

**ANALISA FAKTOR DAYA MENGGUNAKAN CAPACITOR BANK
UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS DAYA LISTRIK
DI WISMA NUSANTARA INTERNASIONAL.**

*(Power Factor Analysis Using Capacitor Bank to Improve the Quality of Electric Power
At Wisma Nusantara International)*

Tateng Sukendar^[1], Rismen Sinambela^[2], Muryan Awaludin^[3], Alcianno G. Gani^[4]

^[1,2]Universitas Kristen Indonesia, ^[3,4]Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

^[1]tatengsukendar@gmail.com, ^[2]rismensinambela@gmail.com, ^[3]muryanawaludin1@gmail.com,
^[4]localghost2000@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas daya listrik di Wisma Nusantara Internasional dengan fokus pada penerapan capacitor bank untuk memperbaiki faktor daya. Kualitas daya listrik yang buruk dapat menyebabkan berbagai masalah operasional dan peningkatan biaya energi. Studi ini mengevaluasi parameter kualitas daya, termasuk faktor daya, harmonisa, dan fluktuasi tegangan sebelum dan sesudah pemasangan capacitor bank. Metode penelitian melibatkan pengukuran parameter listrik menggunakan alat ukur daya dan analisis data yang dikumpulkan selama periode tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan capacitor bank secara signifikan meningkatkan faktor daya dari rata-rata 0,75 menjadi 0,95, mengurangi arus reaktif, dan menurunkan kerugian daya dalam sistem distribusi listrik di gedung tersebut. Selain itu, terdapat pengurangan harmonisa arus pada level yang sesuai dengan standar IEEE 519, serta stabilisasi tegangan yang lebih baik. Penerapan capacitor bank juga berdampak positif pada pengurangan biaya energi listrik dan peningkatan efisiensi operasional peralatan listrik.

Kata kunci: Kualitas Daya Listrik, Capacitor Bank, Faktor Daya, Harmonisa, Efisiensi Energi

ABSTRACT

This research aims to analyze the quality of electrical power at Wisma Nusantara Internasional with a focus on the application of capacitor banks to improve the power factor. Poor electrical power quality can cause various operational problems and increased energy costs. This study evaluates power quality parameters, including power factor, harmonics, and voltage fluctuations before and after capacitor bank installation. The research method involves measuring electrical parameters using power measuring instruments and analyzing data collected over a certain period. The research results show that installing a capacitor bank significantly increases the power factor from an average of 0.75 to 0.95, reduces reactive currents, and reduces power losses in the electricity distribution system in the building. In addition, there is a reduction in current harmonics to a level that complies with the IEEE 519 standard, as well as better voltage stabilization. The application of capacitor banks also has a positive impact on reducing electrical energy costs and increasing the operational efficiency of electrical equipment.

Keywords: Electric Power Quality, Capacitor Bank, Power Factor, Harmonics, Energy Efficiency

I. PENDAHULUAN

Kualitas daya listrik merupakan faktor yang sangat penting dalam menjaga keandalan dan efisiensi sistem distribusi energi listrik. Dalam beberapa dekade terakhir, permintaan akan energi listrik terus meningkat seiring dengan perkembangan teknologi dan pertumbuhan populasi. Oleh karena itu, meningkatkan efisiensi energi dan keandalan pasokan listrik menjadi semakin penting.

Salah satu aspek kunci yang mempengaruhi kinerja sistem distribusi adalah kualitas daya listrik. Kualitas daya listrik yang buruk dapat menyebabkan berbagai masalah, termasuk fluktuasi tegangan, distorsi harmonik, gangguan transien, dan ketidakseimbangan fasa. Semua ini dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan listrik, penurunan efisiensi energi, dan bahkan gangguan pada jaringan listrik secara keseluruhan.

Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis mendalam terhadap kualitas daya listrik dalam sistem distribusi guna mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi risiko gangguan. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang kualitas daya listrik dalam sistem distribusi, langkah-langkah perbaikan dan pencegahan dapat diimplementasikan untuk memastikan pasokan listrik yang andal dan efisien.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kualitas daya listrik dalam sistem distribusi guna mengevaluasi kinerja saat ini dan mengidentifikasi area-area potensial untuk perbaikan. Melalui pendekatan yang komprehensif dan data yang akurat, diharapkan penelitian ini dapat memberikan wawasan yang berharga bagi operator jaringan listrik dan pembuat kebijakan dalam upaya meningkatkan efisiensi energi dan keandalan sistem distribusi energi listrik.

