
PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA PERALATAN LISTRIK RUMAH TANGGA

Ridho Arvan Dedzky, Fauzun Atabiq*

Politeknik Negeri Batam, Jurusan Teknik Elektro, Batam

**E-mail: atabiq@polibatam.ac.id*

Received: 24-08-2020

Accepted: 31-12-2020

Published: 31-12-2020

Abstrak

Penggunaan beban induktif pada peralatan listrik rumah tangga menjadi faktor rendahnya $\cos \phi$ atau faktor daya. Faktor daya yang rendah menyebabkan konsumsi daya reaktif yang besar. Hal tersebut dapat diatasi dengan menggunakan kompensator daya reaktif yaitu kapasitor untuk meningkatkan nilai faktor daya atau $\cos \phi$. Pemasangan kapasitor menggunakan metode Individual Compensation yaitu dua kapasitor dengan nilai yang sudah ditentukan dipasang langsung pada masing-masing beban yaitu pompa air dan kulkas. Metode ini digunakan karena praktis dan sangat cocok untuk pemakaian individu. Perancangan alat Perbaikan Nilai $\cos \phi$ untuk beban pompa air dan kulkas dapat menaikkan faktor daya hingga 0,99 dan 1.

Kata Kunci: *Beban Induktif, Cos Phi, Kapasitor, Individual Compensation*

Abstract

The use of inductive loads on electrical appliances is a factor in the low $\cos \phi$ or power factor. Low power factor leads to large reactive power consumption. This can be overcome by using a reactive power compensator, namely a capacitor to increase the value of the power factor or $\cos \phi$. Installation of capacitors uses the Individual compensation method, where two capacitors with a predetermined value are installed directly on each load, namely the water pump and refrigerator. This method is applied because it is practical and very suitable for individual applications. The design of the $\cos \phi$ Value Improvement tool for the load of water pumps and refrigerators can increase the power factor up to 0.99 and 1.

Keywords: *cos phi, capacitor, Inductive loads*

Pendahuluan

Perkembangan zaman yang semakin pesat membuat penggunaan listrik menjadi kebutuhan yang tidak dapat dilepaskan dalam kehidupan sehari-hari, baik dalam skala besar (industri) maupun skala kecil (rumah tangga). Melihat kondisi seperti ini, terdapat banyak peralatan listrik yang sangat fundamental keberadaannya seperti motor listrik, kulkas, pompa air, pendingin ruangan dan lain sebagainya. Pada umumnya peralatan listrik pada skala besar atau kecil tersebut merupakan beban induktif [1].

Dalam pembahasan lebih lanjut mengenai beban induktif, akan timbul suatu pembahasan mengenai faktor daya ($\cos \phi$). Penjelasan umum mengenai faktor daya yaitu perbandingan antara daya aktif (P) dan daya semu (S). Beban induktif memiliki faktor daya yang relatif yaitu sekitar kurang dari 0,75. Faktor daya yang berada pada kisaran 0,8 sampai dengan 1 menandakan kualitas daya yang baik. Oleh karena itu sangat dibutuhkan perbaikan faktor daya untuk meningkatkan efisiensi penggunaan daya aktif (P) [2].

Setiap negara memiliki aturan minimal mengenai faktor daya. Hal ini merupakan suatu indikasi agar konsumen tenaga listrik dapat melakukan perbaikan faktor daya dengan tujuan untuk penghematan dan efisiensi daya. Cara untuk melakukan perbaikan faktor daya pada beban induktif dapat dilakukan dengan pemasangan kapasitor bank [3].

Maka dari itu penulis berusaha merancang dan membuat alat untuk perbaikan faktor daya pada peralatan listrik rumah tangga. Kulkas dan pompa air merupakan peralatan yang tepat untuk menjadi objek perbaikan faktor daya mengingat peralatan tersebut dimiliki hampir seluruh masyarakat perkotaan maupun pedesaan. Alat perbaikan faktor daya pada peralatan listrik rumah tangga dengan menggunakan kapasitor bank ini diharapkan mampu meningkatkan nilai $\cos \phi$ hingga diatas 0,85.

