

Analisis Perbaikan Faktor Daya Pada Transformator 2500KVA/400V di Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai Bali

I Wayan Utama¹, Dodik Candra²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Pendidikan Nasional, Indonesia

¹E-mail: wayansutama@undiknas.ac.id

DOI: 10.38043/telsinas.v6i1.4321	Received: 25 Maret 2023	Accepted: 10 April 2023	Publish: 25 April 2023
----------------------------------	-------------------------	-------------------------	------------------------

ABSTRAK: Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dampak dari perbaikan factor daya terhadap efisiensi jaringan, penghematan biaya dan juga penambahan beban baru yang dapat dipasang tanpa harus memperbesar kapasitas daya terpasang. Hasil pengukuran faktor daya pada Transformator 2500kVA/400V LVMSB-CH2 sebesar 0,75 lebih rendah dari faktor daya standar 0,85 yang ditetapkan PLN. Secara keseluruhan faktor daya yang rendah akan membuat tagihan rekening listrik menjadi besar karena juga harus menanggung biaya finalty pemakaian daya reaktif yang berlebihan. Solusi yang ditawarkan adalah memperbaiki factor daya menjadi 0,95 dengan memasang kapasitor bank pada LVMSB-CH2. Berdasarkan analisis konsumsi energi selama 1 bulan pada LVMSB-CH2 sebelum perbaikan faktor daya sebesar 1.015.293,39 kWh dengan efisiensi 93,08%. Setelah dilakukan perbaikan faktor daya menjadi 0,95, konsumsi energi menjadi 988.811,67 kWh dengan efisiensi energi listrik 95,57%. Diperoleh penghematan biaya dari perbaikan faktor daya sebesar Rp 27.429.236,83. Beban baru yang bisa dipasang sebesar 422 kVA tanpa harus memperbesar kapasitas daya terpasang. Sedangkan untuk melakukan perbaikan faktor daya menjadi 0,95 dibutuhkan Kapasitor Bank Q_c sebesar 829,86 kVAR.

Kata Kunci: Energi, Faktor Daya, Kapasitor Bank

ABSTRACT : The purpose of this study is to analyze the impact of power factor improvement on network efficiency, cost savings and also the amount of new loads that can be installed without increasing the installed power capacity. The power factor measurement results on the 2500kVA/400V LVMSB-CH2 transformer are 0.75 lower than the standard power factor of 0.85 set by PLN. Overall, a low power factor will make electricity bills bigger because you also have to bear the final costs of using excessive reactive power. The solution offered is to improve the power factor to 0.95 by installing a capacitor bank on LVMSB-CH2. Based on an analysis of energy consumption for 1 month at LVMSB-CH2 before improving the power factor of 1,015,293.39 kWh with an efficiency of 93.08%. After improving the power factor to 0.95, energy consumption becomes 988,811.67kWh with an electric energy efficiency of 95.57%. Cost savings obtained from improving the power factor of IDR 27,429,236.83. The new load that can be installed is 422 kVA without having to increase the installed power capacity. Meanwhile, to improve the power factor to 0.95, a Bank Capacitor Q_c of 829.86 kVAR is needed

Keywords: Energy, power factor, capacitor bank

I. PENDAHULUAN

Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali salah satu Bandar udara yang dikelola oleh PT. Angkasa Pura I (Persero). Bandara ini mempunyai fasilitas pelayanan penerbangan seperti landas pacu (*runway*) dengan panjang 3.000 meter dan lebar 45 meter dengan perkerasan beton dan aspal, gedung terminal penumpang internasional dan terminal domestic. Catu daya utama listrik dari PLN sebesar 2 x 10.380 kVA dengan cadangan catu daya dari genset sebesar 20.750 kVA. Penggunaan energi listrik yang optimal tanpa mengurangi beban menurut kebutuhan dapat diwujudkan dengan melakukan audit energi listrik [1]. Dalam konsumsi energi listrik, diharapkan perusahaan dapat menekan penggunaan energi listrik seminimal mungkin. Terutama pada sumber energi listrik yang disuplai oleh transformator 2500 kVA / 400V menuju ke panel *Low Voltage Main Station Board* (LVMSB-CH2) dengan beban berupa fasilitas sistem pendingin (*chiller*). Oleh karena itu, sudah saatnya dilakukan manajemen penggunaan energi listrik. Kajian awal, pemborosan energi listrik dikarenakan oleh faktor daya pada beban induksi yang sangat rendah. Hasil pengukuran factor daya pada LVMSB-CH2 dengan beban listrik berupa

