

ANALISIS PENGARUH PEMAKAIAN KAPASITOR UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN DAYA 1 HP 380/660 V DI SMKN 01 REJANG LEBONG

¹Hetty Kurnia, ²Harold Hariman
^{1,2}Politeknik Raflesia
hettyk4@gmail.com

ABSTRAK

Mengoperasikan motor induksi dengan beban dibawah beban tertentu tersebut memiliki dampak terhadap faktor dayanya. Faktor daya yang mendekati nilai 1 sangat baik agar motor induksi beroperasi lebih efisien serta menjaga agar biaya lebih rendah untuk seluruh sistem. Untuk mengatasi rendahnya faktor daya, biasanya yang dilakukan adalah memasang kapasitor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemakaian kapasitor untuk perbaikan faktor daya motor induksi 3 fasa tanpa beban (*unload*) di SMKN 01 Rejang Lebong. Hasil dari penelitian ini diharapkan memperoleh nilai yang sesuai dari kapasitor yang digunakan untuk perbaikan faktor daya motor induksi tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengujian di SMKN 01 Rejang Lebong, dengan menggunakan motor induksi tiga fasa 1 HP, 1400 rpm, 50 Hz, 4 kutub, 380/660 V, 2/1,1 A. Penggunaan kapasitor dengan nilai $2\ \mu f$, $3\ \mu f$, $4\ \mu f$ untuk perbaiki faktor daya motor induksi 3 fasa dengan daya 1 HP di bengkel Teknik Elektro SMKN 01 Rejang Lebong ini lebih baik dibandingkan dengan motor induksi yang tidak menggunakan kapasitor. Tegangan dan daya nyata motor juga mengalami kenaikan saat menggunakan kapasitor. Penggunaan kapasitor dengan kapasitas yang semakin besar ini juga menyebabkan nilai arus dan daya reaktif pada motor induksi semakin menurun.

Kata Kunci: Faktor Daya, Motor Induksi 3 Fasa, Kapasitor

PENDAHULUAN

Perkembangan industri saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, baik pada perindustrian besar maupun perindustrian yang kecil. Sejalan dengan perkembangan tersebut kebutuhan akan peralatan produksi yang tepat sangat diperlukan agar dapat meningkatkan efisiensi waktu dan biaya. Kebanyakan di perusahaan menggunakan banyak beban yang bersifat induktif yang memiliki faktor daya rendah, seperti motor induksi.

Mengoperasikan motor induksi dengan beban dibawah beban tertentu memiliki dampak terhadap faktor dayanya. Faktor daya yang mendekati nilai 1 sangat baik agar motor induksi beroperasi lebih efisien serta menjaga agar biaya lebih rendah untuk seluruh sistem. Untuk mengatasi rendahnya faktor daya, biasanya yang dilakukan adalah memasang kapasitor.

Kapasitor biasanya digunakan untuk memperbaiki faktor daya motor, sehingga motor dapat bekerja dengan faktor daya yang lebih tinggi dan dengan arus saluran yang lebih rendah

pada sistem tenaga. Pemasangan kapasitor yang terlalu kecil tidak akan memberikan pengaruh yang berarti, sedangkan kapasitor yang terlalu besar akan berdampak naiknya tegangan kerja motor.

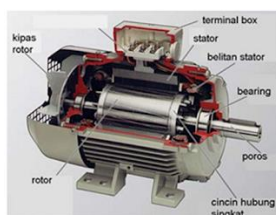
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemakaian kapasitor untuk perbaikan faktor daya motor induksi 3 phasa di SMKN 1 Rejang lebong. Dari hasil ini diharapkan akan diperoleh nilai yang sesuai dari kapasitor yang digunakan untuk perbaikan faktor daya motor induksi tersebut sehingga mengurangi kerugian-kerugian selisih antara fasa.

