

RANCANG BANGUN PANEL CAPACITOR BANK UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA DENGAN SISTEM MONITORING BERBASIS PLC DAN SCADA

Eriko Arvin Karuniawan, Akhmad Jamaah, Agus Rochadi, Aji Hari Riyadi, Danu
Angga Vebriyanto, Adi Wibowo, Anisa Salma Nabila, Nataliano Kevin Andithya
Wibowo, Riestian Rakha Rokhmad

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. H. Soedarto S.H., Tembalang, Semarang 50275
E-mail: eriko@polines.ac.id

Abstrak

Kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat seiring pertumbuhan industri dan kegiatan ekonomi menuntut sistem distribusi daya yang efisien dan andal. Salah satu permasalahan umum adalah rendahnya faktor daya akibat penggunaan beban induktif seperti motor dan transformator, yang menyebabkan rugi-rugi daya dan penurunan efisiensi sistem. Penelitian ini merancang dan membangun sistem kapasitor bank 1 fasa dengan kapasitas total 2.820 VAr, dilengkapi sistem monitoring dan kontrol otomatis berbasis PLC (Programmable Logic Controller) dan SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Sistem ini menggunakan enam step kapasitor yang dikendalikan Solid State Relay (SSR) secara bertahap, berdasarkan parameter listrik yang dibaca sensor dan diproses PLC. Data arus, tegangan, dan faktor daya ditampilkan secara real-time melalui antarmuka SCADA. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata faktor daya meningkat dari 0,648 menjadi 0,948, dengan efektivitas perbaikan sebesar 85,55%. Arus rata-rata menurun dari 5,97 A menjadi 3,53 A, serta efisiensi pengurangan rugi daya reaktif sebesar 79,1%. Respon waktu sistem untuk mencapai faktor daya yang diinginkan berkisar antara 5–7 detik.

Kata kunci : Kapasitor bank, faktor daya, PLC, SCADA, daya reaktif, efisiensi

Abstract

The increasing need for electrical energy accompanying industrial and economic activities demands an efficient and reliable power distribution system. One common problem is the low power factor due to the use of inductive loads such as motors and transformers, which cause power losses and decreased system efficiency. This research designs and constructs a 1-phase capacitor bank system with a total capacity of 2,820 VAr, equipped with an automatic monitoring and control system based on PLC (Programmable Logic Controller) and SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). The system utilizes six capacitor steps that are controlled sequentially by Solid State Relays (SSR), based on electrical parameters read by sensors and processed by the PLC. Data regarding current, voltage, and power factor are displayed in real-time through the SCADA interface. Test results show that the average power factor increased from 0.648 to 0.948, with a correction effectiveness of 85.55%. The average current decreased from 5.97 A to 3.53 A, and the efficiency of reactive power loss reduction was 79.1%. The system's response time to achieve the desired power factor ranges between 5–7 seconds.

Keywords : Capacitor bank, power factor, PLC, SCADA, reactive power, electrical efficiency

1. Pendahuluan

Peningkatan pesat di sektor ekonomi dan industri telah mengakibatkan peningkatan konsumsi energi listrik yang signifikan, menjadikan listrik sebagai kebutuhan utama bagi masyarakat, termasuk bagi pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) [1] yang banyak menggunakan mesin produksi berbasis motor listrik. Motor listrik, sebagai salah satu contoh beban induktif, menimbulkan permasalahan umum

berupa daya reaktif dan rendahnya faktor daya. Kondisi ini menyebabkan arus listrik yang mengalir dalam sistem meningkat, yang berujung pada kerugian energi berupa rugi daya pada penghantar (losses) dalam bentuk panas. Rugi arus yang tinggi ini tidak hanya memboroskan energi tetapi juga mengurangi efisiensi sistem kelistrikan, berisiko merusak peralatan, dan menurunkan keandalan komponen. PLN sendiri menetapkan standar nilai minimum faktor

