

PENGARUH KAPASITOR TERHADAP FAKTOR DAYA MOTOR INDUKSI TIGA PHASA DI PT. MALINDO KARYA LESTARI

Rio Alfredo Sinaga¹, Hamzah Eteruddin², Abrar Tanjung³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning

Jl. Yos Sudarso Km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email: rioalfredo59@gmail.com¹, hamzah@unilak.ac.id², abrar@unilak.ac.id³

ABSTRAK

PT. Malindo Karya Lestari merupakan salah satu industri pada bidang *Palm Oil Mill Equipment and Engineering* di Pekanbaru yang bergerak dalam menyediakan unit dan *sparepart* untuk pabrik kelapa sawit. Dalam proses pembuatan unit dan *sparepart* di *workshop* menggunakan beberapa jenis mesin dengan motor induksi tiga fasa dalam pengoperasiannya. Adanya penambahan mesin berpengaruh besar terhadap faktor daya yang dihasilkan dari motor induksi. Motor induksi dirancang untuk beroperasi pada beban penuh, sehingga apabila beban turun maka efisiensi motor turun. Pengoperasian motor di bawah beban tertentu maka memiliki dampak terhadap faktor daya. Faktor daya yang tinggi sangat diinginkan agar motor induksi beroperasi lebih efisien serta menjaga agar biaya lebih rendah untuk semua sistem. Untuk mengatasi faktor daya, biasanya dilakukan dengan pemasangan kapasitor secara paralel dengan beban. Pemasangan kapasitor yang kecil tidak memiliki pengaruh yang berarti, sedangkan kapasitor yang terlalu besar akan berdampak pada naiknya tegangan motor, jika kenaikan tegangan kerja yang terlalu lama, berdampak pada naiknya temperatur motor yang akan menjadi tinggi hal ini dapat mengakibatkan motor dapat terbakar, pemasangan kapasitor yang sesuai di harapkan dapat memperbaiki faktor daya pada motor induksi. Keadaan faktor daya sebelum adanya penambahan mesin adalah 0,886 dapat dinaikan menjadi 0,98 dengan penyesuaian kapasitor bank bernilai 132,4 kVAR. Setelah adanya penambahan mesin faktor daya adalah 0,869 dapat dinaikan menjadi 0,98 dengan penyesuaian kapasitor bank bernilai 201 kVAR.

Kata kunci : Pengaruh Kapasitor, Motor Induksi Tiga Fasa.

ABSTRACT

PT. Malindo Karya Lestari is one of the industries in the field of Palm Oil Mill Equipment and Engineering in Pekanbaru that provides units and spare parts for palm oil mills. The making process of units and spare parts in workshop use several types of machines with three-phase induction motors in operation. The power factor provided by the induction motor is significantly influenced by the addition of the engine. Induction motors are designed to operate at maximum load, therefore their efficiency falls as the load drops. The power factor is influenced by the motor's functioning under a certain load. A high power factor is highly desirable for induction motor to operate more efficiently while keeping low costs for all systems. To overcome the power factor, installing a capacitor in parallel with the load is performed. The installation of a small capacitor does not have a significant effect, while a capacitor that is too large will have an impact on increasing the motor voltage, if the escalation of the working voltage is too long, the motor will grow overheated by which may cause it to burn out, a appropriate capacitor installation is expected to improve the power factor of the induction motor. The power factor state before the engine enhancement was 0.886 which could be increased to 0.98 by adjusting the capacitor bank with a value of 132.4 kVAR. Upon installing the engine, the power factor is 0.869, it may be improved to 0.98 by replacing the capacitor bank with a value of 201 kVAR.

Keywords: Variable Speed Drive (VSD), Passive LC Filter, Harmonics.

1. PENDAHULUAN

PT. Malindo Karya Lestari merupakan salah satu industri pada bidang *Palm Oil Mill Equipment and Engineering* di Pekanbaru yang bergerak dalam menyediakan unit dan suku cadang untuk pabrik kelapa sawit. Dalam proses pembuatannya di *workshop* menggunakan peralatan mesin-mesin listrik, terdapat 60 mesin yang menggunakan motor induksi tiga fasa yaitu 27 unit mesin Bubut, 7 unit mesin *Computer Numbering control* (CNC), 3 unit mesin *Horizontal Boring*, 5 unit mesin *Radial*