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengujian di SMKN 01 Rejang Lebong, dengan menggunakan motor induksi tiga fasa 1 HP, 1400 rpm, 50 Hz, 4 kutub, Delta 380 V-2 A, Star 660 V-1,1 A. Pemasangan kapasitor yang sesuai diharapkan dapat mengetahui pengaruh kapasitor untuk perbaikan faktor daya.

TINJAUAN PUSTAKA

Motor Induksi 3 Fasa

Secara umum motor induksi atau motor listrik adalah mesin arus bolak-balik yang bekerja mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Motor induksi mendapat catu daya tegangan/arus bolak-balik (ac) pada *stator* (bagian yang diam) dan menginduksi ke *rotor* (bagian yang bergerak/berputar) melalui celah udara antara *stator* dan *rotor*. Terjadinya perputaran di dalam motor induksi disebabkan oleh adanya medan putar yang ditimbulkan oleh sistem kumparan tiga fasa baik pada *stator* maupun *rotornya*.



Gambar 1
Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi pada dasarnya mempunyai 3 bagian penting seperti yang diperlihatkan pada gambar sebagai berikut:

- Stator*: Merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan *rotornya*.
- Celah: Merupakan celah udara, Tempat berpindahnya energi dari *stator* ke *rotor*.
- Rotor*: Merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan *stator* yang diinduksikan kepada kumparan *rotor*.

Motor induksi memiliki kecepatan medan putar yang sinkron antara *stator* dan *rotornya* pada keadaan tanpa beban sehingga putaran poros *rotornya* sama dengan kecepatan medan putar *stator* yaitu sebesar (Liklikwatil: 2014):

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P}$$

Dimana,

N_s : kecepatan putaran sinkron (rpm)

- f : frekuensi gelombang tegangan masuk (Hz)
 P : jumlah kutub

Medan putar *stator* tersebut akan memotong batang konduktor pada *rotor*, sehingga pada kumparan *rotor* akan timbul tegangan induksi atau gaya gerak listrik (ggl) perfasa sebesar (Anthony: 2019):

$$E_r = 4,44 f s N_r \Phi_m$$

Karena kumparan *rotor* merupakan rangkaian yang tertutup maka GGL akan menghasilkan arus (I). Adanya arus (I) di dalam medan magnet akan menimbulkan gaya (F) pada *rotor*. Bila *kopel* mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada *rotor* cukup besar untuk memikul *kopel* beban, *rotor* akan berputar searah dengan medan putar *stator*. GGL induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (*rotor*) oleh medan putar *stator*. Artinya agar GGL induksi tersebut timbul, diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar *stator* (n_s) dengan kecepatan berputar *rotor* (n_r). Perbedaan kecepatan antara n_r dan n_s disebut slip (s), dinyatakan dengan (Anthony: 2010):

$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s}$$

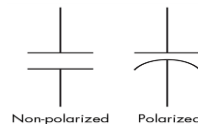
Dimana,

- 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 (Ramdhani, 2005). 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. Kondensator diidentikkan

mempunyai dua kaki dan dua kutub, yaitu positif (+) dan negatif (-) serta memiliki cairan elektrolit dan pada umumnya berbentuk tabung, sedangkan kapasitor nilai kapasitansinya lebih rendah, tidak memiliki kutub positif (+) dan negatif (-) pada kakinya, kebanyakan berbentuk bulat pipih berwarna cokelat, merah, hijau seperti tablet.



Gambar 2
Simbol Kapasitor

Satuan dari kapasitor adalah Farad (F). Sistem kapasitif adalah sistem yang dapat menyimpan muatan atau medan listrik. Sedangkan kapasitor adalah sistem kapasitif yang dibuat agar mempunyai harga kapasitansi tertentu.

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 (A, Yani & P.K, B: 2017).

