

# Analisis Pengaruh Variasi Nilai Kapasitor Bank terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan ETAP

Anisa Dyah Lestari<sup>1</sup>, Sunarto<sup>2</sup>, Toto Tohir<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : [anisa.dyah.tlis19@polban.ac.id](mailto:anisa.dyah.tlis19@polban.ac.id)

E-mail : [soen@polban.ac.id](mailto:soen@polban.ac.id)

E-mail : [toto.tohir@polban.ac.id](mailto:toto.tohir@polban.ac.id)

## ABSTRAK

Pada era modern ini, aktifitas manusia tidak bisa dilepaskan dari motor listrik agar mempermudah suatu pekerjaan contohnya di sektor industri. Salah satunya ialah motor induksi tiga fasa. Kinerja motor yang baik tentu diharapkan oleh penggunaannya, namun pada kenyataannya tidak semua motor induksi tiga fasa dapat beroperasi secara maksimal. Hal ini biasanya dipengaruhi oleh faktor daya ( $\cos \phi$ ) motor yang kurang optimal sehingga daya reaktif akan cenderung lebih tinggi. Untuk memperbaiki hal tersebut bisa dengan dipasangnya kapasitor bank secara paralel dengan beban. Pemasangan kapasitor ini tentunya perlu menganalisis variasi nilai kapasitor agar mengetahui nilai kapasitor terbaik karena akan berpengaruh terhadap faktor daya dan kinerja motor induksi tiga fasa. Analisis dilakukan dengan bantuan *software* ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) untuk mendapatkan parameter yang dibutuhkan dan menguji nilai kapasitor yang dipasang dalam sistem. Hasil perhitungan nilai kapasitor bank yang dibutuhkan tiap motor untuk menaikkan  $\cos \phi = 0.85$  adalah 9.9 – 10.63 kVAR,  $\cos \phi = 0.9$  adalah 11.2 – 12.84 kVAR, dan  $\cos \phi = 0.98$  adalah 14 – 17.6 kVAR. Untuk arus input motor turun hingga 45% dari arus awal dan daya reaktif turun hingga 70% dari nilai awalnya.

### Kata Kunci

*Motor Induksi Tiga Fasa, Kapasitor Bank, Faktor Daya, ETAP*

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini motor listrik tentu sudah marak digunakan baik di sektor industri maupun rumah tangga karena konstruksinya yang sederhana, mudah dioperasikan dan biaya perawatannya yang tidak terlalu mahal. Motor induksi tiga fasa merupakan salah satu dari jenis motor listrik yang banyak digunakan di industri. Konstruksi intinya terdiri dari stator dan rotor.

Pemilihan motor induksi umumnya berdasarkan beban antisipasi tertinggi. Hal ini membuat motor menjadi mahal, kenyataannya adalah motor hanya beroperasi pada kapasitas penuh untuk selang waktu yang tidak lama dan beresiko bekerja pada beban yang rendah. Akibatnya kinerja motor induksi akan melemah terutama faktor dayanya.

Untuk mengatasi penurunan kinerja motor induksi tiga fasa ini dapat dilakukan dengan memasang kapasitor bank. Namun, pemasangan kapasitor bank ini perlu dianalisa

dan diperhitungkan sesuai dengan kebutuhan dari motor induksi yang akan diperbaiki faktor dayanya. Jika nilai kapasitor bank yang dipasang terlalu kecil, tidak akan berpengaruh signifikan dan jika nilai kapasitor bank yang dipasang terlalu besar akan mengakibatkan tegangan menjadi naik dan menyebabkan overheat sehingga motor berpotensi terbakar. Untuk analisa dan mendapatkan nilai parameter yang diperlukan dibantu oleh *software* ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) dan menggunakan metode *Load Flow Analysis*.

### 1.1. Motor Induksi 3 Fasa

Dalam dunia kelistrikan, motor induksi ialah alat listrik yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor induksi juga kerap disebut motor asinkron. Jika diklasifikasikan berdasarkan fasa tegangannya terdapat dua jenis, yaitu motor induksi satu fasa dan motor induksi fasa banyak. Umumnya untuk di industri menggunakan motor fasa banyak atau sebutan

lainnya adalah motor tiga fasa. Motor ini memiliki konstruksi yang kuat dan minim perawatan.