Metode Penelitian

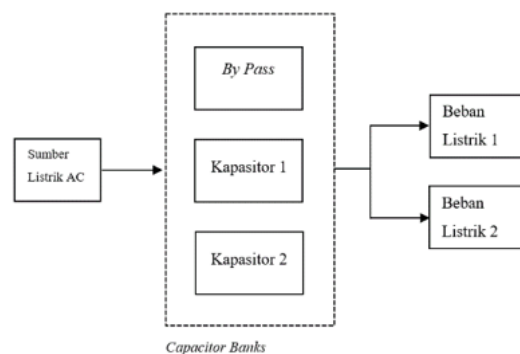
A. Rancangan Penelitian

Perancangan sistem dalam penelitian ini memiliki beberapa tahapan, diantaranya perancangan mekanik dan perancangan elektrikal. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah *Individual Compensation*, yaitu dengan menggunakan kapasitor tetap yang telah ditentukan nilainya sesuai dengan daya reaktif yang

dibutuhkan beban untuk memperbaiki faktor daya beban.

Perancangan perangkat keras pada blok diagram Gambar 1 akan menjadi pedoman dalam pembuatan alat penelitian ini. Tujuan dari perancangan ini adalah agar dapat merealisasikan alat perbaikan faktor daya pada peralatan listrik rumah tangga yaitu pompa air dan kulkas.

Berdasarkan blok diagram Gambar 1, setelah sumber tegangan AC terdapat switch untuk memilih salah satu kapasitor yang akan diaktifkan untuk memperbaiki faktor daya pada salah satu beban yang telah dipilih. Cara ini lebih efektif dan lebih baik dari segi teknisnya karna cocok untuk pemakaian individu. Selain itu metode ini sangat praktis dan tidak mahal. Namun terdapat kekurangan pada alat ini yaitu tidak dapat digunakan pada perangkat lain dan harus menyediakan tempat khusus untuk peletakkannya serta dalam perbaikan faktor daya pada beban dilakukan secara bergantian berdasarkan penggunaannya.

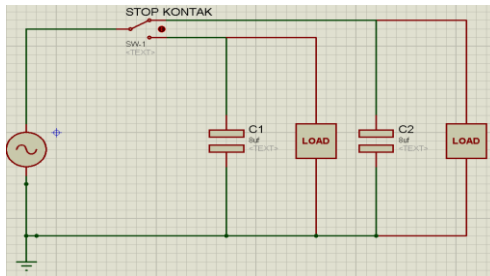


Gambar 1. Blok Diagram penelitian

Kapasitor dipasang paralel dengan rangkaian beban. Bila rangkaian diberi tegangan, maka elektron akan mengalir masuk ke kapasitor. Pada saat kapasitor penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah. Kemudian elektron akan ke luar dari kapasitor dan mengalir ke dalam rangkaian yang memerlukannya, dengan demikian pada saat itu kapasitor membangkitkan daya reaktif. Bila tegangan yang berubah itu kembali normal maka kapasitor akan menyimpan kembali elektron. Pada saat kapasitor mengeluarkan elektron maka kapasitor menyuplai daya reaktif ke beban. Karena beban bersifat induktif atau membutuhkan daya reaktif dan daya reaktif bersifat kapasitif yang dihasilkan oleh kapasitor, akibatnya daya reaktif yang berliku menjadi kecil. Selain itu, kapasitor dapat mengurangi lonjakan/hentakan daya listrik, karena kapasitor dapat menyimpan suatu daya listrik.

B. Perancangan Elektrikal

Rangkaian ini terdiri *toggle switch* tiga kondisi hidup-mati-hidup, kapasitor bank, dan beban yaitu peralatan listrik rumah tangga berupa pompa air dan kulkas *Sanyo Freezer HF S6C*. *Toggle switch* berfungsi untuk menentukan kapasitor yang akan dialiri arus dari sumber tegangan AC untuk memperbaiki faktor daya pada beban yang dihubungkan dengan kapasitor melalui stop kontak.