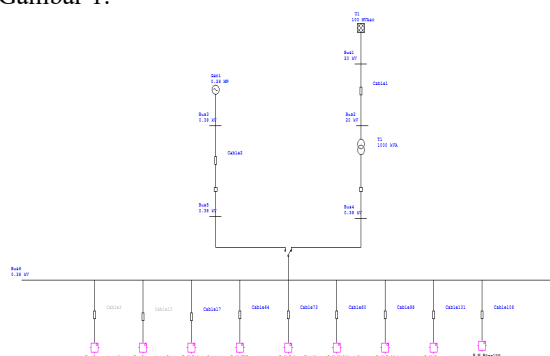
Drilling, 7 unit mesin *Radial Milling*, 3 unit mesin *Hobbing*, 3 unit mesin *Hoist Crane 1T*, 4 unit mesin *Hoist Crane 5T*. Tingginya permintaan pasar, membuat perusahaan menambah mesin antara lain berupa: 18-unit mesin Bubut, 7-unit mesin *Milling*, 1-unit mesin *Hoist Crane 5T* dan 3-unit mesin *Hoist Crane 1T*. Diharapkan dengan adanya penambahan unit mesin ini dapat menyesuaikan dengan permintaan pasar. Jadi dengan adanya penambahan mesin maka jumlah mesin yang terdapat di PT. Malindo Karya Lestari adalah 87 mesin yang menggunakan motor induksi tiga fasa yaitu 45 unit

mesin bubut, 7 unit mesin *computer numbering control* (CNC), 3 unit mesin *horizontal boring*, 5 unit mesin *radial drilling*, 14 unit mesin *radial milling*, 3 unit mesin *hobbing*, 7 unit mesin *hoist crane* 1T, 4 unit mesin *hoist crane* 5T.

Beberapa peneliti telah membahas bagaimana mengoperasikan motor listrik [1]–[3]. Penambahan mesin akan berpengaruh terhadap faktor daya [4]–[6]. Motor induksi dirancang untuk beroperasi pada beban penuh, sehingga apabila beban turun maka efisiensi motor turun [7], [8]. Pengoperasian motor di bawah beban tertentu maka memiliki dampak terhadap faktor daya. Faktor daya yang tinggi sangat diinginkan agar motor induksi beroperasi lebih efisien serta menjaga agar biaya lebih rendah untuk semua sistem [9]. Perbaikan faktor daya biasanya dilakukan dengan pemasangan kapasitor secara paralel dengan beban [10]–[12].

2. METODE PENELITIAN

Single line diagram sistem kelistrikan yang terdapat di PT. Malindo Karya Lestari seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. *Single line diagram* kelistrikan pada software ETAP

Motor induksi merupakan motor listrik tiga phasa dengan arus bolak-balik yang paling banyak digunakan dan dapat di jumpai dalam setiap aplikasi industri maupun rumah tangga. Pada motor ini putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan stator, dengan kata lain putaran rotor dengan putaran medan pada stator terdapat selisih putaran yang disebut *slip* [13]. Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik yang paling banyak diaplikasikan dalam dunia industri [14], [15]. Hal ini dikarenakan motor ini memiliki konstruksi yang kuat, sederhana serta membutuhkan perawatan yang tidak banyak. Selain itu motor juga memberikan efisiensi yang baik dan putaran yang konstan untuk tiap perubahan beban [16], [17].

Kapasitor Bank adalah perangkat yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik. Kapasitor merupakan suatu tempat penampungan (*reservoir*) dimana muatan dapat disimpan dan kemudian dapat digunakan kembali. Suatu kapasitor

mempunyai dua buah pelat logam sejajar. Jika saklar dibiarkan terbuka, tidak akan ada muatan yang muncul pada semua pelat ruang diantara kedua pelat tersebut sehingga tidak akan ada muatan yang tersimpan didalam kapasitor tersebut. Ketika saklar ditutup elektron-elektron akan tertarik dari pelat positif ke terminal positif baterai. Pada saat yang sama, elektron dalam jumlah yang sama akan bergerak dari terminal negatif baterai ke pelat negatif. Pergerakan elektron yang mendadak ini akan diwujudkan berupa suatu lonjakan arus sekejap (arus konvensional mengalir dari terminal positif baterai menuju terminal positif kapasitor) seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Kapasitor Bank

Daya

Secara umum pengertian daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya dinyatakan dalam P, Tegangan dinyatakan dalam V, dan Arus dinyatakan dalam I [18].

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

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

Daya Aktif (P)

Daya aktif (*Active Power*) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Daya ini sebenarnya adalah daya yang dipakai oleh komponen pasif resistor yang merupakan daya yang terpakai atau terserap. Satuan daya aktif adalah *Watt*. Secara matematis, daya rata-rata atau daya nyata merupakan perkalian antara tegangan efektif, arus efektif, dan koefisien faktor daya. Satuan daya aktif adalah *Watt* (W). Adapun persamaan dalam daya aktif sebagai berikut [18].

$$P = I^2 \times R = I^2 \times (Z \times \cos \phi) \quad (2)$$

$$= (IZ) \times I \times \cos \phi$$

$$= V \times I \times \cos \phi$$

Keterangan :

Z = Impedansi dengan satuan Ohm

V = Tegangan dengan satuan Volt

I = Arus dengan satuan Ampere

Untuk satu fasa :

$$P = V \times I \times \cos \phi \quad (3)$$

Untuk tiga fasa :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \quad (4)$$

Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif (*reactive power*) adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet dan yang di suplai oleh komponen reaktif. Umumnya diukur dalam kilovolt-ampere-reactive (kVAr). Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Secara matematis, daya reaktif merupakan perkalian antara tegangan efektif, arus efektif, dan nilai Sin φ. Satuan daya reaktif adalah VAr (Volt Ampere Reaktif) [18].

$$\begin{aligned} Q &= I^2 \times X = I^2 \times (Z \times \sin \phi) \quad (5) \\ &= (IZ) \times I \times \sin \phi \\ &= V \times I \times \sin \phi \end{aligned}$$

Keterangan :

- Q = Daya reaktif dengan satuan VAr
- X = Reaktansi dengan satuan Ohm
- V = Tegangan dengan satuan Volt
- I = Arus dengan satuan Ampere

Untuk satu fasa :

$$Q = V \times I \times \sin \phi \quad (6)$$

Untuk tiga fasa :

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \phi \quad (7)$$

Daya Semu (S)

Daya semu (*apparent power*) atau daya total (S), adalah hasil perkalian antara tegangan efektif (*root-mean-square*) dengan arus efektif (*root-mean-square*) dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri antara daya aktif dan daya reaktif, satuan daya semu adalah VA [18]. Sehingga untuk daya semu dapat dinyatakan.

$$S = V \times I \quad (8)$$

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

Keterangan :

- S = Daya yang disalurkan (VA)
- V = Tegangan saluran (V)
- I = Arus (A)

Untuk satu fasa :

$$S = V \times I \quad (10)$$

Untuk tiga fasa :

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \quad (11)$$

Faktor Daya

Faktor daya atau *power factor (PF)* adalah perbandingan antara daya aktif (kW) P dengan daya total (kVA) S, atau cosinus sudut antara daya aktif dan total. Faktor daya (Cos φ) dapat didefinisikan juga sebagai rasio perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya nyata (VA) yang digunakan dalam sirkuit AC atau beda sudut fasa antara V dan I yang biasanya dinyatakan dalam cos φ [4].

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}} \quad (12)$$

$$Pf = \frac{kW}{kVA} = \frac{V \times I \times \cos \phi}{V \times I} = \cos \phi \quad (13)$$

Kapasitor Bank

Sebuah kapasitor dikatakan memiliki kapasitansi 1 Farad jika arus sebesar 1 A mengalir di dalamnya ketika tegangan yang berubah-ubah dengan kecepatan 1 V/s diberikan pada kapasitor tersebut. Arus yang mengalir di dalam sebuah kapasitor karenanya akan sebanding dengan hasil kali kapasitansi (C) dengan kecepatan perubahan tegangan yang diberikan [19].

$$I = C \times \frac{dv}{dt} (\text{Amp}) \quad (14)$$

Reaktansi dari suatu kapasitor berbanding terbalik baik terhadap nilai kapasitansinya maupun terhadap frekuensi dari tegangan yang diberikan. Reaktansi kapasitif dapat diperoleh dengan menggunakan rumus berikut ini [20] :

$$X_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} (\text{Ohm}) \quad (15)$$

Keterangan :

- X_c = Reaktansi Kapasitansi (Ohm)
- f = Frekuensi tegangan sumber (Hz)
- C = Kapasitansi (Farad)

Jika daya motor induksi tiga fasa maka arus kapasitor yang akan mengalir didalam kapasitor [21].

$$P = V \times I \times \cos \phi (\text{Watt}) \quad (16)$$

Keterangan :

- P = Daya (Watt)
- V = Tegangan sumber (Volt)
- I = Arus yang mengalir (Amper)

Sementara nilai kapasitor diperoleh dari [3] :

$$Q_c = V \times I \times \sin \phi \text{ (VAR)} \quad (17)$$

Keterangan :

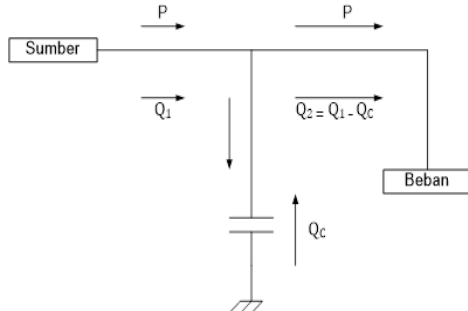
V = Tegangan Sumber (Volt)

Q_c = Daya Reaktif Kapasitor (VAR)

I = Arus yang mengalir (Amper)

Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor

Cara perbaikan faktor daya menggunakan kapasitor bank seperti pada Gambar 3 :



Gambar 3. Diagram perbaikan faktor daya

Jika beban di suplai dengan daya aktif (P), daya reaktif (Q_1), dan daya semu (S_1) pada faktor daya lagging sebesar :

$$\cos \phi = \frac{P}{S_1} \quad (18)$$

$$\cos \phi = \frac{P}{[P^2 + (Q_1 - Q_2)^2]^{1/2}} \quad (19)$$

Jika kapasitor bank sebesar Q_c (kVAR) dihubungkan ke beban, faktor daya akan diperbaiki dari $\cos \phi_1$ menjadi $\cos \phi_2$ dimana :

$$\cos \phi_2 = \frac{P}{S_2} \quad (20)$$

$$\cos \phi_2 = \frac{P}{[P^2 + Q_2^2]^{1/2}} \quad (21)$$

$$\cos \phi = \frac{P}{[P^2 + (Q_1 - Q_c)^2]^{1/2}} \quad (22)$$

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa dengan daya reaktif sebesar Q_c maka daya semu dan daya reaktif berkurang masing-masing dari S_1 (kVA) ke S_2 (kVA) dan dari Q_1 (kVAR) ke Q_2 .