### 1.2. Konsep Dasar Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam sirkuit listrik (B. G. Melipurbowo, 2016). Definisi lain dari daya listrik adalah besarnya jumlah listrik yang diserap dalam sebuah rangkaian listrik. Satuan internasional daya adalah Watt. Dalam banyak hal, beban-beban listrik tidak hanya beban resistif saja melainkan kombinasi dari beberapa jenis tahanan. Baik itu dengan induktif maupun kapasitif. Dapat dipastikan pada rangkaian AC akan terjadi pergeseran fasa antara tegangan dan arus yang dapat mempengaruhi perhitungan daya, dimana perkalian antara tegangan dan arus belum menghasilkan daya nyata (P) tetapi menghasilkan daya semu (S).

#### 1.2.1 Daya Aktif (P,watt)

Daya aktif adalah daya yang benar terpakai dan terukur pada beban. Secara matematis, daya nyata adalah perkalian antara tegangan, arus dan koefisien faktor daya. Persamaannya adalah sebagai berikut :

Untuk satu fasa :

$$P = V \times I \times \cos\phi \quad (1)$$

Untuk tiga fasa :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \quad (2)$$

Keterangan :

P = Daya Aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Cos  $\phi$  = Faktor Daya

#### 1.2.2 Daya Semu (S, VA)

Daya semu adalah nilai tenaga listrik dari hasil kali antara tegangan dan arus yang melalui penghantar atau daya dari hasil penjumlahan trigonometri antara daya aktif dan daya reaktif. Secara matematis dapat dirumuskan :

Untuk satu fasa :

$$S = V \times I \quad (3)$$

Untuk tiga fasa :

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \quad (4)$$

Keterangan :

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

#### 1.2.3 Daya Reaktif (Q, VAR)

Daya reaktif adalah daya yang dihasilkan dari peralatan-peralatan listrik. Contohnya pada motor listrik terdapat dua daya reaktif yaitu panas dan mekanik. Daya reaktif panas dihasilkan dari kumparan motor dan daya reaktif mekanik dihasilkan dari putaran. Secara matematis persamaannya adalah :

Untuk satu fasa :

$$Q = V \times I \times \sin\phi \quad (5)$$

Untuk tiga fasa :

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin\phi \quad (6)$$

Keterangan :

Q = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

Sin  $\phi$  = Besaran Vektor Daya

### 1.3. Konsep Dasar Arus Listrik

Arus merupakan aliran electron yang terjadi pada sebuah penghantar dengan kecepatan dalam waktu tertentu. Arus listrik timbul karena adanya beda potensial pada ujung-ujung penghantar yang terjadi karena mendapatkan suatu tenaga untuk mendorong electron tersebut mengalir.

Kecepatan perpindahan arus listrik disebut dengan laju arus yang disimbolkan dengan I dan satuannya Ampere. Arus listrik terjadi jika muatan listrik tersebut mengalir setiap sekon yang mana persamaannya :

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (7)$$

Keterangan :

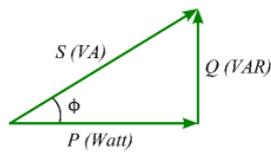
I = Arus (Ampere)

q = muatan listrik

t = waktu

### 1.4. Konsep Dasar Faktor Daya

Faktor daya merupakan perbandingan antara daya aktif dan daya semu. Sudut  $\phi$  adalah sudut yang dibentuk antara sisi daya aktif dan daya semu. Sementara itu untuk daya reaktif tegak lurus terhadap daya aktif.



Gambar 30. Segitiga Daya

Nilai faktor daya dapat dihitung dengan persamaan matematis sebagai berikut :

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{daya aktif (watt)}}{\text{daya semu (VA)}} \quad (8)$$

Faktor daya disimbolkan dengan  $\cos \phi$  dan mempunyai rentang nilai dari 0 sampai 1. Faktor daya yang baik adalah yang nilainya mendekati 1.

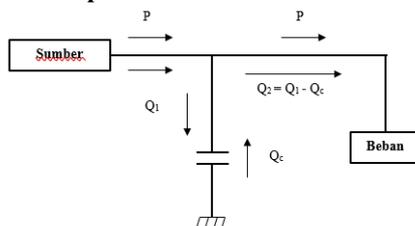
### 1.5. Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah sekumpulan kapasitor yang biasanya memiliki spesifikasi yang sama dan dihubungkan secara seri atau paralel agar mendapatkan besar kapasitas tertentu. Mayoritas kapasitor bank ini digunakan untuk memperbaiki faktor daya pada arus AC sedangkan pada arus DC utamanya pada power supply untuk meningkatkan jumlah energi yang tersimpan.

Kapasitor yang digunakan untuk menaikkan faktor daya dengan cara memasangnya secara paralel dengan rangkaian beban. Pada saat kapasitor penuh dengan muatan electron maka tegangan akan berubah. Kemudian electron akan eluar dari kapasitor dan mengalir ke dalam rangkaian yang memerlukannya.

