

## ANALISA PERBAIKAN FAKTOR DAYA SISTEM KELISTRIKAN

Yendi Esye<sup>1</sup>, Sigit Lesmana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro, Universitas Darma Persada

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Darma Persada

email : yendiesye@yahoo.com

### ABSTRAK

Jumlah konsumsi energi listrik dipengaruhi oleh jenis beban yang digunakan. Beban listrik memiliki karakteristik resistif, induktif, dan kapasitif. Karakteristik ini akan berdampak pada sistem kelistrikan yaitu faktor daya. Nilai faktor daya dibatasi dari 0 hingga 1, Jika nilai faktor daya mendekati 1 (daya aktif tinggi) sehingga sistem kelistrikan akan lebih baik dan sebaliknya jika semakin rendah faktor dayanya mendekati 0 (daya reaktif tinggi) sehingga daya listrik yang kurang yang dapat dimanfaatkan dari sejumlah daya tampak sama. Ketika sistem kelistrikan memiliki faktor daya rendah (daya reaktif yang besar) itu akan mempengaruhi penurunan kualitas daya dan meningkatnya penggunaan daya listrik.

Untuk meningkatkan kualitas daya listrik, dibutuhkan simulasi perhitungan untuk peningkatan faktor daya pada panel trafo utama. Analisis perhitungan simulasi, untuk menentukan nilai kapasitor sebagai kompensasi daya menggunakan. Metode analisis adalah memasukkan nilai tegangan, daya nyata dan daya nyata dari kondisi aktual untuk mendapatkan nilai factor daya kondisi saat ini dan kemudian memasukkan nilai target dari faktor daya 0,9 dan 0,95. Sehingga nilai kapasitor diperoleh sebagai kompensasi kekuatannya.

Berdasarkan perhitungan, dapat disimpulkan bahwa untuk transformator 1 & 3 nilai faktor daya masih di bawah 0,9 dan harus menambahkan kapasitor bank (VAR set) pada Transformer 1,4510 micro farad atau 70 KVAR dan pada Transformer 3,680 mikro farad atau 30 kVAR untuk nilai faktor daya perbaikan 0,9. Dan untuk nilai faktor daya reparasi 0,95 dibutuhkan kapasitor farad 7200 mikro atau 110 kVAR untuk trafo 1 dan 1750 mikro farad atau 80 kVAR untuk trafo.

**Kata Kunci :** Faktor Daya, Daya Aktif, Daya Semu, Daya Reaktif, Kapasitor Bank.

### 1. PENDAHULUAN

Masalah kualitas daya didefinisikan sebagai semua masalah yang berhubungan dengan daya listrik yang berupa penyimpangan tegangan, arus dan frekuensi yang menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik. Salah satu dari macam – macam kualitas daya diantaranya adalah faktor daya, harmonisa, tegangan kedip, perubahan frekuensi dan ketidakseimbangan tegangan dan fasa. Faktor daya merupakan salah satu indikator baik buruknya kualitas daya listrik. Faktor daya sendiri besarnya dipengaruhi oleh jenis beban yang dipakai. Beban memiliki sifat resistif, induktif, dan kapasitif. Nilai faktor daya dibatasi dari 0 hingga 1, semakin besar nilai faktor daya yaitu mendekati 1 (daya aktif besar) maka sistem kelistrikan tersebut akan semakin bagus dan sebaliknya semakin rendah faktor daya yaitu mendekati 0 (daya reaktif besar) maka semakin sedikit daya yang bisa

dimanfaatkan dari sejumlah daya tampak yang sama. Ketika suatu sistem listrik memiliki faktor daya yang rendah (daya reaktif besar) maka akan berdampak menurunnya mutu listrik, membesarnya penggunaan daya listrik juga besarnya biaya yang harus dikeluarkan.