Perhitungan kVAR

Daya kapasitor bank yang akan dipasang/diinstal (Q_c) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_c = Q_1 - P(\tan \phi_2) \quad (23)$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \quad (24)$$

Keterangan :

Q_c = Daya kapasitor bank dalam kVAR.

P = Daya aktif beban dalam kW.

$\tan \phi$ = Tangen sudut fase (V, I) pada instalasi.

$\tan \phi'$ = Tangen sudut fase (V, I) setelah instalasi kapasitor bank.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemakaian Daya Sebelum Penambahan Mesin

Untuk mendapatkan data parameter yang di butuhkan diambil pada panel sumber menggunakan bantuan *Software ETAP* adalah:

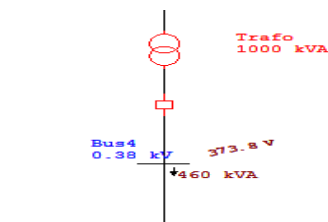
- Tegangan (V) = 373,8 V
- Arus (A) = 711,3 A
- Faktor Daya ($\cos \phi$) = 0,886
- Daya Semu (S/kVA) = 460 kVA
- Daya Aktif (P/kW) = 408 kW
- Daya reaktif(Q/kVAR) = 214 kVAR

Untuk melakukan pembuktian bahwa data yang diperoleh sesuai dengan perhitungan matematis dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Daya Semu

Dari data di atas maka dapat menghitung daya semu yang dapat dihitung sebagai berikut

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I = \sqrt{3} \times 373,8 \times 711,3 \\ = 459,97 \text{ kVA}$$

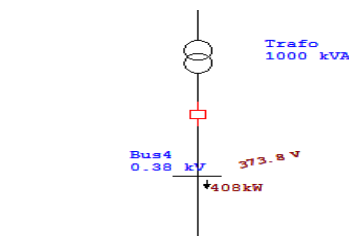


Gambar 4. Pemakaian daya semu sebelum penambahan mesin pada *Software ETAP*

Daya Aktif

Dari data yang diambil menggunakan bantuan *Software ETAP* maka dapat menghitung daya aktif yang dapat dihitung sebagai berikut.

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi = \sqrt{3} \times 373,8 \times 711,3 \times 0,886 \\ = 407,54 \text{ kW}$$

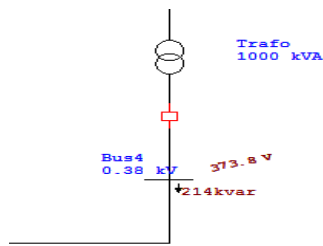


Gambar 5. Pemakaian daya aktif sebelum penambahan mesin pada *Software ETAP*

Daya Reaktif

Dari data yang diambil menggunakan bantuan *Software ETAP* maka dapat menghitung daya reaktif yang dapat dihitung sebagai berikut.

$$Q = S \cdot \sin(\cos^{-1} 0,886) = 460 \times 0,463 = 213,29 \text{ kVAR}$$

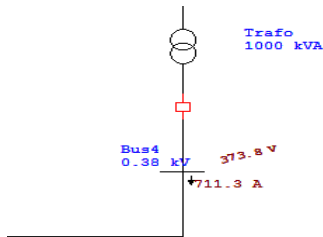


Gambar 6. Pemakaian daya Reaktif sebelum penambahan mesin daya reaktif pada *Software ETAP*

Arus pada bus bar

Dari data yang diambil menggunakan bantuan *Software ETAP* maka dapat menghitung arus yang dapat di hitung secara matematis menggunakan persamaan 2.18

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi} = \frac{408000}{\sqrt{3} \times 373,8 \times 0,886} = 712 \text{ A}$$

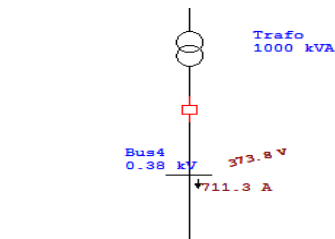


Gambar 7. Arus bus bar sebelum penambahan mesin pada *Software ETAP*

2. Tegangan pada bus bar

Dari data yang diambil menggunakan bantuan *Software ETAP* maka dapat menghitung tegangan pada bus bar yang dapat dihitung sebagai berikut.

$$V = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \phi} = \frac{408000}{\sqrt{3} \times 711,3 \times 0,886} = 374 \text{ V}$$