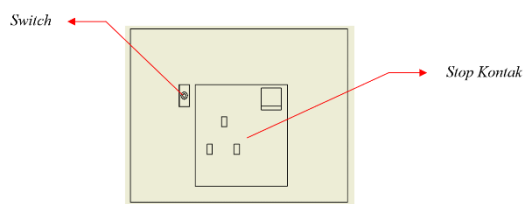


Gambar 2. Desain Perancangan Elektrikal

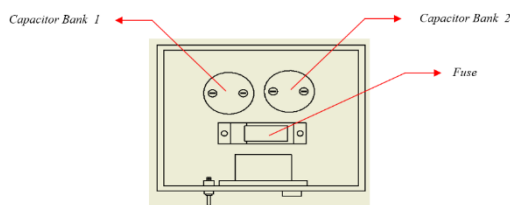
Arus yang masuk dari sumber tegangan AC (PLN) akan menuju kapasitor bank dan terjadi proses perpindahan elektron dari kapasitor menuju beban sehingga akan meningkatkan daya reaktif atau mendapatkan nilai $\cos \phi$ yang semakin besar atau mendekati 1.

C. Perancangan Mekanik

Pada perancangan dan pembuatan perangkat keras rancang alat untuk perbaikan faktor daya pada beban rumah tangga mengacu pada desain mekanik pada Gambar 3 dan Gambar 4. Pembuatannya dengan menggunakan akrilik berukuran 20cm x 15cm x 10cm.



Gambar 3. Perancangan Mekanik Tampak Depan



Gambar 4. Perancangan Mekanik Tampak Atas

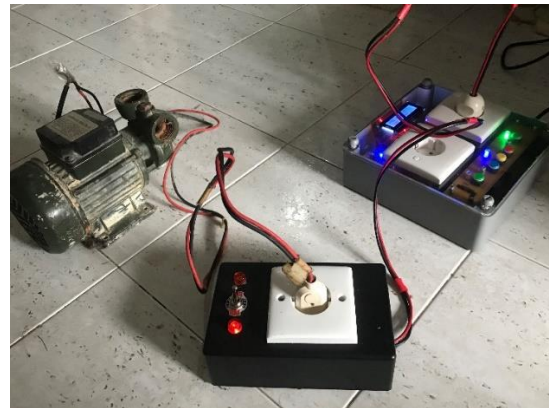
D. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Power Meter*.

Hasil dan Diskusi

A. Pengujian Alat

Pengujian pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dikerjakan sesuai dengan alat yang telah dibuat atau tidak, pada pengujian alat ini dilakukan juga untuk mendapatkan data. Alat ukur yang digunakan dalam pengujian ini adalah *power meter*.



Gambar 5. Foto Pengujian Alat

B. Hasil Pengujian Beban Listrik Pompa Air 125 Watt

1. Tanpa Kapasitor Bank

Dalam pengukuran ini didapatkan nilai tegangan, arus, $\cos \phi$, daya aktif, daya semu, dan daya reaktif kapasitor.



Gambar 6. Vrms dan Irms Pompa Air Tanpa Alat



Gambar 7. Daya Aktif, Semu, Reaktif dan Faktor Daya Tanpa Alat

$$\begin{aligned} \text{Daya semu (S)} &= V \cdot I \\ &= 234,1(0,56) = 131,1 \text{ VA} \\ \text{Daya Aktif (P)} &= S \cdot \cos \phi \\ &= 131,1(0,81) = 106,2 \text{ W} \\ \text{Daya reaktif (Q)} &= S - P \end{aligned}$$