Dengan demikian kapasitor akan membangkitkan daya reaktif. Saat kapasitor menyuplai daya reaktif ke beban itu berarti kapasitor mengeluarkan electron ( $I_c$ ). Karena beban bersifat induktif dan daya reaktif bersifat kapasitif maka daya reaktif akan menjadi kecil.

#### 1.5.1 Skema Perbaikan Faktor Daya oleh Kapasitor



Gambar 31. Skema Perbaikan Faktor Daya

Jika beban disuplai dengan daya aktif, daya reaktif dan daya semu maka faktor daya awal dapat dihitung dengan persamaan :

$$\cos \phi = \frac{P}{S1} \quad (9)$$

Lalu jika kapasitor sebesar  $Q_c$  dihubungkan ke beban, maka faktor daya akan diperbaiki dimana :

$$\cos \phi = \frac{P}{[P^2 + Q^2]^{\frac{1}{2}}} \quad (10)$$

Dari skema diatas dapat dilihat bahwa dengan daya reaktif sebesar  $Q_c$ , maka daya semu dan reaktif akan berkurang masing-masing. Untuk perhitungan nilai  $Q_c$  dapat dihitung dengan persamaan :

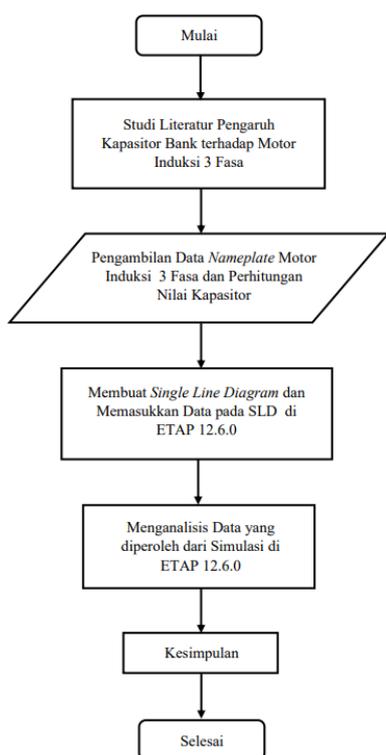
$$Q_c = Q1 - P(\tan \phi^2) \quad (11)$$

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan antara lain studi literatur, identifikasi masalah, observasi, mengumpulkan data-data yang diperlukan, analisa serta evaluasi. Dengan adanya metode penelitian ini dapat mempermudah penelitian yang dilakukan.

### 2.2. Diagram Alir Penelitian



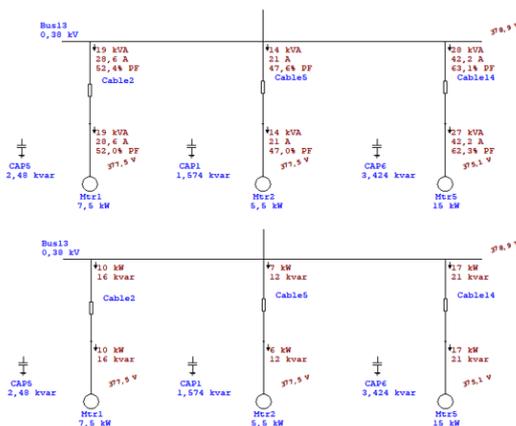
Gambar 32 Diaram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Kondisi Sebelum Penambahan Kapasitor Bank

Tabel 16 Kondisi Awal Motor Induksi 3 Fasa

Parameter	Mtr1 (7,5 kW)	Mtr2 (5,5 kW)	Mtr5 (15 kW)
Tegangan (V)	376.8 V	377.5 V	375.1 V
Arus (A)	28.6 A	21 A	42.2 A
PF	52.7%	47.6%	63.1%
Daya Semu (S)	19 kVA	12 kVA	28 kVA
Daya Reaktif (Q)	16 kVAR	12 kVAR	21 kVAR
Daya Aktif (P)	10 kW	7 kW	17 kW



Gambar 33 Kondisi Awal Motor Induksi 3 Fasa pada ETAP

#### 3.2 Perhitungan Matematis Kondisi Awal

– Mtr1 (7.5 kW, 10 HP)

- Arus  

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} = \frac{10000}{\sqrt{3} \times 376.8 \times 0.527} = 29.08 \text{ A}$$
- Daya Semu (S)  

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I = \sqrt{3} \cdot 376.8 \cdot 28.6 = 18.66 \text{ kVA}$$
- Daya Aktif (P)  

