

EFEK PEMASANGAN KAPASITOR TERHADAP MOTOR INDUKSI TIGA FASA TAK BERBEBAN

Fatoni¹, Oky Supriadi²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro Universitas Pamulang
^{1,2}Jln. Puspiptek Raya No 46 Buaran, Setu - Tangerang Selatan 15310, Indonesia

¹fatonibagdja@gmail.com
²dosen01327@unpam.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 24-05-2022
revisi : 14-06-2022
diterima : 28-06-2022
dipublish : 30-06-2022

ABSTRAK

Kualitas dari daya listrik pada sebuah motor induksi sangatlah penting, dikarenakan jika daya listriknya rendah akan berpengaruh pada turunnya efisiensi kinerja dari motor induksi. Untuk itu diperlukan suatu metode sehingga efisiensi kinerja motor induksi dapat dipertahankan. Pada penelitian ini akan dilakukan pemasangan variasi kapasitas kapasitor untuk mengetahui pengaruhnya pada kualitas daya motor induksi tiga fasa tak berbeban. Kapasitas kapasitor yang digunakan pada penelitian ini yaitu 9 μF , 16,5 μF , 25,5 μF , dan 33 μF pada motor induksi 0.75 kW. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa pemasangan kapasitor dengan kapasitas kapasitor 9 μF menghasilkan faktor daya 0,20 dan dengan kapasitas kapasitor 33 μF maka faktor daya meningkat sangat signifikan yaitu 0,85. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan dilakukan penambahan nilai kapasitas kapasitor dapat memperbaiki faktor daya motor induksi tiga fasa.

Kata kunci : faktor daya; kapasitor; motor induksi

ABSTRACT

The Effects Of Capacitors On Unload Three Phase Induction Motor. The quality of the electric power in an induction motor is very important, because if the electric power is low, it will affect the efficiency of the performance of the induction motor. For that we need a method so that the efficiency of the performance of the induction motor can be maintained. In this study, a variation of capacitor capacity will be installed to determine its effect on the power quality of an unloaded three-phase induction motor. The capacitor capacities used in this study are 9 μF , 16.5 μF , 25.5 μF , and 33 μF on a 0.75 kW induction motor. Based on the results of the study, it is known that the installation of a capacitor with a capacitor capacity of 9 μF produces a power factor of 0.20 and with a capacitor capacity of 33 μF , the power factor increases very significantly, namely 0.85. So it can be concluded that by adding the value of the capacitor capacity can improve the power factor of a three-phase induction motor.

Keywords : power factor; capacitor; induction motor

PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang banyak digunakan untuk kebutuhan industri dan kehidupan rumah tangga. Motor induksi beroperasi tanpa beban akan mengakibatkan efisiensi motor induksi turun dan faktor dayanya rendah mencapai 0,1. Prinsip kerja motor induksi bekerja berdasarkan medan magnet stator ke statornya dimana arus rotor pada motor induksi diperoleh dari sumber tertentu. Sumber eksitasi motor induksi yaitu stator sehingga motor induksi harus bekerja dalam keadaan tegangan mendahului arus (*lagging*). Mengatasi faktor daya rendah pada motor induksi dapat dilakukan dengan pemasangan kapasitor. Pemasangan Kapasitor dapat dihubungkan paralel dengan rangkaian beban, sebelum pemasangan kapasitor untuk memperbaiki faktor daya pada motor induksi harus dihitung terlebih dahulu nilai kapasitansinya, jika nilai kapasitor terlalu kecil tidak akan

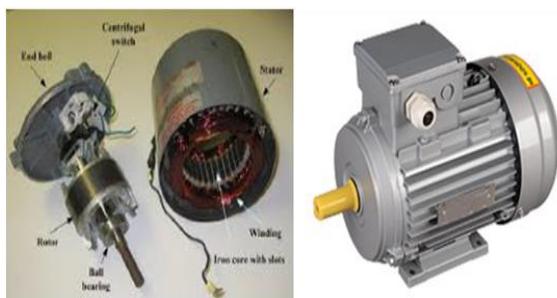
mempengaruhi terhadap peningkatan faktor daya dan jika terlalu besar maka akan menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik dikarenakan adanya peningkatan tegangan lebih, selain dapat memperbaiki faktor daya pada motor induksi dan rangkaian beban maka kapasitor dapat menyebabkan meningkatnya harmonisa terutama harmonisa arus yang mana tingginya harmonisa arus dapat menyebabkan panas lebih pada peralatan listrik atau rangkaian beban. Faktor daya yang rendah pada motor induksi disebabkan belitan pada motor induksi bersifat induktif. Faktor daya yang baik adalah faktor daya yang mendekati satu (Zondra & Arlenny, 2015).