daya pelanggan sebesar 0,85[2]; faktor daya yang rendah mengakibatkan kapasitas distribusi menjadi tidak optimal karena sebagian energi listrik hanya digunakan untuk membentuk medan magnet, bukan untuk kerja nyata. Maka dari itu, upaya untuk memperbaiki faktor daya dilakukan dengan memasang kapasitor bank, yang berfungsi mengurangi daya reaktif dari beban induktif[3]. Dengan kapasitor, faktor daya ($\cos\phi$) dapat ditingkatkan mendekati nilai ideal 1. Perbaikan ini memberikan manfaat teknis berupa efisiensi sistem, pengurangan rugi-rugi energi, penurunan arus total, dan peningkatan keandalan sistem kelistrikan. Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, dirancanglah alat yang diberi judul “RANCANG BANGUN KAPASITOR BANK 1 FASA UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA DENGAN KAPASITAS 2.820 VAR MENGGUNAKAN SISTEM MONITORING BERBASIS PLC DAN SCADA”. Alat ini dirancang untuk bekerja secara otomatis dalam memperbaiki faktor daya sesuai kondisi beban, dilengkapi dengan sistem monitoring dan pengendalian berbasis PLC (Programmable Logic Controller) dan SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) guna meningkatkan efisiensi $\cos\phi$ [4]. Penelitian ini memiliki tiga rumusan masalah utama, yaitu: Bagaimana cara merancang dan merakit alat perbaikan faktor daya dengan menggunakan PLC sebagai kontrol logika; Bagaimana efektivitas penggunaan kapasitor bank 1 fasa dalam memperbaiki faktor daya pada beban induktif; Serta, bagaimana hasil atau dampak yang diperoleh setelah dilakukannya perbaikan faktor daya tersebut? Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjawab masalah-masalah tersebut, yakni merancang dan merakit alat perbaikan faktor daya dengan PLC sebagai kontrol logika, mengetahui efektivitas kapasitor bank 1 fasa dalam memperbaiki faktor daya pada beban induktif, dan mengetahui hasil atau dampak dari perbaikan faktor daya. Adapun fokus masalah dalam perancangan alat ini dibatasi, antara lain: Rancang bangun

alat ini berpusat pada Kontrol Kapasitor Bank menggunakan PLC dengan dua mode operasi (manual dan otomatis). Alat ini ditujukan khusus untuk perbaikan faktor daya pada sistem listrik PLN 1 fasa, dengan kapasitas total sebesar 2.820 VAR yang dibagi menjadi 6 step kapasitor bervariasi. Perancangan alat ini ditujukan untuk mengatasi faktor daya rendah akibat beban induktif (seperti motor listrik atau trafo). [5]Terakhir, sistem SCADA pada HMI Dwin dirancang untuk monitoring parameter listrik (termasuk tegangan, arus, daya semu, daya aktif, daya reaktif, frekuensi, dan faktor daya) serta mengontrol step kapasitor menggunakan PLC Outseal.

2. Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode rancang bangun (design and construction). Penelitian ini berfokus pada perancangan, implementasi, dan pengujian sebuah sistem Capacitor Bank 1 Fasa otomatis dengan kapasitas 2.820 VAR yang dikendalikan melalui Programmable Logic Controller (PLC) dan dimonitoring menggunakan sistem SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Secara sistematis, metode penelitian ini terbagi menjadi tiga fase utama, yaitu Tahap Perancangan Alat, Tahap Pembuatan Alat, dan Tahap Pengujian Alat[6].

