

ANALISA FAKTOR DAYA PADA KAPASITOR BANK SESUAI STANDAR PUIL 2000 DI SYNERGI BUILDING

Zulfy Rizal Firmansyah¹, Aripin Triyanto²

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

Abstract

In the analysis of capacitor bank measurements, a problem occurred in the second month where a capacitor did not match the expected capacity value, showing an average value of 37.1(A) in steps 3 and 4, despite having a specified capacity of 86Kvar. Due to this finding, the capacitor in the indicated weak step was replaced. After the replacement, the average value of each capacitor was 129.1(A) with the same specified capacity. Power factor correction was carried out by replacing the indicated weak capacitor. The method used is based on the working principle of capacitors through power factor calculations obtained from monitoring results over 1-3 months. The data obtained and the analysis conducted after the capacitor replacement yielded the necessary results, meeting the standard calculation of 86Kvar capacitors. It was concluded whether this matches the PUIL 2000 standard or not. Proper placement of capacitor banks in accordance with the electrical system conditions significantly affects the reliability and effectiveness of capacitor bank installations, considering the installation costs. This analysis aims to use capacitor banks to improve the power factor by calculating the reactive power compensator value as needed. The objective of this observation is to determine the level of energy efficiency in an electrical load through unused and wasted power while the load operates. The analysis conducted for power factor correction aims to maximize the efficiency of an electrical system by delivering as much active power as possible. It ensures the optimal use of electrical power according to the installed capacity. According to PUIL 2000, the general requirements for electrical installations state that a good power factor value is between 0.96 and 1. Therefore, monitoring the power factor value in the electrical system is necessary, as well as improving the power factor by adding capacitors installed in parallel with the load to compensate for reactive power and increase the power factor to approach a better value...

Abstrak

Pada Analisa pengukuran kapasitor bank ini terjadi permasalahan pada bulan kedua yaitu adanya kapasitor yang tidak sesuai nilai kapasitas yang didapat yaitu dengan nilai rata-rata 37,1(A) pada step 3 dan 4 dengan spesifikasi kapasitor 86Kvar. Dengan adanya temuan tersebut dilakukan penggantian kapasitor pada step yang terindikasi lemah, setelah penggantian tersebut didapatkan nilai rata-rata masing kapasitor 129,1 dengan spesifikasi kapasitor yang sama. Perbaikan faktor daya dilakukan dengan adanya Langkah penggantian kapasitor terindikasi lemah. Metode yang dilakukan dengan prinsip kerja kapasitor melalui perhitungan faktor daya yang didapat dari hasil monitoring yang didapat selama 1-3 bulan. Dari data yang didapat dan Analisa setelah ada Tindakan pergantian kapasitor mendapatkan hasil yang dibutuhkan yaitu standar perhitungan kapasitor 86Kvar, yang disimpulkan apakah sama dengan standar PUIL 2000 atau tidak. Penempatan pemasangan kapasitor bank yang sesuai dengan kondisi sistem kelistrikan sangat berpengaruh pada kendalan dan efektifitas pemasangan kapasitor bank dengan pertimbangan biaya pemasangan kapasitor bank. Analisa ini bertujuan penggunaan kapasitor bank yang berguna untuk memperbaiki faktor daya dengan melakukan perhitungan nilai kompensator daya reaktif yang sesuai Tujuan dari pengamatan ini adalah Mengetahui Tingkat efisiensi energi pada suatu beban Listrik melalui daya yang tidak terpakai dan terbuang sia-sia selama beban bekerja, Analisa yang dilakukan untuk koreksi faktor daya memaksimalkan proses efisiensi suatu system kelistrikan untuk menyalurkan daya sebesar mungkin sebagai daya aktif, Memastikan hasil penggunaan daya Listrik yang lebih optimal sesuai kapasitas Listrik terpasang. apakah sesuai dengan PUIL 2000 Menurut persyaratan umum instalasi listrik 2000 besar nilai faktor daya yang baik adalah antara 0.96 – 1. Oleh

Article History

Submitted: 1 September 2024

Accepted: 4 September 2024

Published: 11 September 2024

Key Words

Distribution Network,
Capacitor Bank, Power
Factor, PUIL 2000.

Sejarah Artikel

Submitted: 1 September 2024

Accepted: 4 September 2024

Published: 11 September 2024

Kata Kunci

Jaringan Distribusi, Kapasitor
Bank, Faktor daya, PUIL
2000

karena itu, perlu dilakukan pemantauan nilai faktor daya pada sistem kelistrikan dan juga perlu adanya perbaikan faktor daya dengan cara penambahan kapasitor yang dipasang secara paralel dengan beban sehingga dapat mengkompensasi daya reaktif dan memperbesar faktor daya untuk mendekati nilai yang lebih baik.

