

Analisis Perbaikan Faktor Daya Motor Induksi Tiga Phasa Di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Lancang Kuning

Elvira Zondra¹, Arlenny²

^{1,2}Dosen Tetap Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro
Universitas Lancang Kuning Pekanbaru
Email: zondrazain@yahoo.com, arlenny@unilak.ac.id

(Received: 30 Maret 2015; Revised: 18 Juni 2015; Accepted: 27 Juni 2015)

ABSTRAK

Pada umumnya motor yang digunakan untuk keperluan industri adalah motor-motor kecil yang memiliki efisiensinya tidak tinggi. Dengan efisiensi yang tidak tinggi menyebabkan kerugian pada rangkaian magnetisasi pada saat berbeban rendah. Untuk mengatasi rendahnya faktor daya, biasanya yang dilakukan adalah memasang kapasitor parallel dengan beban. Pemasangan kapasitor yang terlalu kecil tidak akan memberikan pengaruh yang berarti, sedangkan kapasitor yang terlalu besar akan berdampak naiknya tegangan kerja motor.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbaikan faktor daya motor induksi 3 phasa di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning. Dari hasil ini diharapkan akan diperoleh nilai yang sesuai dari kapasitor yang digunakan untuk perbaikan faktor daya motor induksi tersebut serta penurunan nilai daya semu yang digunakan.

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengujian di laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik dengan menggunakan motor induksi tiga fasa 7,5 kW, 10 HP, 1450 rpm, 380 V, 16,2 A. Penggunaan kapasitor 15 μ F untuk perbaikan faktor daya pada motor induksi tiga phasa 10 HP pada laboratorium Teknik Elektro lebih baik dibanding yang lain. Hal ini karena perbaikan faktor daya meningkat secara stabil sebanding dengan penambahan beban, daya semu menurun dengan persentase terbesar (37,25%) dibanding penggunaan kapasitor 20 μ F dan 30 μ F.

Kata kunci: faktor daya, motor Induksi tiga phasa, kapasitor

ABSTRACT

In general motors used for industrial purposes are small motors that have low efficiency. With low efficiency cause a loss in the magnetization circuit at low load. To overcome the low power factor, which is usually done is to install a capacitor parallel with the load. Installation of too small capacitor l will not provide significant effect, while too large capacitor will affect the voltage rise in the motor.

This study aimed to analyze the power factor improvement 3 phase induction motors in the Laboratory of Electrical Engineering, Faculty of Engineering University of Lancang Kuning. From these results are expected to be obtained by the corresponding value of the capacitors used for power factor improvement of the induction motor and a decrease in the value of the apparent power is used.

This study was conducted by laboratory testing of Electrical Engineering, Faculty of Engineering by using three phase induction motor 7.5 kW, 10 HP, 1450 rpm, 380 V, 16.2 A. The use of 15 μ F capacitor for power factor improvement on the three-phase induction motor 10 HP at the laboratory of Electrical Engineering better than others. This is because the power factor improvement is steadily increasing in proportion to the addition of the load, the apparent power decreases with the largest percentage (37.25%) compared to the use of 20 μ F and 30 μ F capacitors.

Keywords: 3 phase induction motors, , capacitor, power factor

Corresponding Author:

Elvira Zondra,
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Lancang Kuning Pekanbaru,
Email: zondrazain@yahoo.com

Pendahuluan

Motor induksi merupakan motor yang banyak digunakan pada industri, pusat bisnis transportasi dan lain-lain. Konstruksinya yang kokoh (robust) merupakan keuntungan yang luar biasa dari motor induksi disamping harga yang murah dan mudah dalam perawatan.

Motor induksi yang dibuat oleh pabrik biasanya dirancang untuk beroperasi mendekati beban penuh, sehingga apabila beban turun dibawah beban tertentu maka efisiensi motor turun dengan cepat. Mengoperasikan motor induksi dengan beban dibawah beban tertentu tersebut memiliki dampak terhadap faktor dayanya.

Faktor daya yang tinggi sangat baik agar motor induksi beroperasi lebih efisien serta menjaga agar biaya lebih rendah untuk seluruh sistem. Pada umumnya dalam praktek dilapangan, pemilihan motor yang dilakukan adalah berdasarkan perkiraan beban tertinggi. Namun demikian hal ini membuat harga motor lebih mahal, padahal motor induksi akan dioperasikan pada kapasitas penuh hanya untuk jangka waktu yang pendek.