Standar nilai minimum untuk faktor daya yang ditetapkan oleh PLN berdasarkan peraturan SPLN 70-1 adalah  $>0,85$ . Apabila faktor daya kurang dari 0,85 maka PLN akan memperhitungkan kelebihan pemakaian Kilo Volt Ampere Reaktif Hours ( *kVARh* ), disamping pemakaian kWh yang sudah ada. Dengan demikian faktor daya harus diperbaiki menjadi tinggi, sesuai dengan faktor daya yang diharapkan.

Kondisi sistem kelistrikan di PT. Denso Indonesia yang berlokasi di Jakarta Utara memiliki 5 buah panel Transformator utama yang terhubung dengan beban-beban induktif berupa mesin-mesin listrik, seperti motor dll. Sehingga menimbulkan daya reaktif induktif yang menyebabkan faktor dayanya menjadi rendah. Dengan rendahnya faktor daya tersebut maka dibutuhkan perbaikan yang diharapkan mampu mengoptimalkan kualitas daya listrik di Industri tersebut. Kondisi saat ini untuk beban secara keseluruhan atau yang tercatat disisi incoming PLN adalah nilai faktor daya rata – rata dari 5 Transformator yang terpasang yaitu 0,87. Kondisi saat ini, memang untuk sisi Industri masih belum terkena denda tetapi apabila ada lagi sedikit penurunan beban maka sangat memungkinkan nilai faktor daya bisa menjadi dibawah 0,85.

## 1.2. Pokok Permasalahan

Perumusan masalah pada pembahasan ini adalah :

1. Menganalisa Faktor Daya pada sistem kelistrikan PT. Denso Indonesia
2. Menganalisis dengan simulasi, bagaimana cara untuk memperbaiki nilai faktor daya secara akurat.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan sebelumnya, tujuan penelitian dalam tugas akhir ini adalah bagaimana menganalisa besarnya nilai faktor daya dan daya reaktif yang digunakan di industri, kemudian memperbaiki nilai faktor daya dari panel Transformator utama yang nilai faktor dayanya masih dibawah 0,85 (sesuai standar batas minimum nilai faktor daya yang ditetapkan oleh PLN). Diharapkan nilai faktor daya bisa mencapai nilai minimal yang menjadi standar di PT. Denso yaitu 0,9 dan 0,95 (Standar perusahaan berada diatas standar minimal PLN ).

## 1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penulisan Tugas Akhir ini adalah menganalisa dan melakukan simulasi perhitungan terhadap kondisi daya dan nilai faktor daya pada 5 unit panel Transformator utama yang memiliki kapasitas daya masing – masing Transformer sebesar 1000 kVA di PT.Denso Indonesia. Kemudian melakukan simulasi perhitungan nilai kapasitor *Bank* yang akan digunakan terhadap panel Transformator utama yang memiliki nilai faktor daya dibawah 0,85 (sesuai standar batas minimum faktor daya yang ditetapkan PLN) agar didapat perbaikan faktor dayanya sebesar 0,9 dan 0,95.

## 1.5. METODE PENELITIAN

Adapun metodologi penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini adalah :

- a. Studi Kepustakaan

Pengumpulan data yang terkait.

b. Metode Analisa

Analisa kondisi daya dan besarnya faktor daya dengan mengumpulkan data data pada sistem kelistrikan di pabrik.

c. Metode Perhitungan dan Simulasi

Perhitungan nilai daya pada panel Transformator dan perhitungan nilai kapasitor yang digunakan untuk perbaikan faktor daya dengan perhitungan.

## 2. PERBAIKAN FAKTOR DAYA

### 2.1. Daya Listrik

Daya listrik terdiri dari tiga macam, yaitu:

#### 2.1.1. Daya Aktif (P)

Daya aktif adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah Watt.

Persamaan untuk mendapatkan nilai daya aktif dalam sistem satu fasa adalah sebagai berikut :

$$P = V.I.Cos \varphi \quad (1)$$

Dimana :

P=Daya Aktif (W), V=Tegangan (V), I= Arus (A) dan Cos  $\varphi$ =Faktor Daya

Persamaan untuk mendapatkan nilai daya aktif dalam sistem tiga fasa adalah sebagai berikut:

$$P = \sqrt{3}.V.I.Cos \varphi \quad (2)$$

Dimana :

P=Daya Aktif (W), v=Tegangan (V), I= Arus (A) dan Cos  $\varphi$ =Faktor Daya

#### 2.1.2. Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain – lain. Satuan daya reaktif adalah *volt ampere reactive* (VAR).

