

# ANALISA PEMASANGAN KAPASITOR UNTUK MENINGKATKAN FAKTOR DAYA PADA TRAF01 DI HOTEL MELIA BALI

I Kadek Satrya Anggara Putra<sup>1</sup>, I Made Suartika<sup>2</sup>, I Wayan Rinas<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana Denpasar – Bali

Email : [satrya321@gmail.com](mailto:satrya321@gmail.com)<sup>1</sup>, [madesuartika@unud.ac.id](mailto:madesuartika@unud.ac.id)<sup>2</sup>, [rinas@unud.ac.id](mailto:rinas@unud.ac.id)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Hotel Melia Bali-Indonesia merupakan hotel pertama dari manajemen Sol Melia, yang selanjutnya menjadi Hotel Bali Sol. Hotel ini disuplai dari trafo 1 Hotel Melia Bali melalui MDP1 dengan 9 SDP, dengan prioritas suplai listrik ke gedung kamar dan villa. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh arus pada masing-masing fasa yaitu: fasa R = 456 A, fasa S = 445 A, fasa T = 412 A dan faktor daya 0,84. Faktor daya yang kurang dari 0,85, berdasarkan penetapan penyesuaian tarif tenaga listrik dari PT.PLN dapat dikenakan biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2016). Berdasarkan data tersebut, maka pada penelitian ini diadakan analisis pemasangan kapasitor untuk meningkatkan faktor daya pada trafo 1 Melia Bali Sol. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan simulasi pemodelan dengan ETAP. Berdasarkan hasil analisis pemasangan kapasitor dapat meningkatkan faktor daya sebesar 11% dari 0,84 menjadi 0,95 dan sudah melebihi batas minimum rata-rata faktor daya yang ditentukan penyesuaian tarif tenaga listrik PLN. Selain itu Arus beban turun 12% dari 442,3 A menjadi 389,5 A.

**Kata kunci** : Kapasitor, faktor daya, arus beban.

## ABSTRACT

*Melia Bali-Indonesia Hotel is the first hotel of Sol Melia's management, which subsequently becomes the Bali Sol Hotel. This hotel was supplied from transformer 1 of the Melia Bali Hotel via MDP1 with 9 SDPs, with priority to supply electricity to rooms and villas. Based on the measurement results obtained currents: at each phase namely: phase R = 456 A, phase S = 445 A, phase T = 412 A and power factor of 0,84. A power factor of less than 0,85, based on the determination of an electric power tariff adjustment from PT PLN, may be subject to excess reactive power usage fees (Regulation of the Minister of Energy and Mineral Resources of the Republic of Indonesia Number 28 of 2016). Based on these data, an analysis of the installation of capacitors was carried out to increase the power factor in transformer 1 of Melia Bali Sol. The method used is to use simulation modeling with ETAP. Based on the results of the analysis of the installation of capacitors can increase the power factor by 11% to 0,95, already exceeding the minimum average power factor determined by the PLN electricity tariff adjustment. In addition, the load current decreased 12% from 442.3 A to 389.5 A.*

**Keywords:** Capacitor, power factor, load current.

## 1. PENDAHULUAN

Melia Bali-Indonesia merupakan hotel pertama dari manajemen Sol Melia. Hotel ini dirancang dan mulai dibangun pada tanggal 2 Desember 1985 dengan nama Hotel Bali Sol. Perkembangan perusahaan yang begitu pesat menuntut kebutuhan energi listrik berkualitas semakin besar, sehingga diperlukan sistem proteksi yang mampu menjaga kehandalan sistem. Trafo 1 Hotel Melia Bali mensuplai listrik ke MDP1 dengan 9 SDP, dengan prioritas suplai listrik ke gedung kamar dan villa. Dari hasil pengukuran diperoleh arus pada masing-masing fasa yaitu sebesar: fasa R = 456A, fasa S = 445A, fasa T = 412A dan

faktor daya 0,84. Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2016 menyatakan, kelebihan pemakaian daya reaktif dikenakan biaya jika faktor daya kurang dari 0,85 [1].