Faktor Daya

Daya Listrik

1. Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang memang benar-benar digunakan dan terukur pada beban. Daya aktif dibedakan berdasarkan penggunaannya, yaitu pada satu fasa atau tiga fasa. Secara matematis dapat ditulis (Azharuddin Noor, Ananta, & Sunardiyo, 2017):

$$\text{untuk satu fasa : } P = V \cdot I \cdot \cos\phi$$

$$\text{untuk tiga fasa : } P = V \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\phi$$

Keterangan :

P : daya nyata (Watt)

V : tegangan (Volt)

I : arus (Ampere)

$\cos\phi$: faktor daya

2. Daya Semu

Daya semu adalah nilai tenaga listrik yang melalui suatu penghantar. Daya semu merupakan hasil perkalian dari tegangan dan arus yang melalui penghantar. Daya semu dibedakan berdasarkan penggunaannya, yaitu pada satu fasa dan tiga fasa. Secara matematis dapat dituliskan (Azharuddin Noor, Ananta, & Sunardiyo: 2017):

$$\text{untuk satu fasa : } S = V \cdot I$$

$$\text{untuk tiga fasa : } S = V \cdot I \cdot \sqrt{3}$$

Keterangan :

S : Daya semu (VA)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus (Ampere)

3. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang dihasilkan oleh peralatan-peralatan listrik. Sebagai contoh, pada motor listrik terdapat 2 daya reaktif panas dan mekanik. Daya reaktif panas karena kumparan pada motor dan daya reaktif mekanik karena perputaran. Daya reaktif adalah hasil perkalian dari tegangan dan arus dengan vektor daya. Secara matematis dapat dituliskan (Azharuddin Noor, Ananta, & Sunardiyo: 2017):

$$\text{untuk satu fasa : } Q = V \cdot I \cdot \sin\phi$$

$$\text{untuk tiga fasa : } Q = V \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \sin\phi$$

Keterangan :

Q : Daya reaktif (VAR)

V : Tegangan (Volt)

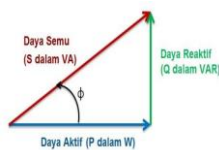
I : Arus (Ampere)

$\sin\phi$: Besaran Vektor Daya

Faktor Daya dan Segitiga Daya

Daya didefinisikan sebagai laju energi yang dibangkitkan atau dikonsumsi oleh suatu peralatan listrik, satuannya adalah *Joule*/detik atau watt yang disebut sebagai daya aktif (P). Selain daya aktif, kita kenal daya reaktif (Q), memiliki satuan VAR atau *volt-ampere* reaktif.

Daya reaktif (Q) ini tidak memiliki dampak apapun dalam kerja suatu beban listrik. Dengan kata lain daya reaktif ini tidak berguna bagi konsumen listrik. Gabungan antara daya aktif dan reaktif adalah daya semu (S) dengan satuan VA atau *volt-ampere*. Jika digambarkan dalam bentuk segitiga daya, maka daya semu direpresentasikan oleh sisi miring sedangkan daya aktif dan reaktif direpresentasikan oleh sisi-sisi segitiga yang saling tegak lurus, seperti ditunjukkan pada gambar



Gambar 3
Segitiga Daya

Faktor daya (*power factor*) atau sering disebut dengan *Cos φ* adalah perbandingan daya aktif dan daya semu. Sudut ϕ adalah sudut yang dibentuk antara sisi daya aktif (P) dan daya semu (S), sedangkan daya reaktif (Q) tegak lurus terhadap daya aktif (P), maka :

$$\cos \phi = \frac{P}{S}$$

Keterangan :

Cos φ : faktor daya

P : daya aktif

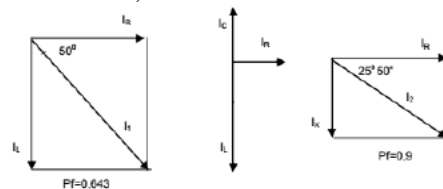
S : daya semu

Perbaikan Faktor Daya

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 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 kVAnya 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 dalirkan oleh kombinasi motor-kapasitor jika dibandingkan dengan motor saja. Harus diperhatikan juga bahwa jika perbaikan faktor daya dari suatu instalasi mengakibatkan berkurangnya kVA, perbaikan faktor daya itu tidak mempengaruhi beban dalam kW dari jaringan (karena hal ini tergantung pada banyaknya kerja yang diselesaikan oleh jaringan) (Morris: 1998). Secara logika, perbaikan faktor daya ditunjukkan dalam bentuk diagram vektor pada Gambar berikut,