Gambar 8. Tegangan bus bar sebelum penambahan mesin pada *Software ETAP*

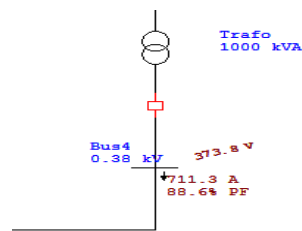
Nilai Kapasitor Bank Sebelum Penambahan Mesin

Melihat hasil data pada program ETAP ditemukan nilai fator daya kurang dari nilai yang ditentukan yaitu 0,98 lagging. Dengan dinaikannya faktor daya ini akan membuat sudut fasa yang terjadi akan semakin kecil seperti persamaan dibawah ini :

$$\phi = \cos^{-1} 0,98 = 11.47^\circ$$

$$\tan \phi_2 = 0.20$$

Jika daya semu yang terjadi sebelum penambahan kapasitor bank dimisalkan sebagai Q_1 , maka daya semu yang terjadi setelah penambahan kapasitor bank adalah Q_2 terlebih dahulu menentukan nilai tangen dari power faktor daya awal yaitu 0,886



Gambar 9. Nilai kapasitor bank sebelum penambahan mesin cos phi 0,886 pada *Software ETAP*

$$\phi = \cos^{-1} 0,886 = 27,625^\circ$$

$$\tan \phi_1 = 0,523$$

Kemudian menentukan nilai daya reaktif (kVAR) yang dibutuhkan untuk menaikkan faktor daya menjadi 0,98 sebagai berikut.

$$Q_2 = Q_1 - Q_C$$

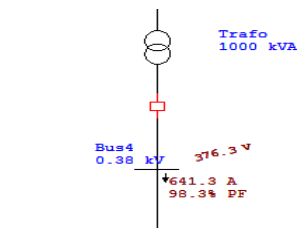
$$P \tan \phi_2 = Q_1 - Q_C$$

$$Q_C = Q_1 - P (\tan \phi_2)$$

$$= 214 - (408 \times 0,20) = 214 - 81,6$$

$$Q_C = 132,4 \text{ kVAR}$$

Dari data diatas maka diperlukan adanya penambahan kapasitor bank yang bernilai 132.4 kVAR agar dapat meyesuaikan dengan kebutuhan yang diperlukan. Menggunakan 7 buah kapasitor bank dengan masing-masing kapasitor bernilai 20 kVAR maka dapat menaikkan faktor daya menjadi 0,98 seperti pada gambar 10



Gambar 10. Nilai kapasitor bank sebelum penambahan mesin cos phi 0.98 pada *Software ETAP*

Pemakaian Daya Sesudah Penambahan Mesin

Untuk mendapatkan data parameter yang dibutuhkan diambil pada panel sumber menggunakan bantuan *Software ETAP* adalah:

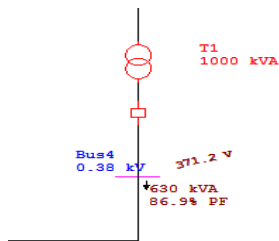
- a. Tegangan (V) = 371,2 V
- b. Arus (A) = 979,5 A
- c. Faktor Daya (cos phi) = 0,869
- d. Daya Semu (S/kVA) = 630 kVA
- e. Daya Aktif(P/kW) = 547 kW
- f. Daya reaktif(Q/kVAR) = 311 kVAR

Untuk melakukan pembuktian bahwa data yang diperoleh sesuai dengan perhitungan matematis dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

Daya Semu

Dari data di atas maka dapat menghitung daya semu yang dapat dihitung sebagai berikut

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I = \sqrt{3} \times 371,2 \times 979,5 = 629,5 \text{ kVA}$$

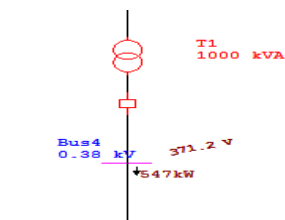


Gambar 11. Pemakaian daya semu sesudah penambahan mesin pada *Software ETAP*

1. Daya Aktif

Dari data yang diambil menggunakan bantuan *Software ETAP* maka dapat menghitung daya aktif yang dapat dihitung sebagai berikut

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi = \sqrt{3} \times 371,2 \times 979,5 \times 0,869 = 546,6 \text{ kW}$$

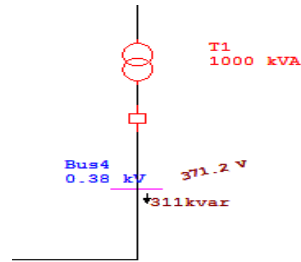


Gambar 12. Pemakaian daya aktif sesudah penambahan mesin pada *Software ETAP*

Daya Reaktif

Dari data di atas maka dapat menghitung daya Reaktif yang dapat di hitung sebagai berikut.

