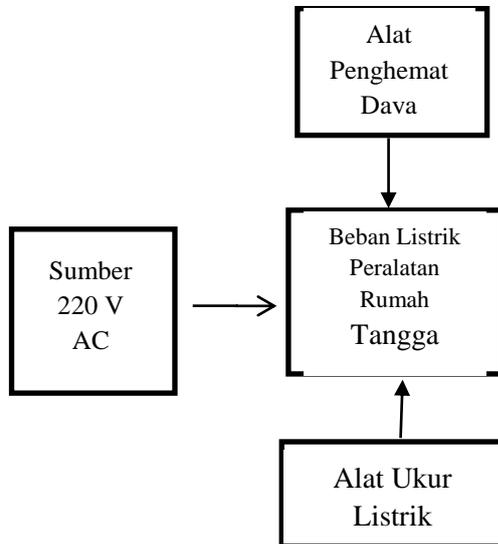
- Xc = Reaktansi kapasitif
- f = Frekuensi (Hz)
- C = Kapasitansi (Farad)



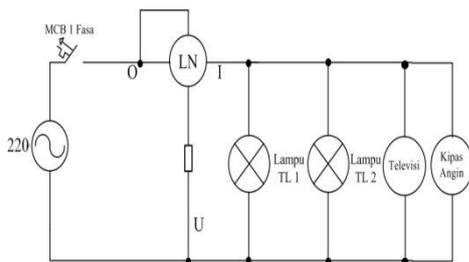
Gambar 5 Arus dan tegangan pada beban kapasitif

3. PROSES PENGUJIAN

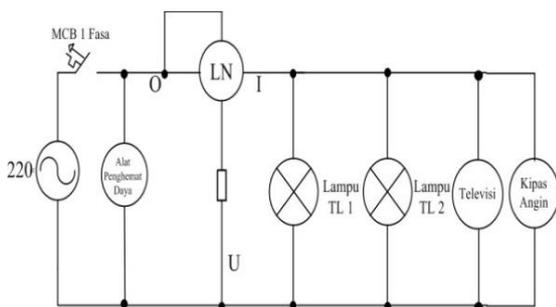
Proses pengujian alat penghemat daya ini dilakukan dengan menggunakan semua tipe beban untuk dapat melihat efektivitasnya. Blok diagram dan rangkaian pengujian dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 6 Diagram blok percobaan



Gambar 7 Pengukuran terhadap Lampu TL, Tv & Kipas angin tanpa alat penghemat daya



Gambar 8 Pengukuran terhadap Lampu TL, TV & Kipas angin dengan memasang alat penghemat daya

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tabel 1 dapat dilihat perbandingan bahwa $\cos \phi$ dan daya reaktif tidak menunjukkan perubahan yang signifikan/berarti setelah dipasang alat penghemat daya listrik pada rangkaian, perubahan rata – rata $\cos \phi$ hanya sebesar 0,01. Pada dasarnya kapasitor memang digunakan untuk

memperbaiki $\cos \phi$ pada rangkaian listrik dan juga untuk mengurangi daya reaktif. Alat penghemat daya listrik juga menggunakan prinsip kerja kapasitor tersebut. Namun, untuk memperbaiki suatu $\cos \phi$ dan mengurangi daya reaktif pada rangkaian, diperlukan perhitungan rating nilai kapasitor yang sesuai pada rangkaian tersebut, yaitu dengan menentukan nilai daya reaktif yang akan dikurangi. Berikut adalah penunjukan keseluruhan data pada tabel hasil penelitian yang di buat dalam bentuk grafik agar lebih mudah dibaca dan dipahami.