Gambar 4
Faktor Daya Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor

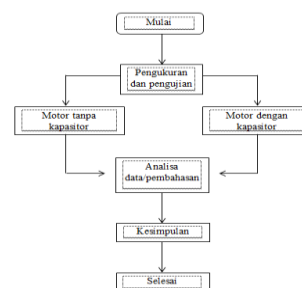
Terlihat dari diagram vektor bahwa arus yang ditarik rangkaian total menjadi lebih kecil setelah faktor daya rangkaian diperbaiki. Dengan demikian maka daya yang dipasangkan PLN atau *Rating* daya mesin pembangkit listrik dapat dimanfaatkan secara optimal.

METODE PENELITIAN

Survei Awal

Lokasi penelitian ini dilakukan di Bengkel Listrik Teknik Elektro SMKN 01 Rejang Lebong.

Desain Penelitian



Gambar 5
Desain Penelitian

Alat dan Bahan Penelitian

1. Motor Induksi 3 Fasa
2. Kapasitor
3. Cosphi meter
4. Multimeter
5. Terminal dan kabel
6. Mcb

Teknik Pengumpulan dan Analisa Data

1. Studi literatur adalah dengan membaca teori-teori yang berkaitan dengan topik tugas akhir ini, yaitu berupa buku-buku referensi, artikel-artikel, jurnal, internet dan lain-lain. Sehingga pengetahuan penulis dan sudut pandang penulis mengenai materi tugas akhir yang dibahas dapat bertambah.
2. Observasi adalah sebuah penelitian dengan suatu cara pengumpulan data dengan mengadakan pengamatan langsung. Pada hal ini pengamatan dan penganalisaan motor induksi 3 fasa dilakukan untuk menaikan *cosphi*, penelitian ini dilakukan di SMKN1 Rejang Lebong.
3. Pengujian Motor dilakukan untuk mendapatkan hasil pengukuran awal sehingga data dapat di analisa melalui hasil pengukuran dengan alat ukur dan diuji dengan perhitungan manual.
4. Analisa Data/Pembahasan dilakukan dengan secara manual dan dengan hasil pengukuran. Analisa secara manual dilakukan dengan cara perhitungan dari rumus-rumus segitiga daya.
5. Setelah dilakukan analisa data dan perhitungan dapat ditarik kesimpulan dari hasil pengukuran tersebut sehingga dapat diketahui nilai *cosphi* yang sesuai untuk kapasitor untuk menaikkan nilai *cosphi* yang mendekati satu pada motor induksi 3 fasa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data teknis Motor Induksi yang ada di Bengkel Listrik Teknik Elektro di SMKN 01 Rejang Lebong adalah sebagai berikut :

Jenis motor : Motor Induksi 3 Fasa
Daya motor : 0,75 kW/1 HP
Tegangan : 380/660 V
Arus Nominal : 1,1 Ampere
Putaran : 1400 Rpm

Pengujian yang dilakukan pada motor induksi tiga fasa adalah pengujian motor tanpa menggunakan kapasitor dan pengujian

menggunakan kapasitor pada saat motor induksi *unload* atau tanpa beban.