Persamaan untuk mendapatkan nilai daya reaktif dalam sistem satu fasa adalah:

$$Q = V . I . Sin \varphi \quad (3)$$

Dimana :

Q=Daya reaktif(VAR), V=Tegangan (V) dan Arus (A)

Persamaan untuk mendapatkan nilai daya reaktif dalam sistem tiga fasa adalah:

$$Q = \sqrt{3} . V . I . Sin \varphi \quad (4)$$

Dimana :

Q=Daya reaktif(VAR), V=Tegangan (V) dan Arus (A)

#### 2.1.3. Daya Semu (S)

Daya semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan *root mean square* (rms) dan arus rms dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif (P) dan daya reaktif (Q). Satuan daya semu adalah *volt ampere* (VA).

Persamaan untuk mendapatkan nilai daya semu dalam sistem satu fasa adalah:

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{P^2 + Q^2} \\ S &= V \cdot I \end{aligned} \quad (5)$$

Dimana :

S=Daya Semu (VA), P=Daya Aktif (W), Q=Daya reaktif (VAR), V=Tegangan (V) dan I=Arus (A)

Persamaan untuk mendapatkan nilai daya semu dalam sistem tiga fasa adalah:

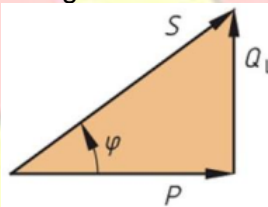
$$\begin{aligned} S &= \sqrt{P^2 + Q^2} \\ S &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \end{aligned} \quad (6)$$

Dimana :

S=Daya Semu (VA), P=Daya Aktif (W), Q=Daya reaktif (VAR), V=Tegangan (V) dan I=Arus (A)

## 2.2. Faktor Daya

Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu/daya total (VA), atau nilai *cosinus* sudut antara daya aktif dan daya semu/daya total (lihat gambar 1). Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan nilai *cosinus* sudut dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Nilai faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu.



Gambar 1. Segitiga daya

Persamaan faktor daya dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$\text{Faktor daya} = \cos \varphi = \frac{P(KW)}{S(KVA)} \quad (7)$$

Untuk sistem tiga fasa adalah :

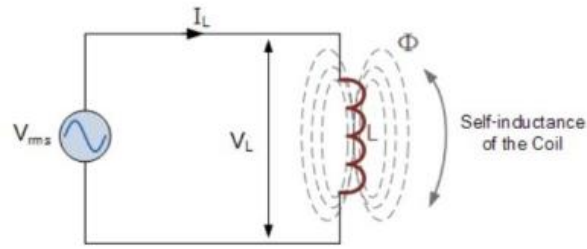
$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi, \quad P = S \cdot \cos \varphi \quad \text{dan} \quad S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

Dimana :

$\cos \varphi$ =Faktor Daya, P=Daya aktif (KW) dan S=Daya semu (KVA)

## 2.3. Beban Induktif

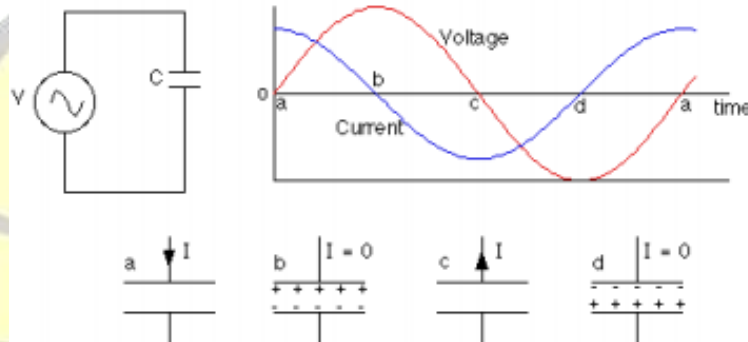
Beban induktif dihasilkan oleh lilitan kawat (kumparan) yang terdapat di berbagai alat-alat listrik seperti motor, Transformator, dan *relay*. Kumparan dibutuhkan oleh alat-alat listrik tersebut untuk menciptakan medan magnet sebagai komponen kerjanya. Pembangkitan medan magnet pada kumparan inilah yang menjadi beban induktif pada rangkaian arus listrik AC.