Dari data tersebut, maka dilakukan analisis mengenai pengaruh pemasangan kapasitor pada trafo 1, Hotel Melia Bali terhadap perbaikan faktor daya dengan menggunakan simulasi pemodelan dengan ETAP.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. Beban Pada Sistem Tenaga Listrik

Beban listrik adalah jumlah listrik yang digunakan oleh masyarakat. Beban listrik dapat dibedakan menjadi 2, yaitu beban seimbang dan beban tidak seimbang. Beban seimbang memiliki daya total sama dengan tiga kali daya fasa, karena daya pada tiap-tiap fasanya sama. Sedangkan pada sistem tidak seimbang daya pada tiap fasa memiliki nilai yang berbeda [2]. Pada rangkaian arus AC (bolak-balik), beban kapasitif dan induktif akan memberi pengaruh kerangkaian, sehingga beban yang bekerja yaitu beban resistif, beban induktif, dan beban kapasitif. Pengertian dari beban resistif, kapasitif, dan induktif dijelaskan di bawah ini [3].

#### 1. Beban Resistif

Beban resistif merupakan beban yang dihasilkan dari rangkaian yang terdiri dari resistor murni sebagai penghambat. Beban ini hanya menyerap daya aktif, dan tidak menyerap beban reaktif sama sekali.

#### 2. Beban Induktif

Beban induktif yaitu beban yang dihasilkan dari komponen listrik yang mengandung kumparan kawat yang dililitkan pada inti besi. Beban ini menyerap daya aktif dan daya reaktif dengan faktor daya *lagging*, yaitu saat tegangan listrik mendahului arus sebesar sudut  $\phi$ .

#### 3. Beban Kapasitif

Sedangkan beban kapasitif menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif. Beban ini mengandung komponen kapasitor, yaitu komponen pasif.

## 2.2. Daya

### 2.2.1. Daya aktif

Daya aktif adalah daya yang sebenarnya digunakan oleh konsumen. Daya aktif memiliki satuan Watt [4]. Daya aktif dapat dihitung menggunakan persamaan 1 dan 2.

$$\text{Daya Aktif 1 Fasa} \\ P = V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (1)$$

$$\text{Daya Aktif 3 Fasa} \\ P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (2)$$

Dimana :

P adalah Daya Aktif (Watt)

V adalah Tegangan Listrik (Volt)

I adalah Arus (Ampere)

### 2.2.2. Daya reaktif

Daya reaktif merupakan daya yang

digunakan untuk menghasilkan medan magnet. Satuan daya reaktif adalah Var (*Volt Ampere Reactive*). Daya reaktif ditulis dengan simbol Q [5]. Daya reaktif dapat dihitung menggunakan persamaan 3 dan 4.

$$\text{Daya Reaktif 1 Fasa} \\ Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \quad (3)$$

$$\text{Daya Reaktif 3 Fasa} \\ Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \phi \quad (4)$$

Dimana :

Q adalah Daya Reaktif (Volt Ampere Reactive / Var)

V adalah Tegangan Listrik (Volt)

I adalah Arus (Ampere)

### 2.2.3. Daya semu

Daya semu merupakan daya yang dibangkitkan oleh generator pada sistem pembangkit listrik. Daya semu memiliki satuan VA (*Volt Ampere*) dan ditulis dengan simbol S [6]. Daya semu terdiri dari daya aktif dan daya reaktif. Daya semu dapat dihitung menggunakan persamaan 5 dan 6.

$$\text{Daya Semu 1 Fasa} \\ S = V \cdot I \quad (5)$$

$$\text{Daya Semu 3 Fasa} \\ S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad (6)$$

Dimana :

S adalah Daya Semu (Volt Ampere)

V adalah Tegangan Listrik (Volt)

I adalah Arus Listrik (Ampere)

## 2.3. Faktor Daya

Faktor daya merupakan cosines dari beda sudut fasa antara arus dan tegangan. Faktor daya atau  $\cos \phi$  mempunyai rentang nilai antara 0 sampai 1. Nilai faktor daya didapatkan dengan membagi daya aktif (P) dengan daya semu (S). Semakin mendekati 1 maka nilai faktor daya akan semakin baik. Faktor daya dibedakan menjadi dua yaitu faktor daya tertinggal (*lagging*) dan faktor daya mendahului (*leading*) [7].

## 2.4. Rating Capacitor Bank pada Sistem Distribusi

*Capacitor Bank* merupakan suatu kapasitor yang terdiri dari beberapa unit kapasitor yang saling terhubung paralel maupun seri untuk menginjeksikan daya reaktif ke sistem tenaga listrik sehingga *voltage drop* dan rugi-rugi daya dapat diminimalisir [8].