TEORI

Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang banyak digunakan baik di industri maupun dalam

kebutuhan rumah tangga. Motor induksi bekerja berdasarkan medan magnet stator ke statornya, arus rotor pada motor induksi bukan diperoleh dari sumber tertentu namun merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat dari adanya perbedaan antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator (Zondra & Arlenny, 2015). Bentuk dari motor induksi dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Motor Induksi
 (Sobanski & Orłowska-Kowalska, 2017)

Prinsip Kerja Motor Induksi

Prinsip kerja motor induksi yaitu bekerja berdasarkan elektro magnetik kumparan stator ke kumparan rotor, bila kumparan stator motor induksi dihubungkan ke sumber tegangan maka kumparan stator menghasilkan medan magnet yang berputar (Parsa et al., 2018).

Menurut NEMA bahwa efisiensi motor induksi merupakan perbandingan daya output terhadap daya input total yang dinyatakan dalam persen.

Besarnya efisiensi motor induksi dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} 100 \% \quad (1)$$

Besarnya daya semu motor induksi 3 fasa dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$S = (\sqrt{3} \cdot V) \cdot I \quad (2)$$

Besarnya daya aktif motor induksi 3 fasa dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$P = (\sqrt{3} \cdot V) \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (3)$$

Besarnya daya reaktif motor induksi 3 fasa dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (4)$$

Besarnya arus daya semu motor induksi 3 fasa dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$I = \frac{S}{V \cdot \sqrt{3}} \quad (5)$$

Besarnya arus daya aktif motor induksi 3 fasa dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$I = \frac{P}{V \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi} \quad (6)$$

Dimana:

- V : Tegangan (V)
- I : Arus (A)
- P : Daya aktif (W)
- S : Daya semu (kVA)
- Q : Daya reaktif (kVAR)

Kapasitor

Kapasitor merupakan komponen listrik yang dapat menyimpan muatan elektron dan melepaskannya pada suatu rangkaian beban yang membutuhkannya, kapasitor memiliki kapasitansi 1 farad jika tegangan 1 Volt maka dapat menyimpan muatan 1 coulomb yaitu setara dengan $6,24 \times 10^{18}$ elektron. Struktur kapasitor terbuat dari pelat logam sebanyak 2 buah dan dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan dielektrik yang sering digunakan adalah keramik, gelas dan kertas. Jika ujung pelat logam tersebut diberikan tegangan listrik maka muatan

positif akan berkumpul pada salah satu elektroda di ujung kakinya, dan pada saat waktu yang bersamaan maka muatan negatif berkumpul pada ujung logam yang lain. Muatan positif tidak dapat mengalir ke ujung kutub negatif atau sebaliknya karena terpisahkan oleh bahan dielektrik yang sifatnya non konduktif (Khanchi & Garg, 2016).

Prinsip Kerja Kapasitor

Prinsip kerja kapasitor yaitu jika rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan maka elektron akan mengalir masuk ke kapasitor dan pada saat muatan elektron dalam kapasitor penuh maka tegangan akan berubah dan kemudian muatan elektron tersebut keluar dari kapasitor mengalir ke rangkaian yang membutuhkan. Jika tegangan yang berubah tersebut kembali normal atau tetap maka muatan elektron kembali disimpan dalam kapasitor dan pada saat kapasitor mengeluarkan muatan elektron maka kapasitor mensuplai daya reaktif ke beban induktif dikarenakan daya reaktif bersifat kapasitif (Khanchi & Garg, 2016).