Gambar 2. Rangkaian listrik AC dengan beban induktif

**2.4. Beban Kapasitif**

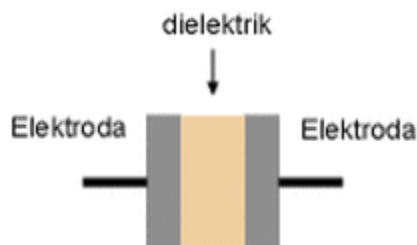
Beban kapasitif merupakan kebalikan dari beban induktif. Jika beban induktif menghalangi terjadinya perubahan nilai arus listrik AC, maka beban kapasitif bersifat menghalangi terjadinya perubahan nilai tegangan listrik. Sifat ini menunjukkan bahwa kapasitor bersifat seakan-akan menyimpan tegangan listrik sesaat.



Gambar 3. Rangkaian listrik AC dengan beban kapasitif

**2.5. Kapasitor**

Kapasitor adalah komponen elektronika yang mempunyai kemampuan menyimpan elektron-elektron selama waktu yang tidak tertentu, besarnya kapasitansi dari sebuah kapasitor ditemukan dalam farad. Pengertian lain Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan dan melepaskan muatan listrik.



Gambar 4. Kapasitor

Perhitungan besarnya nilai kapasitor dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$Q = C.V \tag{7}$$

Dimana :

Q = muatan elektron dalam C (*coulombs*), C = nilai kapasitansi dalam F (*farads*)

V = besar tegangan dalam V (*volt*)

Untuk meningkatkan nilai  $\cos \phi$  mendekati nilai ideal yaitu 1. Dalam hal ini, dengan melihat karakteristik beban yang fluktuatif maka target perbaikan faktor daya adalah dari  $\cos \phi_1$  (sebelum perbaikan faktor daya) menjadi  $\cos \phi_2$  (setelah perbaikan faktor daya), sehingga kebutuhan daya reaktifnya akan berubah menjadi :

$$Q_a = S \cdot \sin \phi_1 \quad (8)$$

$$Q_b = S \cdot \sin \phi_2 \quad (9)$$

Besaran kapasitor yang dibutuhkan untuk perbaikan faktor daya adalah :

$$Q_c = Q_a - Q_b \quad (10)$$

$$C = \frac{Q_c}{2\pi f V^2} \quad (11)$$

Untuk persentasi daya yang dapat dimaksimalkan setelah dilakukan perbaikan faktor daya adalah sebagai berikut :

$$x = S_1 - S_2 \quad (12)$$

$$\% = \frac{x}{S_2} \times 100\%$$

Dimana :

X= Selisih daya semu sebelum dan setelah perbaikan faktor daya

S1= Daya semu setelah perbaikan faktor daya (kVAR)

S2= Daya semu sebelum perbaikan faktor daya (kVAR)

%= Persentasi daya yang dapat dimaksimalkan setelah perbaikan faktor daya

## 2.6 Kapasitor Bank

Kapasitor Bank adalah sekumpulan beberapa kapasitor yang disambung secara parallel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif yang ditentukan. Besaran yang sering dipakai untuk kapasitor *Bank* adalah kVAR (*Kilovolt-ampere reaktif*) meskipun didalamnya terkandung/tercantum besaran kapasitansi yaitu *Farad* atau *microfarad*. Kapasitor ini mempunyai sifat listrik yang kapasitif (*leading*). Sehingga mempunyai sifat mengurangi/menghilangkan sifat induktif (*leaging*). Kapasitor *Bank* berfungsi sebagai penyeimbang sifat induktif.