$$= 131.1 - 106.2 = 24,9 \text{ VAR}$$

Mencari nilai daya reaktif yang dibutuhkan

$$\text{KVAR} = 0.724$$

$$Q_c = P \cdot K$$

$$= 106.2(0.724) = 76,9 \text{ VAR}$$

Mencari nilai kapasitor yang dibutuhkan

$$C = \frac{QC}{2\pi fV^2}$$

$$= \frac{76.9}{2(3.14)50(234.1)^2}$$

$$= 4.4 \mu\text{F}$$

Jadi, kapasitor yang digunakan sebesar 4 μF

2. Dengan Kapasitor Bank

Dalam pengukuran ini didapat kan nilai tegangan, arus, cos ϕ , daya aktif & daya semu yang telah ditambahkan beban kapasitif sebesar 4 μF .



Gambar 8. Vrms dan Irms Pompa Air Dengan Alat



Gambar 9. Daya Aktif, Semu, Reaktif dan Faktor Daya Dengan Alat

$$\begin{aligned} \text{Daya semu(S)} &= V \cdot I \\ &= 232.7(0.49) = 114,1 \text{ VA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Aktif(P)} &= S \cdot \text{Cos } \phi \\ &= 114.1(1) = 114,1 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif(Q)} &= S - P \\ &= 114.1 - 114.1 = 0 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Waktu (Menit)	Sebelum Perbaikan					
	Cos ϕ	Tegangan	Arus	Daya Semu	Daya Aktif	Daya Reaktif
0	0	0	0	0	0	0
1	0,81	234,1	0,56	131,10	106,19	24,91
2	0,81	234,5	0,56	131,32	106,37	24,95
3	0,82	233,8	0,56	130,93	107,36	23,57
4	0,82	234,6	0,56	131,38	107,73	23,65
5	0,83	234,2	0,55	128,81	106,91	21,90
6	0,84	235,3	0,55	129,42	108,71	20,71
7	0,84	234,2	0,55	128,81	108,20	20,61
8	0,84	232,1	0,55	127,66	107,23	20,42
9	0,84	234,2	0,55	128,81	108,20	20,61
10	0,84	231,1	0,55	127,11	106,77	20,34

Gambar 10. Nilai Cos ϕ Pada Pompa Air Tanpa Kapasitor Bank

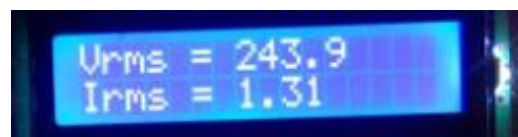
Waktu (Menit)	Sesudah Perbaikan					
	Cos ϕ	Tegangan	Arus	Daya Semu	Daya Aktif	Daya Reaktif
0	0	0	0	0	0	0
1	1	232,7	0,5	116,4	116,4	0
2	1	232,2	0,5	116,1	116,1	0
3	1	232,5	0,49	113,9	113,9	0
4	1	232,9	0,49	114,1	114,1	0
5	1	232,1	0,49	113,7	113,7	0
6	1	233,2	0,49	114,3	114,3	0
7	1	232,8	0,49	114,1	114,1	0
8	1	233,3	0,49	114,3	114,3	0
9	1	232,1	0,49	113,7	113,7	0
10	1	233,8	0,49	114,6	114,6	0

Gambar 11. Nilai Cos ϕ Pada Pompa Air dengan Kapasitor Bank

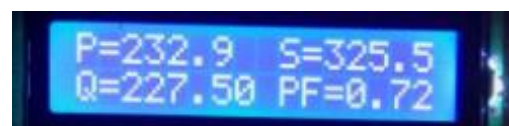
C. Hasil Pengujian Beban Listrik Kulkas 300 Watt

1. Tanpa Kapasitor Bank

Dalam pengukuran ini didapatkan nilai tegangan, arus, cos ϕ , daya aktif, daya semu, dan daya reaktif kapasitor.