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi mendorong sektor industri untuk lebih kreatif dalam membuat sebuah alat sederhana. Penggunaan kapasitor bank di industri misalnya sebagai alat kompensator faktor daya, memperbaiki drop tegangan pada ujung jaringan atau kenaikan suhu dan arus pada penghantar bisa diperkecil dengan dipasang kapasitor. Kapasitor disebut juga kondensator adalah alat atau komponen listrik yang dibuat sedemikian rupa sehingga mampu menyimpan muatan listrik untuk sementara waktu. Bank kapasitor yang memiliki ukuran yang tepat dihubungkan pada motor motor induksi untuk beberapa alasan seperti koreksi faktor daya, mengurangi distorsi, meningkatkan kapasitas dan lain lain. Salah satu parameter yang dapat dijadikan ukuran dalam system kelistrikan adalah kandungan harmonisa dan besarnya faktor daya dalam system. Kapasitor terdiri dari dua konduktor (lempengan logam) yang dipisahkan oleh bahan penyekat (isolator). Kapasitor juga dipakai pada filter. Converter daya statis merupakan beban nonlinier terbesar. Kekuatan dielektrik merupakan ukuran kemampuan suatu material untuk bisa menahan tegangan tinggi tanpa berakibat terjadinya kegagalan dielektrik. Harmonisa pada sistem tenaga listrik disebabkan oleh beban-beban non-linear. Isolator ini sering disebut bahan (zat) dielektrik. Tingginya kandungan harmonisa pada sistem tenaga listrik berdampak buruk pada kualitas daya listrik. Kapasitor bank yang terpasang dan digunakan secara kontinyu, seringkali kapasitor bank mengalami kerusakan yang fatal seperti short circuit pada rangkaian capasitor bank yang mana dapat menimbulkan ledakan dan kebakaran yang berakibat kerugian yang sangat besar bagi perusahaan. Untuk itu perlu adanya tindakan pencegahan dan upaya untuk meminimalisir kerusakan kapasitor bank dengan cara menganalisa sumber-sumber potensi yang dapat menyebabkan kerusakan pada kapasitor bank. Listrik merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan manusia(Siska Kurnia Sari et al., n.d.).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana Tingkat efisiensi energi pada beban Listrik disynergi building dapat mempengaruhi daya yang tidak terpakai dan terbuang sia-sia?
2. Apa saja Langkah-langkah koreksi faktor daya yang dapat diterapkan untuk memaksimalkan efisiensi system kelistrikan dan menyalurkan daya aktif secara optimal?
3. Apakah instalasi kapasitor bank di synergi building memenuhi standar PUIL 2000?

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Literatur Review

Beberapa penelitian mengenai penempatan kapasitor bank pada jaringan distribusi dengan kapasitas dan lokasi yang tepat dapat mengurangi rugi daya dan drop tegangan pada sistem tenaga listrik. Berkaitan dengan hal tersebut beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan yaitu:

Perbaikan profil tegangan menggunakan kapasitor Shunt, dalam penelitian tersebut menyimpulkan bahwa pada pemasangan kapasitor bank dengan daya sebesar 2700 KVAR pada jarak 34022 Km dari sumber menyebabkan kenaikan tegangan $\pm 15\%$ pada bus yang memiliki tegangan paling rendah (Bus 97A) dari tegangan awal 17,946 KV menjadi 19,070 KV (Sinta

et al., 2023). Pengaruh pemasangan mini Kapasitor Bank terhadap kualitas Listrik serta perencanaan filter aktif menggunakan Kontroler PI sebagai pelindung kapasitor dari harmonisa di rumah tangga. Dimana dalam penelitian tersebut terjadi peningkatan power faktor (dari 0,95 menjadi 0,99 lagging) kebutuhan daya total menjadi turun dari 900 VA menjadi 850 VA turun 5,6 % dan THD arus jala - jala sebelum terpasang filter aktif adalah sebesar 23 % dan setelah terpasang filter aktif turun menjadi 0,76 %.(Barlian et al., 2020). Perbaikan faktor daya untuk penghematan biaya pemakaian energi listrik pada PT. Synergi Building by Alam Sutera Tangerang. Dimana dalam penelitian tersebut untuk menaikkan faktor daya menjadi 0,970 maka daya reaktif induktif yang harus disuplai oleh kapasitor bank adalah sebesar 570,2 kVAR berdasarkan perhitungan metode kVAR. Dengan meniadakan biaya penggunaan energi kVARh perusahaan dapat menghemat biaya listrik sebesar Rp. 119.927.989,57/-/bulan (Dedzky & Atabiq, 2020).

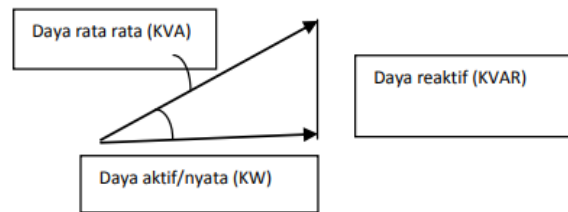
Peningkatan faktor daya pada bank kapasitor dalam sistem tenaga listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja bank kapasitor dalam memperbaiki faktor daya sistem. Melalui serangkaian pengujian dan analisis, peneliti mengidentifikasi beberapa faktor yang memengaruhi kinerja bank kapasitor, termasuk pengaturan tegangan, ukuran kapasitor, dan teknologi kontrol yang digunakan. Dalam penelitian ini penulis mengembangkan metode baru untuk mengoptimalkan pengaturan bank kapasitor yang dapat secara signifikan meningkatkan faktor daya sistem. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan efisiensi operasional sistem tenaga listrik dan mengurangi kerugian energi akibat faktor daya yang rendah. Peningkatan faktor daya maksimal terjadi pada saat relay 1 dan relay 2 berada pada kondisi on dengan nilai kapasitansi 40 μ F, dimana nilai kompensasi daya reaktif sekitar 1.952,98 VAR dapat meningkatkan faktor daya yang sebelumnya sekitar 0,45 menjadi 0,84. Berdasarkan analisa hasil pengujian, system perbaikan faktor daya ini memiliki Tingkat ketelitian yang cukup tinggi dengan persentase kesalahan terbesar sekitar 6,67% yang terjadi pada pengujian ke-4, akan tetapi 9 pengujian lainnya memiliki persentase kesalahan dibawah 5% sehingga dapat disimpulkan keberhasilan sistem perbaikan faktor daya dengan persentase kesalahan hasil pengukuran dibawah 5% memiliki probabilitas sekitar 90% (Raja Harahap, Yacub M. L T.,2022).