2.1. Tahap Perancangan Alat

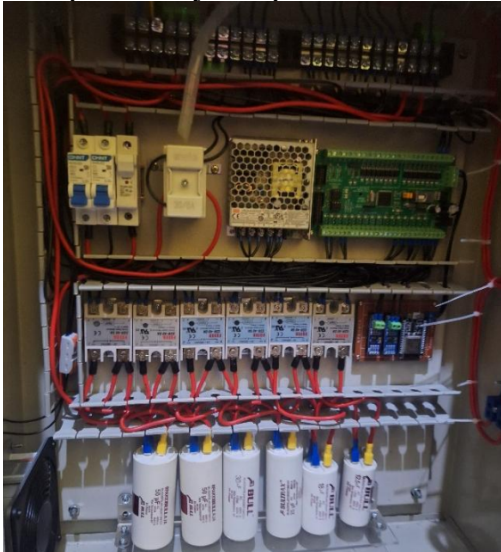
Tahap ini merupakan fondasi konseptual sistem, yang mencakup:

Analisis Masalah dan Studi Pustaka: Tahap awal meliputi analisis masalah kebutuhan perbaikan faktor daya dan pengumpulan referensi teori penunjang.

Perancangan Awal dan Penentuan Kapasitas: Perancangan dimulai dengan membuat flowchart perencanaan. Selanjutnya, dilakukan penentuan kapasitas panel kapasitor bank[7]. Berdasarkan perhitungan teoritis, ditentukan bahwa kapasitas total yang dibutuhkan adalah 2.820 VAR untuk mengoreksi faktor daya dari 0,65 menjadi 0,93[8]. Kapasitas ini dibagi menjadi 6 step kapasitor bervariasi untuk

fleksibilitas.

Pemilihan Komponen dan Tata Letak: Dilakukan penentuan komponen-komponen yang akan digunakan, termasuk spesifikasi PLC Outseal, HMI Dwin, kapasitor, Solid State Relay (SSR)[9], dan sensor pendukung. Setelah komponen ditentukan, dirancang tata letak komponen panel untuk memastikan instalasi yang rapi dan aman seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Capacitor perbaikan faktor daya

Perancangan Logika Sistem: Perancangan dilanjutkan dengan membuat deskripsi kerja panel kapasitor bank dan Blok Diagram yang menjelaskan alur proses kerja sistem (Input, Proses, Output). Diakhiri dengan penyusunan Flowchart Sistem yang merinci logika kontrol pada mode manual dan otomatis.

2.2. Tahap Pembuatan Alat (Realisasi)

Tahap ini adalah implementasi fisik dari rancangan, yang meliputi:

Pembuatan Program PLC (Ladder Diagram): Dilakukan pembuatan program kontrol logika menggunakan perangkat lunak Outseal Studio dengan implementasi ladder logic diagram. Program ini mencakup logika untuk mengontrol penyambungan SSR ke kapasitor secara bertahap.

Pembuatan Sistem SCADA/HMI: Dibuat antarmuka visualisasi (Human Machine Interface - HMI Dwin) menggunakan perangkat lunak DGUS, yang berfungsi

untuk monitoring parameter listrik secara real-time [10](tegangan, arus, faktor daya, dll.) dan memungkinkan operator untuk memilih mode operasi (manual atau otomatis) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan HMI perbaikan faktor daya

Perakitan Panel dan Topologi Sistem: Dilakukan perakitan seluruh komponen ke dalam panel. Ini mencakup penentuan penggunaan penghantar (kabel NYAF dan NYM) sesuai dengan standar Kemampuan Hantar Arus (KHA) PUIL 2020 dan penyusunan Topologi Sistem yang menggambarkan hubungan skematis antara Multifunction Meter, ESP32, PLC, SSR, dan kapasitor bank.

2.3. Tahap Pengujian dan Pembahasan

Tahap pengujian bertujuan untuk memverifikasi fungsionalitas dan mengevaluasi performa alat yang telah dirancang.

Persiapan Pengujian: Melakukan pemeriksaan awal pada semua komponen (MCB, Fuse, CT, SSR, Kapasitor) untuk memastikan semuanya dalam kondisi kerja normal sebelum pengujian sistem secara menyeluruh.

Pengujian Mode Manual: Sistem diuji dengan mengoperasikan step kapasitor secara langsung melalui HMI untuk mengamati respon sistem terhadap pemilihan kapasitor oleh operator dan

memantau perubahan parameter listrik sebelum dan sesudah kompensasi.