Jenis Hubung Kapasitor

Jenis hubung kapasitor pada beban kapasitas besar yang sering digunakan adalah hubung bintang dan segitiga. Besar nilai kapasitor hubung bintang dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$C = \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c} \quad (7)$$

Besar nilai kapasitor dengan hubung segitiga dinyatakan dalam persamaan berikut..

$$C = \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c} \quad (8)$$

Dimana:

- Qc : Daya reaktif kapasitor (kVAR)
- I_L : Arus beban (A)
- I_c : Arus kapasitor (A)
- X_c : Reaktansi kapasitif (Ω)
- C = Nilai kapasitor

Faktor Daya

Faktor daya diartikan sebagai perbandingan antara daya aktif dan daya semu pada rangkaian arus bolak balik atau beda sudut fasa antara tegangan dan arus yang sering dinyatakan dalam $\cos \phi$ (Yasin, 2016).

Besarnya faktor daya listrik dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$\cos \phi = \frac{P}{S} \quad (9)$$

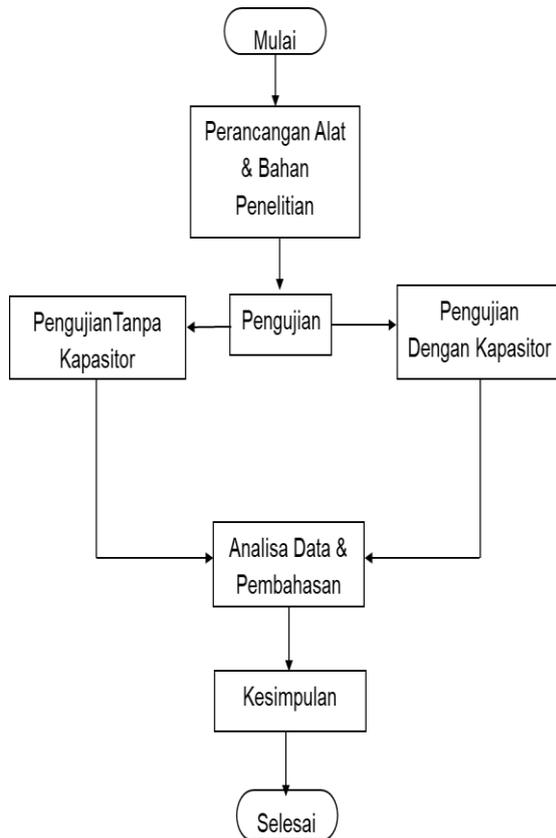
Dimana:

- Cos ϕ : Faktor Daya
- P : Daya Aktif (W)
- S : Daya Semu (VA)

Ada 3 jenis faktor daya pada system tenaga listrik yaitu faktor daya *unity* dimana pada kondisi nilai $\cos \phi$ satu atau tegangan sefasa dengan arus, faktor daya ini terjadi dalam keadaan beban resistif murni, faktor daya mendahului (*Leading*), faktor daya tertinggal (*Lagging*) (Lisiani et al., 2020).

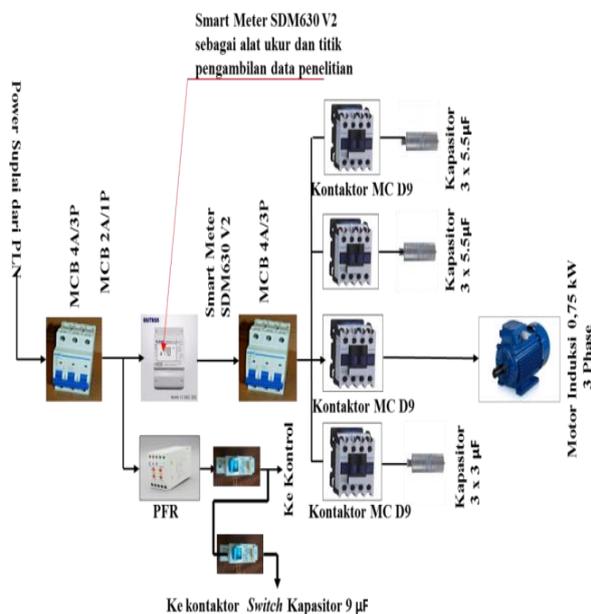
METODOLOGI

Metodologi penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah melalui beberapa tahapan yang dapat ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Tahapan penelitian

Blok Diagram



Gambar 3. Blok diagram

Alat dan Bahan Penelitian

- Motor Induksi 3 phase 0,75 kW
- Smart Meter SDM630
- Kontaktor magnet
- MCB 3 phase 4 Ampere
- Kapasitor 16,5 μ F
- Kapasitor 9 μ F

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan melakukan pengujian tanpa kapasitor dan pengujian dengan variasi nilai kapasitas kapasitor, pengujian yang dilakukan masing-masing 3 kali pengujian selama 5 menit.