pendingin (chiller) sebesar 0,75. Untuk daya yang sama, faktor daya yang rendah menyebabkan arus yang diserap menjadi besar yang dapat menyebabkan rugi-rugi daya listrik pada saluran akan meningkat, sehingga efisiensi saluran akan rendah. Disamping berdampak terhadap kualitas daya listrik, faktor daya yang rendah akan mengakibatkan biaya tagihan rekening listrik akan besar, karena untuk pelanggan industri yang mengkonsumsi daya reaktif lebih dikenakan tarif biaya finalty. Dengan perbaikan faktor daya menjadi 0,95, untuk beban yang tetap arus yang diserap lebih rendah dari sebelumnya. Daya yang terpakai menjadi lebih efisien serta dapat menambah beban baru tanpa harus menambah daya terpasang [2] [3] [4] [5] [6]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dampak dari perbaikan faktor daya terhadap efisiensi jaringan, penghematan biaya dan juga besarnya beban baru yang dapat dipasang tanpa harus memperbesar kapasitas daya terpasang. Hasil penelitian ini sebagai bahan pertimbangan bagi manajemen PT. Angkasa Pura I dalam rangka rencana perbaikan faktor daya pada transformator distribusi 2500 kVA / 400V LVMSB-CH2.

II. LANDASAN TEORI

Faktor Daya

Faktor daya ($\cos \phi$) merupakan perbandingan antara daya aktif dengan daya semu [7][8]:

$$\text{Faktor daya} = \frac{P}{S} \quad (1)$$

Atau

$$\cos \phi = \frac{V \times I \times \cos \phi}{V \times I} \quad (2)$$

Menurut standar, bahwa faktor daya minimal adalah 0,85 dan bagi industri yang mengkonsumsi daya reaktif dalam jumlah yang besar sehingga membuat faktor daya kurang dari 0,85 dikenakan biaya pemakaian daya reaktif [9]. Untuk beban yang faktor dayanya kurang dari 0.85 lagging disarankan untuk memasang kapasitor untuk mengkompensasi daya reaktif [10]. Keuntungan lain dari pemasangan kapasitor adalah menurunkan jatuh tegangan (menaikkan tegangan), mengurangi rugi-rugi daya pada saluran, menambah penyediaan kapasitas daya (VA) [11].

Konsumsi Energi Spesifik

Konsumsi Energi Spesifik (KES) adalah istilah yang digunakan untuk mengetahui besarnya pemakaian energi yang diperlukan untuk proses produksi. Untuk menghitung besarnya konsumsi energi spesifik industri dapat dilakukan jika diketahui [8]:

1. Konsumsi energi industri selama proses periode tertentu (kWh/periode, GJ/periode)
2. Jumlah total produksi yang diproses selama periode tertentu (Ton/periode)

$$\text{Konsumsi Energi Spesifik} = \frac{\text{konsumsi energi}}{\text{jumlah produksi}} \quad (4)$$

Kapasitor Bank

Kapasitor adalah peralatan listrik yang bisa menghasilkan daya reaktif yang diperlukan oleh konsumen sehingga aliran daya reaktif pada saluran bisa berkurang [12]. Dengan memasang kapasitor, konsumen besar bisa terhindar dari tambahan tagihan listrik karena pemakaian daya reaktif yang berlebihan.

Kapasitor bank yaitu rangkaian yang terdiri dari kumpulan unit kapasitor. Kapasitas dari unit kapasitor menyatakan besar daya reaktif nominal yang dihasilkan pada tegangan dan frekuensi nominal, dinyatakan dalam satuan dasar (VAR). Kapasitor bank yang menarik daya reaktif negatif dan terpasang paralel dengan sebuah beban induktif akan mengurangi daya reaktif yang seharusnya disuplai seluruhnya oleh sistem pada beban induktif [2].