Gambar 5. Kapasitor Bank

### 2.6.1. Penentuan Besaran Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya

Untuk memperbaiki faktor daya adalah dengan meningkatkan besarnya nilai faktor daya ( $\cos \phi$ ) menjadi nilai yang ideal yaitu mendekati satu. Untuk meningkatkan besarnya nilai faktor daya maka dibutuhkan pemasangan kompensator daya reaktif tambahan berupa kapasitor *bank*. Untuk dapat menentukan nilai kapasitor *bank* yang dibutuhkan dapat dengan menganalisa besarnya daya reaktifnya.

Rumus perhitungan besarnya daya reaktif dapat dilihat pada rumus berikut :

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (13)$$

$$Q = S (\text{kVA}) \sin \varphi$$

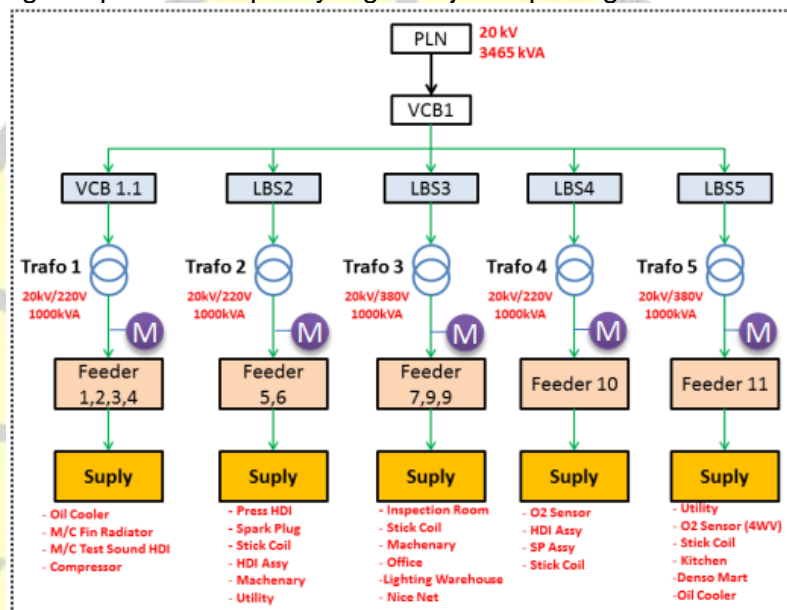
$$Q = P (\text{kW}) \tan \varphi$$

Dimana :

S= Daya semu (KVA), Q=Daya reaktif (KVAR)

### 3. PERHITUNGAN PENINGKATAN FAKTOR DAYA

Sistem tenaga listrik di PT. Denso yang berlokasi di Jakarta Utara mendapat suplai tegangan dari PLN sebesar 20 KV kemudian dialirkan ke lima buah panel Transformator utama berkapasitas 1000 kVA untuk diturunkan tegangannya menjadi 220 V dan 380 V. Selanjutnya tegangan tersebut akan didistribusikan ke masing-masing *line* produksi seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Single line diagram sistem kelistrikan PT. Denso

#### 3.1. Data Daya Pada Transformator Utama

Perhitungan faktor daya yang digunakan pada tugas akhir ini menggunakan daya listrik yang terdapat pada panel Transformator utama. Total terdapat 5 buah panel Transformator utama yang kemudian didistribusikan ke beban-beban pada pabrik. Besarnya daya pada masing-masing panel Transformator dapat dilihat pada tabel.1.