II. METODE EVALUASI KUALITAS DAYA LISTRIK

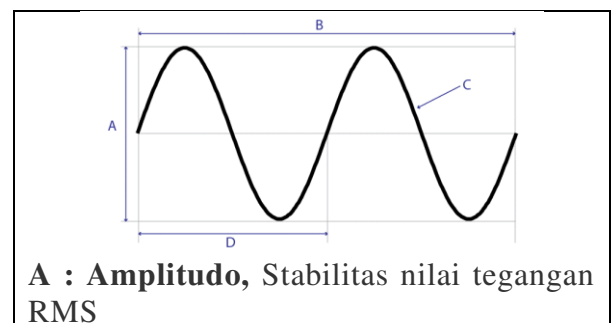
Evaluasi kualitas daya listrik merupakan proses yang penting untuk memastikan bahwa sistem tenaga listrik beroperasi dengan efisien dan aman. Penelitian dilakukan dengan menggunakan indeks yang dirancang untuk memberikan gambaran komprehensif tentang kualitas daya dalam sistem dalam hal ini adalah factor daya. Selain itu dilakukan studi literatur untuk dapat mempelajari materi apa saja yang berhubungan pada penelitian ini. Pada tahapan ini juga merupakan tahapan yang fasenya untuk mencari dan mempelajari berbagai referensi atau mendapatkan berbagai informasi tentang hal-hal yang berkaitan erat dengan judul penelitian ini.

Referensi diperoleh dari sumber buku, sumber internet, jurnal, laporan, atau artikel yang bersangkutan dengan penelitian ini. Dengan mempelajari studi literatur diharapkan dapat lebih menjadi pedoman sehingga penelitian dapat berjalan lancar sesuai dengan yang diharapkan

III. TINJAUAN PUSTAKA

a. Konsep Kualitas Daya Listrik

Kualitas daya listrik adalah istilah umum untuk mewakili fenomena yang mempengaruhi peralatan pengguna ketika daya AC melebihi batas tertentu. Gambar 1 menunjukkan *waveform* listrik yang berfungsi sebagai indikasi kualitas suatu pasokan listrik. Itu harus stabil dalam hal amplitudo, kontinuitas, bentuk *waveform*, dan frekuensinya.



B : Kontinuitas, Tidak ada gangguan pada waveform
C : Waveform, Bentuknya bersih, tidak terdistorsi
D : Frekuensi, Stabilitas dalam memberikan rentang nilai frekuensi yg sama

Gambar 1 Waveform Tegangan

Fenomena alam seperti sambaran petir, distribusi beban yang buruk, serta masalah pengkabelan dan pentanahan adalah beberapa contoh penyebab masalah kualitas daya. Teknologi berbasis inverter telah menjadi lebih umum dalam beberapa tahun terakhir, seperti halnya pengisi daya kendaraan listrik yang terhubung ke jaringan dan sumber energi terbarukan yang terhubung ke jaringan seperti tenaga surya dan angin. Ini membuat jaringan listrik lebih kompleks dan memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap kualitas daya.

Kualitas daya yang buruk menyebabkan masalah pada peralatan penerima/transmisi dan malfungsi peralatan elektronik. Misalnya, harmonik diketahui menyebabkan *burn-out* di reaktor dan menghasilkan kebisingan yang rusak di kapasitor. Juga, gangguan impuls atau transien dan penurunan tegangan menghentikan sistem kontrol yang bergantung pada komputer.

Kualitas Daya Listrik adalah permasalahan daya listrik yang berbentuk penyimpangan tegangan, arus atau frekuensi yang mengakibatkan kegagalan ataupun kesalahan operasi pada peralatan-peralatan yang terjadi pada konsumen energi listrik. Kualitas daya yang baik memiliki gelombang yang sesuai dengan tegangan AC yang sudah ditetapkan, misalkan di Indonesia adalah 220 Volt AC.