Pengujian Mode Otomatis: Sistem diuji dalam mode kontrol otomatis. PLC berfungsi membandingkan nilai faktor daya terukur dengan nilai setpoint (target 0.92–0.98), dan secara otomatis menentukan kombinasi step kapasitor yang paling sesuai untuk mengompensasi daya reaktif.

Analisis Data: Hasil pengujian dianalisis untuk menentukan efektivitas perbaikan faktor daya. Hasil ini juga dibandingkan dengan perhitungan teoritis.

Pengujian dan Pembahasan

Subbab ini memuat hasil dan pembahasan dari pengujian yang telah dilakukan pada mode manual maupun mode otomatis. Data dasar yang diambil saat pengujian meliputi tegangan, arus, daya semu, daya aktif, daya reaktif, dan faktor daya. Beban yang digunakan adalah variasi motor listrik berkapasitas $\frac{3}{4}$ HP dan 1 HP, serta Variabel L dan R, dengan daya reaktif yang diserap berkisar antara 762 VAr hingga 2384 VAr.

3.1. Pengujian Mode Manual

Pengujian mode manual bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem kapasitor bank saat dioperasikan secara langsung melalui Human Machine Interface (HMI) oleh operator. Pengujian ini menunjukkan bahwa setiap step kapasitor bank dapat diaktifkan secara terpisah melalui panel kontrol sesuai kebutuhan kompensasi daya reaktif[11].

pengukuran menunjukkan bahwa setiap step kapasitor aktif memberikan kontribusi signifikan dalam menurunkan nilai daya reaktif (VAr) yang terukur pada sistem. Sebagai contoh, Step 1 (12,5 uF) dapat mengkompensasi daya reaktif kurang dari 190 VAr, Step 3 (25 uF) kurang dari 380 VAr, dan Step 6 (50 uF) kurang dari 760 VAr. Jika tegangan terukur mencapai atau melebihi 240 V, sistem kontrol tidak akan memproses sinyal input dari HMI untuk menyalakan kapasitor, guna menjaga keamanan sistem[12].

3.2. Pengujian Mode Otomatis

Pengujian mode otomatis menggunakan

PLC (Programmable Logic Controller)[13] sebagai kontrol logika untuk memilih kombinasi step kapasitor secara otomatis berdasarkan nilai faktor daya ($\cos \phi$) dan daya reaktif (VAr) yang diukur oleh Multifunction Meter Selec MX300-1-C-CE.

Peningkatan Faktor Daya ($\cos \phi$):

Hasil pengujian menunjukkan peningkatan signifikan pada faktor daya di setiap kondisi pengujian. Sebelum perbaikan, rata-rata faktor daya tercatat sebesar 0,648 dan setelah perbaikan rata-rata meningkat menjadi 0,948,. Secara spesifik, faktor daya terendah yang tercatat sebelum perbaikan adalah 0,43, dan setelah perbaikan, nilai terendah meningkat menjadi 0,92[14]. Pada sebagian besar pengujian, faktor daya mampu mencapai kisaran 0,96 hingga 0,98, mendekati nilai ideal 1. Efektivitas perbaikan faktor daya yang dihitung menggunakan rumus (4.1) mencapai rata-rata sebesar 85,23%,. Respon waktu sistem untuk mencapai faktor daya yang diinginkan berkisar antara 5–7 detik,.

Penurunan Arus (I):

Arus rata-rata juga mengalami penurunan signifikan. Sebelum perbaikan, arus rata-rata adalah 5,97 A, dan setelah perbaikan menurun menjadi 3,52 A. Penurunan arus pada sistem terbukti mampu mengurangi beban arus pada sistem. Efisiensi penurunan arus yang dihitung menggunakan rumus (4.2) adalah sebesar 41,04%.