Perbaikan Faktor Daya 3 phase

Perbaikan faktor daya yaitu melakukan perbaikan pada nilai $\cos \phi_1$ menjadi $\cos \phi_2$ dengan tingkat distorsi yang rendah dan tidak terjadi resonansi pada impedansi bus-bus utama. Kebutuhan daya reaktif untuk pemasangan kapasitor bank dapat dihitung digunakan persamaan berikut ini:

$$Q_3 \text{ fasa} = P_R \times (\tan \theta_{R1} - \tan \theta_{R2}) \quad (5)$$

Besarnya kapasitas kapasitor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$C = \frac{Q_c}{2 \pi f V^2} \quad (6)$$

Dengan:

Q_c = Daya reaktif yang dikompensasi (kVAR)

C = Kapasitansi Kapasitor (μF)

Efisiensi Energi

Efisiensi Energi adalah usaha yang dilakukan untuk mengurangi pemakaian energi, dalam menggunakan sebuah peralatan atau sistem yang berhubungan dengan energi [9] [13]. Persamaan efisiensi energi dapat ditulis sebagai berikut

$$\eta = \frac{W_1}{W_2} \times 100\% \quad (7)$$

Dimana:

$$W_1 = \sqrt{3} \times V_1 \times I_1 \times \cos \phi_1$$

$$W_2 = \sqrt{3} \times V_2 \times I_2 \times \cos \phi_2$$

Dampak Rendahnya Faktor Daya

Peningkatan beban yang bersifat induktif pada sistem tenaga listrik dapat menurunkan nilai faktor daya (PF). Penurunan faktor daya (PF) ini dapat menimbulkan berbagai kerugian, antara lain [14][15] :

a. **Kerugian pada saluran (Rugi Tembaga)**

Pada sebuah penghantar, kerugian yang timbul akibat arus yang mengalir adalah berbanding lurus dengan nilai arus pangkat dua (I^2). Sehingga semakin besar arus yang mengalir pada penghantar tersebut, semakin besar kerugian (losses) pada jaringan tersebut

b. **Ukuran Penghantar**

Ketika faktor daya rendah, arus yang mengalir akan meningkat, dengan demikian, untuk mengalirkan arus yang besar dibutuhkan ukuran penghantar konduktor yang lebih besar

c. **Tegangan Jatuh (Voltage Drop)**

Ketika faktor daya bernilai rendah, tegangan drop akan menjadi besar, sehingga nilai tegangan diujung penerima menjadi kecil bila dibandingkan dengan tegangan diujung pengirim

d. **Efisiensi Rendah**

Dalam kasus rendahnya faktor daya, akan terjadi drop tegangan yang cukup besar hal ini akan menyebabkan nilai efisiensi rendah.

e. **Penalti dari Penyedia Layanan Listrik (PLN)**

PLN akan membebankan denda faktor daya di bawah 0,85 tertinggal dalam tagihan tenaga listrik.

III. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data primer yang merupakan hasil pengukuran. Pengukuran dilakukan pada *Low Voltage Main Station Board* (LVMSB-CH2) yang disuplai oleh transformator 2500kVA. Besaran yang diukur antara lain: tegangan saluran, tegangan fasa, arus fasa, factor daya, panjang jaringan semua beban. Sedangkan data sekunder yang digunakan antara lain tahanan jenis dari penghantar yang dipergunakan. Dari besaran data tersebut dihitung rugi-rugi daya pada saluran, efisiensi saluran, biaya konsumsi energi listrik. Selanjutnya dihitung besarnya kompensasi daya reaktif untuk memperbaiki factor daya, rugi-rugi daya pada saluran, efisiensi saluran, biaya konsumsi energi listrik setelah perbaikan factor daya. Juga dianalisis besarnya beban baru yang yang dapat dipasang tanpa harus menambah kapasitas daya terpasang dari PLN.

IV. PEMBAHASAN

Data Beban

Panel LVMSB-CH2 PT. Angkasa Pura I (Persero) melayani beban berupa mesin chiller dengan data seperti ditunjukkan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1 Data Beban Pada Panel LVMSB-CH.2 PT. Angkasa Pura I

No	Beban	P (KW)	Cos φ_1	Tegangan (V)
1	CH3	535	0,75	396
2	CH4	535	0,75	396
3	DB CHWPS	160 x 2	0,75	396
4	DB CHWPP	55 x 2	0,75	396

Data saluran yang dipergunakan untuk menyalurkan daya listrik dari panel LVMSB-CH.2 ke beban ditunjukkan pada table 2.