Berikut ini merupakan perhitungan *Power Factor Correction*. Dimana perhitungan

ini dilakukan untuk menentukan besaran kapasitor yang dibutuhkan.

$$Q_c = kVar_1 - kVar_2 \tag{7}$$

$$P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) = P (\tan \arccos \phi_1 - \tan \arccos \phi_2) \tag{8}$$

Dimana:

Q<sub>c</sub> adalah Rating Kapasitor Daya (KVAR)  
 kVar<sub>1</sub> adalah Daya Reaktif awal  
 kVar<sub>2</sub> adalah Daya Reaktif yang diinginkan  
 P adalah Daya Aktif / Beban Listrik (kW)  
 tan φ<sub>1</sub> diperoleh dari Faktor Daya Listrik awal  
 tan φ<sub>2</sub> diperoleh dari Faktor Daya Listrik yang diinginkan

Menentukan nilai kapasitor pada simulasi

$$X_c = \frac{V^2}{MVar} \tag{9}$$

Dimana :

V adalah tegangan pada saluran (kV)  
 X<sub>c</sub> adalah nilai kapasitor pada simulasi  
 Var adalah besar rating kapasitor daya

### 3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang bersumber dari pengukuran beban pada Trafo 1, Hotel Melia Bali dan beberapa data sekunder yang bersumber dari buku-buku yang berhubungan dengan topik.

Berikut tahapan proses analisis :

1. Pengumpulan data trafo yaitu data sistem kelistrikan, data pembebanan, data teknik, data diagram satu garis dan data hasil pengukuran arus dan faktor daya pada Trafo 1.
2. Permodelan sistem kelistrikan Trafo 1.
3. Permodelan pemasangan kapasitor pada Trafo 1.
4. Menganalisa perubahan arus pada Trafo 1.
5. Menganalisa perubahan faktor daya pada Trafo 1.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Pengukuran Beban Pada Trafo 1

Pengukuran dilakukan untuk arus, tegangan dan cos φ pada tiap-tiap fasa pada beban puncak. Hasil pengukuran Trafo 1 pada hotel Melia Bali dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran beban Trafo 1

Pengukuran		
Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Cos φ

R	S	T	R	S	T	R	S	T
225	231	228	456	445	412	0,83	0,83	0,86

#### 4.2. Kapasitas Daya Aktif, Daya Semu Pada Setiap Fasa

Dari tabel 1 dapat dilihat hasil pengukuran Trafo 1, dimana masing-masing fasa memiliki arus dan tegangan sebesar fasa R: 456 A, 225 V, fasa S: 445 A, 231 V, dan fasa T: 412 A, 228 V. Faktor daya (cos φ) yang di dapat dari hasil pengukuran tiap fasa pada sistem kelistrikan Hotel Melia Bali berturut-turut yaitu: fasa R 0,83, fasa S 0,83 dan fasa T 0,86. Dapat dihitung besar total daya semu (VA) per-fasa dan total daya aktif (W) per-fasa menggunakan persamaan 5 dan 1.

$$\begin{aligned} \text{Daya Semu Fasa R} &= I_R \times V_R \\ &= 456 \times 225 \\ &= 102 \text{ VA} \end{aligned}$$

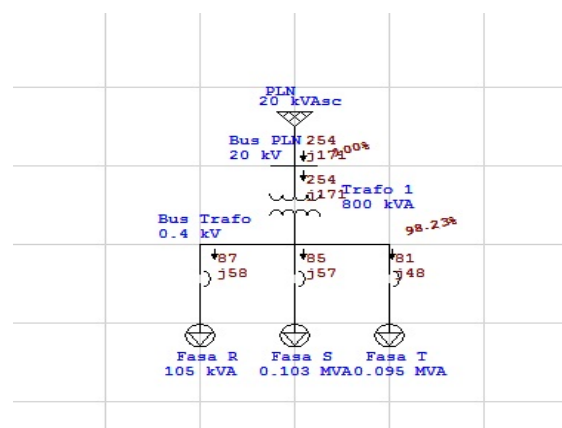
$$\begin{aligned} \text{Daya Aktif Fasa R} &= I_R \times V_R \times \cos \phi_R \\ &= 456 \times 225 \times 0,83 \\ &= 85 \text{ kW} \end{aligned}$$

Kemudian dengan menggunakan metode yang sama akan diperoleh nilai daya semu dan daya aktif pada tiap-tiap fasa lainnya pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran beban Trafo 1

Trafo 1	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Daya Semu (kVA)	102	102	93
Daya Aktif (kW)	85	85	80

#### 4.3 Hasil Running Simulasi Trafo 1 Setelah Pemasangan Kapasitor



Gambar 4.3 Hasil running simulasi Hotel Melia Bali

Dari hasil simulasi pada software Etap, hasil load flow report menunjukkan bahwa pada Trafo 1 arus yang mengalir 442,3 A dengan faktor daya 0,84.