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi = \sqrt{3} \times 376.8 \times 28.6 \times 0.527 = 9.84 \text{ kW}$$
- Daya Reaktif (Q)  

$$Q = S \cdot \sin(\cos^{-1} 0.527) = 15.85 \text{ kVAR}$$

Dengan rumus yang sama, berikut adalah hasil perbandingan dengan hasil simulasi pada ETAP :

Tabel 17 Perbandingan Hasil Perhitungan dan Simulasi

	I (Amp)		S (kVA)		P (kW)		Q (kVAR)	
	Hitung	ETA P	Hitung	T A	Hitung	T A	Hitung	ET AP
Mtr 2	22.49	21	13.73	14	6.53	7	12.07	12
Mtr 1	29.07	28.6	18.66	19	9.84	10	15.85	16
Mtr 5	41.46	42.2	27.41	28	17.3	17	21.26	21

### 3.3 Perhitungan Kebutuhan Nilai Kapasitor Bank

1. Perhitungan untuk Mtr1 (7.5 kW, 10 HP)

a. Diinginkan Cos  $\phi$  sebesar **0.85 lagging**, maka perhitungannya :

$$PF \text{ awal} = 0.527$$

$$P = 10 \text{ kW}$$

$$Q_1 = 16 \text{ kVAR}$$

- Nilai sudut awal  
 $\text{Cos}^{-1}(0.527) = 58.19^\circ$

$$\text{Tan } \phi_1 = 1.61$$

- Nilai sudut perbaikan  
 $\text{Cos}^{-1}(0.85) = 31.78^\circ$

$$\text{Tan } \phi_2 = 0.61$$

- Nilai Qc agar PF = 0.85

$$Q_2 = Q_1 - Q_c$$

$$P \tan \phi_2 = Q_1 - Q_c$$

$$Q_c = Q_1 - P \tan \phi_2$$

$$= 16 \text{ kVAR} - 10 \text{ kW}(0.61)$$

$$= \mathbf{9.9 \text{ kVAR}}$$

b. Diinginkan Cos  $\phi$  sebesar **0.9 lagging**, maka perhitungannya :

- Nilai sudut awal  
 $\text{Cos}^{-1}(0.527) = 58.19^\circ$

$$\text{Tan } \phi_1 = 1.61$$

- Nilai sudut perbaikan  
 $\text{Cos}^{-1}(0.9) = 25.84^\circ$

$$\text{Tan } \phi_2 = 0.48$$

- Nilai Qc agar PF = 0.9

$$Q_2 = Q_1 - Q_c$$

$$P \tan \phi_2 = Q_1 - Q_c$$

$$Q_c = Q_1 - P \tan \phi_2$$

$$= 16 \text{ kVAR} - 10 \text{ kW}(0.48)$$

$$= \mathbf{11.2 \text{ kVAR}}$$

c. Diinginkan Cos  $\phi$  sebesar **0.98 lagging**, maka perhitungannya :

- Nilai sudut awal  
 $\text{Cos}^{-1}(0.527) = 58.19^\circ$

$$\text{Tan } \phi_1 = 1.61$$

- Nilai sudut perbaikan  
 $\text{Cos}^{-1}(0.98) = 11.47^\circ$

$$\text{Tan } \phi_2 = 0.20$$

- Nilai Qc agar PF = 0.98

$$Q_2 = Q_1 - Q_c$$

$$P \tan \phi_2 = Q_1 - Q_c$$

$$Q_c = Q_1 - P \tan \phi_2$$

$$= 16 \text{ kVAR} - 10 \text{ kW}(0.20)$$

$$= \mathbf{14 \text{ kVAR}}$$

Dengan menggunakan rumus dan cara yang sama, maka nilai kapasitor bank dapat diketahui dan perubahannya dapat dilihat pada tabel 3.

### 3.4 Kondisi Setelah Pemasangan Kapasitor Bank

Tabel 18 Perubahan Nilai Cos  $\phi$  Setelah Penambahan Kapasitor Bank

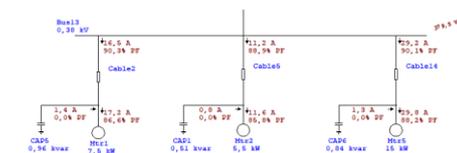
Motor	Cos $\phi_1$	Cos $\phi_2=0.85$		Cos $\phi_2=0.9$		Cos $\phi_2=0.98$	
		Qc	ETAP	Qc	ETAP	Qc	ETAP
Mtr2	0.476	7.73	0.823	8.64	0.876	10.6	0.97
Mtr1	0.527	9.9	0.846	11.2	0.895	14	0.978
Mtr5	0.631	10.63	0.842	12.84	0.889	17.6	0.971