Tabel 1. Kapasitas dan kondisi beban pada 5 panel transformator utama

No	Transformator	Kapasitas (kVA)	Tegangan (V)	Beban (P) (kW)
1	Transformator #1	1000	20 kV → 220 V	212
2	Transformator #2	1000	20 kV → 220 V	283,9
3	Transformator #3	1000	20 kV → 380 V	318
4	Transformator #4	1000	20 kV → 220 V	284,7
5	Transformator #5	1000	20 kV → 380 V	662,2

Dari data yang didapat akan dilakukan perhitungan besarnya faktor daya pada saat kondisi beban puncak pada semua panel Transformator. Data yang dipakai untuk

perhitungan adalah nilai tegangan serta besarnya daya sesuai dengan data aktual yang didapat.

Berikut perhitungan secara manual nilai faktor daya, daya reaktif dan arus pada panel Transformator 1 saat kondisi beban puncak :

Perhitungan faktor daya berdasarkan persamaan 7 :

$$\text{Faktor daya} = \cos\varphi = \frac{P(KW)}{S(KVA)} = \frac{212 \times 10^3}{268,4 \times 10^3} = 0,789$$

Perhitungan Daya Reaktif berdasarkan persamaan 5 :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{268^2 + 212^2} = 164,6 \text{ KVAR}$$

Perhitungan Nilai Arus (A) berdasarkan persamaan 2 :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\varphi \Rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{212 \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,79} = 705,1A$$

Perhitungan terhadap 5 transformator yang terpasang berdasarkan data beban puncak dari tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan kondisi aktual

No	Transformator	Tegangan	Beban Trafo (P) (kW)	Beban Trafo (S) (kVA)	Parameter Perhitungan	Hasil Perhitungan
1	Trafo #1	220	212	268.4	Arus (A)	704.37
					Daya Reaktif ( kVAR)	164.60
					Faktor Daya (CosPi)	0.79
2	Trafo #2	220	283.9	315.7	Arus (A)	828.50
					Daya Reaktif ( kVAR)	138.08
					Faktor Daya (CosPi)	0.90
3	Trafo #3	380	318	360	Arus (A)	546.96
					Daya Reaktif ( kVAR)	168.75
					Faktor Daya (CosPi)	0.88
4	Trafo #4	220	284.7	315.4	Arus (A)	827.71
					Daya Reaktif ( kVAR)	135.73
					Faktor Daya (CosPi)	0.90
5	Trafo #5	380	662.2	738.57	Arus (A)	1122.14
					Daya Reaktif ( kVAR)	327.07
					Faktor Daya (CosPi)	0.90
Rata - rata hasil Faktor daya di sisi Incoming Panel PLN					Faktor Daya (CosPi)	0.87

Dari data diatas berdasarkan perhitungan manual didapatkan ada 2 Transformator yang nilai faktor dayanya masih dibawah 0,9. Dan secara rata – rata nilai factor daya yang terbaca disisi panel incoming PLN di PT. Denso adalah 0,87. Kondisi yang sangat kritis karena dekat dengan standar minimal PLN yaitu 0,85.

#### 4. ANALISA DAN HASIL PERHITUNGAN

##### 4.1 Perbaikan Faktor Daya Pada Transformator 1 dan Transformator 3

###### 4.1.1 Perbaikan Faktor Daya Sesuai Standar Batas Minimum Pabrik (0,9)

Dari data analisa faktor daya yang sudah didapat selama 8 bulan terakhir, selanjutnya menentukan perbaikan faktor dengan menambahkan kompensator daya reaktif yaitu kapasitor *Bank* agar besarnya faktor daya pada panel Transformator 1 dan Transformator 3 sesuai dengan standar batas minimum yang diterapkan pada sistem kelistrikan di pabrik yaitu sebesar 0,9. Untuk mendapatkan nilai besaran kapasitor *bank* yang dibutuhkan maka dilakukan perhitungan.