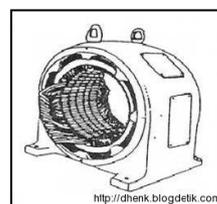
Untuk mengatasi rendahnya faktor daya, biasanya yang dilakukan adalah memasang kapasitor parallel dengan beban. Pemasangan kapasitor yang terlalu kecil tidak akan memberikan pengaruh yang berarti, sedangkan kapasitor yang terlalu besar akan berdampak naiknya tegangan kerja motor. Apabila kenaikan tegangan kerja pada motor induksi berlangsung lama, maka temperatur motor akan menjadi tinggi dan hal ini dapat mengakibatkan motor terbakar. Pemasangan kapasitor yang sesuai diharapkan dapat memperbaiki faktor daya. Untuk mendapatkan nilai kapasitor yang akan digunakan maka dilakukan penelitian di laboratorium teknik elektro.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbaikan faktor daya motor induksi 3 phasa di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning. Dari hasil ini diharapkan akan diperoleh nilai yang sesuai dari kapasitor yang digunakan untuk perbaikan faktor daya motor induksi tersebut serta penurunan nilai daya semu yang digunakan.

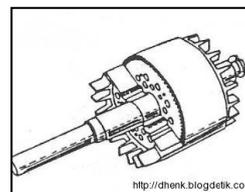
Motor Induksi

Motor induksi bekerja berdasarkan

adanya induksi elektromagnetik. Motor induksi memiliki dua bagian utama yaitu bagian yang berputar (rotor) dan bagian yang diam (stator). Diantara stator dan rotor terdapat celah celah udara yang sangat kecil. Stator terletak pada bagian luar dan merupakan bagian dari motor induksi yang tidak berputar. Dibuat dari besi bundar berlaminasi dan mempunyai alur – alur sebagai tempat meletakkan kumparan. Kumparan dibelitkan untuk sejumlah kutup tertentu. Rotor sangkar terdapat pada bagian dalam dari motor induksi dimana rotor berputar bebas. Rotor terdiri dari sederetan batang – batang penghantar yang terletak pada alur – alur sekitar permukaan rotor. Ujung – ujung batang penghantar dihubungkan singkat dengan menggunakan cincin hubung singkat.



Gambar 1. Stator motor induksi



Gambar 2. Rotor sangkar motor induksi

Jika belitan stator diberi tegangan maka akan timbul fluks yang konstan dan berputar dengan kecepatan medan putar stator n_s (kecepatan sinkron). Kecepatan sinkron dapat diekspresikan dalam British unit dengan konversi (Jimmie, 2001):

$$n_s = \frac{60}{2\pi} \omega_s = \frac{60}{2\pi} \left(\frac{2}{p} \right) 2\pi f = \frac{120f}{p} \quad (1)$$

dengan

n_s = kecepatan sinkron (rpm)

ω_s = kecepatan mekanik angular

(rad/s) = $(2/p)\omega$

ω = frekuensi angular (rad/s) = $2\pi f$

f = frekuensi sumber (Hz)

p = jumlah kutup

Motor induksi tiga phase yaitu motor dengan tiga gulungan stator yang beroperasi dengan sumber daya listrik tiga phase. Rotor motor induksi berputar pada kecepatan yang lebih kecil dari stator. Slip s pada motor induksi merupakan perbedaan antara kecepatan sinkron dan kecepatan rotor, dinyatakan dalam

persen atau perunit dari kecepatan sinkron. Slip perunit didapatkan dengan persamaan (T Wildi, 1991):

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \quad (2)$$

dengan

- s = slip
- n_s = kecepatan medan putar stator
- n_r = kecepatan putar rotor

Kapasitor

Kapasitor (Kondensator) yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf "C" adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi/muatan listrik di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Kapasitor ditemukan oleh Michael Faraday (1791-1867). Satuan kapasitor disebut Farad (F). Satu Farad = $9 \times 10^{11} \text{ cm}^2$ yang artinya luas permukaan kepingan tersebut. Kapasitansi sebesar 1 farad jika dengan tegangan 1 volt dapat memuat muatan elektron sebanyak 1 coulomb atau setara dengan $6,25 \times 10^{18}$ elektron.

Kapasitor yang akan digunakan untuk memperbesar faktor daya dipasang paralel dengan rangkaian beban. Bila rangkaian itu 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.

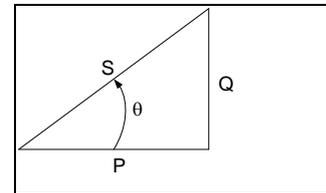
Faktor daya

Faktor daya (PF) adalah perbandingan antara daya aktif atau daya rata-rata (P) satuannya watt (W) dengan daya semu (S) satuannya volt ampere (VA) (David E, 1992). Sudut θ adalah perbedaan fasa antara tegangan dan arus (Sapna, 2013). Daya aktif merupakan besarnya daya yang digunakan oleh peralatan listrik agar dapat beroperasi secara optimal. Daya semu merupakan besarnya daya yang ditransmisikan dari sumber energi listrik. Besarnya daya semu merupakan penjumlahan trigonometri dari daya aktif dengan daya reaktif, satuan daya reaktif adalah volt ampere

reaktif (VAR).

$$PF = \frac{P}{V_{eff} I_{eff}} = \cos \theta \quad (3)$$

$$S = P + jQ \quad (4)$$



Gambar 3. Daya Kompleks(David E, 1992)

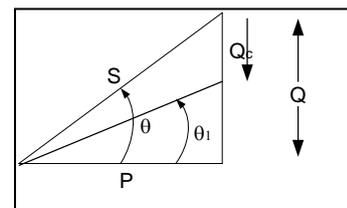
Memperbaiki faktor daya adalah memperbaiki perbedaan besar sudut daya aktif dengan daya semu yang digunakan dalam rangkaian AC atau perbedaan sudut fasa antara tegangan (V) dan arus (I) yang biasa dinyatakan dalam $\cos \theta$.