Peraturan instalasi Listrik Menurut persyaratan umum instalasi listrik 2000 besar nilai faktor daya yang baik adalah antara 0.85 – 1. Pada penggunaan energi listrik dalam rumah tangga nilai faktor daya sering kali tidak diperhatikan padahal nilai dari faktor daya yang buruk dapat mengurangi efisiensi daya dalam suatu system kelistrikan seperti perlunya tambahan suplai daya semu yang lebih besar ataupun meningkatnya arus listrik dalam sistem. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemantauan nilai faktor daya pada sistem kelistrikan dan juga perlu adanya perbaikan faktor daya dengan cara penambahan kapasitor yang dipasang secara parallel dengan beban sehingga dapat mengkompensasi daya reaktif dan memperbesar faktor daya untuk mendekati nilai yang lebih baik. Oleh sebab itu diperlukan adanya penambahan kompensasi daya reaktif dari beban listrik bersifat induktif untuk menghindari kerugian-kerugian yang ditimbulkan. Selain itu pemantauan terhadap penggunaan energi listrik juga diperlukan. Kapasitor yang dipasang secara parallel dengan beban dapat mengkompensasi daya reaktif dan memperbesar nilai faktor daya menjadi lebih baik. Alat ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai kontrol dan sensor pzem 004T untuk pengukuran besaran listrik. Hasil pengukuran ditampilkan pada LCD dan smartphone android yang dikirimkan melalui internet. Modul relay digunakan sebagai switching pemilihan kapasitor secara otomatis untuk perbaikan faktor daya. Hasil pengujian pembacaan sensor didapatkan presentase ketepatan untuk nilai tegangan sebesar 99,7% nilai arus 89,5% dan factor daya 94,72%. Untuk hasil perbaikan faktor daya didapatkan hasil peningkatan tertinggi dari 0,53 menjadi 0,88. (I. Hajar and S. M. Rahayuni, 2020).

2.2 Dasar pertimbangan faktor daya

Perkembangan pemakaian energi listrik umumnya lebih cepat bila dibandingkan dengan kesiapan penyelenggara penyediaan energy listrik. Konsumsi energy listrik kian bertambah pada beban residential dan beban industri, dimana pada industri akan lebih banyak peralatan listrik yang menghasilkan beban-beban induktif, dimana beban-beban induktif tersebut umumnya dihasilkan dari motor motor listrik, transformator, alat pengelas, tungku pembakaran perapian/pembakaran, lampu lampu tabung, dan berbagai jenis peralatan elektronik. Beban induktif tersebut membutuhkan dua macam arus yaitu arus magnetisasi dan arus yang menghasilkan daya listrik. Arus magnetisasi ini diperlukan membangkitkan medan magnet pada peralatan-peralatan induktif. Arus yang diperoleh dari PLN dialirkan kemotor motor sinkron dimagnetisasi dengan arus AC dan jala-jala. Motor-motor induksi dan transformator dimagnetisasi dengan arus AC pada system daya yang menyebabkan adanya 8 komponen lagging dalam arus listrik. Energi akan di habiskan dalam membangkitkan medan magnetik. Sedangkan arus yang dihasilkan daya adalah arus yang terkonveksi tampak nyata menjadi daya atau kerja terpakai seperti putaran kipas, pompa air, dan pemanas listrik lainnya. Arus ini disebut juga sebagai arus aktif atau arus daya terpakai (Mubarok, 2022).

Berikut ini merupakan rumus mengenai daya reaktif, yang dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Komponen daya dalam reaktif

Arus reaktif yang menyebabkan komponen lagging 900 akan menyebabkan pf menjadi rendah dalam system. Pada gambar 2.1 diatas besarnya daya dapat dirumuskan:

$$kVA^2 = kW^2 + kVAR^2$$

Besarnya factor daya adalah:

$$Pf = kW /kVA = \cos$$

2.1 Perhitungan Daya Reaktif

Terdapat beberapa cara untuk melakukan koreksi / perhitungan daya reaktif, cara - cara yang biasa digunakan adalah dengan metode perhitungan biasa, metode tabel kompensasi, metode diagram, metode kuitansi PLN, & metode Segi tiga daya.

Perhitungan Biasa

Data yang diperlukan antara lain adalah daya aktif (KW). *Power factor* lama ($\cos \theta_1$) dan *power factor* baru ($\cos \theta_2$). Daya yang diperoleh dari persamaan:

$$S = P / \cos \theta_1$$

Dimana:

$$S = \text{Daya nyata (kVA)}$$

$$P = \text{Daya aktif (kW)}$$

Daya reaktif *pf* lama dan *pf* baru diperoleh dari persamaan:

$$QL = P \tan \theta_1$$

$$QB = P \tan \theta_2$$

Dimana:

$$QL = \text{Daya reaktif } pf \text{ lama (kVAR)}$$

QB = Daya reaktif pf baru (kVAR)

Daya reaktif yang dikompensasi oleh *capasitor bank* adalah:

$$QC = QL - QB$$

Dimana:

QC = Daya yang dikompensasi kapasitor (kVAR)

QL = Daya reaktif pf lama (kVAR)

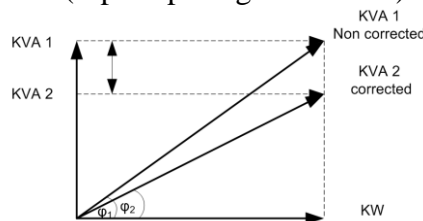
QB = Daya reaktif pf baru (kVAR)

Metode Tabel Kompensasi

Untuk menghitung besarnya daya reaktif dapat dilakukan melalui tabel kompensasi, tabel ini menyajikan suatu data dengan input faktor daya mula-mula sebesar $\cos \theta_1$ dan faktor daya yang diinginkan $\cos \theta_2$ maka besarnya faktor pengali dapat dilihat melalui tabel kompensasi.