Hasil perbandingan motor tanpa menggunakan kapasitor dan menggunakan kapasitor dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tanpa beban (<i>unload</i>)				
Keterangan	Tanpa Kapasitor	Menggunakan Kapasitor		
		2 μf	3 μf	4 μf
Tegangan (Volt)	380	382	387	397
Arus (ampere)	1,1	0,86	0,85	0,83
Faktor daya	0,45	0,85	0,9	0,95

Tabel 1

Perbandingan pengukuran tegangan, arus dan faktor daya motor induksi 3 fasa menggunakan kapasitor dan tanpa kapasitor

Keterangan	Tanpa kapasitor	Menggunakan Kapasitor		
		2 μf	3 μf	4 μf
Daya nyata (Watt)	325,79	483,66	512,78	542,19
Daya semu (VA)	723,9	569,01	569,76	570,72
Daya reaktif (VAR)	644,27	301,57	250,69	176,92

Tabel 2

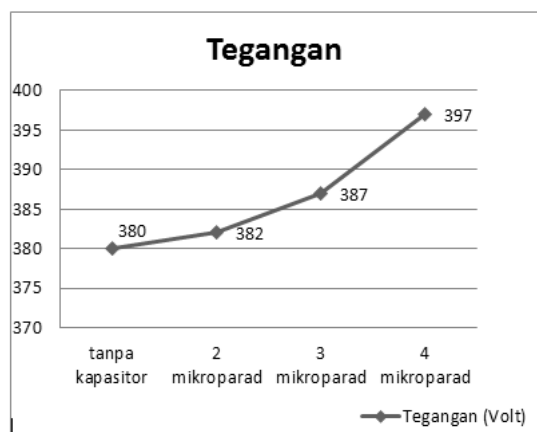
Perbandingan perhitungan daya pada motor induksi 3 fasa menggunakan kapasitor dan tanpa kapasitor

Perbandingan tegangan, arus, faktor daya ($\cos \phi$), daya nyata, daya semu dan daya reaktif yang menggunakan kapasitor dan tanpa menggunakan kapasitor pada motor induksi 3 fasa daya 1 HP/0,75 kW dapat terlihat jelas ada perubahan. Saat motor induksi *unload* tanpa menggunakan kapasitor nilai arus tinggi dibandingkan dengan motor yang menggunakan kapasitor.

Terlihat juga pada bahwasanya faktor daya lebih baik saat menggunakan kapasitor dari pada tidak menggunakan kapasitor. Pada penggunaan kapasitor $4 \mu f$ diperoleh hasil arus yang lebih rendah dari arus saat tanpa menggunakan kapasitor, penggunaan kapasitor $2 \mu f$ dan $3 \mu f$. Kapasitor dapat membantu memberikan tegangan sehingga, nilai tegangan dari 380 Volt tanpa menggunakan kapasitor mengalami kenaikan pada saat menggunakan kapasitor.

Perbandingan daya juga dapat dilihat pada tabel 4.12, dimana motor yang menggunakan kapasitor dan tanpa kapasitor juga sangat berbeda. Faktor daya 0,45 pada saat tanpa kapasitor sangat rendah. Rendahnya faktor daya tersebut disebabkan karena besarnya daya reaktif pada motor induksi, sehingga menimbulkan rugi-rugi daya. Setelah menggunakan kapasitor dengan nilai kapasitansi yang berbeda faktor daya pada motor induksi 3 fasa meningkat dengan nilai yang diharapkan. Daya nyata motor induksi juga meningkat dan daya reaktif pada motor berkurang saat menggunakan kapasitor.

Grafik hubungan antara nilai kapasitor yang terpasang dengan nilai tegangan, arus dan faktor daya dapat dilihat pada gambar 5, 6, dan 7.

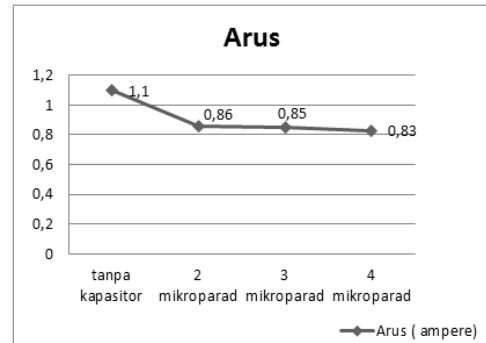


Gambar 6

Grafik hubungan nilai kapasitor dengan tegangan Motor induksi

Semakin besar kapasitor yang terpasang (kapasitor $2 \mu f$, $3 \mu f$, $4 \mu f$) dengan motor