Tabel 2 Data Kabel Pada Panel LVMSB-CH.2 PT. Angkasa Pura I

No	Saluran	Kabel	Luas Penampang (mm ²)	Panjang Km	Tahanan (R) Ω /Km	R_{total} Ω /Km
1	CH3	(NYY 3x240)x3	3x240	0,17	0,0754	0,038454
2	CH4	(NYY 3x240)x3	3x240	0,19	0,0754	0,042978
3	DB CHWPS	(NYY 3x120)x2	2x120	0,16	0,153	0,04896
4	DBCHWPP	(NYY 3x70)x2	2x70	0,175	0,268	0,0938

Untuk memperbaiki kualitas daya listrik direncanakan memperbaiki faktor daya dari 0,75 menjadi 0,95.

Analisis Energi Listrik Pada Saluran CH3:

Berdasarkan data beban pada tabel di atas, untuk melakukan analisis energy pada saluran CH3, terlebih dulu dihitung arus dengan faktor daya 0,75:

$$I_1 = \frac{P_{beban}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \text{Cos}\varphi_1} = \frac{535000}{1,73 \cdot 396 \cdot 0,75} = 1041,24 \text{ Ampere}$$

Perhitungan Rugi-rugi daya listrik pada saluran CH3 dengan faktor daya 0,75:

$$P_{\text{rugi-rugi}_1} = (1041,24)^2 \times 0,038454$$

$$P_{\text{rugi-rugi}_1} = 41691,16 \text{ Watt}$$

Perhitungan Rugi- rugi energi pada saluran CH3 dengan faktor daya 0,75 selama 1 bulan dengan waktu operasi setiap hari selama 21 jam, maka:

$$W_{\text{rugi-rugi}_1} = 41691,16 \times 21 \times 30$$

$$W_{\text{rugi-rugi}_1} = 26265,43 \text{ kWh}$$

Perhitungan Arus setelah perbaikan factor daya menjadi 0,95:

$$I_2 = \frac{P_{beban}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \text{Cos}\varphi_2} = \frac{535000}{1,73 \cdot 396 \cdot 0,95} = 822,03 \text{ Ampere}$$

Perhitungan Rugi-rugi daya listrik pada saluran CH3 dengan faktor daya 0,95:

$$P_{\text{rugi-rugi}_2} = (822,03)^2 \times 0,038454$$

$$P_{\text{rugi-rugi}_2} = 25984,80 \text{ Watt}$$

Perhitungan Rugi- rugi energi pada saluran CH3 dengan faktor daya 0,95 selama 1 bulan dengan waktu operasi setiap hari selama 21 jam, maka:

$$W_{\text{rugi-rugi}_2} = 25984,79 \times 21 \times 30$$

$$W_{\text{rugi-rugi}_2} = 16370,42 \text{ kWh}$$

Untuk saluran yang lain, dengan cara yang sama rugi-rugi daya dan energi listrik hasil selengkapnya ditunjukkan pada tabel 3 berikut:

Tabel 3 Hasil Perhitungan Rugi Rugi Daya Listrik Pada Panel LVMSB-CH.2 (4000A)

Saluran	P _{rugi-rugi} Watt		W _{rugi-rugi} KWh	
	Cos φ ₁ (0,75)	Cos φ ₂ (0,95)	Cos φ ₁ (0,75)	Cos φ ₂ (0,95)
CH3	41691,16	25984,80	26265,43	16370,42
CH4	46596,00	29041,83	29355,48	18296,35
DB CHWPS	18990,49	11836,18	11964,01	7456,79
DB CHWPP	4299,16	2679,53	2708,47	1688,10

Perhitungan Efisiensi:

P_{sumber} CH3 dengan faktor daya 0,75 menggunakan persamaan berikut:

$$P_{\text{sumber}_1} = P_{\text{beban}} + P_{\text{rugi-rugi}_1}$$

$$P_{\text{sumber}_1} = 576691,16 \text{ Watt}$$

P_{sumber} CH3 dengan faktor daya 0,95 menggunakan persamaan berikut:

$$P_{\text{sumber}_2} = P_{\text{beban}} + P_{\text{rugi-rugi}_2}$$

$$P_{\text{sumber}_2} = 560984,79 \text{ Watt}$$

Efisiensi saluran CH3 sebelum perbaikan faktor daya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi}_1 = \frac{P_{\text{beban}}}{P_{\text{sumber}_1}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi}_1 = 92,77\%$$