Jika kualitas dayanya buruk, maka akan terjadi kerugian baik dari sisi

pelanggan ataupun pembangkit dalam hal ini adalah penyedia listrik yaitu PLN. Banyak factor yang dapat menyebabkan buruknya kualitas daya. Bisa dari faktor tegangan, faktor arus, faktor frekuensi, dan faktor beban.

Dari beberapa faktor ini bisa kita bagi menjadi beberapa kejadian atau event yang membuat kualitas daya menjadi buruk.

- *Voltage Sag (Dip)*, Penurunan tegangan sebesar 10% sampai 90% dari tegangan nominal selama 1.5 cycles, 1 menit. Bisa dikarenakan *short circuit*, *overload*, atau starting motor induksi atau beban besar.
- *Voltage Swell*, Kenaikan tegangan sebesar 10% sampai dengan 90% dari tegangan nominalnya, kebalikan dari *Voltage Dip*. Disebabkan karena beban besar yang dimatikan.
- *Voltage Unbalance*, Ketidakseimbangan tegangan ini merupakan nilai tegangan yang tidak sama pada tiap fhasenya, sangat terlihat pada jaringan 3 phase. Dapat menurunkan kinerja atau performa dan menurunkan umur atau *lifetime* dari motor 3 phase. Biasa dinyatakan dalam persen.
- *Inrush Current* merupakan kenaikan nilai arus maksimal yang masuk ketika peralatan listrik pertama kali dinyalakan. Banyak peralatan yang dapat menghasilkan *inrush current* diantaranya, motor induksi, transformers, kapasitor.
- Fluktuasi frekuensi merupakan deviasi dari frekuensi dasarnya. Biasanya dikarenakan sumber pembangkitan.
- Harmonisa merupakan suatu gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik yang diakibatkan oleh distorsi gelombang arus dan tegangan, distorsi arus dan tegangan ini menyebabkan gelombang arus dan tegangan menjadi tidak sinusoidal. Distorsi gelombang ini disebabkan oleh gelombang berfrekuensi tinggi yang merupakan kelipatan dari frekuensi fundamentalnya, sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan

an yang idealnya adalah sinusoidal murni akan cacat akibat distorsi yang terjadi.

Kualitas daya listrik mengacu pada seberapa baik sebuah sistem listrik dapat memberikan daya listrik yang bersih, stabil, dan tidak terganggu kepada pengguna. Ini melibatkan beberapa faktor, termasuk stabilitas tegangan, frekuensi, gelombang sinusoidal, dan minimnya distorsi harmonik.

b. Faktor Daya Listrik

Faktor daya listrik adalah ukuran efisiensi penggunaan daya listrik dalam suatu sistem. Ini adalah perbandingan antara daya nyata (daya yang digunakan untuk melakukan kerja nyata) dan daya semu (total daya yang ditarik dari sumber listrik). Faktor daya sering dinyatakan dalam bentuk desimal atau persen, dengan nilai maksimum 1 (atau 100%).

Daya memiliki arti sebagai energi per satuan waktu (Von Meier Alexander, 2006). Daya merupakan jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan usaha didalam sistem tenaga listrik. Satuan untuk daya listrik umumnya adalah Watt. Daya pada suatu sistem tegangan bolak-bali (AC) dikenal dengan tiga macam yaitu:

- Daya Aktif Daya aktif adalah daya rata-rata yang sesuai dengan kekuatan sebenarnya ditransmisikan atau dikonsumsi oleh beban (Von Meier Alexander, 2006). Beberapa contoh dari daya aktif adalah energi panas, energi mekanik, cahaya dan daya aktif memiliki satuan berupa watt (W). Berikut ini merupakan persamaan daya aktif menurut Von Meier Alexander:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \Phi \text{ (1 phasa)}$$

$$P = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \Phi \text{ (3 phasa)}$$

Dimana:

P = Daya aktif (watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

V_L = Tegangan jaringan (volt)

I_L = arus jaringan (ampere)

- Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet (Von Meier Alexander, 2006). Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain – lain. Daya reaktif memiliki satuan berupa volt ampere reactive (VAR). Berikut ini merupakan persamaan daya reaktif menurut Von Meier Alexander:

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \Phi \text{ (1 phasa)}$$

$$Q = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin \Phi \text{ (3 phasa)}$$

Dimana:

Q = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

V_L = Tegangan jaringan (Volt)

I_L = Arus jaringan (ampere)

- Daya Semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan (Von Meier Alexander, 2006) atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Daya semu ialah daya yang dikeluarkan sumber alternation current (AC) atau di serap oleh beban. Satuan dari daya semu yaitu volt ampere (VA). Berikut persamaan dari daya semu:

$$S = V \cdot I$$

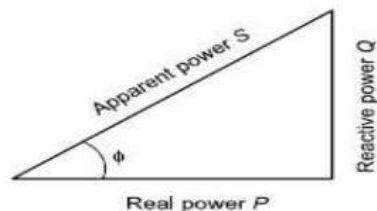
Dimana:

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Hubungan dari ketiga daya diatas disebut sistem segitiga daya dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. Segitiga Daya

Hubungan daya pada gambar segitiga daya dapat dijelaskan dengan persamaan seperti pada Tabel berikut:

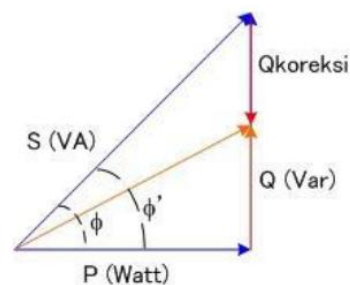
Tabel 1. Persamaan Segitiga Daya

NO	NAMA DAYA	RUMUS	SATUAN
1	Daya aktif (P)	$P = V \cdot I \cos \Phi$	Watt
2	Daya reaktif (Q)	$Q = V \cdot I \sin \Phi$	VAR
3	Daya semu (S)	$S = V \cdot I$	VA

c. Perbaikan Faktor Daya

Perbaikan faktor daya untuk memperbesar harga $\cos \Phi$ yang rendah, hal yang mudah di lakukan adalah dengan cara mempersempit sudut ϕ 1 sehingga menjadi ϕ 2 berarti ϕ 1 > ϕ 2. Usaha untuk memperkecil sudut ϕ itu hal yang mungkin dilakukan adlah memperkecil komponen daya reaktif (VAR).

Komponen daya rekatif yang bersifat induktif harus dikurangi dan pengurangan tersebut dilakukan dengan menambah suatu sumber daya reaktif yaitu berupa kapasitor atau lebih dikenal dengan istilah kapasitir bank. Perbaikan faktor daya dapat dilustrasikan seperti gambar dibawah ini:



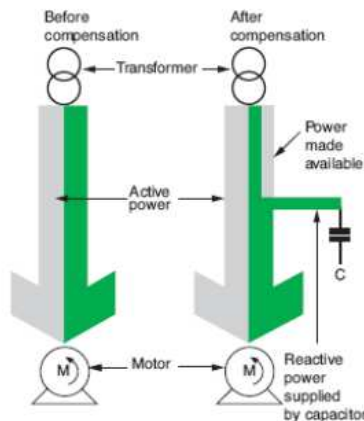
Gambar 3. Prinsip Perbaikan Faktor Daya

d. Kapasitor Bank

Kapasitor bank merupakan peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang terdiri dari sekumpulan kapasitor yang disambung secara paralel/seri untuk mendapatkan kapasitas kapasitif tertentu (M. Khairil Anwar, 2007). Besaran parameter yang sering dipakai adalah KVAR (*Kilovolt Ampere Reactif*) meskipun pada kapasitor sendiri tercantum besaran kapasitansi yaitu farad atau microfarad. Kapasitor yang akan digunakan untuk memperbesar faktor daya dipasang paralel dengan rangkain beban.

Proses kerja kapasitor dimulai saat rangkaian diberi tegangan maka elektron akan mengalir masuk ke kapasitor. Pada saat kapasitor penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah. Kemudian elektron akan ke luar dari kapasitor dan mengalir ke dalam rangkaian yang memerlukannya dengan demikian pada saat itu kapasitor membangkitkan daya reaktif. Bila tegangan yang berubah itu kembali normal (tetap) maka kapasitor akan menyimpan kembali elektron. Pada saat kapasitor mengeluarkan elektron (I_c) berarti sama juga kapasitor menyuplai daya reaktif ke beban.