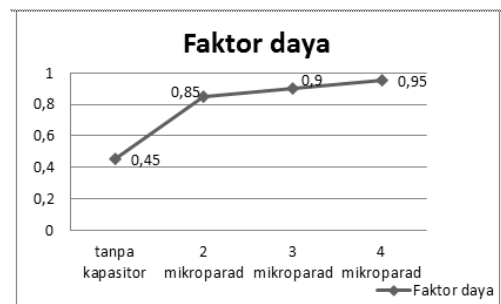
induksi 3 fasa dengan daya 1 HP/0,75 kW diperoleh nilai tegangan yang semakin besar dibandingkan dengan nilai tegangan yang tanpa menggunakan kapasitor yaitu 380 Volt.



Gambar 7

Grafik hubungan nilai kapasitor dengan arus Motor induksi

Semakin besar kapasitor yang terpasang (kapasitor $2 \mu f$, $3 \mu f$, $4 \mu f$) dengan motor induksi 3 fasa dengan daya 1 HP/0,75 kW diperoleh nilai arus yang menurun dibandingkan dengan nilai arus yang tanpa menggunakan kapasitor yaitu 1,1 ampere.



Gambar 7

Grafik hubungan nilai kapasitor dengan nilai faktor daya motor induksi

Semakin besar kapasitor yang terpasang (kapasitor $2 \mu f$, $3 \mu f$, $4 \mu f$) dengan motor induksi 3 fasa dengan daya 1 HP/0,75 kW diperoleh nilai faktor daya semakin besar dibandingkan dengan nilai faktor daya yang tanpa menggunakan kapasitor yaitu 0,45.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian pengaruh kapasitor untuk perbaikan faktor daya adalah,

1. Perbaikan faktor daya motor induksi 3 fasa dapat dilakukan dengan pemasangan kapasitor.
2. Pengaruh pemakaian kapasitor pada motor induksi 3 fasa dengan daya 1 HP/0,75kW tanpa beban (*unload*) dengan nilai kapasitor **2 μ f**, **3 μ f**, **4 μ f** mengalami kenaikan pada tegangan, faktor daya, dan daya nyata motor dibandingkan dengan motor induksi yang tidak menggunakan kapasitor. Penggunaan kapasitor dengan kapasitas yang semakin besar ini juga menyebabkan nilai arus dan daya reaktif pada motor induksi semakin menurun.

DAFTAR PUSTAKA

A.Yani, & P.K, B. 2017. Pemasangan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya. *Journal Electro Technol*, 2 No.3, 31-35.

Anthony, Z. 2010. *Bahan Ajar Mesin Listrik AC*. Padang: ITP Press.

Anthony, Z. 2019. *Mesin Listrik Arus Bolak-Balik Edisi Revisi*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.

Azharuddin Noor, F., Ananta, H., & Sunardiyo, S. 2017. Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, dan Daya Aktif pada Beban Listrik di Minimarket. *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 9 No. 2, 66-73.

K. 2013. Perancangan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Line Mess I Di PT. Bumi Lamongan Sejati (Wbl). *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 2 No. 1.

Liklikwatil, Y. 2014. *Mesin-Mesin Listrik Untuk D3*. Yogyakarta: Deepublish.

Morris, N. 1998. *Aplikasi Listrik dan Elektronika*. Jakarta: PT. Elek Media Komputindo.

Ramdhani, M. 2005. *Rangkaian Listrik*. Bandung: STT TELKOM.

Rinjono, Y. D. 1997. *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta: ANDI.

Wijaya, M. 2001. *Dasar-Dasar Mesin Listrik*.

Zuhal. 1991. *Dasar Tenaga Listrik*. ITB, Bandung.