Gambar 12. Vrms dan Irms Kulkas Tanpa Alat



Gambar 13. Daya Aktif, Semu, Reaktif dan Faktor Daya Tanpa Alat

$$\begin{aligned} \text{Daya semu(S)} &= V \cdot I \\ &= 243.9(1.31) = 319,5 \text{ VA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Aktif(P)} &= S \cdot \cos \phi \\ &= 319.5 (0.72) = 230,1 \text{ W} \\ \text{Daya reaktif(Q)} &= S - P \\ &= 319.5 - 230.1 = 89,4 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Mencari nilai daya reaktif yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} \text{KVAR} &= 0.964 \\ \text{Qc} &= P \cdot K \\ &= 230.1(0.964) = 221,8 \text{ VAR} \end{aligned}$$

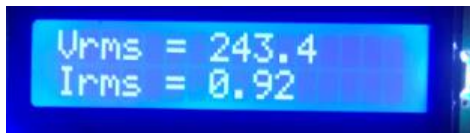
Mencari nilai kapasitor yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} C &= \text{QC}/2\pi fV^2 \\ &= 221.8/2(3.14)50(243.9)^2 \\ &= 11,8 \mu\text{F} \end{aligned}$$

Jadi, kapasitor yang digunakan sebesar 12 μF .

2. Dengan Kapasitor Bank

Dalam pengukuran ini didapat kan nilai tegangan, arus, $\cos \phi$, daya aktif & daya semu yang telah ditambahkan beban kapasitif sebesar 12 μF



Gambar 14. Vrms dan Irms Kulkas Dengan Alat



Gambar 15. Daya Aktif, Semu, Reaktif dan Faktor Daya Dengan Alat

$$\begin{aligned} \text{Daya semu(S)} &= V \cdot I \\ &= 243.4(0.92) = 223,9 \text{ VA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Aktif(P)} &= S \cdot \cos \phi \\ &= 223.9(0.99) = 221,6 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif(Q)} &= S - P \\ &= 223.9 - 221.6 = 2,3 \text{ VAR} \end{aligned}$$

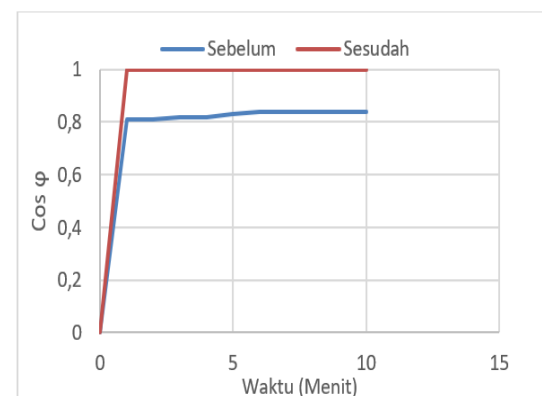
Waktu (Menit)	Sebelum Perbaikan					
	Cos Φ	Tegangan	Arus	Daya Semu	Daya Aktif	Daya Reaktif
0	0	0	0	0	0	0
1	0,72	243,9	1,31	319,51	230,05	89,46
2	0,73	243,6	1,31	319,12	232,95	86,16
3	0,73	243,2	1,31	318,59	232,57	86,02
4	0,73	244,1	1,31	319,77	233,43	86,34
5	0,74	243,1	1,32	320,89	237,46	83,43
6	0,74	243,3	1,32	321,16	237,66	83,50
7	0,74	243,4	1,32	321,29	237,75	83,53
8	0,74	243,7	1,32	321,68	238,05	83,64
9	0,75	243,8	1,32	321,82	241,36	80,45
10	0,75	244,5	1,33	325,19	243,89	81,30