$$Q = S \cdot \sin(\cos^{-1}0,869) = 630 \times 0,494 = 311 \text{ kVAR}$$

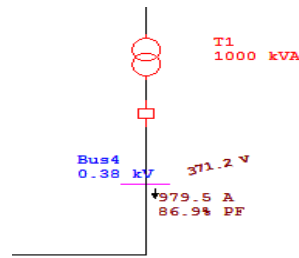


Gambar 13. Pemakaian daya reaktif sesudah penambahan mesin pada *Software ETAP*

Arus pada bus bar

Dari data yang diambil menggunakan bantuan *Software ETAP* maka dapat menghitung daya arus yang dapat dihitung sebagai berikut :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} = \frac{547000}{\sqrt{3} \times 371,2 \times 0,869} = 980 \text{ A}$$

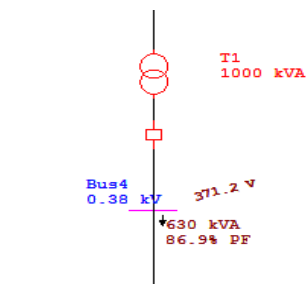


Gambar 14. Arus bus bar sesudah penambahan mesin pada *Software ETAP*

Tegangan pada bus bar

Dari data yang diambil menggunakan bantuan *Software ETAP* maka dapat menghitung tegangan pada bus bar yang dapat dihitung sebagai berikut.

$$V = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos\phi} = \frac{547000}{\sqrt{3} \times 979,5 \times 0,869} = 371 \text{ V}$$



Gambar 15. P Tegangan bus bar sesudah penambahan mesin pada *Software ETAP*

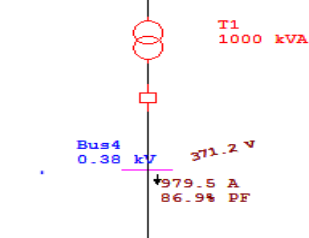
Nilai Kapasitor Sesudah penambahan Mesin

Melihat hasil data pada program ETAP ditemukan nilai fator daya kurang dari nilai yang ditentukan yaitu 0,98 lagging. Berdasarkan data tersebut akan dilakukan perhitungan untuk menentukan penambahan daya reaktif melalui kapasitor bank agar nilai faktor daya naik menjadi 0,98 lagging. Dengan dinaikannya faktor daya ini akan membuat sudut fasa yang terjadi akan semakin kecil seperti persamaan dibawah ini :

$$\varphi = \cos^{-1} 0,98 = 11.47^\circ$$

$$\tan \varphi_2 = 0.20$$

Jika daya semu yang terjadi sebelum penambahan kapasitor bank dimisalkan sebagai Q_1 , maka daya semu yang terjadi setelah penambahan kapasitor bank adalah Q_2 terlebih dahulu menentukan nilai tangen dari power faktor daya awal yaitu 0,869



Gambar 16. Nilai kapasitor sesudah penambahan mesin cos phi 0,869 pada *Software ETAP*

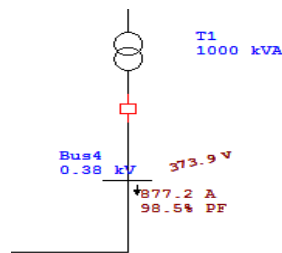
$$\varphi = \cos^{-1} 0,88 = 28,357^\circ$$

$$\tan \varphi_1 = 0,539$$

Kemudian menentukan nilai daya reaktif (kVAR) yang dibutuhkan untuk menaikkan faktor daya menjadi 0.98 sebagai berikut

$$\begin{aligned} Q_2 &= Q_1 - Q_c \\ P \tan \varphi_2 &= Q_1 - Q_c \\ Q_c &= Q_1 - P (\tan \varphi_2) \\ &= 311 - (547 \times 0,20) \\ &= 311 - 109,4 \\ Q_c &= 201,6 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

Dari data diatas maka diperlukan adanya penambahan kapasitor bank yang bernilai 201,6 kVAR agar dapat menyesuaikan dengan kebutuhan yang diperlukan. Menggunakan 11 buah kapasitor bank dengan masing-masing kapasitor bernilai 20 kVAR maka dapat menaikkan faktor daya menjadi 0,98 seperti pada gambar 17



Gambar 17 Nilai kapasitor sesudah penambahan mesin Saat cos phi 0,98 cos phi bus bar pada *Software ETAP*

Setelah melakukan perhitungan sebelum adanya penambahan mesin dan setelah adanya penambahan mesin maka didapat perbandingan dari beberapa parameter yang di tampilkan pada tabel 1

Tabel 1. Perbandingan sebelum dan sesudah penambahan mesin

Sebelum Penambahan Mesin		Sesudah Penambahan Mesin	
Tegangan	373,8 V	Tegangan	371,2 V
Arus	711,3 A	Arus	979,5 A
Faktor Daya	0,886	Faktor Daya	0,869
Daya Semu	460 kVA	Daya Semu	630 kVA
Daya aktif	408 kW	Daya Aktif	547 kW
Daya Reaktif	214 kVAR	Daya Reaktif	311 kVAR