Proses pengurangan itu bisa terjadi karena kedua beban (induktor dan kapasitor) arahnya berlawanan akibatnya daya reaktif menjadi kecil. Bila daya reaktif menjadi kecil sementara daya aktif tetap maka harga pf menjadi besar akibatnya daya nyata (KVA) menjadi kecil sehingga rekening listrik menjadi berkurang.



Gambar 4. Perbedaan Konsumsi Daya Reaktif Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor

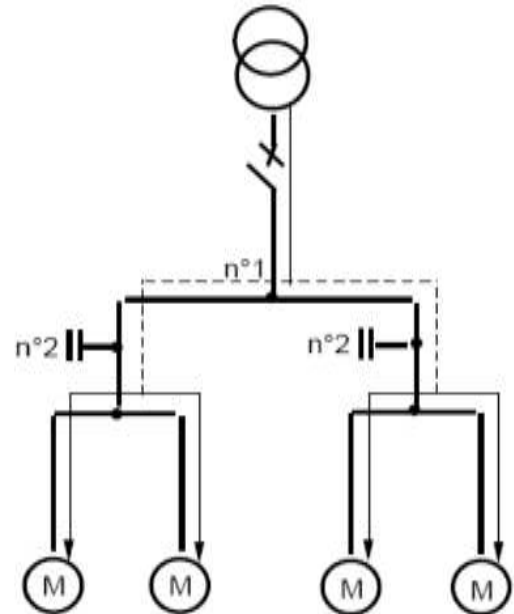
Gambar diatas memperlihatkan perbedaan konsumsi daya reaktif sebelum kompensasi dan sesudah kompensasi. Konsumsi daya reaktif sebelum kompensasi akan berkurang setelah kompensasi karena sebagian daya reaktif akan disuplai oleh kapasitor yang berakibat menaikkan $\cos \Phi$ beban dan menghemat konsumsi energi dari PLN.

IV. FAKTOR DAYA WISMA NUSANTARA INTERNASIONAL

Kapasitor bank merupakan bagian dari panel distribusi yang terpasang di Wisnu-I. Banyaknya beban di Wisnu-I yang bersifat induktif menyebabkan penurunan faktor daya pada jaringan distribusi. Untuk memperbaiki penurunan faktor daya tersebut, maka dipasanglah kapasitor bank. Tidak seperti penggunaan di bangunan komersil yang cenderung lebih stabil, penggunaan kapasitor bank di Wisnu-I diwarnai dengan lonjakan beban yang tinggi, juga tingginya harmonik yang terdapat dalam jaringan.

Metode pemasangan kapasitor bank di Wisma Nusantara Internasional (Wisnu-I) menggunakan Metode Group Compensation adalah metode pemasangan kapasitor yang terdiri dari beberapa panel kapasitor yang akan dipasang pada panel sub

distribution panel (SDP). Cara ini cocok diterapkan pada industri dengan kapasitas beban terpasang besar sampai ribuan kilo volt ampere (kVA) dan terlebih jarak antara panel main distribution panel sub distribution panel (SDP) cukup berjauhan.



Gambar 5. Metode Group Compensation

Pemasangan kapasitor parallel tegangan tinggi. Kapasitor terdapat dari tipe yang dapat di switch dan yang tidak, tergantung pada pembebanan minimum, tegangan maksimum dan keadaan saluran catu atau substasion. Untuk Kapasitor yang tidak dapat di switch, gigi pemindah dan reaktansi peredam tidak dibutuhkan. Pemasangan kapasitor tetap (diatas tiang) langsung pada saluran catu yang panjang dan berbeban berat 11 Kv ternyata ekonomik. Untuk kapasitor penyimpan yang dapat di switch, pemindahan dan peredaman lonjakan arus dan penekanan harmonisa membutuhkan pertimbangan khusus.