#### 4.4 Analisa Rating Kapasitor

Berikut ini merupakan perhitungan *Power Factor Correction*. Dimana perhitungan ini berfungsi untuk menentukan besaran kapasitor yang dibutuhkan.

Sesuai dengan Tabel 2 dimana daya aktif pada fasa R = 85 kW, fasa S = 85 kW dan fasa T = 80 kW sehingga :

$$P_{(total\ Trafo\ 1)} = 85 + 85 + 80 = 250\ kW$$

$$P = 250\ kW$$

Rating kapasitor daya (kVAR) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 8 sebagai berikut:

$$\phi_1 = \text{Arc cos } 0,84 = 33,9^{\circ}$$

$$\phi_2 = \text{Arc cos } 0,95 = 18,19^{\circ}$$

$$Q_C = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) = 250 (\tan 33,9 - \tan 18,19) = 81,9\ kVAR$$

Dimana :

$Q_c$  adalah Rating Kapasitor Daya (kVar).

$P$  adalah Daya Aktif / Beban Listrik (kW).

$\tan \phi_1$  adalah Faktor Daya Listrik awal.

$\tan \phi_2$  adalah Faktor Daya Listrik yang diinginkan.

Nilai kapasitor pada simulasi dapat dihitung dengan persamaan 9 sebagai berikut :

$$X_C = \frac{kV^2}{MVAR} = \frac{0,16}{0,082} = 1,9\ \Omega$$

Dimana :

$V$  adalah tegangan pada saluran (kV)

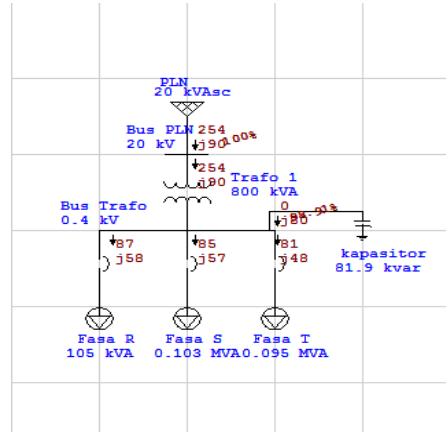
$X_C$  adalah nilai kapasitor pada simulasi

$Var$  adalah Rating Kapasitor Daya

Rangkaian kapasitor bank pada simulasi terhubung secara paralel pada bus trafo dengan sumber tegangan 400V. Rating kapasitor daya dari hasil perhitungan sebesar  $Q_C = 81,9\ kVar$  , nilai  $X_C$  sebesar  $1,9\ \Omega$  dan nilai kapasitor sebesar 1358 microfarad sehingga diharapkan dapat meningkatkan faktor daya pada trafo 1 yang awal sebesar 0,84.

#### 4.5 Hasil *Running* Simulasi Trafo 1 Setelah Pemasangan Kapasitor

Hasil *runing* program ETAP *PowerStation* dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar3.



Gambar 2 Tampilan Hasil *Running* Setelah Pemasangan Kapasitor

#### PORT

Load Flow					XFMR
ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap
Bus Trafo	0.254	0.090	7.8	94.3	
Bus PLN	-0.253	-0.084	389.5	94.9	

Gambar 3 Hasil Load Flow Report Setelah Pemasangan Kapasitor

Dari hasil simulasi setelah pemasangan kapasitor menunjukkan bahwa pada Trafo 1 arus yang mengalir sebesar 389,5 A dengan faktor daya 0,94 (94,9%).