Tahapan Pengambilan Data dan Analisa

Tahapan pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengambilan data pada saat pengukuran tanpa kapasitor dan variasi nilai dengan kapasitor, data yang diambil adalah data rata-rata dari pengukuran sebanyak 3 kali pengukuran selama 5 menit yaitu data daya aktif, daya reaktif, daya semu, faktor daya, tegangan, arus, THDi dan THDv. Setelah data dikumpulkan hasil pengukuran maka dilakukan pengolahan data dan setelah dilakukan pengolahan data maka dilakukan analisa terhadap data hasil pengukuran tanpa kapasitor dan dengan variasi nilai kapasitor. Besaran listrik pada motor induksi 3 fasa 0,75 kW. Hasil pengukuran tanpa kapasitor dan dengan variasi nilai kapasitor dilakukan perhitungan sesuai dengan teori perhitungan yang ada sehingga hasil pengukuran tersebut akan dianalisa sesuai dengan hasil perhitungan berdasarkan teori-teori perhitungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengukuran tanpa kapasitor

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tanpa Kapasitor

Besaran Listrik	Hasil Pengukuran Tanpa Kapasitor
Faktor Daya	0,14
Arus (A)	2,3 A
Tegangan (V)	406,7 V
Daya Aktif (kW)	0,22 kW
Daya Semu (kVA)	1,64 kVA
Daya Reaktif (kVAR)	1,62 kVAR
THDv	9,7 %
THDi	10,3 %
Frekuensi (Hz)	49,9 Hz

Dari hasil pengukuran tanpa kapasitor yang ditunjukkan pada tabel 1 maka hasil analisa pengaruh kapasitor terhadap faktor daya pada motor induksi 3 fasa 0,75 kW yaitu daya aktif pada motor induksi 3 fasa 0,75 kW tanpa beban bahwa hasil pengukuran tanpa kapasitor adalah 0,22 kW sedangkan daya aktif pada *name plate* motor induksi adalah 0,75 kW hal ini disebabkan motor induksi bekerja tanpa beban sehingga terjadi penurunan efisiensi dan faktor daya pada motor induksi.

Hasil Pengukuran Setelah Pemasangan Kapasitor

Tabel 2. Hasil Pengukuran Dengan Kapasitor

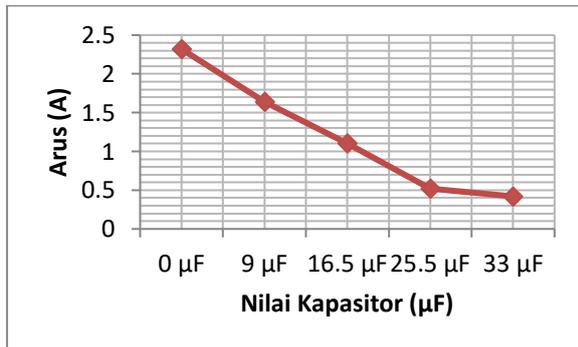
Besaran Listrik	Nilai Kapasitor (μF)			
	9	16.5	25.5	33
PF	0.2	0.3	0.65	0.85
Arus (A)	1.64	1.1	0.52	0.42
P (kW)	0.22	0.23	0.23	0.24
S (kVA)	1.18	0.78	0.35	0.28
Q (kVAR)	1.15	0.74	0.26	0.15
THDv (%)	18	8	6	8
THDi(%)	17	11	29	49