Tabel 1 Perbandingan hasil penelitian pada gambar 8 dan 9

Tanpa Alat Penghemat Daya Listrik		Dengan Alat Penghemat Daya Listrik	
Cos ϕ	Daya Reaktif (VAR)	Cos ϕ	Daya Reaktif (VAR)
0,78	315	0,79	313

4.1 Perhitungan Dari Tabel tanpa alat penghemat daya listrik

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \times \cos \phi \\
 &= 205,3 \times 2,50 \times 0,78 \\
 &= 400,3 \text{ Watt} \\
 S &= V \times I \\
 &= 205,3 \times 2,50 \\
 &= 513,2 \text{ VA} \\
 Q &= \sqrt{(S)^2 - (P)^2} \\
 &= \sqrt{(513)^2 - (402)^2} \\
 &= \sqrt{263169 - 161604} \\
 &= 318,6 \text{ VAR} \\
 \cos \phi &= \frac{P}{V \times I} \\
 &= \frac{402}{205,3 \times 2,50} \\
 &= 0,78
 \end{aligned}$$

4.2 Perhitungan dari Tabel dengan alat penghemat daya listrik

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \times \cos \phi \\
 &= 205,8 \times 2,50 \times 0,79 \\
 &= 406,4 \text{ Watt} \\
 S &= V \times I \\
 &= 205,8 \times 2,50 \\
 &= 514,5 \text{ VA} \\
 Q &= \sqrt{(S)^2 - (P)^2} \\
 &= \sqrt{(205,8)^2 - (407)^2} \\
 &= \sqrt{263169 - 165649} \\
 &= 312 \text{ VAR} \\
 \cos \phi &= \frac{P}{V \times I} = \frac{407}{205,8 \times 2,50} \\
 &= 0,79
 \end{aligned}$$

Menentukan Rating Kapasitor Untuk Tabel Nilai awal sebelum perbaikan :

Arus (A)	2,50
Tegangan (V)	205,3
Daya Nyata (W)	402
Daya Semu (VA)	513
Daya Reaktif (VAR)	315
Cos φ	0,78
Durasi Pengukuran	15 Menit

Konsumsi yang dibutuhkan secara teori apabila Cos φ 0,9 adalah

$$I_2 = \frac{P}{V \times \text{Cos } \phi}$$

$$= \frac{402}{220 \times 0,9}$$

$$= 2 \text{ A}$$

Selisih pengurangan arus adalah $2,50 - 2 = 0,5 \text{ A}$
 Nilai kapasitor yang dibutuhkan untuk mencapai cos φ 0,9 dari nilai cos φ sebelumnya 0,78 adalah :

$$\text{Cos } \phi_1 = 0,78$$

$$\text{Cos } \phi_2 = 0,90$$

$$\phi_1 = \text{Cos}^{-1} \times 0,78 = 38,73^\circ$$

$$\phi_2 = \text{Cos}^{-1} \times 0,90 = 25,84^\circ$$

$$P_1 = 402 \text{ W}$$

$$S_1 = 513 \text{ VA}$$

$$Q_1 = 315 \text{ VAR}$$

$$P_2 = P_1 = 402 \text{ W}$$

$$S_2 = V \times I$$

$$= 220 \times 2$$

$$= 440 \text{ VA}$$

$$Q_2 = S \times \text{Sin } \phi$$

$$= 440 \times \text{Sin } 25,84$$

$$= 191,77 \text{ VAR}$$

Daya reaktif yang harus dihilangkan adalah :

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1$$

$$= 191,77 - 315$$

$$= -123,23 \text{ VAR}$$

$$C = \frac{\Delta Q}{-V^2 \times \omega}$$

$$= \frac{123,23}{220^2 \times 314}$$

$$= 8,108517 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$= 8,1 \mu\text{F}$$

Setelah melakukan perhitungan, maka nilai kapasitor yang dibutuhkan untuk mereduksi 123,23 VAR daya reaktif adalah 8,1 μF. Maka dari itu perlu dibuktikan apakah kapasitor tersebut benar mereduksi 123,23 VAR daya reaktif dan

memperbaiki cos φ hingga 0,9, yaitu dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\Delta Q = C \times (-V^2 \times \omega)$$

$$= (8,108 \times 10^{-6}) \times (-220^2 \times 314)$$

$$= -123,23 \text{ VAR}$$

Untuk membuktikan bahwa dengan menggunakan kapasitor sebesar 8,1 μF dapat memperbaiki cos φ hingga 0,9, maka dapat dibuktikan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1$$