Semakin besar sudut θ , maka semakin besar daya yang harus disuplai oleh sumber energi listrik, sehingga biaya yang harus ditanggung oleh pengguna juga semakin besar. Untuk memperkecil sudut θ maka dibutuhkan penambahan kapasitor yang dipasang secara paralel dan biasa disebut kompensator daya reaktif. Sehingga

$$S' = P + j(Q - Q_c) \quad (5)$$

$$Q - Q_c = \frac{V_{eff}^2}{X_c} \quad (6)$$

Dengan X_c = reaktansi kapasitif (ohm)



Gambar 4. Perbaikan Faktor Daya (Joseph A, 1994)

Nilai kapasitansi dari kapasitor yang digunakan dapat ditentukan dengan

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \quad (7)$$

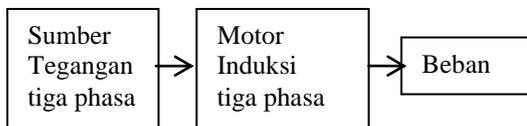
$$C = \frac{1}{2\pi f X_c}$$

Metode Penelitian

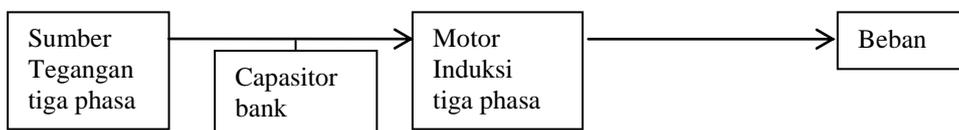
Untuk mempermudah penyelesaian penelitian ini maka digunakan metode penelitian sebagai berikut :

1. Melakukan studi literatur dari berbagai sumber baik jurnal-jurnal dan buku-

- buku penunjang tentang motor induksi dan perbaikan faktor daya.
- Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengujian di laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik dengan menggunakan motor induksi tiga fasa 7,5 kW, 10 HP, 1450 rpm, 380 V, 16,2 A dan peralatan ukur yang digunakan adalah multimeter, power analyzer fluks dan tachometer.
 - Setelah rangkaian pengujian dihubungkan, dimana motor induksi tiga fasa dihubungkan dengan sumber tegangan serta beban



- Motor induksi dioperasikan dengan beban terendah yaitu generator 5kW tanpa beban, selanjutnya dilakukan penelitian dengan pengukuran untuk tahap-tahap pembebanan pada generator dengan beban lampu 100 Watt sampai 1000 Watt pada masing-masing fasa.
- Untuk setiap tahap pembebanan dilakukan pengamatan dengan pengukuran tegangan (Volt), kuat arus listrik (Amper), daya (Watt), faktor daya (cos θ) dan kecepatan putaran (rpm) motor induksi dengan menggunakan alat ukur yang telah disediakan.



Gambar 5. Blok Diagram Pengujian

- Setelah pengamatan maka dilakukan penggambaran kurva hubungan antara perubahan beban terhadap faktor daya.
- Selanjutnya menganalisis hasil pengujian tentang faktor daya motor induksi untuk menentukan daya serta nilai kapasitas dari kapasitor yang digunakan untuk perbaikan faktor daya. Persamaan yang digunakan adalah

Daya motor Induksi

$$S = V.I.\sqrt{3}$$

$$= P + jQ_1$$

$$Q_2 = Q_1 - Q_c$$

$$P = \frac{Q_2}{\tan \theta_2}$$

Daya setelah perbaikan faktor daya

$$\frac{Q_1 - Q_c}{P} = \tan \theta_2$$

$$S' = P + jQ_2$$

Menentukan kapasitas kapasitor untuk perbaikan faktor daya

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \theta_2}$$

$$I_{r1} = I_1 \sin \theta_1 \quad I_{r2} = I_2 \sin \theta_2$$

$$I_c = I_{r1} - I_{r2} \quad X_c = V / I_c$$

$$C = \frac{1}{\omega X_c}$$

- Setelah nilai kapasitas dari kapasitor diperoleh, dilakukan analisis faktor daya untuk masing masing beban seperti pengujian yang telah dilakukan.