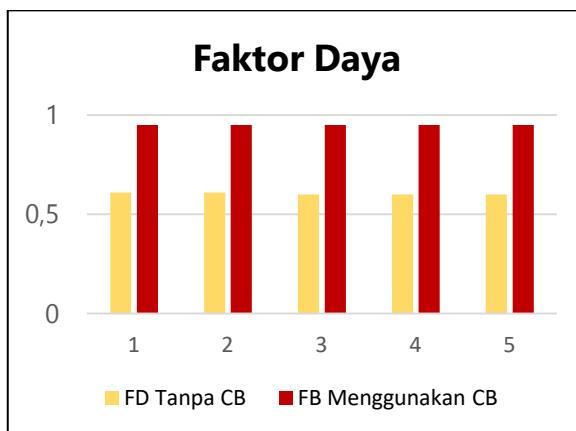
Pada kapasitor penyimpan tunggal dari perhitungan arus lonjakan pada saat pemindahan di lihat dari reaktor peredam umumnya tidak dibutuhkan. Reaktansi system termasuk reaktansi transformator tempat kapasitor penyimpan dipasang telah

cukup untuk menurunkan arus lonjakan dalam daerah yang aman bagi kapasitor atau roda pemindah. Meskipun mungkin selang waktu arus lonjakan terlalu kecil, dalam daerah beberapa gelombang saja sehingga pengaruhnya dapat diabaikan. Bila sejumlah kapasitor penyimpan dipakai secara paralel, mungkin diperlukan penggunaan reaktansi seri untuk membatasi arus lonjakan.

Menentukan besar pemakaian dari beban yang digunakan di Wisma Nusantara Internasional setiap hari diambil dari alat ukur Power logic. Pengukuran dilakukan pada panel MDP selama 5 hari, yaitu dari Hari Senin, 3 Juni 2024 sampai dengan 7 Juni 2024 pukul 08.00–16.00

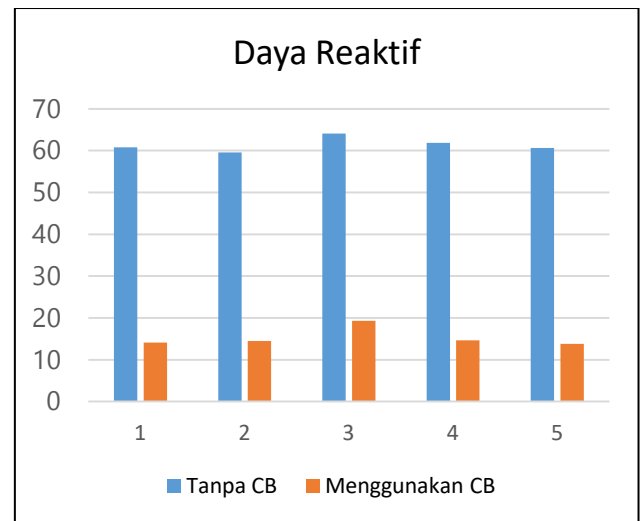
Tabel 2.
Data Hasil Pengamatan Nilai Faktor Daya dan Daya Semu

Hari	Faktor Daya		S Tanpa CB (kVA)			S Menggunakan CB (kVA)		
	$\cos \Phi_1$	$\cos \Phi_2$	R	S	T	R	S	T
1	0.61	0.95	79.62	74.26	77.81	51.43	48.47	50.52
2	0.61	0.95	82.83	67.83	75.08	52.88	44.13	48.13
3	0.6	0.95	79.17	70.92	71.71	49.95	44.96	45.03
4	0.6	0.95	79.57	74.46	78.51	50.75	47.2	49.62
5	0.6	0.95	78.51	71.32	78.97	50.34	45.69	50.22



Tabel 3.
Data Hasil Pengamatan Arus, Daya Reaktif dan Kompensasi Daya Reaktif

Hari	Daya Reaktif		I Tanpa CB (A)			I Menggunakan CB (A)			Q_c
	Q_1	Q_2	R	S	T	R	S	T	
1	60.78	14.1	212.68	199.15	211	133.54	125.86	131.18	46.68
2	59.57	14.52	223.85	183.16	201.22	137.1	114.41	124.78	45.05
3	64.1	19.34	211.44	191.7	191.71	129.7	116.74	116.93	44.76
4	61.84	14.65	213.42	200.01	211.22	131.92	122.69	128.98	47.19
5	60.6	13.83	210.57	189.62	210.22	130.65	118.58	130.33	46.77