Efisiensi saluran CH3 setelah perbaikan factor daya (faktor daya 0,95) yaitu sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi}_2 = \frac{P_{\text{beban}}}{P_{\text{sumber}_2}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi}_2 = 95,37\%$$

Dengan cara yang sama, untuk saluran yang lain hasil selengkapnya ditunjukkan pada tabel 4 berikut:

Tabel 4 Hasil Perhitungan Efisiensi Saluran Pada Panel LVMSB-CH.2 (4000 A)

Saluran	P _{beban} Watt	P _{sumber} Watt		Efisiensi ₁ %	
		Cos φ ₁ (0,75)	Cos φ ₂ (0,95)	Cos φ ₁ (0,75)	Cos φ ₂ (0,95)
CH3	535000	576691,16	560984,80	92,77%	95,37%
CH4	535000	581596,00	564041,83	91,99%	94,85%
DB CHWPS	320000	338990,49	331836,18	94,40%	96,43%
DB CHWPP	110000	114299,16	112679,5	96,24%	97,62%

Perbandingan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) dan Waktu Beban Puncak (WBP)

WBP terjadi pada pukul 17.00 s/d 22.00, jadi WBP berlangsung selama 5 jam/hari, dan LWBP 19 jam/hari. Karena mesin chiller dimatikan dan tidak beroperasi pada pukul 02.00 s/d 05.00 atau selama

3 jam maka LWBP menjadi 16 Jam/ Hari. LWBP W_1 adalah kondisi panel LVMSB-CH.2 sebelum perbaikan faktor daya, LWBP W_2 adalah kondisi LVMSB-CH.2 sesudah ada perbaikan faktor daya. Energi yang digunakan selama 1 bulan pada saluran CH3 dengan perbandingan LWBP dan WBP dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

LWBP (Luar Waktu Beban Puncak) saluran CH3 dengan faktor daya 0,75:

$$W_{lwbp_1} = P_{sumber_1} \times t \times \text{hari}$$

$$W_{lwbp_1} = 576691,16 \times 16 \times 30$$

$$W_{lwbp_1} = 276811,76 \text{ kWh}$$

LWBP (Luar Waktu Beban Puncak) saluran CH3 dengan faktor daya 0,95:

$$W_{lwbp_2} = 560984,80 \times 16 \times 30$$

$$W_{lwbp_2} = 269272,70 \text{ kWh}$$

WBP (Waktu Beban Puncak) saluran CH3 dengan faktor daya 0,75:

$$W_{wbp_1} = 576691,16 \times 5 \times 30$$

$$W_{wbp_1} = 86503,67 \text{ kWh}$$

WBP (Waktu Beban Puncak) saluran CH3 dengan faktor daya 0,95:

$$W_2 = 560984,80 \times 5 \times 30$$

$$W_2 = 84147,72 \text{ kWh}$$

Dengan cara yang sama, perhitungan pemakaian energy LWBP dan WBP untuk saluran yang lain ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 5 Perhitungan Energi LWBP dan WBP LVMSB-CH.2 (4000 A)

BEBAN	$\text{Cos } \phi_1 (0,75)$		$\text{Cos } \phi_2 (0,95)$			
	LWBP W_1 kWh	WBP W_1 kWh	Energi/Bulan (kWh)	LWBP W_2 kWh	WBP W_2 kWh	Energi/Bulan (kWh)
CH3	276811,76	86503,67	363315,43	269272,70	84147,72	353420,42
CH4	279166,08	87239,40	366405,48	270740,08	84606,27	355346,35
DB						
CHWPS	162715,44	50848,57	213564,01	159281,37	49775,43	209056,79
DB CHWPP	54863,59	17144,87	72008,47	54086,17	16901,93	70988,10
TOTAL	773556,87	241736,52	1015293,39	753380,32	235431,35	988811,67