Data Teknis Motor Induksi

Data teknis Motor Induksi yang ada di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Unilak adalah sebagai berikut:

Merk	: Teco
Code	: AEEBAC
Pout	: 7,5 kW 10 HP

Hasil Dan Pembahasan

Tegangan : 380 Volt
 Arus : 16,2 Ampere
 Frekuensi : 50 Hz
 Kecepatan : 1450 rpm
 Kutup : 4 kutup

Dari data motor induksi didapatkan kecepatan sinkron dan slip motor induksi :

$$n_s = \frac{120f}{p} = 1500 \text{ rpm}$$

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} = \frac{1500 - 1450}{1500} = 0.03$$

Pengujian yang dilakukan pada motor induksi adalah pengujian tanpa menggunakan kapasitor dan pengujian menggunakan kapasitor dengan variasi beban.

Pengujian Tanpa Kapasitor

Tabel 1. Motor Induksi Tanpa Kapasitor

No	Beban	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)	Faktor Daya	Kec Putaran (rpm)
1	Gen5kW	360	1,9	103,9	0,1	1500
2	Gen5kW+100W	360	2,12	277,13	0,21	1493
3	Gen5kW+200W	360	2,45	467,65	0,3	1480
4	Gen5kW+3100W	360	2,75	658,18	0,38	1472
5	Gen5kW+400W	360	3,18	866	0,43	1466
6	Gen5kW+500W	360	3,55	1108,51	0,52	1461
7	Gen5kW+600W	360	3,87	1316,36	0,53	1451
8	Gen5kW+700W	360	4,4	1506,88	0,55	1448
9	Gen5kW+800W	360	4,83	1645,45	0,56	1429
10	Gen5kW+900W	360	5,21	1853,29	0,58	1423
11	Gen5kW+1000W	360	5,69	2009,18	0,59	1401

Daya semu pada motor induksi tiga fasa adalah:

$$S = \sqrt{3} \times V \times I_1 = \sqrt{3} \times 360 \times 3,18 = 1982,85 \text{ VA}$$

Hasil perhitungan faktor daya pada motor induksi tiga fasa tanpa kapasitor adalah :

$$\cos \theta = \frac{P}{S} = \frac{866}{1982,85} = 0,4367$$

Karena motor induksi hanya dibebani tertinggi 35% dari arus nominal maka perbaikan faktor daya yang dianalisa adalah faktor daya 0,8 agar tidak terjadi penurunan kembali faktor daya saat beban dinaikkan. Untuk meningkatkan faktor daya menjadi 0,8 dibutuhkan pemasangan kapasitor. Nilai kapasitor yang dipasang adalah berdasarkan analisa berikut.

Daya pada motor induksi sebelum perbaikan faktor daya

$$\theta_1 = \cos^{-1} 0,4367 = 64,103^\circ$$

$$S = V.I.\sqrt{3} = 360 \times 3,18 \times \sqrt{3} = 1982,85 \angle 64,103^\circ$$

$$= P + jQ_1 = 866 + j1783,73$$

Pada pengujian tanpa kapasitor, diberikan variasi beban pada motor induksi dan dilakukan pengukuran arus, tegangan, daya, faktor daya motor dan kecepatan putaran motor induksi. Beban yang diberikan pada motor induksi adalah Generator sinkron 5kW tanpa beban, generator sinkron 5kW berbeban lampu 100W sampai 1000W setiap fasanya. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1.

Dari hasil pengujian tanpa menggunakan kapasitor didapatkan pengukuran faktor daya yang rendah saat motor induksi berbeban generator induksi dengan beban lampu 400W setiap fasa. Data yang diperoleh sebagai berikut : $V = 360$ volt, $I_1 = 3,18$ amper, $P = 866$ Watt

Arus reaktif yang diperlukan motor adalah :

$$I_{r1} = I_1 \sin \theta_1 = 3,18 \times \sin 64,103^\circ = 2,86 \text{ A}$$

Faktor daya diperbaiki menjadi 0,8 maka

$$\theta_2 = \cos^{-1} 0,8 = 36,87^\circ$$

$$Q_2 = Q_1 - Q_c$$

$$P = \frac{Q_2}{\tan \theta_2}$$

$$Q_2 = P \tan \theta_2 = 866 \times \tan 36,87^\circ$$

$$Q_2 = 649,5 \text{ var}$$

Daya reaktif yang dihasilkan oleh kapasitor adalah

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = 1783,73 - 649,519 = 1134,211 \text{ var}$$

Setelah menggunakan kapasitor, arus yang dikonsumsi oleh motor induksi adalah

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \theta_2} = \frac{866}{\sqrt{3} \times 360 \times 0,8} = 1,736 \text{ A}$$

Arus reaktif yang diperlukan motor setelah perbaikan faktor daya adalah :

$$I_{r2} = I_2 \sin \theta_2 = 1,736 \times \sin 36,87^\circ = 1,042A$$

Arus reaktif yang melewati kapasitor adalah

$$I_c = I_{r1} - I_{r2} = 2,86 - 1,042 = 1,818A$$

Sehingga kapasitas dari kapasitor yang dibutuhkan untuk perbaikan faktor daya menjadi 0,8 adalah

$$X_c = V / I_c = \frac{360}{1,818} = 198,0198$$

$$C = \frac{1}{\omega X_c} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 198,0198} = 16,0746 \mu F$$

Kapasitas Kapasitor yang terdapat dipasaran dengan nilai mendekati 16,0746 μ F adalah 15 μ F, 20 μ F dan 30 μ F.