Dari data hasil pengukuran pada tabel 2 diatas diketahui bahwa setelah

pemasangan kapasitor semua besaran pada motor induksi mengalami perubahan berdasarkan nilai kapasitansinya. Kapasitor sangat mempengaruhi terhadap penurunan arus, peningkatan tegangan dan peningkatan faktor daya, selain dapat meningkatkan faktor daya pada motor induksi 3 fasa, maka kapasitor dapat berpengaruh terhadap harmonisa arus dan tegangan yang tidak sesuai dengan nilai THDi dan THDv standard seperti yang digunakan oleh standard IEEE 519-2014 bahwa standard harmonisa arus < 20 Ampere adalah 5 % dan THDv < 1 kV adalah 8 %. THDi pada motor induksi meningkat cukup signifikan setelah pemasangan kapasitor 33 μF . Daya aktif, daya reaktif dan daya semu mengalami perubahan berdasarkan nilai arus dan tegangan setelah pemasangan kapasitor sesuai dengan nilai kapasitansinya seperti yang terlihat pada tabel 2 diatas. Faktor daya pada motor induksi terus mengalami peningkatan sesuai dengan nilai kapasitansi kapasitor yang dihubungkan, peningkatan faktor daya yang paling signifikan pada saat menghubungkan kapasitor 33 μF , peningkatan faktor daya pada motor induksi dipengaruhi kapasitor sesuai dengan nilai kapasitansinya sehingga dengan pemasangan kapasitor pada motor induksi maka sudut antara daya aktif dan daya semu semakin kecil sebesar sudut ϕ .

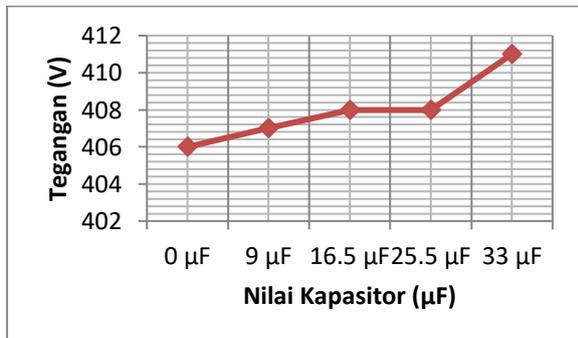
Pengaruh Kapasitor Terhadap Arus dan Tegangan

Setelah dilakukan pemasangan kapasitor pada motor induksi 3 fasa 0.75 kW bahwa terjadi penurunan arus dan peningkatan tegangan pada motor induksi 3 fasa 0.75 kW seperti yang dapat diperlihatkan pada gambar 4 dan gambar 5 berikut.