Tabel 19 Perubahan Arus setelah Perbaikan Sesuai Kenaikan Cos  $\phi$

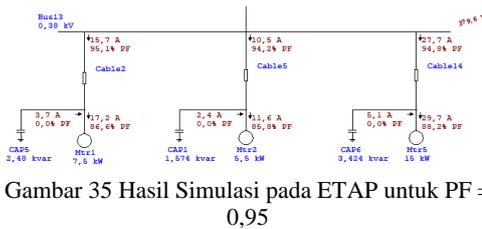
Motor	I Awal (A)	Arus Perbaikan (A)		
		Cos $\phi_2=0.85$	Cos $\phi_2=0.9$	Cos $\phi_2=0.98$
Mtr2	21	12	11.3	10.2
Mtr1	28.6	17.5	16.6	15.1
Mtr5	42.2	31.3	29.6	27

Tabel 20 Daya Reaktif Setelah Perbaikan Cos  $\phi$

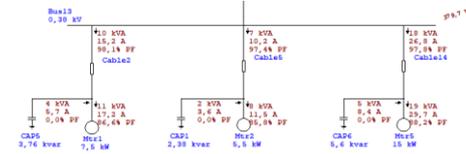
Motor	Q Awal (kVAR)	Daya Reaktif Perbaikan (kVAR)		
		Cos $\phi_2=0.85$	Cos $\phi_2=0.9$	Cos $\phi_2=0.98$
Mtr2	12	4	4	2
Mtr1	16	6	5	2
Mtr5	21	11	9	4



Gambar 34 Hasil Simulasi pada ETAP untuk PF = 0,9



Gambar 35 Hasil Simulasi pada ETAP untuk PF = 0,95



Gambar 36 Hasil Simulasi pada ETAP untuk PF = 0,98

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi, variasi nilai kapasitor bank dapat mempengaruhi kenaikan faktor daya dan arus input pada motor induksi tiga fasa. Nilai  $Q_c$  bisa bervariasi dikarenakan perhitungannya disesuaikan dengan daya motornya agar bisa memberi pengaruh yang cukup signifikan.

Dari perhitungan, didapatkan nilai kapasitor bank untuk  $Mtr1 = 9.9$  kVAR,  $Mtr2 = 7.73$  kVAR, dan  $Mtr5 = 10.63$  kVAR dapat menaikkan faktor daya mendekati 0.85. Nilai kapasitor untuk  $Mtr1 = 11.2$  kVAR,  $Mtr2 = 8.64$  kVAR dan  $Mtr5 = 12.84$  kVAR dapat menaikkan faktor daya mendekati 0.9. selanjutnya nilai kapasitor untuk  $Mtr1 = 14$  kVAR,  $Mtr2 = 10.6$  kVAR dan  $Mtr5 = 17.6$  kVAR dapat menaikkan faktor daya mendekati 0.98.

Untuk nilai faktor daya, walaupun nilainya tidak tepat sama dengan nilai yang diinginkan namun setelah penambahan kapasitor bank rata-rata mengalami kenaikan mendekati nilai perbaikan yang diinginkan. Selain itu, untuk daya reaktif juga turun hingga  $\pm 70\%$  dan arus input turun hingga  $\pm 45\%$ .

## KESIMPULAN

Pemasangan kapasitor bank secara paralel dengan motor induksi tiga fasa dapat menaikkan faktor daya ( $\cos \phi$ ). Selain menaikkan faktor daya, arus input pada beban turun dan daya reaktif pun turun. Hal ini

menunjukkan bahwa pemasangan kapasitor bank ini akan berdampak baik pada penggunaan daya (energi listrik) dan kinerja motor induksi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung, melalui Wakil Direktur Akademik atas bantuan pendanaan penyusunan tugas akhir nomor B/209/PL1/HK.02.00/2022.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfredo Sinaga, R., Eteruddin, H., & Tanjung, A. (2021). Pengaruh Kapasitor Terhadap Faktor Daya Motor Induksi Tiga Fasa di PT. Malindo Karya Lestari. *Jurnal Teknik*, 15(2), 85-93.
- [2] Basudewa, D. A., Aribowo, W., Hermawan, A. C., & Widyartono, M. (2020). Analisa Penggunaan Kapasitor Bank terhadap Faktor Daya Pada Gedung IDB Laboratory UNESA. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(03).
- [3] Rizqiya, Viki Barik. (2019). Analisis Perencanaan Perbaikan Faktor Daya Sebagai Upaya Optimasi Daya Listrik di Gedung E5 Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. (Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Semarang)
- [4] Kurnia, H., & Hariman, H. (2021). 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. *Jurnal Teknik Elektro Raflesia*, 1(2), 13-19.