4.3 Pengujian Dengan Kapasitor

Pada pengujian dengan kapasitor, diberikan variasi beban pada motor induksi dan

Tabel 2. Motor Induksi Dengan Kapasitor 15 μ F

No	Beban	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)	Faktor Daya	Kec Putaran (rpm)
1	Gen5kW	361	1,1	225,17	0,33	1495
2	Gen5kW+100W	361	1,27	444,01	0,56	1493
3	Gen5kW+200W	361	1,65	649,86	0,63	1488
4	Gen5kW+310W	361	1,86	825,06	0,71	1484
5	Gen5kW+400W	361	1,99	933,50	0,75	1482
6	Gen5kW+500W	361	2,5	1219,75	0,78	1478
7	Gen5kW+600W	361	2,87	1420,28	0,79	1474
8	Gen5kW+700W	361	3,11	1555,84	0,80	1466
9	Gen5kW+800W	361	3,53	1766,69	0,80	1462
10	Gen5kW+900W	361	4,12	2095,78	0,81	1456
11	Gen5kW+1000W	361	5,01	2538,79	0,81	1451

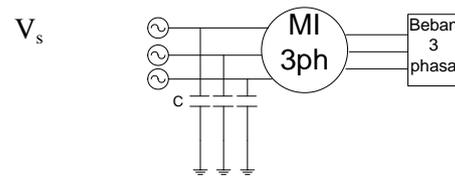
Dari tabel 2 dapat dianalisa hasil pengujian bahwa untuk setiap penambahan beban saat penggunaan kapasitor diperoleh hasil pengukuran arus yang lebih rendah dari arus saat tanpa menggunakan kapasitor, seperti analisa arus yang dibutuhkan motor setelah penggunaan kapasitor.

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \theta_2} = \frac{866}{\sqrt{3} \times 360 \times 0,8} = 1,736A$$

Saat beban motor induksi tiga fasa adalah generator dengan beban 400W didapatkan perbaikan faktor daya dari 0,43 menjadi 0,75. Hal ini terjadi akibat kebutuhan kapasitor untuk perbaikan faktor daya menjadi 0,8 adalah 16,0746 μ F, sedangkan kapasitor yang digunakan adalah 15 μ F. Dari pengujian didapatkan kenaikan tegangan menjadi 362 V dan daya rata-rata menjadi 935,31W. Sehingga

dilakukan pengukuran arus, tegangan, daya, faktor daya motor dan kecepatan putaran motor induksi. Pada pengujian menggunakan kapasitor untuk perbaikan faktor daya dilakukan tiga pengujian antara lain menggunakan kapasitor 15 μ F, 20 μ F, 30 μ F

Rangkaian pengujian perbaikan faktor daya terlihat pada gambar 5.1 berikut.



Gambar 6: Rangkaian perbaikan faktor daya motor induksi tiga fasa

Hasil pengujian perbaikan faktor daya dengan menggunakan kapasitor 15 μ F dapat dilihat pada tabel 2.

arus yang dikonsumsi oleh motor induksi adalah

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \theta_2} = \frac{933,5}{\sqrt{3} \times 361 \times 0,75} = 1,99A$$

Kurva hubungan beban dengan faktor daya pada motor induksi tiga fasa tanpa menggunakan kapasitor dan menggunakan kapasitor 15 μ F dapat dilihat pada gambar 5.2. Saat beban motor induksi tiga fasa adalah generator dengan beban 400W didapatkan perbaikan faktor daya dari 0,43 menjadi 0,75. Daya semu pada motor induksi setelah perbaikan faktor daya dapat dianalisa sebagai berikut

$$\theta_1 = \cos^{-1} 0,75 = 41,41^\circ$$

$$S = V.I.\sqrt{3} = 361 \times 1,99 \times \sqrt{3} = 1244,29 \angle 41,41^\circ VA$$