Berikut perhitungan manual nilai faktor daya, daya reaktif serta arus pada panel Transformator 1 setelah dilakukan perbaikan faktor daya sebesar 0,9 :



Perhitungan faktor daya berdasarkan persamaan 7 :

$$\text{Faktor daya} = \cos\varphi = \frac{P(KW)}{S(KVA)} \rightarrow S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{235}{0,9} = 261,1KVA$$

Perhitungan Daya Reaktif berdasarkan persamaan 5 :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \rightarrow Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{(261,1 \times 10^3)^2 - (235,1 \times 10^3)^2} = 113,82 KVAR$$

Perhitungan Nilai Arus (A) berdasarkan persamaan 2 :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\varphi \Rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{235 \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,9} = 685,24A$$

Perhitungan besarnya daya yang dapat dimaksimalkan sesuai persamaan 12 :

$$x = S1 - S2 = 297,4 KVA - 261,1 KVA = 36,5 KVA$$

$$\% = \frac{X}{S2} \times 100\% = \frac{36,5}{297,4} = 12,3\%$$

Berikut perhitungan manual nilai faktor daya, daya reaktif serta arus pada panel Transformator 3 setelah dilakukan perbaikan faktor daya sebesar 0,9 :

Perhitungan faktor daya berdasarkan persamaan 7 :

$$\text{Faktor daya} = \cos\varphi = \frac{P(KW)}{S(KVA)} \rightarrow S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{282}{0,9} = 313,3 KVA$$

Perhitungan Daya Reaktif berdasarkan persamaan 5 :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \rightarrow Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{(313,3 \times 10^3)^2 - (282 \times 10^3)^2} = 136,58 KVAR$$

Perhitungan Nilai Arus (A) berdasarkan persamaan 2 :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\varphi \Rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{282 \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,9} = 476,06 A$$

Perhitungan besarnya daya yang dapat dimaksimalkan sesuai persamaan 12 :

$$x = S1 - S2 = 328,1 KVA - 313,3 KVA = 14,8 KVA$$

$$\% = \frac{X}{S2} \times 100\% = \frac{14,8}{328,1} = 5\%$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai kapasitor *Bank* yang dibutuhkan dengan perhitungan secara manual. Berikut rumus perhitungan kapasitor yang dibutuhkan. Menghitung selisih daya reaktif aktual dengan daya reaktif setelah perbaikan faktor daya (0,9) sebagai daya reaktif yang akan dikompensasi, berikut perhitungannya :

(Kondisi daya aktual pada panel Transformator 1)

$$S1 = 297,4 \text{ kVA}$$

$$\cos\varphi 1 = 0,79 = 37,8^\circ \text{ (dalam sudut)}$$

$$S2 = 261,1 \text{ kVA}$$

$$\cos\varphi 2 = 0,9 = 25,84^\circ \text{ (dalam sudut)}$$

Perhitungan daya reaktif awal berdasarkan persamaan 8 dan 9 :

$$Q_a = S_1 \cdot \sin \phi_1 = 297,4 \text{ kVA} \times \sin 37,8^\circ = 182,27 \text{ kVAR}$$

$$Q_b = S_1 \cdot \sin \phi_2 = 261,1 \text{ kVA} \times \sin 25,84^\circ = 113,8 \text{ kVAR}$$

$$Q_c = Q_a - Q_b = 182,2 \text{ kVAR} - 113,8 \text{ kVAR} = 68,4 \text{ kVAR}$$

Setelah didapat daya reaktif yang akan dikompensasi kemudian menghitung besaran kapasitor *Bank* yang dibutuhkan untuk mendapatkan faktor daya sebesar 0,9. Perhitungan nilai kapasitor *bank* adalah sebagai berikut:

Perhitungan kapasitor *bank* sesuai dengan rumus 11 :

$$C = \frac{Q_c}{2\pi f V^2} = \frac{68,4 \times 10^3}{3,14 \times 50 \times 222^2} = 4500,7 \mu F$$