Pengaruh Kapasitor Terhadap Faktor Daya Pada Motor Induksi Tiga Fasa

Untuk mendapatkan data parameter yang dibutuhkan diambil pada panel sumber menggunakan bantuan *Software ETAP* adalah:

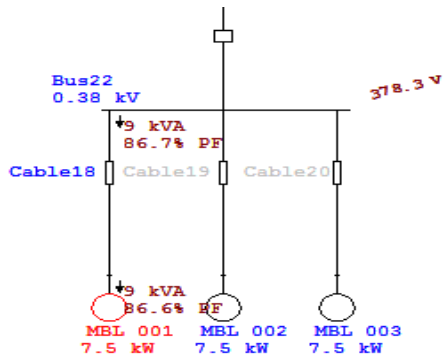
- Tegangan (V) = 378,3 V
- Arus (A) = 13,3 A
- Faktor Daya (cos phi) = 0,867
- Daya Semu (S/kVA) = 9 kVA
- Daya Aktif (P/kW) = 8 kW
- Daya reaktif(Q/kVAr) = 4 kVAr

Untuk melakukan pembuktian bahwa data yang diperoleh sesuai dengan perhitungan matematis dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

Daya Semu

Dari data di atas maka dapat menghitung daya semu yang dapat dihitung sebagai berikut

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I = \sqrt{3} \times 378 \times 13,3 \\ &= 8,7 \text{ kVA} \end{aligned}$$

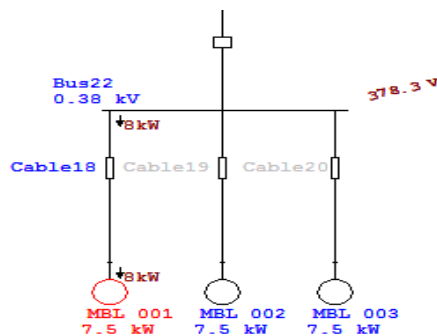


Gambar 17. Pemakaian daya semu motor induksi tiga fasa pada software ETAP

Daya Aktif

Dari data yang diambil menggunakan bantuan *Software ETAP* maka dapat menghitung daya aktif yang dapat dihitung sebagai berikut

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi = \sqrt{3} \times 378,3 \times 13,3 \times 0,867 = 7,55 \text{ kW}$$

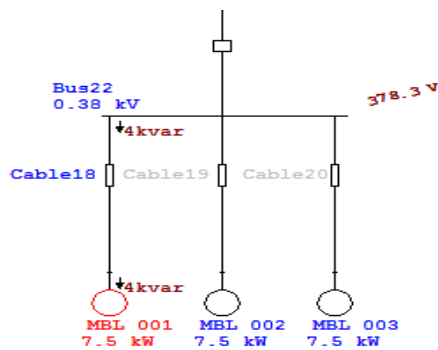


Gambar 18. Pemakaian daya aktif motor induksi tiga fasa pada software ETAP

Daya Reaktif

Dari data yang diambil menggunakan bantuan *Software ETAP* maka dapat menghitung daya reaktif yang dapat dihitung sebagai berikut.

$$Q = S \cdot \sin(\cos^{-1}0.867) = 9 \times 0,498 = 4,4 \text{ kVAR}$$

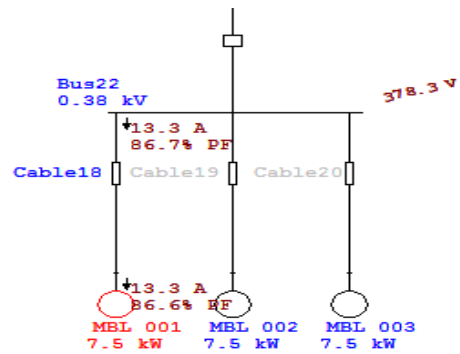


Gambar 19. Pemakaian daya reaktif motor induksi tiga fasa pada software ETAP

Arus pada bus bar

Dari data yang diambil menggunakan bantuan *Software ETAP* maka dapat menghitung arus yang dapat dihitung sebagai berikut

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \times \cos\phi} = \frac{8000}{\sqrt{3} \times 378,3 \times 0.867} = 14A$$

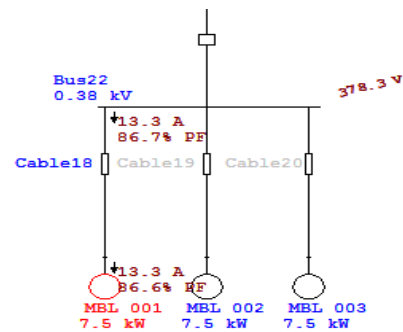


Gambar 20. Arus bus bar motor induksi tiga fasa pada software ETAP

Tegangan pada bus bar

Dari data yang diambil menggunakan bantuan *Software ETAP* maka dapat menghitung tegangan pada bus bar yang dapat dihitung sebagai berikut

$$V = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot I \times \cos\phi} = \frac{8000}{\sqrt{3} \times 13.3 \times 0.867} = 378 \text{ V}$$



Gambar 21. Tegangan bus bar pada motor induksi tiga fasa pada software ETAP

4. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Faktor daya sebelum penambahan mesin adalah 0,886 dan dapat dinaikan menjadi 0,98 dengan Penyesuaian kapasitor bank sebesar 132,4 kVAR.
2. Faktor daya sesudah penambahan mesin adalah 0,869 dan dapat dinaikan menjadi 0,98 dengan Penyesuaian kapasitor bank sebesar 201,6 kVAR.