Hasil perhitungan nilai $\cos \Phi$ terjadi perbedaan, dimana nilai $\cos \Phi$ awal rata-rata nilainya kurang dari 0,85. Standart ketentuan yang ditetapkan oleh PLN, bahwa nilai $\cos \Phi$ yaitu antara 0,85 sampai 1. Dengan hasil pengukuran dan perhitungan yang sudah diketahui, maka dilakukan perbaikan nilai faktor daya menjadi 0,95. Nilai $\cos \Phi$ rata-rata yaitu 0,60 dan nilai $\cos \Phi$ setelah dilakukan perbaikan, nilainya rata-rata 0,95. Dengan peningkatan terhadap nilai faktor daya, maka terjadi penurunan nilai arus (I_2). Hal tersebut memperlihatkan bahwa, semakin besar nilai faktor daya, maka semakin kecil pula arus yang mengalir pada jaringan distribusi. Dengan pengurangan arus (I_2) tersebut, maka akan mengurangi panas pada kabel rangkaian, dan juga bisa mengurangi daya yang terbuang. Setelah memperbaiki

nilai faktor daya menjadi 0,95 maka terjadi penurunan terhadap nilai daya semu.

Semakin baik nilai faktor daya (mendekati 1) maka akan semakin banyak daya tampak yang diberikan sumber yang bisa dimanfaatkan, dan apabila nilai faktor daya buruk (mendekati 0) maka akan semakin sedikit daya yang bisa dimanfaatkan dari jumlah daya nyata. Nilai QC adalah besarnya nilai kompensasi daya reaktif. Rata-rata untuk nilai daya reaktif adalah minimal sebesar 44,76 kVAR dan maksimal yaitu sebesar 47,19 kVAR. Hasil kompensasi daya reaktif setelah dilakukan perbaikan, nilai tertinggi yaitu 47,19 kVAR. Jadi besarnya kompensasi daya untuk perbaikannya menjadi 0,95 adalah 50 kVAR. Untuk memasang kapasitor bank dalam jaringan listrik digunakan PFC (*Power Factor Controller*) dengan 5 step dimana 1 step dibutuhkan 10 kVAR. Dengan mengetahui nilai kompensasi daya reaktif setelah dilakukan perbaikan, maka dapat dicari nilai reaktansi kapasitifnya untuk mengetahui berapa total kapasitor yang akan dipakai untuk perbaikan faktor daya jika dinaikkan menjadi 0,95.

Pada rangkaian hubung bintang, arus tiap fasa dari arus saluran, berarti

$$I_{ph} = I_L \sqrt{3}$$

Sedangkan untuk tegangan tiap fasa adalah sama dengan tegangan saluran, berarti $V_{ph} = V_L$ arus yang melalui kapasitor adalah perbandingan antara daya reaktif dengan tegangan setiap phase. Nilai besarnya arus kapasitor adalah:

$$I_C = \frac{Q_C}{V_C}$$

$$I_C = \frac{10000}{380} = 26,31 \text{ A}$$

Setelah I_C diketahui, maka nilai X_C adalah

$$X_C = \frac{V_C}{I_C} \\ X_C = \frac{380}{26,31} = 14,44 \text{ ohm}$$

Besarnya nilai kapasitor dalam hubung bintang dapat dicari dengan cara:

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_C} \\ C = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot f) \cdot 14,44} \\ C = \frac{1}{(2 \cdot 3,14 \cdot 50) \cdot 14,44}$$

$$C = \frac{1}{4534,16} = 0,00022055 = 220 \mu f$$

Jadi besarnya nilai kapasitansi yang dibutuhkan dalam hubungan delta per fasa adalah $220 \mu f$. Sehingga total kapasitansi yang diperlukan adalah $\sqrt{3} \cdot \text{kapasitansi fasa} = 381,04 \mu f$.