Tarif Listrik

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2011 Tentang Ketentuan Pelaksanaan Tarif Tenaga Listrik Yang Disediakan Oleh Perusahaan Perseroan (Persero) PT. Perusahaan Listrik Negara tercantum pada Pasal 4 tentang ketentuan Faktor K sebesar 1,5 untuk pemakaian WBP. Harga untuk LWBP = Rp 1.035,78 dan WBP = $K \times \text{Rp } 1035,78$, untuk $K=1,5$ maka WBP = Rp 1553,67, dapat dilihat pada tabel berikut ini:

a. Harga Luar Waktu Beban Puncak (LWBP)

$$\text{Harga LWBP} = 773556,87 \times \text{Rp } 1035,78 = \text{Rp } 801234734,43$$

b. Harga Waktu Beban Puncak (WBP)

$$\text{Harga WBP} = 241736,52 \times \text{Rp } 1553,67 = \text{Rp } 375578779,03$$

c. Biaya total = Harga LWBP + Harga WBP

$$= 801234734,43 + 375578779,03$$

$$= 1176813513,46$$

Tabel 6 Total Biaya Perbulan LWBP dan WBP Sebelum dan Sesudah Perbaikan Faktor Daya

Perbandingan	Energi perbulan		Harga		Total (Rp)
	LWBP KWh	WBP kWh	LWBP Rp	WBP Rp	
Pada faktor daya ($\cos \varphi = 0,75$)	773556,87	241736,52	801234734,43	375578779,03	1176813513,46
Pada faktor daya ($\cos \varphi = 0,95$)	753380,32	235431,35	780336268,27	365782625,55	1146118893,82

Penghematan Perbulan

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Penghematan} &= \text{Rp } 1176813513,46 - \text{Rp } 1146118893,82 \\ &= \text{Rp } 30694619,64 \end{aligned}$$

Menentukan Kapasitor Bank

Kapasitor bank yang akan dipasang pada panel LVMSB-CH.2 dihitung berdasarkan beban total motor pada mesin chiller sebagai berikut:

Tabel 7 Data Beban Motor

Beban	I (Ampere)	V (Volt)	Daya Motor kW
CH3	1040,038	396	535
CH4	1040,038	396	535
DB CHWPS	622,079	396	320
DB CHWPP	213,839	396	110
Total			1.500

Setelah dikehutui daya total beban motor dapat dihitung kebutuhan kapasitor Bank untuk memperbaiki faktor daya 0,75 dan menjadi 0,95. Kapasitor bank yang diperlukan untuk memperbaiki faktor daya Q_3 fasa dengan total beban sebesar 1.500 kW dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.:

$$Q_3 \text{ fasa} = P_R \times (\tan \theta_{R1} - \tan \theta_{R2})$$

Dengan:

$$\cos \varphi_1 = 0,75$$

$$\tan \theta_{R1} = 0,88192$$

$$\cos \varphi_2 = 0,95$$

$$\tan \theta_{R2} = 0,32868$$

Maka:

$$Q_3 \text{ fasa} = P_R \times (\tan \theta_{R1} - \tan \theta_{R2})$$

$$Q_3 \text{ fasa} = 1500 \times (0,88192 - 0,32868)$$

$$Q_3 \text{ fasa} = 829,86 \text{ kVAR}$$

$$Q_1 \text{ fasa} = 276,62 \text{ kVAR}$$

Besar kapasitor bank untuk perbaikan faktor daya dari 0,75 menjadi 0,95 yaitu sebesar Q_3 fasa = 829,86 kVAR.

Penambahan Beban Baru Tanpa Memperbesar Kapasitas Terpasang

Untuk Daya beban yang tetap ($P=1500\text{kW}$), pada faktor daya 0,75 besarnya daya semu yang diserap beban sebesar 2000 kVA. Sedangkan pada faktor daya 0,95 besarnya daya semu yang diserap

beban berkurang menjadi 1578 kVA. Ini artinya kita dapat memasang beban baru sebesar 422 kVA tidak melebihi dari daya yang diserap beban pada factor daya 0,75.