Metode Diagram

Dalam menentukan besarnya kapasitor yang dibutuhkan diperlukan diagram sebelum kompensasi dan sesudah kompensasi. (seperti pada gambar 2.24)



Gambar 2.2 Diagram Daya untuk menentukan daya kapasitor

Sebelum ada perbaikan power Gambar 2.24 Diagram daya untuk menentukan daya kapasitor faktor, dengan θ_1 dan setelah dilakukan perbaikan sesuai yang diinginkan ditunjukkan dengan θ_2 . Maka besar daya kapasitor yang diperlukan adalah:

$$QC = kW [\tan \theta_1 - \tan \theta_2]$$

Metode Kwitansi PLN

Metode ini memerlukan data dari kwitansi PLN selama satu periode (misalnya 1 tahun). Kemudian data penghitungan diambil dari pembayaran denda kVARH yang tertinggi. Data lain yang diperlukan adalah jumlah pemakaian.

$$QC = \frac{kVARH_{\text{tertinggi}}}{\text{waktu}_{\text{pemakaian}}} (kVARH)$$

$$P = \frac{kWh_{\text{tertinggi}}}{\text{waktu}_{\text{pemakaian}}} (kWh)$$

Metode Segitiga Daya

Metode ini dipakai jika data yang diketahui adalah Daya aktif (P) dan Daya nyata (S). Perhitungan metoda ini dilakukan dengan segitiga daya.

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Adapun lokasi penelitian dilaksanakan di Synergi Building Alam Sutera, Tangerang, Banten.

3.2. Data Penelitian

Adapun data yang diperoleh dari hasil pelaksanaan penelitian adalah data beban dari keseluruhan synergi building, secara garis besar energi listrik yang digunakan disupply oleh PLN, untuk kebutuhan seperti:

3.3.1 Beban Penerangan

- a. Lampu TL untuk ruangan yang memerlukan fluks cahaya besar, seperti Ruang karyawan, lorong ruangan, dan lain-lain.
- b. Lampu XL untuk ruangan Meeting.
- c. Lampu pijar untuk beberapa ruangan khusus.
- d. Lampu merkuri *Workshop Engineering* dan lampu jalan.

3.3.2 Beban Motor

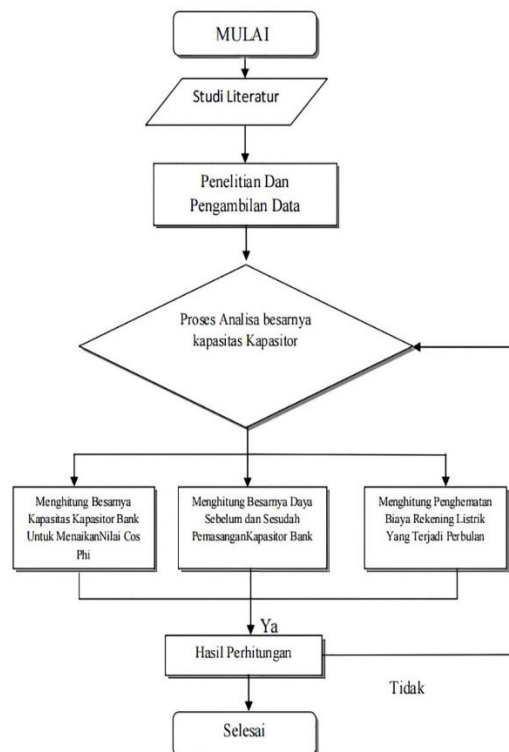
- a. *Air Conditioner (AC)*
- b. Kipas Angin
- c. Pompa Air

3.3.3 Beban Elektronika

- a. Komputer lengkap dengan printer dan mesin *fotocopy*-nya
- b. Proyektor
- c. Televisi
- d. Dispenser
- e. Telepon

3.3 Flowchart penelitian

Sebelum melakukan penelitian penulis mengutamakan rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian, supaya ketika melakukan penelitian bisa menyelesaikan langkah-langkah yang akan dilakukan. Untuk lebih jelas proses penelitian yang berlangsung dijelaskan dalam bentuk alur diagram alur berikut:

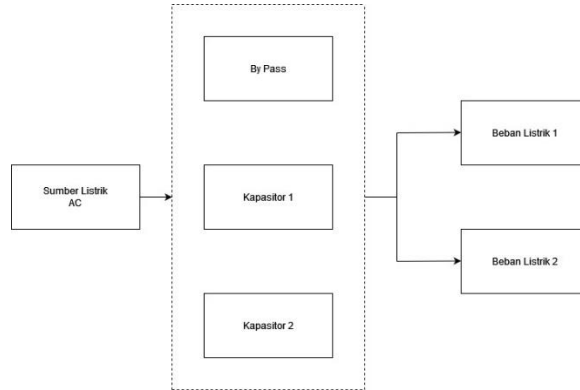


Gambar 3. 1 Diagram alur proses perbaikan faktor daya

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan rumusan sebagai berikut:

1. Menghitung berapakah besarnya kapasitas kapasitor yang dibutuhkan untuk mencapai faktor daya atau $\cos \phi$ yang diinginkan.