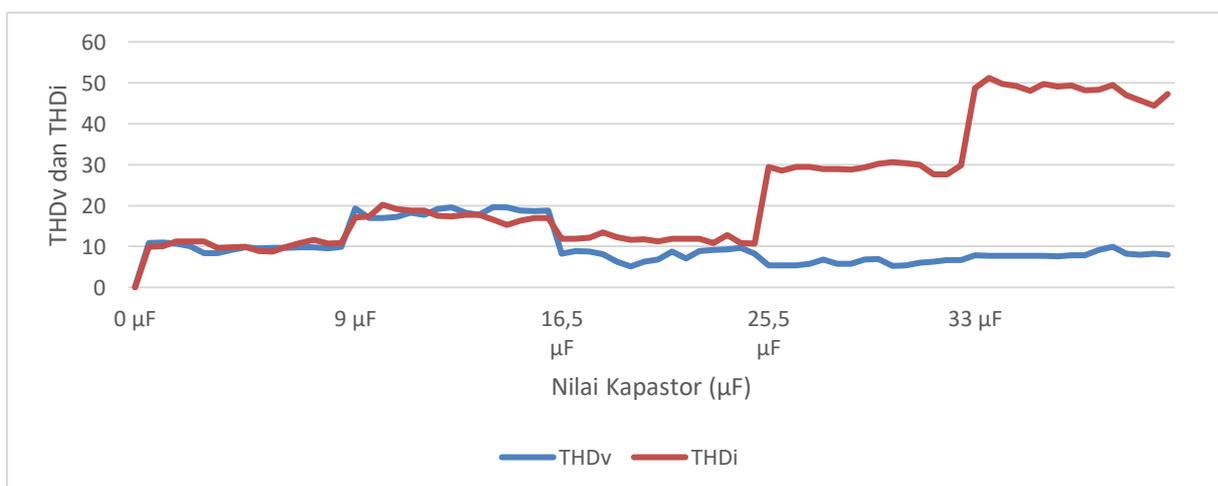


Gambar 4. Pengaruh kapasitor terhadap arus

Gambar 4 menunjukkan bahwa penambahan nilai kapasitor mengakibatkan arus listrik terus mengalami penurunan, hal ini terjadi dikarenakan tegangan selalu mengalami peningkatan setiap kali penambahan nilai kapasitor seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh kapasitor terhadap tegangan



Gambar 6. Pengaruh kapasitor terhadap THDv dan THDi

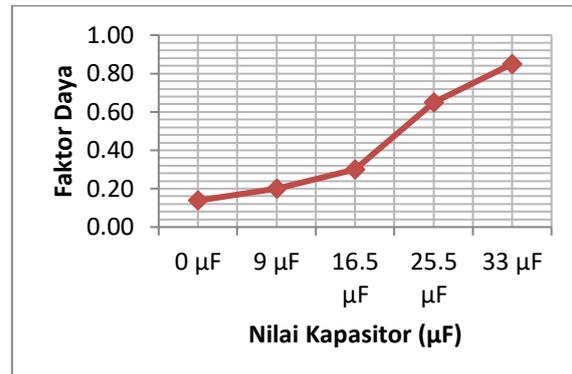
Gambar 5 menunjukkan bahwa penambahan nilai kapasitor maka tegangan terus mengalami peningkatan, yang paling signifikan adalah pada saat motor induksi bekerja dengan nilai kapasitor 33 µF.

Pengaruh Kapasitor Terhadap Harmonisa Arus dan Tegangan

Kapasitor sangat mempengaruhi terhadap harmonisa arus dan tegangan, terutama harmonisa arus meningkat sangat signifikan diluar batas standard menurut IEEE 519-2014 bahwa standard THDi adalah 5 % dengan arus < 20 Ampere dan standard THDv 8 % dengan tegangan < 1 kV. Hal ini terjadi disebabkan oleh beban *non linier* yaitu salah satunya adalah kapasitor sehingga THDi meningkat setelah pemasangan kapasitor sesuai dengan kapasitansinya, kenaikan THDv dan THDi akan merusak terhadap peralatan listrik salah satunya adalah terjadi panas lebih pada motor induksi.

Pengaruh Kapasitor Terhadap Faktor Pada Daya Motor Induksi 3 Fasa 0,75 kW

Kapasitor sangat mempengaruhi terhadap peningkatan faktor daya pada motor induksi yang sifatnya beban induktif, faktor daya pada motor induksi sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor adalah faktor daya *lagging* yaitu tegangan mendahului arus karena beban bersifat induktif, peningkatan faktor daya tersebut dikarenakan daya aktif dan daya semu selalu mengalami penurunan berdasarkan nilai kapasitansinya yaitu sebelum pemasangan kapasitor faktor daya pada motor induksi adalah 0.138 dengan sudut daya semu yaitu $S = <82.06^\circ$ dan setelah dilakukan pemasangan kapasitor 9 μF maka sudut daya semu menurun yaitu $S = <78.46^\circ$ atau ada penurunan sebesar 31 %, peningkatan faktor daya paling signifikan terjadi setelah pemasangan kapasitor 33 μF yaitu 0.85 sehingga penurunan sudut antara daya aktif dan daya semu sangat signifikan yaitu $S = < 31.78^\circ$. Kapasitor sangat mempengaruhi terhadap peningkatan faktor daya dan penurunan arus serta peningkatan tegangan, kapasitor selain dapat meningkatkan faktor daya maka kapasitor dapat meningkatkan THDv dan THDi yang mana peningkatan THDv dan THDi tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik terutama dapat menimbulkan panas lebih pada motor induksi. Peningkatan faktor daya berdasarkan nilai kapasitor dapat ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh kapasitor terhadap faktor daya