3. Menggunakan satu buah motor induksi tiga fasa dengan kapasitas 7,5 kW dengan Cos phi 0,867 dapat dinaikan menjadi Cos phi 0,98 dengan menambah kapasitor sebesar 3 kVAr

Berdasarkan hasil studi perbaikan faktor daya ini memberikan masukan kepada manajemen PT. Malindo Karya Lestari agar melakukan penyesuaian pemakaian kapasitor dengan kebutuhan yang diperlukan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Erisman, H. Eteruddin, and A. Atmam, "Evaluasi Kinerja Motor Ship Moving 3 Fasa Menggunakan Variable Speed Drive (VSD) Pada PLTU Tenayan Raya Pekanbaru," in *Seminar Nasional Cendekiawan ke 4*, 2018, pp. 237–242.
- [2] R. Ratnadewi *et al.*, "Control and Notification Automatic Water Pump with Arduino and SMS Gateway," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 407, p. 12160, 2018.
- [3] A. Atmam, A. Tanjung, and Z. Zulfahri, "Analisis Penggunaan Energi Listrik Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Variable Speed Drive (VSD)," *SainETIn*, vol. 2, no. 2, pp. 52–59, 2018.
- [4] J. C. Andreas and A. Emadi, *Energy-Efficient Electric Motors*, 3rd ed. New York: Taylor & Francis, 2005.
- [5] U. A. Bakshi and M. V Bakshi, *Electric Motors*. New Delhi: Unicorn Publishing Group, 2020.
- [6] H. Hendry, H. Eteruddin, and A. Atmam, "Analysis of Voltage Sag Due to Short Circuit on the Sub System in Central Sumatera," *International Journal of Electrical, Energy and Power System Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 1–5, 2018.
- [7] W. Ma and L. Bai, *Energy-saving Principles and Technologies for Induction Motors*. New York: Wiley, 2018.
- [8] F. Parasiliti and P. Bertoldi, *Energy Efficiency in Motor Driven Systems*. Berlin: Springer, 2012.
- [9] Yusmartato, R. Nasution, and Armansyah, "Analisa Penggunaan Motor Sinkron Dengan Kapasitor," *Journal of Electrical Technology*, vol. 3, no. 3, pp. 156–162, 2018.
- [10] Atmam, Zulfahri, and U. Situmeang, "Analisis Pengaruh Perubahan Besaran Kapasitor Terhadap Arus Start Motor Induksi Satu Fasa," *SainETIn*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2016.
- [11] H. Eteruddin and A. A. Mohd Zin, "Reduced Dielectric Losses for Underground Cable Distribution Systems," *International Journal of Applied Power Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 37–46, Apr. 2012.
- [12] A. Van Anugrah, H. Eteruddin, and A. Arlenny, "Studi Pemasangan Express Feeder Jaringan Distribusi 20 kV Untuk Mengatasi Drop Tegangan Pada Feeder Sorek PT. PLN (Persero) Rayon Pangkalan Kerinci," *SainETIn*, vol. 4, no. 2, pp. 65–71, 2020.
- [13] Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Bandung: ITB, 1991.
- [14] S. Aryza, A. N. Abdalla, Z. Khalidin, and Z. Lubis, "Adaptive Speed Estimation of induction motor Based on Neural network Inverse Control," *Procedia Engineering*, vol. 15, pp. 4188–4193, Dec. 2011.
- [15] D. R. Irawan, G. M. C. Mangindaan, and L. S. Patras, "Analisa Kestabilan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Field Oriented Control (FOC)," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 5, no. 3, pp. 80–86, 2016.
- [16] M. Wijaya, *Dasar-Dasar Mesin Listrik*. Jakarta: Penerbit Djambatan, 2001.
- [17] D. Setiawan, H. Eteruddin, and A. Arlenny, "Desain dan Analisis Inverter Satu Fasa Berbasis Arduino Menggunakan Metode SPWM," *Jurnal Teknik*, vol. 13, no. 2, pp. 128–135, 2019.
- [18] M. Ramdhani, *Rangkaian Listrik*, Penerbit Erlangga, Jakarta. Jakarta: Erlangga, 2008.
- [19] C. Cekdin and T. Barlian, *Transmisi Daya Listrik*. Yogyakarta: Andi, 2013.
- [20] M. Tooley, *Rangkaian Elektronika Prinsip dan Aplikasi*. Jakarta: Erlangga, 2002.
- [21] S. J. Chapman, *Electric Machinery Fundamentals*, 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2012.