2. Menghitung besarnya daya reaktif yang di kompensasikan dengan cara mengurangi besarnya daya reaktif sebelum pemasangan kapasitor dengan daya reaktif setelah pemasangan kapasitor.
3. Melakukan penghitungan seberapa besar penghematan pemakaian daya listrik terpasang sehingga dapat diketahui besarnya pembayaran biaya rekening listrik yang terjadi setiap bulan.



Gambar 3. 2 Blok diagram sistem kerja kapasitor bank

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Nilai Data Faktor Daya Display Meter Pada Panel Kapasitor Bank

Pengamatan dilakukan selama 3 bulan dengan kurun waktu yang sudah ditentukan, serta data-data yang dibutuhkan seperti tegangan, arus, daya aktif dan daya semu pada seluruh kapasitor pada unit kapasitor bank yang terdapat pada lokasi penelitian.

4.1.1 Hasil faktor daya pada kapasitor bank Bulan Januari-Maret

Berikut dibawah ini merupakan hasil pengamatan faktor daya pada kapasitor bank di antara lain:

1. Pengambilan data pada Januari-Maret 2024

Tabel 4. 1 Hasil monitoring kapasitor step 1 januari-maret

Kapasitor	Suhu Terminal (°C)	Suhu Body (°C)	Tegangan (V)			Arus (A)			DAYA (W)	COS-PHI
			R-S	S-T	R-T	R	S	T		
STEP 1 43KVAR										
Bulan Januari										
Minggu 1	27,4	22,8	400,1	400,3	399,7	34,9	34,8	35,2	125890,5	0,98
Minggu 2	27,5	22,7	401,0	400,8	400,0	35,1	34,7	34,9	125828,5	1
Minggu 3	27,7	22,9	400,3	400,6	398,9	35,2	34,9	34,7	125739,0	0,99
Minggu 4	27,3	22,8	400,9	400,2	399,5	35,3	34,8	34,8	125942,9	0,98
Rata-Rata	27,5	22,8	400,6	400,5	399,5	35,1	34,8	34,9	125850,2	1,0
Bulan Februari										
Minggu 1	27,4	23,8	401,5	400,3	400,1	35,8	34,9	34,7	126680,3	0,99
Minggu 2	27,1	22,6	400,7	400,0	400,2	35,1	34,7	34,9	125734,2	0,98
Minggu 3	26,9	22,9	400,5	399,8	399,2	34,8	34,9	34,7	125227,8	0,98
Minggu 4	27,3	23,5	400,0	399,9	399,7	34,9	34,7	34,6	124998,3	0,99
Rata-Rata	27,2	23,2	400,7	400,0	399,8	35,2	34,8	34,7	125660,2	1,0
Bulan Maret										
Minggu 1	26,8	23,8	402,2	401,3	400,6	35,6	34,7	34,4	126069,3	0,99
Minggu 2	27,3	23,6	400,8	400,3	400,4	35,1	35,5	35,2	127118,7	0,98
Minggu 3	27,7	23,7	400,1	399,7	399,9	35,2	34,8	34,9	125848,5	0,98
Minggu 4	27,1	23,8	401,5	400,9	400,0	35,3	34,7	35,6	126973,4	1
Rata-Rata	27,2	23,7	401,2	400,6	400,2	35,3	34,9	35,0	126502,5	1,0

Pada tabel 4.1 Diketahui hasil monitoring faktor daya pada step 1 dengan kapasitor 43Kvar selama 12 Minggu dengan tegangan R-S, S-T, R-T rata-rata 401,2 V, 400.5 V, 399,5 V dan daya 125850.2 W pada bulan januari. R-S, S-T, R-T rata-rata 400.7 V, 400,0 V, 399,8 V dan daya 125660.2 W pada bulan februari. R-S, S-T, R-T rata-rata 401,2 V, 400,6 V, 400,2 V dan daya 126502.5 W pada bulan maret. Sedangkan cosphi stabil dengan nilai 1. dengan hasil berikut Step 1 adalah step aktif saat berlangsung. Dengan kapasitas lebih kecil dikarenakan penelitian berlangsung pada hari minggu dengan pemakian aktif tidak sebanyak pada hari kerja (senin-jumat).