$$= P + jQ_1 = 933,21 + j823,03$$

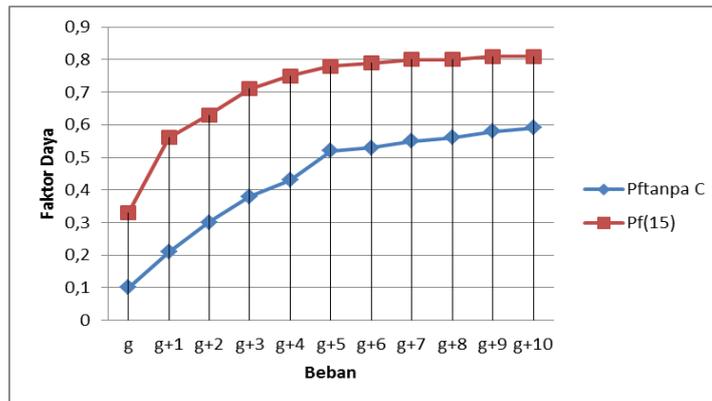
Daya semu turun sebesar

$$\Delta S = 1982,85 - 1244,29 = 738,56VA$$

$$= \frac{738,56}{1982,85} \times 100\% = 37,25\%$$

Hasil pengujian perbaikan faktor daya dengan

menggunakan kapasitor 2 μF dapat dilihat pada tabel 3. Dari tabel 3 dapat dianalisa hasil pengujian bahwa untuk setiap penambahan beban saat penggunaan kapasitor 20 μF diperoleh hasil pengukuran arus yang lebih rendah dari arus saat tanpa menggunakan kapasitor dan penggunaan kapasitor 15 μF .



Gambar 6. Kurva hubungan beban dengan faktor daya pada motor induksi tiga fasa tanpa kapasitor dan dengan kapasitor 15 μF

Tabel 3. Motor Induksi Dengan Kapasitor 20 μF

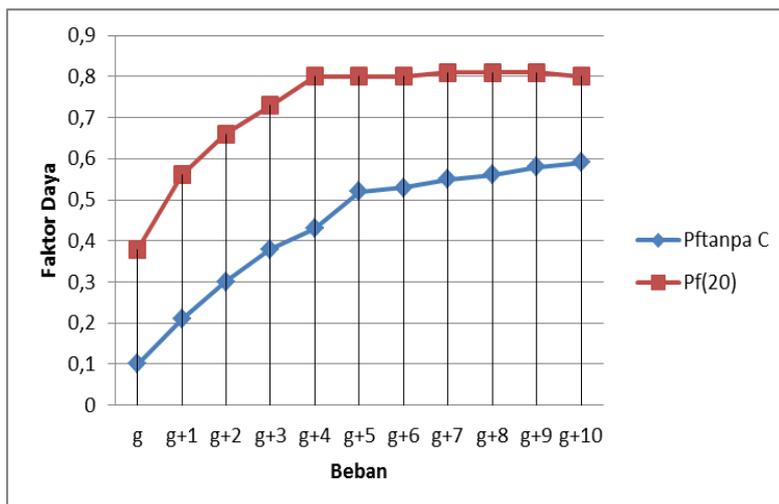
No	Beban	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)	Faktor Daya	Kec Putaran (rpm)
1	Gen5kW	363	0,87	207,8	0,38	1490
2	Gen5kW+100W	363	1,18	415,69	0,56	1482
3	Gen5kW+200W	363	1,54	623,54	0,66	1483
4	Gen5kW+3100W	363	1,80	814,06	0,73	1478
5	Gen5kW+400W	363	1,98	996,4	0,80	1474
6	Gen5kW+500W	363	2,49	1212,43	0,80	1469
7	Gen5kW+600W	363	2,85	1420,28	0,80	1466
8	Gen5kW+700W	363	3,08	1558,84	0,81	1455
9	Gen5kW+800W	363	3,50	1766,69	0,81	1450
10	Gen5kW+900W	363	4,08	2061	0,81	1447
11	Gen5kW+1000W	363	4,60	2313,7	0,80	1443

Saat beban motor induksi tiga fasa adalah generator dengan beban 400W didapatkan perbaikan faktor daya dari 0,43 menjadi 0,80. Hal ini terjadi akibat kebutuhan kapasitor untuk perbaikan faktor daya menjadi 0,8 adalah 16,0746 μF , dan kapasitor yang digunakan adalah 20 μF . Dari pengujian didapatkan kenaikan tegangan menjadi 363 V dan daya rata-rata menjadi 996,4 W. Sehingga

arus yang dikonsumsi oleh motor induksi adalah

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \theta_2} = \frac{996,4}{\sqrt{3} \times 363 \times 0,8} = 1,981A$$

Kurva hubungan beban dengan faktor daya pada motor induksi tiga fasa tanpa menggunakan kapasitor dan menggunakan kapasitor 20 μF dapat dilihat pada gambar 5.3.



Gambar 7. Kurva hubungan beban dengan faktor daya pada motor induksi tiga fasa tanpa kapasitor dan dengan kapasitor 20 μ F

Saat beban motor induksi tiga fasa adalah generator dengan beban 400W didapatkan perbaikan faktor daya dari 0,43

Daya semu turun sebesar

$$\Delta S = 1982,85 - 1245,5 = 737,35VA$$

$$= \frac{737,35}{1982,85} \times 100\% = 37,19\%$$

Hasil pengujian perbaikan faktor daya dengan menggunakan kapasitor 30 μ F dapat dilihat pada tabel 4.