#### 4.6 Analisa Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor Pada Trafo 1

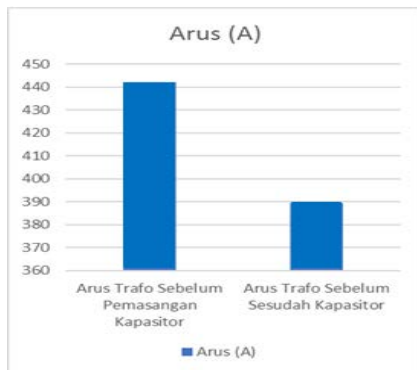
Berikut merupakan tabel arus dan factor daya sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor

Tabel 3. Arus dan faktor daya pada trafo 1

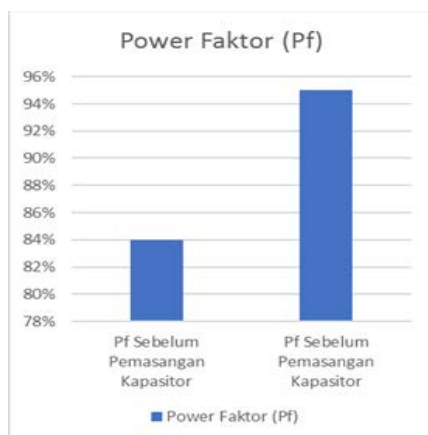
Trafo 1	Arus (A)	Faktor daya ( $P_f$ )
Sebelum	442,3	0,84
Sesudah	389,5	0,95

Dari tabel 3 terlihat, sebelum pemasangan kapasitor pada trafo 1 arus yang mengalir 442,3 A dengan faktor daya 0,84. Sedangkan sesudah pemasangan kapasitor arus menjadi 389,5A dengan faktor daya menjadi 0,95. Dari hasil tersebut memperlihatkan setelah pemasangan kapasitor arus menurun sebesar

52,8 A atau 12%, sedangkan faktor daya meningkat 11%. Jadi pemasangan rating kapasitor daya sebesar 81,9 kVar dapat memperbaiki faktor daya dan dalam waktu yang sama dapat menurunkan arus beban trafo1, sehingga dapat melampaui standar rata-rata faktor daya yaitu 0,85 dan tidak dikenakan biaya pemakaian daya reaktif oleh PLN.



Gambar 4. Rekap Hasil Pemasangan Kapasitor Terhadap Arus



Gambar 5. Rekap Hasil Pemasangan Kapasitor Terhadap Power Faktor

## 5. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dapat diambil beberapa simpulan diantaranya nilai faktor daya sebelum pemasangan kapasitor yaitu sebesar 0,84 sehingga dapat dikenakan biaya pemakaian daya reaktif berdasarkan penyesuaian tarif tenaga listrik oleh PLN untuk rata-rata faktor daya dibawah 0,85. Pemasangan kapasitor dapat meningkatkan power faktor sebesar 11% menjadi 0,95, sudah melebihi batas standard rata-rata faktor daya yang ditentukan penyesuaian tarif tenaga listrik PLN sehingga tidak dikenakan biaya

pemakaian daya reaktif. Selain itu Arus beban turun sebesar 52,8A dari 442,3 A menjadi 389,5 A.

Jadi pemasangan kapasitor dapat memperbaiki faktor daya dan dalam waktu yang sama dapat menurunkan arus beban trafo1 sehingga dapat menghemat biaya operasional.

### 5.2. Saran

Dalam penelitian selanjutnya perlu dikembangkan untuk analisa sistem pembumian (*grounding*) pada hotel Melia Bali-Indonesia.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2016", Tentang Tenaga Listrik yang Disediakan oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (PERSERO).
- [2] Somantri, A.M. 2017. *Analisis Pebaikan Faktor Daya untuk Memenuhi Penambahan Beban 300kVA Tanpa Penambahan Daya PLN*. Sinusoida Vol. XIX No. 1, April 2017.
- [3] Hardiranto, W.N. "Analisa Optimasi Perbaikan Faktor Daya Dan Drop Tegangan dengan Menggunakan Kapasitor Bank Pada Line 5 PT. Bukit Asam". Teknik Elektro : Universitas Lampung, 2017
- [4] R. C. Dugan, dkk, "Electrical Power System Quality", Second Edition. USA: The McGraw-Hill Companies, 2004
- [5] Hakim, Muhammad Fahmi. 2014. *Analisis Kebutuhan Capacitor Bank Beserta Implementasinya untuk Memperbaiki Faktor Daya Listrik di Politeknik Kota Malang*. Jurnal ELTEK Vol 12 Nomor 01 ISSN 1693-4024
- [6] Hermawan A.D. *Pemasangan0Kapasitor bank di Pabrik PT. Djaja Tbk. Probolinggo*. Jurnal IPTEK Vol. 16 No.2 Denpasar 2012.
- [7] Suhadi,dkk. "Teknik Distribusi Tenaga Listrik": Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008
- [8] Gconen, Turan, "Electric Power Distribution system engineering". New York, 1986