Gambar 16. Nilai Cos ϕ Pada kulkas Tanpa Kapasitor Bank

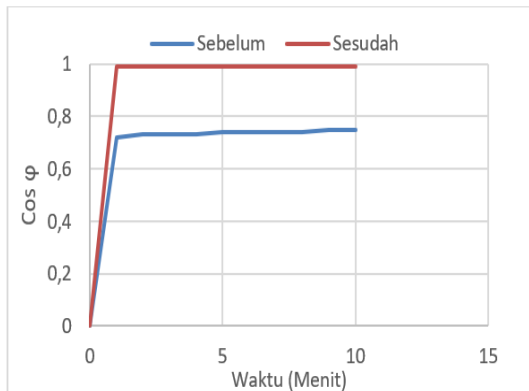
Waktu (Menit)	Sesudah Perbaikan					
	Cos Φ	Tegangan	Arus	Daya Semu	Daya Aktif	Daya Reaktif
0	0	0	0	0	0	0
1	0,99	243,4	0,92	223,9	221,7	2,2
2	0,99	243,5	0,92	224,0	221,8	2,2
3	0,99	243,9	0,92	224,4	222,1	2,2
4	0,99	243,2	0,92	223,7	221,5	2,2
5	0,99	243,4	0,92	223,9	221,7	2,2
6	0,99	244,1	0,91	222,1	219,9	2,2
7	0,99	243,9	0,91	221,9	219,7	2,2
8	0,99	243,6	0,91	221,7	219,5	2,2
9	0,99	243,3	0,91	221,4	219,2	2,2
10	0,99	244,2	0,91	222,2	220,0	2,2

Gambar 17. Nilai Cos ϕ Pada kulkas dengan Kapasitor Bank

3. Grafik Perbandingan Cos Phi



Gambar 18. Grafik Perbandingan Cos Phi Pada Beban Listrik Pompa Air

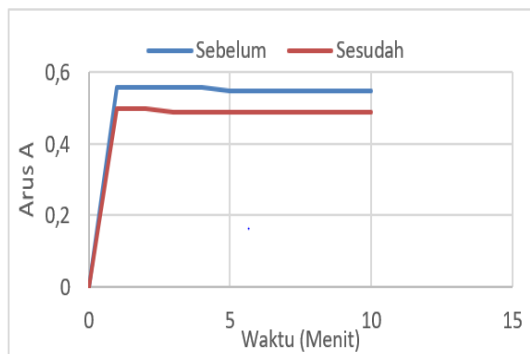


Gambar 19. Grafik Perbandingan Cos Phi Pada Beban Listrik Kulkas

Pengukuran dilakukan untuk membandingkan nilai cos phi sebelum dan sesudah terpasang kapasitor bank dengan menggunakan alat ukur Power Meter, sehingga didapat hasil seperti pada Gambar 18 dan Gambar 19.

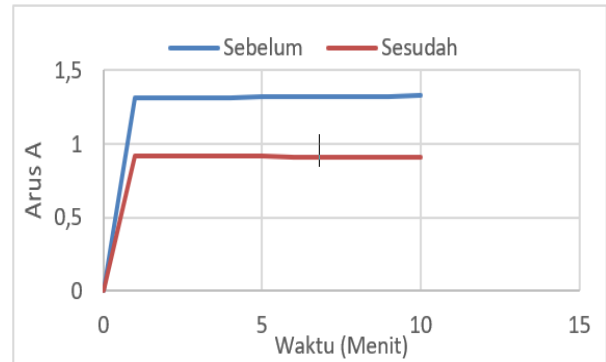
Pengambilan data pengukuran nilai cos phi dilakukan permenit. Garis biru menunjukkan nilai cos phi sebelum dipasang kapasitor bank, sedangkan garis merah menunjukkan nilai cos phi setelah dipasang kapasitor bank. Nilai cos phi sebelum dipasang alat perbaikan cos phi berkisar antara 0.7 – 0.8 sedangkan nilai cos phi sesudah dipasang alat perbaikan cos phi dapat mencapai nilai 1.

4. Grafik Perbandingan Arus



Gambar 20. Grafik Perbandingan Arus Pada Beban Listrik Pompa Air

Pengukuran juga dilakukan untuk membandingkan nilai arus sebelum dan sesudah terpasang kapasitor bank dengan menggunakan alat ukur Power Meter, sehingga didapat hasil seperti pada Gambar 20 dan Gambar 21.