Dari tabel 4 dapat dianalisa hasil pengujian bahwa untuk setiap penambahan beban saat

menjadi 0,8. Daya semu pada motor induksi setelah perbaikan faktor daya dapat dianalisa sebagai berikut

$$\theta_1 = \cos^{-1} 0,8 = 36,87^\circ$$

$$S = V.I.\sqrt{3} = 363 \times 1,981 \times \sqrt{3} = 1245,5 \angle 36,87^\circ VA$$

$$= P + jQ_1 = 996,4 + j747,3$$

penggunaan kapasitor 30 μ F diperoleh hasil pengukuran arus yang lebih rendah dari arus saat tanpa menggunakan kapasitor, penggunaan kapasitor 15 μ F dan penggunaan kapasitor 20 μ F.

Tabel 4. Motor Induksi Dengan Kapasitor 30 μ F

No	Beban	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)	Faktor Daya	Kec Putaran (rpm)
1	Gen5kW	367	0,8	447,5	0,88	1492
2	Gen5kW+100W	367	1,1	622,31	0,89	1487
3	Gen5kW+200W	367	1,34	766,7	0,90	1484
4	Gen5kW+3100W	367	1,68	950	0,89	1479
5	Gen5kW+400W	367	1,96	1108,9	0,89	1477
6	Gen5kW+500W	367	2,4	1340,5	0,88	1471
7	Gen5kW+600W	367	2,75	1520,8	0,87	1469
8	Gen5kW+700W	367	3,07	1676,24	0,86	1467
9	Gen5kW+800W	367	3,45	1842,2	0,84	1463
10	Gen5kW+900W	367	3,68	1965,16	0,84	1455
11	Gen5kW+1000W	367	3,85	2031,4	0,83	1430

Saat beban motor induksi tiga fasa adalah generator dengan beban 400W didapatkan perbaikan faktor daya dari 0,43 menjadi 0,89. Hal ini terjadi akibat kebutuhan kapasitor untuk perbaikan faktor daya menjadi 0,8 adalah 16,0746 μ F, dan kapasitor yang digunakan adalah 30 μ F. Dari pengujian

didapatkan kenaikan tegangan menjadi 367 V dan daya rata-rata menjadi 1108,9W. Sehingga arus yang dikonsumsi oleh motor induksi adalah

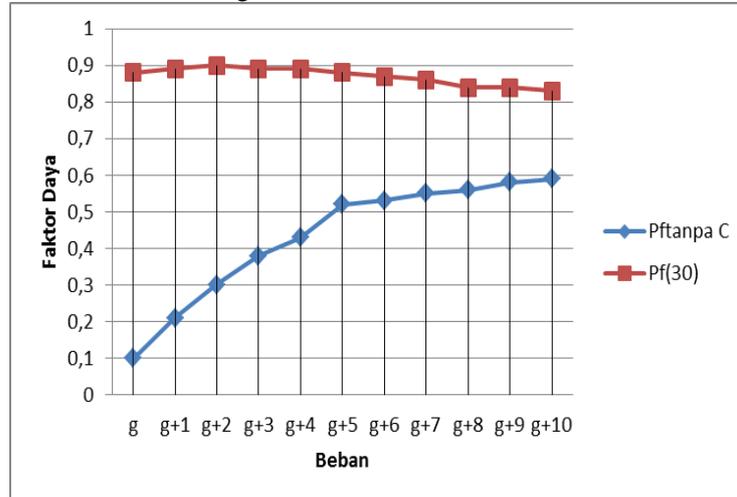
$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \theta_2} = \frac{1108,9}{\sqrt{3} \times 367 \times 0,89} = 1,96A$$

Kurva hubungan beban dengan faktor daya

pada motor induksi tiga fasa tanpa menggunakan kapasitor dan menggunakan kapasitor 30 μF dapat dilihat pada gambar 8.

menggunakan kapasitor 15 μF , kapasitor 20 μF dan menggunakan kapasitor 30 μF dapat dilihat pada gambar 9.