$$Q_2 = \Delta Q + Q_1$$

$$= -123,23 + 315$$

$$= 191,77 \text{ VAR}$$

$$\text{Sin } \phi = \frac{Q_2}{S} = \frac{191,77}{440}$$

$$\text{Sin } \phi = 0,43$$

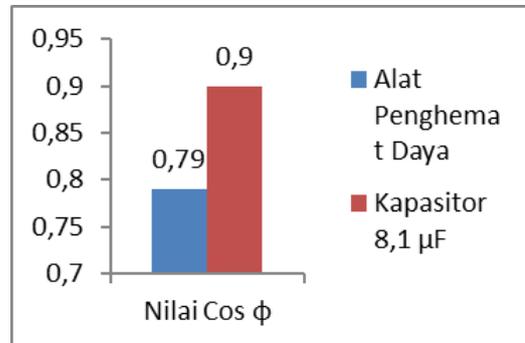
$$\phi = \text{Sin}^{-1} 0,43$$

$$\phi = 25,46$$

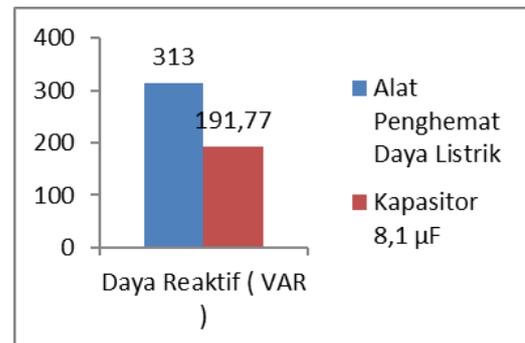
$$\text{Cos } 25,46 = 0,9$$

Jadi, Cos φ = 0,9

Berikut adalah grafik perbandingan perubahan nilai cos φ dan daya reaktif dengan menggunakan alat penghemat daya dan kapasitor dengan rating hasil perhitungan.



Gambar 10 Grafik perbandingan cos φ menggunakan alat penghemat daya dan kapasitor 8,1 μF



Gambar 11 Grafik perbandingan daya reaktif menggunakan alat penghemat daya dan kapasitor 8,1 μF

5. KESIMPULAN

Dalam prakteknya Alat penghemat daya listrik tidak dapat menghemat penggunaan daya listrik dan tidak berpengaruh terhadap penghematan pembayaran listrik. Alat ini tidak mereduksi daya reaktif dan juga tidak memperbaiki $\cos \phi$ pada rangkaian. Ini disebabkan karena rating nilai kapasitor yang terpasang pada alat penghemat daya listrik tidak sesuai dengan nilai kapasitor yang dibutuhkan untuk perbaikan $\cos \phi$ pada rangkaian dengan rangkaian dengan daya semu (S) 450 VA (dengan asumsi bahwa rangkaian tersebut adalah instalasi rumah tinggal). Berdasarkan hasil penelitian, dengan daya aktif (P) sebesar 402 W dan $\cos \phi$ 0,78, maka nilai kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki $\cos \phi$ menjadi 0,9 adalah sebesar 8,1 μF .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Butar-butur Oktolija, 2015, Pengujian Alat Penghemat Daya Listrik Konsumsi Publik, Palembang, Indonesia
- [2] Jr, Hayt J. William & Jack E. Kemmerly & Steven M. Durbin. (2002). *Rangkaian Listrik Edisi Keenam*. Jakarta : Erlangga
- [3] Morris, Noel M. (1998). *Aplikasi Listrik dan Elektronika*. Jakarta : PT. Elex Media Computindo
- [4] Pratama, Zazili Nopian. (2013). *Analisa Pengaruh Pemasangan Kapasitor Terhadap Faktor Daya Pada Motor Induksi Tiga Fasa (Motor Sangkar Tupai)*. Palembang : Laporan Akhir
- [5] Ramdhani, Mohammad. (2008). *Rangkaian Listrik*. Jakarta : Erlangga
- [6] Suryatmo, F. (1974). *Teknik Pengukuran*. Jakarta : Bina Aksara
- [7] Anonymous. *Alat Penghemat Daya*. <https://poweroptimizer.wordpress.com>