Gambar 21. Grafik Perbandingan Arus Pada Beban Listrik Kulkas

Pengambilan data pengukuran arus dilakukan permenit. Garis biru menunjukkan nilai arus sebelum dipasang kapasitor bank, sedangkan garis merah menunjukkan nilai arus setelah dipasang kapasitor bank.

Nilai arus pada beban listrik pompa air mengalami penurunan atau penghematan, semulanya 0,56 A menjadi 0,49 A. Sementara itu nilai arus pada beban listrik kulkas juga mengalami penghematan yang semulanya 1,33 A turun menjadi 0,91 A.

Pada penelitian ini beban bersifat statis, yaitu hanya berupa satu alat listrik dalam satu waktu. Untuk karakteristik beban yang dinamis (misalnya akibat penambahan peralatan listrik yang memiliki karakteristik berbeda) diperlukan metode yang bersifat adaptif yang memerlukan penambahan sensor arus.

Simpulan

Berdasarkan hasil dan analisa pada sistem yang telah dibuat, maka didapat beberapa kesimpulan yaitu:

1. Nilai arus pada beban listrik pompa air mengalami penurunan dari 0,56 A menjadi 0,49 A.
2. Nilai arus pada beban listrik kulkas mengalami penurunan dari 1,33 A menjadi 0,91 A.
3. Nilai faktor daya pada pompa air sebelum dipasang kapasitor bank sebesar 0,82. Setelah dipasang kapasitor bank nilai faktor daya meningkat menjadi 1.
4. Nilai faktor daya pada kulkas sebelum dipasang kapasitor bank sebesar 0,73. Setelah dipasang kapasitor bank, nilai faktor daya meningkat menjadi 0,99.
5. Nilai daya semu pada pompa air dan kulkas mengalami penurunan setelah dipasang kapasitor bank.

6. Nilai daya semu yang dibutuhkan pompa air sebelum dipasangkan kapasitor bank mencapai 131 VA, sedangkan sesudah dipasangkan kapasitor bank berkurang menjadi 113 VA. Sehingga pemakaian daya semu dapat berkurang hingga 14%.
7. Nilai daya semu yang dibutuhkan kulkas sebelum dipasangkan kapasitor bank mencapai 325 VA, sedangkan sesudah dipasangkan kapasitor bank berkurang menjadi 221 VA. Sehingga pemakaian daya semu dapat berkurang hingga 32%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam yang telah memberikan fasilitas selama pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1]. Syamsudin Noor dan Noor Saputera, "Efisiensi Pemakaian Daya Listrik Menggunakan Kapasitor Bank," Politeknik Negeri Banjarmasin : 2014.
- [2] Asrul Syafrianto, "Rancang Bangun Alat Untuk Perbaikan faktor Daya Pada Beban Dinamis 1 fase dan Monitoring Daya Dengan LCD Grafik," PENS : 2010.
- [3] K.R. Govindan, "Capacitors for Power-Factor Improvement", Power Factor Improvement : 2002.
- [4] Owen Bishop, "Daya Listrik," in Dasar-Dasar Elektronika, Erlangga. Jakarta : 2004.
- [5] Abdul Hadi, "Sistim Distribusi Daya Listrik," Jakarta, Penerbit Erlangga : 1994.
- [6] William D. Stevenson, "Segitiga Daya", in Analisis Sistem Tenaga Listrik, Erlangga. Jakarta: 1983.
- [7] Stevenson, "Power System Analysis," Singapore, McGrawHill Book Company : 1993.
- [8] ABB, "Technical Application", Power Factor Correction And Harmonic Filtering In Electrical Plants, Pappers No. 8 : 2010.
- [9] Turan Gonen, "Electric Power Distribution System Engineering," California State University : 1986.
- [10] Lidya Agustina Lubis, "Perbaikan Faktor Daya Pada Refrigerator," Politeknik Negeri Batam : 2015.