V. KESIMPULAN

Penggunaan capacitor bank merupakan solusi efektif untuk meningkatkan kualitas daya listrik di gedung komersial. Rekomendasi lebih lanjut termasuk pengawasan berkala dan pemeliharaan sistem capacitor bank untuk memastikan kinerja optimal jangka panjang. Temuan ini dapat menjadi acuan bagi pengelola gedung lain yang menghadapi masalah serupa dalam upaya meningkatkan efisiensi energi dan kualitas daya listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ridhatullah, Rakhmad Syafutra Lubis, dan Hafidh Hasan, Perbaikan Harmonisa pada Jaringan Distribusi PLN 20KV Banda Aceh dengan Filter Pasif, Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, 2017
- IEEE Std. 1531-2003 - Guide for Application and Specification of Harmonic Filters.
- De La Rosa, Francisco C. (2006). *Harmonics and Power Systems*. New York: Taylor & Francis, LLC.
- R. P. Syawal, “Analisis Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya (Studi Kasus Gardu Distribusi Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo),” 2015.
- S. Bandri and T. Danial, “Studi Analisa Pemasangan Kapasitor Pada Jaringan Udara Tegangan Menengah 20 KV Terhadap Drop Tegangan (Aplikasi Pada Feeder 7 Pinang GI Muoro Bungo),” *Tek. Mesin*, vol. 4, no. 1, 2014.
- P. A. Taufik, “Studi Penempatan Kapasitor Untuk Perbaikan Kualitas Tegangan Di Penyulang Kangkung Gi Manggala,” 2016.
- A. Rochim, “Perbaikan Faktor Daya Listrik Dengan Kapasitor Bank Di Greeting Stone Laundry,” Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 2015.
- L. Di and P. T. Bogowonto. 2019. Menggunakan Simulink pada Sistem Tenaga, 12(1).
- Windu, N. H., Herri, G., Lukmanul, H., & Khairudin, K. (2017). Optimasi Perbaikan Faktor Daya dan Drop Tegangan Menggunakan Kapasitor Bank Line 5 PT. Bukit Asam.
- Almanda, D., & Majid, N. (2019). Studi Analisa Penyebab Kerusakan Kapasitor Bank Sub Station Welding di PT. Astra Daihatsu Motor. *RESISTOR (elektRONika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOmputeR)*, 2(1), 7-14.
- Home-Ortiz, J. M., Vargas, R., Macedo, L. H., & Romero, R. (2019). Joint reconfiguration of feeders and allocation of capacitor banks in radial distribution systems considering voltage-dependent models. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 107, 298-310.
- Mudjiono, M., Ridzki, I., & Surya, P. (2021). Aplikasi Particle Swarm Optimization Pada Pemasangan Kapasitor Bank Pada Jaringan Distribusi. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 8(3), 65-71.
- S. S. Satu, N. Nim, Y. Eryuhanggoro, P. Studi, and T. Elektro. (2013) Perancangan Perbaikan Faktor Daya pada Beban 18,956 kW/ 6,600 V, Tugas Akhir.

- Elmitwally, A., Elgamal, M., & Al-Zyoud, A. (2021). A linearized MOV model-based method for fault location on off-terminal series capacitor bank-compensated transmission line using one-end current. *Electric Power Systems Research*, 199, 107400.
- Rusda, R., Karim, K., & Masing, M. (2018, January). Analisis Perbaikan Faktor Daya Untuk Penghematan Energi Listrik Pada Politeknik Negeri Samarinda. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi, Inovasi dan Aplikasi di Lingkungan Tropis*, 1(1), 1-9.
- Barlian, T., Apriani, Y., Savitri, N., & Hurairah, M. (2020). Analisis Kapasitor Bank Untuk Memperbaiki Tegangan. *Jurnal Surya Energy*, 4(2), 391-396. [7] Howlader, A. M., Sadoyama, S., Roose, L. R., & Chen, Y. (2020). Active power control to mitigate voltage and frequency deviations for the smart grid using smart PV inverters. *Applied Energy*, 258, 114000.
- Zhou, Y., Li, Z., & Wang, G. (2021). Study on leveraging wind farms' robust reactive power range for uncertain power system reactive power optimization. *Applied Energy*, 298, 117130.