V. KESIMPULAN

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa besarnya factor daya pada transformator 2500kVA/400 V PT. Angkasa Pura I (Persero) Bandara I Gusti Ngurah Rai sebesar 0,75. Nilai ini berada dibawah standar 0,85 yang ditetapkan PLN. Untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi rugi daya listrik dan juga untuk penghematan biaya, faktor daya diperbaiki menjadi 0,95 dengan injeksi daya reaktif dari kapasitor bank sebesar 829,86 kVAr. Diperoleh penghematan biaya akibat perbaikan factor daya sebesar Rp. 30.694.619,64/bulan. Disamping penghematan dalam bentuk biaya, keuntungan lain diperoleh berupa tambahan beban baru yang bisa dipasang sebesar 422 kVA tanpa harus memperbesar kapasitas daya terpasang dari PLN.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. N. Oka Suryatmaja, I. W. Suriana, I. M. Asna, and I. W. Sukadana, "Audit Energi Listrik dan Air Serta Analisis Peluang Hemat Energi di Hotel Uma Ubud Bali," *J. Ilm. TELSINAS*, vol. 3, no. 2, pp. 52–58, 2020.
- [2] G. Musyahaer, "Kualitas Listrik Dan Perbaikan Faktor Daya Pada Beban Listrik Rumah Tangga Menggunakan Kapasitor," *J. Cahaya Bagaskara*, vol. 2, no. 1, pp. 1–5, 2017.
- [3] A. Alimuddin and H. Herudin, "Analisa Efisiensi Konsumsi Energi Listrik Pada Kapal Motor Penumpang Nusa Mulia," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 3, no. 1, p. 54, 2016, doi: 10.36055/setrum.v3i1.499.
- [4] N. Y. Hidayah and D. Rahmawaty, "Analisis Perbaikan Power Quality Untuk Pencapaian Efisiensi Energi Di RS. X," *J. Sist. Ind.*, vol. 7, no. 1, pp. 46–57, 2013, [Online]. Available: <http://sippeg.univpancasila.ac.id/uploads/repository/lampiran/DokumenLampiran-24082020093931.pdf>.
- [5] A. N. Setya and A. I. Agung, "Efisiensi Energi Listrik Dalam Upaya Meningkatkan Power Quality dan Penghematan Energi Listrik di Gedung Universitas Ciputra (UC) Apartment Surabaya," *Jur. Tek. Elektro, Univ. Negeri Surabaya*, vol. 06, pp. 193–202, 2017.
- [6] E. B. Pemakaian, "Evaluasi Biaya Pemakaian...(Teguh S)," pp. 78–84, 2009.
- [7] J. Teknik, E. Fakultas, T. Universitas, and N. Padang, "Monitoring Daya Listrik Secara Real Time Deni Adi Putra 1 , Riki Mukhaiyar 1* 1," vol. 8, no. 2, p. 1, 2020.
- [8] B. G. Melipurbowo, "Pengukuran Daya Listrik Real Time Dengan Menggunakan Sensor Arus Acs.712," *Orbith*, vol. 12, no. 1, pp. 17–23, 2016, [Online]. Available: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/orbith/article/view/309>.
- [9] B. A. Raharjo, U. Wibawa, and H. Suyono, "Studi Analisis Konsumsi dan Penghematan Energi di PT. P.G. Krebet Baru I," *J. Mhs. TEUB*, vol. 2, no. 1, pp. 1–5, 2014.
- [10] B. S. Nasional, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)," *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2000, no. PUIL, pp. 1–133, 2000.
- [11] M. E. A. M. S. Ir.H.Mohammad Amir., "Analisis Perbaikan Faktor Daya Untuk Memenuhi Kebutuhan Penambahan Beban 300 kVa Tanpa Penambahan Daya PLN," *ISTN Sinusioda*, vol. XIX, no. 2, pp. 33–44, 2017.

- [12] S. Graha, J. Grafika, and Y. Indonesia, “Rancang Bangun Perbaikan Faktor Daya,” *Intekna*, no. 2, pp. 125–147, 2014.
- [13] H. Umran, “Study and Analysis for the Effects of Power Factor Correction in Al-Najaf Cement Plant,” *Al-Qadisiya J. Eng. Sci.*, vol. 8, no. January 2015, pp. 59–72, 2015.
- [14] O. Al-Naseem and A. Adi, “Impact of Power Factor Correction on the Electrical Distribution Network of Kuwait—A Case Study,” *Online J. Power Energy ...*, no. 2, pp. 173–176, 2003, [Online]. Available: <http://www.infomesr.org/attachments/04 - 030.pdf>.
- [15] D. I. Pt, B. Lamongan, S. Wbl, T. Elektro, and F. T. Industri, “Perbaikan Faktor Daya Pada Line Mess I.”