Tabel 4. 2 Hasil monitoring kapasitor step 2 januari-maret

Kapasitor	Suhu Terminal (°C)	Suhu Body (°C)	Tegangan (V)			Arus (A)			DAYA (W)	COS-PHI
			R-S	S-T	R-T	R	S	T		
STEP 2 86KVAR										
Bulan Januari										
Minggu 1	23,4	23,8	401,3	400,3	400,1	71,3	71,4	71,0	256803,3	0,99
Minggu 2	23,3	23,8	400,9	400,6	400,0	71,2	72,9	72,9	260725,5	0,98
Minggu 3	23,4	23,8	402,1	399,5	400,1	71,2	72,0	72,0	258605,8	0,99
Minggu 4	23,9	23,8	401,6	400,2	399,9	71,2	72,1	72,3	259086,5	0,99
Rata-Rata	23,5	23,8	401,5	400,2	400,0	71,2	72,1	72,1	258805,3	1,0
Bulan Februari										
Minggu 1	23,7	22,6	400,0	400,7	400,3	71,8	71,4	71,9	258335,1	0,99
Minggu 2	22,9	22,3	401,0	400,9	400,5	71,9	71,5	71,6	258516,0	0,99
Minggu 3	22,1	22,8	400,0	401,0	399,7	71,0	71,1	71,4	256349,5	0,98
Minggu 4	23,4	22,7	402,3	400,6	400,1	71,0	71,9	70,9	257201,4	0,99
Rata-Rata	23,0	22,6	400,8	400,8	400,2	71,4	71,5	71,5	257600,5	1,0
Bulan Maret										
Minggu 1	22,9	22,8	400,1	400,3	399,8	71,1	71,9	71,5	257442,9	0,99
Minggu 2	23,7	23,4	401,3	400,9	400,7	71,2	71,6	71,8	258142,3	0,98
Minggu 3	23,6	23,1	400,2	401,0	400,5	71,5	72,5	71,9	259447,0	0,99
Minggu 4	23,4	23,8	400,9	400,6	400,0	71,0	71,8	71,7	257721,8	0,99
Rata-Rata	23,4	23,3	400,6	400,7	400,3	71,2	72,0	71,7	258188,5	1,0

Pada tabel 4.2 Diketahui hasil monitoring faktor daya pada step 2 dengan kapasitor 86Kvar selama 12 Minggu dengan tegangan R-S, S-T, R-T rata-rata 401.5 V, 400.2 V, 400.0 V dan daya 258805.3 W pada bulan januari. R-S, S-T, R-T rata-rata 400.8 V, 400.8 V, 400.2 V dan daya 257600.5 W pada bulan februari. R-S, S-T, R-T rata-rata 400.6 V, 400.7 V, 400.3 V dan daya 258188.5 W pada bulan maret. Sedangkan cos-phi stabil dengan nilai 1. dengan hasil berikut Step 2 adalah kapasitor standby, dan akan bekerja otomatis jika banyak aktifitas pada utility Gedung.

Tabel 4. 3 Hasil monitoring kapasitor step 3 januari-maret

Kapasitor	Suhu Terminal (°C)	Suhu Body (°C)	Tegangan (V)			Arus (A)			DAYA (W)	COS-PHI
			R-S	S-T	R-T	R	S	T		
STEP 3 86KVAR										
Bulan Januari										
Minggu 1	23,4	23,8	401,2	401,6	401,0	71,3	71,4	71,0	257252,1	1
Minggu 2	23,3	23,8	400,8	401,1	400,9	71,2	72,9	72,9	261007,6	0,99

Minggu 3	23,4	23,8	400,1	402,3	400,7	71,2	72,0	72,0	258907,1	0,99
Minggu 4	23,9	23,8	401,0	400,5	400,6	71,2	72,1	72,3	259172,8	0,98
Rata-Rata	23,5	23,8	400,8	401,4	400,8	71,2	72,1	72,1	259084,9	1,0
Bulan Februari										
Minggu 1	23,4	22,7	399,7	400,6	400,1	71,0	71,9	70,9	256645,5	0,99
Minggu 2	23,7	22,6	400,8	400,3	400,0	71,8	71,4	71,9	258356,6	0,98
Minggu 3	22,9	22,3	401,5	400,1	400,3	71,9	71,5	71,6	258408,5	0,99
Minggu 4	33,8	21,9	400,6	400,4	399,5	12,5	12,4	12,2	44538,6	0,96
Rata-Rata	26,0	22,4	400,7	400,4	400,0	56,8	56,8	56,7	204487,3	1,0
Bulan Maret										
Minggu 1	23,4	23,7	399,8	400,7	399,4	129,2	128,8	129,1	464481,3	1
Minggu 2	22,9	22,8	401,3	400,9	400,4	71,1	71,9	71,5	257957,7	1
Minggu 3	23,7	23,4	400,3	400,7	399,1	71,2	71,6	71,8	257541,5	0,99
Minggu 4	23,6	23,1	399,5	399,9	398,8	71,5	72,5	71,9	258691,4	0,99
Rata-Rata	23,4	23,3	400,2	400,6	399,4	85,8	86,2	86,1	309668,0	1,0

Pada tabel 4.3 Diketahui hasil monitoring faktor daya pada step 3 dengan kapasitor 43Kvar selama 12 Minggu dengan tegangan R-S, S-T, R-T rata-rata 400.8 V, 401.4 V, 400.8 V dan daya 259084.9 W pada bulan januari. R-S, S-T, R-T rata-rata 400.7 V, 400.4 V, 400.0 V dan daya 204487.3 W pada bulan februari. R-S, S-T, R-T rata-rata 400.2 V, 400.6 V, 399.4 V dan daya 309668.0 W pada bulan maret. Sedangkan cos-phi stabil dengan nilai 1. dengan hasil berikut Step 3 adalah kapasitor standby, dan akan bekerja otomatis jika banyak aktifitas pada *utility* Gedung. Pada minggu ke 4 bulan februari terjadi penurunan Arus kapasitor hingga 12.5 A dengan indikasi kapasitor sudah melemah karena pemakaian, dan anilsa kerusakan selain dari semakin bertambahnya perangkat yang dibutuhkan oleh Gedung kualitas kapasitor mungkin tidak stabil seperti step lainnya. Tindakan yang dilakukan adalah penggantian kapasitor pada part yang terindikasi tersebut, dan pengambilan data ulang setelah penggantian dapat dilihat pada minggu ke 1 bulan maret. Dengan nilai pengukuran 129.2 A menggunakan kapasitor baru.