Kurva hubungan beban dengan faktor daya pada motor induksi tiga fasa



Gambar 8. Kurva hubungan beban dengan faktor daya pada motor induksi tiga fasa tanpa kapasitor dan dengan kapasitor 30 μF

Saat beban motor induksi tiga fasa adalah generator dengan beban 400W didapatkan perbaikan faktor daya dari 0,43 menjadi 0,89. Daya semu pada motor induksi setelah perbaikan faktor daya dapat dianalisa sebagai berikut

$$\theta_1 = \cos^{-1} 0,89 = 27,127^\circ$$

$$S = V.I.\sqrt{3} = 367 \times 1,96 \times \sqrt{3} = 1245,9 \angle 27,127^\circ \text{ VA}$$

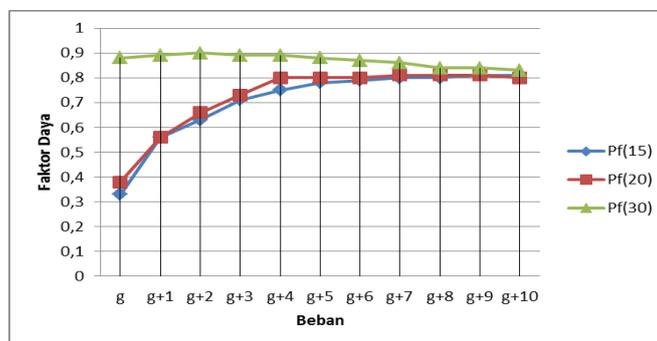
$$= P + jQ_1 = 1108,8 + j568,08$$

Daya semu turun sebesar

$$\Delta S = 1982,85 - 1245,9 = 736,95 \text{ VA}$$

$$= \frac{736,95}{1982,85} \times 100\% = 37,17\%$$

Tabel perbandingan nilai faktor daya, daya reaktif (Q) dan pengurangan daya semu (ΔS) serta persentase penurunan daya semu tersebut dapat dilihat pada tabel 5 dengan beban motor induksi tiga fasa adalah generator sinkron 5 kW dengan beban 400W.



Gambar 9: Kurva hubungan beban dengan faktor daya pada motor induksi tiga fasa dengan kapasitor 15 μF , kapasitor 20 μF dan dengan kapasitor 30 μF

Tabel 5. Perbandingan faktor daya dan pengurangan daya semu

C	Faktor Daya	Q(VAr)	ΔS (VA)	ΔS (%)
-	0,43	1783,73	-	-
15 μ F	0,75	823,03	738,56	37,25
20 μ F	0,8	747,3	737,35	37,19
30 μ F	0,89	568,08	736,95	37,17

Daftar Pustaka

Dari tabel 5 terlihat bahwa penggunaan kapasitor 15 μ F untuk perbaikan faktor daya pada motor induksi tiga fasa 10 HP pada laboratorium Teknik Elektro lebih baik dibanding yang lain. Hal ini karena perbaikan faktor daya meningkat secara stabil sebanding dengan penambahan beban, daya semu menurun dengan persentase terbesar dibanding penggunaan kapasitor 20 μ F dan 30 μ F.

Kesimpulan

Kesimpulan

Dari hasil penelitian perbaikan faktor daya dapat disimpulkan bahwa

1. Perbaikan faktor daya motor induksi tiga fasa dapat dilakukan dengan pemasangan kapasitor bank.
2. Dengan pemasangan kapasitor 15 μ F dapat memperbaiki faktor daya hingga mencapai 0,75 dari 0,43 dan penurunan penggunaan daya semu hingga 37,25 % saat berbeban generator 5 kW dengan beban 400 W setiap fasa. Penggunaan kapasitor dengan kapasitas besar menyebabkan tegangan naik dan peningkatan faktor daya yang cepat namun dengan penambahan beban, faktor daya akan kembali menurun.
3. Apabila dibandingkan dengan pemasangan kapasitor 20 μ F dan 30 μ F, maka pemasangan kapasitor 15 μ F lebih baik karena persentase pengurangan daya semunya lebih besar yaitu 37,25 %, sehingga lebih memperkecil biaya penggunaan energi listrik

Saran

Melihat bahwa berkurangnya daya semu yang digunakan motor induksi dengan penggunaan kapasitor bank, maka disarankan untuk menggunakan kapasitor bank dalam penggunaan motor induksi agar mengurangi biaya penggunaan energi listrik

- [1] Brag S. Guru "Electric Machinery and transformers", HBJ Harcourt Brace Jovanovich Publishers Technology publications, 1988.
- [2] David E Johnson, "Electric Circuit Analysis" Prentice Hall Inc, 1992
- [3] M.V.Deshpande, "Electric Motor Applications and Control" Wheeler, 1990.
- [4] Paul C.Krause, Oleg Wasynczuk, Scott d.Sudhoff "Analysis Of Electric Machinery And Drive Systems", A John Wiley & Sons, Inc. Publication, 2002
- [5] A.E.Fitzgerald, Charles Kingsley Jr, Stephen d.Umans, "Mesin-Mesin Listrik" edisi keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1990.
- [6] Joseph A Edminister, "Rangkaian Listrik Edisi kedua" Penerbit Erlangga, 1994.
- [7] Sapna Khanchi, "Power Factor Improvement of Induction Motor by Using Capacitors", International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) Volume 4 Issue 7, July 2013.
- [8] Theodore Wildi, "Electrical Machines, Drives And Power System", Prentice Hall International Edition, 1991.