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan diatas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Setelah dilakukan perhitungan terhadap lima buah panel Transformator utama pada pabrik yang berlokasi di Jakarta Utara dengan kondisi beban puncak, didapat dua buah panel Transformator yang nilai faktor dayanya masih dibawah **0,9** yaitu pada Transformator 1 sebesar **0,78** dan Transformator 3 sebesar **0,80**.
2. Berdasarkan data aktual yang didapat selama delapan bulan terakhir yaitu pada Transformator 1 memiliki rata-rata daya aktif (P) sebesar **262 kW**, daya semu (S) sebesar **326.9 kVA**, daya reaktif sebesar **195.4 kVAR**, arus sebesar **857.9 A** dan faktor daya sebesar **0.80**. Untuk Transformator 3 memiliki daya aktif (P) sebesar **313 kW**, daya semu (S) sebesar **362.3 kVA**, daya reaktif sebesar **182.3 kVAR**, arus sebesar **550.45 A** dan faktor daya sebesar **0.86**.
3. Setelah dilakukan perbaikan faktor daya sebesar 0.9 maka pada Transformator 1 memiliki rata-rata daya semu (S) sebesar **291.1 kVA**, daya reaktif sebesar **126.8 kVAR** dan arus sebesar **763.9 A**. Untuk Transformator 3 memiliki daya aktif daya semu (S) sebesar **347.9 kVA**, daya reaktif sebesar **151.7 kVAR** dan arus sebesar **528.6 A**. Dan untuk perbaikan factor daya sebesar 0.95 maka pada Transformator 1 memiliki rata-rata daya semu (S) sebesar **275.8 kVA**, daya reaktif sebesar **86.1 kVAR** dan arus sebesar **723.8 A**. Untuk Transformator 3 memiliki daya aktif daya semu (S) sebesar **329.6 kVA**, daya reaktif sebesar **102.9 kVAR** dan arus sebesar **500.8 A**.
4. Sesuai hasil perhitungan pada saat beban puncak maka untuk mendapatkan faktor daya sebesar **0.9** pada Transformator 1 dibutuhkan kompensasi daya reaktif menggunakan kapasitor *Bank* sebesar **100 kVAR / 6780 uF** dan Transformator 3 sebesar **50 kVAR / 1100 uF**. Sedangkan untuk mendapatkan perbaikan faktor daya sebesar **0.95** pada Transformator 1 dibutuhkan kompensasi daya reaktif kapasitor *Bank* sebesar **160 kVAR / 10528 uF** dan Transformator 3 sebesar **100 kVAR / 2205 uF**.
5. Dengan meningkatnya faktor daya hanya dapat mengubah daya semu (S) yang terpakai tetapi tidak dapat mengubah beban/daya aktif yang digunakan sehingga dengan perbaikan faktor daya sebesar **0.9** maka daya semu (S) yang digunakan dapat dimaksimalkan sebesar **11%** pada Transformator 1 dan **6%** pada Transformator 3. Sedangkan dengan meningkatkan faktor daya

sebesar **0.95** maka daya semu (S) yang digunakan dapat dimaksimalkan sebesar **16%** pada Transformator 1 dan **11%** pada Transformator 3.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Charles K Alexander, Mathew N.O., 2007, *Fundamental Of Electric Circuit, Fouth Edition*, Mc Graw Hill
2. Price, Gary, 2007, *Electrical of Complete Course, Edisi Pertama*, Global Media
3. Sutrisna, Fendy, 2010, *Masalah Faktor Daya dan Pemasangan Kapasitor*, Jakarta
4. Zuhail, 1994, *Dasar Teknik Tegangan Tinggi dan Elektronika Daya*, Gramedia, Jakarta
5. ...., 2002, *Training Course Material*, PT. Denso Indonesia, Jakarta
6. Ahmad Yani, 2018, *Pemasangan Kapasitor bank untuk Perbaikan Faktor Daya*, (<https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/download/2361266>, diakses tanggal 3 Juli 2018)
7. Rinaldo Jaya Sitorus, Eddy Warman, 2013, *Studi Kualitas Listrik dan Perbaikan Faktor Daya pada Beban Listrik Rumah Tangga menggunakan Kapasitor*, Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara (USU), ([download portal garuda.org/article.php?article=110240&val=4117](http://download.portalgaruda.org/article.php?article=110240&val=4117), diakses tanggal 20 Juni 2018)