4.2 Perhitungan faktor daya pada kapasitor bank dipengaruhi beban

Faktor daya menggambarkan sudut fasa antara daya aktif dan daya semu. Mengingat sebagian besar beban bersifat induktif, maka penambahan beban akan mempengaruhi komponen-komponen arus searah maupun tegak lurus dengan tegangan akan bertambah besar. Keadaan tersebut akan mengakibatkan perubahan daya secara kompleks dan cos phi, sehingga faktor daya akan menjadi sangat kecil sejalan dengan penambahan beban induktif. Berikut merupakan perhitungannya sesuai dengan data yang sudah diperoleh:

Data daya beban yang digunakan adalah:

Trafo = 110 kVA

Daya aktif=97,04kW

Perhitungan pemakaian perbulan=Waktu pemakaian x Daya aktif
 $= 24 \times 30 \times 97,04 = 69.868,8 \text{ kWh}$

Batas kVAR yang dibebaskan PLN

$= 0,62 \times \text{pemakaian perbulan}$

$= 0,62 \times 69.868,8$

$= 43.318,656 \text{ kWh}$

4.2.1 Perhitungan Sebelum Perbaikan Faktor Daya

Daya beban yang digunakan adalah:

Daya aktif=97,04kW, $\text{Cos}\phi$ awal=0,79, Maka:

$\text{Cos}\phi_1 = 0,79$

$$\varphi_1 = 37,8140^\circ$$

$$\tan \varphi_1 = 0,776$$

$$\text{Daya semu}(S_1) = \frac{P-97,0,4}{\cos \varphi \ 0,79} = 122,835 \text{ kVA}$$

$$\text{Daya reaktif yang terpakai } (Q_1) = \text{daya aktif} \times \text{Waktu pemakaian}$$

$$= 75,303 \times 24 \times 30$$

$$= 54,218,16 \text{ kVARh}$$

Kelebihan pemakaian daya reaktif = Pemakaian daya reaktif - Batas KVAR yang diizinkan PLN

$$= 54.218,16 - 43.318,656$$

$$= 10.899,595 \text{ kVARh}$$

4.2.2 Perhitungan Setelah Perbaikan Faktor Daya

Daya yang digunakan adalah:

$$\text{Daya beban} = 97,04 \text{ kW}$$

$$\cos \varphi = 0,99$$

Maka:

$$\cos \varphi_2 = 0,99$$

$$\varphi_2 = 8,109^\circ$$

$$\tan \varphi_2 = 0,142$$

$$\text{Daya semu}(S_2) = \frac{P-97,0,4}{\cos \varphi \ 0,99} = 98,020 \text{ kVA}$$

$$\text{Daya reaktif yang terpakai } (Q_2) = \text{Daya beban} \times \tan \varphi$$

$$= 97,04 \times 0,142$$

$$= 13,780 \text{ kVARh}$$

Pemakaian daya reaktif perbulan = Daya reaktif x waktu pemakaian

$$= 13,780 \times 24 \times 30 = 9.921,6 \text{ kVARh}$$

Kelebihan daya reaktif

$$= 9.921,6 - 43.318,656$$

$$= -33.397,056 \text{ kVARh}$$

Selisih kelebihan daya reaktif

$$= 10.899,595 - (33.397,056)$$

$$= 44.296,651 \text{ kVARh}$$

Persentase

$$\text{Perbandingan} = \frac{-33.397,056 - (-9.921,6)}{33.397,056} \times 100\% = -70,29\%$$

Besar Reaktif yang dikompen sasikan kapasitor adalah:

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$= 75,303 - 13,780$$

$$= 61,523 \text{ kVAR}$$



Gambar 4. 1 Pengukuran faktor daya

Dengan hasil yang didapatkan dengan hasil data faktor daya yang didapat secara instalasi sudah menerapkan PUIL 2000, dengan adanya PUIL 2000 diharapkan standarisasi instalasi benar-benar diterapkan dengan pokok penekanan pada efektifitas, efesiensi, dan keselamatan. Keselamatan merupakan harga mati, sehingga dalam standarisasi instalasi listrik yang berimplementasi PUIL 2000 sekecil apapun untuk tidak merubah spesifikasi teknik sesuai dengan data pada BAB II poin 2.1 Literatur review yang dicantumkan.

4.3 Hasil perhitungan faktor daya

Besar kapasitas kapasitor yang digunakan dengan nilai $\cos \phi$ 0,99 adalah:

Arus (I):

$$\begin{aligned} I &= \frac{Q_c}{\sqrt{3} \times V} \\ &= \frac{61,523 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380} \\ &= 93,475 \text{ A} \end{aligned}$$

Reaktansi kapasitif (X_C):

$$\begin{aligned} X_C &= \frac{\sqrt{3} \times V}{I} \\ &= \frac{\sqrt{3} \times 380}{93,475} \\ &= 7,041 \Omega \end{aligned}$$

Kapasitas kapasitor (C):

$$\begin{aligned} C &= \frac{1}{2\pi f x_c} \\ &= \frac{1}{2 \times 3,14 \times 50 \times 7,041} \\ &= 4523 \mu\text{F} / \text{phasa} \end{aligned}$$

Kapasitas kapasitor yang diperlukan untuk mencapai $\cos \phi$ 0,99 adalah 4523 mikrofarad per phasa. Perhitungan ini berdasarkan arus yang dihitung sebesar 93,475 A dan reaktansi kapasitif sebesar 7,041 Ohm.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada sistem kelistrikan di Synergi Building, berikut adalah kesimpulan dari studi mengenai efisiensi energi, koreksi faktor daya, dan optimalisasi penggunaan daya listrik:

1. Analisis menunjukkan bahwa terdapat proporsi daya yang tidak terpakai dan terbuang sia-sia selama beban bekerja. Daya yang tidak terpakai ini dapat diidentifikasi melalui pengukuran daya reaktif dan daya nyata yang tidak efektif. Ditemukan bahwa pemborosan energi dapat dikurangi dengan melakukan perbaikan pada sistem kelistrikan dan memperbaiki efisiensi penggunaan daya. Implementasi kapasitor bank yang sesuai dan perawatan berkala dapat mengurangi daya yang terbuang sia-sia, meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan.
2. Koreksi faktor daya yang dilakukan telah memaksimalkan proses efisiensi sistem kelistrikan dengan meningkatkan proporsi daya aktif yang disalurkan. Analisis menunjukkan bahwa penerapan kapasitor bank secara efektif telah meningkatkan faktor daya mendekati nilai ideal, yaitu mendekati 1 atau 100%. Koreksi ini membantu mengurangi kerugian daya reaktif dan mengoptimalkan penggunaan daya aktif, yang pada gilirannya berkontribusi pada pengurangan biaya energi dan peningkatan efisiensi operasional.
3. Evaluasi penggunaan daya listrik menunjukkan bahwa kapasitas listrik terpasang di Synergi Building telah dimanfaatkan secara optimal. Penggunaan daya listrik yang lebih efisien dan sesuai dengan kapasitas terpasang membantu menghindari kelebihan beban dan memastikan stabilitas sistem kelistrikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa manajemen daya yang lebih baik dan perencanaan kapasitas yang tepat berkontribusi pada pengurangan pemborosan energi dan peningkatan efisiensi sistem secara keseluruhan.

Saran

Dari beberapa hal yang telah dilakukan dan disimpulkan dalam laporan ini, beberapa saran baik untuk Perusahaan maupun bagi instansi Pendidikan diantaranya :

1. Sebelum melakukan monitoring faktor daya periksa Kembali komponen pendukung.
2. Melakukan perbaikan alat yang sudah rusak untuk spare jika suatu waktu terjadi masalah agar dapat segera ditangani.
3. Pengoprasian secara manual hanya digunakan untuk maintenance seperti pengukuran (preventive), tidak terlalu sering menggunakan tombol manual karena dapat merusak tombol pada regulator.

DAFTAR PUSTAKA

- Alland, K., Elektro, T., Industri, T., & Arfah, E. (n.d.). *PERANCANGAN KEBUTUHAN KAPASITOR BANK UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA LINE MESS I DI PT. BUMI LAMONGAN SEJATI (WBL)*.
- Barlian, T., Apriani, Y., Savitri, N., & Hurairah, M. (2020). Analisis Kapasitor Bank Untuk Memperbaiki Tegangan. *JURNAL SURYA ENERGY*, 4(2). <https://doi.org/10.32502/jse.v4i2.2562>
- Dedzky, R. A., & Atabiq, F. (2020). PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA PERALATAN LISTRIK RUMAH TANGGA. *Jurnal ASEECT*, 1(3), 23–29.
- Mubarok, A. (2022). INVESTASI ETIS (ETHICAL INVESTMENT) (KONSEP, DASAR PERTIMBANGAN DAN PENDEKATAN). *Jesya (Jurnal Ekonomi & Ekonomi Syariah)*, 5(1), 766–783. <https://doi.org/10.36778/jesya.v5i1.646>
- Noor, S., & Saputera, N. (2014). *EFISIENSI PEMAKAIAN DAYA LISTRIK MENGGUNAKAN KAPASITOR BANK* (Vol. 6, Issue 2).

Penggunaan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Pada, A., Aji Basudewa, D., Aribowo, W., Widyartono, M., & Chandra Hermawan, A. (n.d.). *ANALISA PENGGUNAAN KAPASITOR BANK TERHADAP FAKTOR DAYA PADA GEDUNG IDB LABORATORY UNESA*.

Sello, A., Ervianto, E., & Yayan Sukma, D. (2014). KAJIAN PENEMPATAN KAPASITOR BANK MENGGUNAKAN METODE GENETIK ALGORITMA PADA SOUTH BALAM FEEDER 1 PT CHEVRON PACIFIC INDONESIA. In *Jom FTEKNIK* (Vol. 2, Issue 1).

Sinta, T., Teknik Elektro, J., Pengaruh Kapasitor Bank dan Detuned Reactor Sebagai Perbaikan Faktor Daya Listrik, A., Septya Mahendra, L., Rizani Rusli, M., Nizar Habibi, M., Ahmad Firyal Adila Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, dan, Kunci -Detuned Reactor, K., Reaktif, D., Daya, F., & Bank, K. (2023). Fasa untuk Beban-beban Induktif. *Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEI)*, 09(02).

Siska Kurnia Sari, D., Hamzah, A., & Yayan Sukma, D. (n.d.). *PERBAIKAN FAKTOR DAYA OTOMATIS BERBASIS SMART RELAY PADA JARINGAN TEGANGAN RENDAH SATU FASA*.

Yani, A., Kapasitor Bank, P., Yani Staf Pengajar Teknik Elektro STT-Harapan, A., Kunci, K., & Daya, F. (2017). Pemasangan Kapasitor Bank untuk Perbaikan Faktor Daya. In *Cetak) Journal of Electrical Technology* (Vol. 2, Issue 3).