Analisa Hasil Penelitian

Dari hasil pengukuran yang ditunjukkan pada tabel 2 diatas diketahui bahwa dengan memasang kapasitor 9 μF maka faktor daya pada motor induksi naik menjadi 0.20 dan yang paling signifikan adalah pada saat pemasangan kapasitor 33 μF maka faktor daya meningkat cukup signifikan yaitu 0.85 sehingga dengan meningkatnya faktor daya maka sudut antara daya aktif dan daya semu menurun yaitu sudut $S = < 31.78^\circ$, dengan meningkatnya faktor daya maka daya semu mendekati daya aktif, tegangan selalu mengalami peningkatan dan arus mengalami penurunan setiap pemasangan kapasitor, selain dapat meningkatkan faktor daya maka kapasitor dapat mempengaruhi terhadap THDv dan THDi seperti terlihat hasil pengukuran pada saat pemasangan kapasitor 33 μF maka THDi cukup tinggi mencapai 49 % jauh dari nilai standard IEEE 519-2014 yaitu standard THDv adalah $8\% < 1 \text{ kV}$ dan THDi $5\% < 20 \text{ Ampere}$ sehingga dengan meningkatnya harmonisa tersebut maka akan menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik terutama pada motor induksi akan menimbulkan panas lebih.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa pemasangan kapasitor dengan kapasitas kapasitor 9 μF menghasilkan faktor daya 0,20 dan dengan kapasitas kapasitor 33 μF maka faktor daya meningkat sangat signifikan yaitu 0,85. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan dilakukan penambahan nilai kapasitas kapasitor dapat memperbaiki faktor daya motor induksi tiga fasa tak berbeban.

UCAPAN TERIMAKASIH

Berkat rahmat Allah SWT penelitian ini dapat diselesaikan dan mengucapkan terima kasih kepada jajaran struktural Program Studi Teknik Elektro Universitas Pamulang, serta kepada rekan-rekan di Universitas Pamulang yang telah membantu memberikan saran dan masukannya sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Darusman, M. (2018). Analisa Kelayakan Pemasangan Kapasitor Bank Pada Gardu Distribusi Untuk Kemampuan Layanan di PT. EPI (Energi Pelabuhan Indonesia) Cabang Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).
- Hudaya, C. (2021). Analisis Pengaruh Harmonisa Pada Transformator Distribusi Di Hari Kerja Dan Hari Libur Pada Gedung Perkantoran. *Jurnal TAMBORA*, 5(1), 72–79. <https://doi.org/10.36761/jt.v5i1.1003>
- Jurnadi & Tambunan, J. M. (2015). Analisis Pengaruh Jenis Beban Listrik terhadap Kinerja Pemutus Daya Listrik di Gedung Cyber Jakarta. *Energi & Kelistrikan*, 7(2), 108-117.

Khanchi, S., & Garg, V. K. (2013). Power factor improvement of induction motor by using capacitors. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, 4(7), 2967-2971.

Lisiani, Razikin, A., & Syaifurrahman. (2020). Identifikasi dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi). *Jurnal Untan*, 1(3), 1–9.

Parsa, I., Bagia, N., & Made, I. (2018). Motor-Motor Listrik. *Kupang: Rasibook*.

Purwanto, N. D., Wiyono, P., & Yusfiar, K. (2018). Antisipasi Kerusakan Motor Listrik 3 Fasa pada Peralatan Laboratorium Pendidikan dan Unit Produksi Sabutret Menggunakan Pengaman Phase Failure Relay. In *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian*.

Rofii, A., & Ferdinand, R. (2018). Analisa penggunaan kapasitor bank dalam upaya perbaikan faktor daya. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 3(1), 39-51.

Rosa, M. K. A., & Herawati, A. (2016). Analisis Efisiensi Motor Induksi Pada Kondisi Tegangan Non Rating Dengan Metode Segregated Loss. *Teknosia*, 2(17), 32-40.

Yasin, M. (2016). Perancangan Cos Phi Meter Digital Berbasis Mikrokontroler Atmega16. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1).

Zondra, E., & Arlenny. (2015). Analisis Perbaikan Faktor Daya Motor Induksi Tiga Fasa Di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Lancang Kuning. *Jurnal Sains Teknologi Dan Industri*, 12(2), 232–241.