Pengurangan Daya Reaktif (Q):

Perubahan paling signifikan terjadi pada daya reaktif (VAr). Sebagai contoh, daya reaktif menurun dari 2384 VAr menjadi 426 VAr pada pengujian beban kompresor listrik dan 2 variabel L. Efisiensi penurunan daya reaktif yang dihitung menggunakan rumus (4.4) adalah sebesar 79,1%,. Hal ini membuktikan bahwa pemasangan kapasitor bank sangat efektif dalam mengurangi daya reaktif pada sistem, yang berdampak pada peningkatan faktor daya dan efisiensi penyaluran energi.

Perubahan Daya Aktif (P):

Daya aktif (P) pada sistem hanya mengalami sedikit perubahan setelah pemasangan kapasitor bank. Efisiensi penurunan daya

aktif hanya sebesar 11,53%. Hal ini sesuai dengan teori bahwa fungsi utama kapasitor bank adalah mengompensasi daya reaktif, bukan mengubah daya aktif yang disuplai ke beban[15].

Perbandingan Hitungan Teoritis:

Perbandingan hasil pengujian dengan perhitungan teoritis menunjukkan tingkat kesesuaian yang tinggi. Misalnya, pada pengujian nomor 6, nilai $\cos \phi$ setelah perbaikan didapatkan sebesar 0,98 baik dari hasil pengujian maupun perhitungan teoritis. Secara umum, sebagian besar hasil pengujian memiliki selisih nilai $\cos \phi$ yang sangat kecil (0.01 atau tidak terdapat selisih) dibandingkan hasil perhitungan teoritis.

4.4 Kelebihan dan Kekurangan

4.4.1 Kelebihan

Alat yang dirancang memiliki beberapa kelebihan fungsional:

1. Sistem Monitoring Real-Time: Alat dilengkapi fitur SCADA yang ditampilkan melalui HMI Dwin, memungkinkan operator memantau parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, dan faktor daya secara langsung dan akurat.
2. Fleksibilitas Operasi: Terdapat dua mode operasi (manual dan otomatis) yang mudah dioperasikan melalui selector switch. Mode otomatis mengatur penyambungan kapasitor secara mandiri, sementara mode manual memungkinkan operator mengatur setiap step kapasitor sesuai kebutuhan.
3. Sistem Proteksi: Alat dilengkapi sistem proteksi yang meliputi MCB (Miniature Circuit Breaker), fuse, dan emergency stop untuk melindungi sistem dari arus lebih, korsleting, dan kondisi darurat, menjamin keamanan dan keandalan alat.
4. Responsivitas Kontrol: Sistem kontrol yang didukung oleh PLC dan sensor arus/tegangan cukup responsif terhadap perubahan beban, mampu menyesuaikan jumlah kapasitor yang diaktifkan dengan cepat.
5. Perbaikan Rugi Daya: Sistem ini terbukti mampu memperbaiki rugi-rugi daya akibat beban induktif dengan mengurangi arus total dan meningkatkan efisiensi distribusi energi

listrik.

4.4.2 Kekurangan

Meskipun fungsional, terdapat kekurangan utama pada aspek perangkat lunak perancangan sistem:

1. Keterbatasan Perangkat Lunak PLC: Software Outseal Studio yang digunakan untuk PLC memiliki keterbatasan fitur dan fleksibilitas dibandingkan software pemrograman PLC profesional lainnya. Keterbatasan ini terlihat dari antarmuka yang kurang intuitif, minimnya dokumentasi teknis, dan dukungan library yang terbatas.
2. Kompleksitas Integrasi: Proses pemrograman dan integrasi dengan sistem SCADA masih memerlukan beberapa langkah manual yang rumit, seperti konversi format data register dan penyusunan alamat komunikasi yang tidak sepenuhnya otomatis. Hal ini berpotensi menyulitkan pengguna baru.

Secara ringkas, meskipun sistem bekerja dengan baik dan efektif dalam meningkatkan faktor daya, penggunaan software yang kurang mumpuni menjadi aspek yang memerlukan peningkatan untuk mengoptimalkan keandalan dan efisiensi perancangan di masa depan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan dan pengujian yang telah dilaksanakan dalam tugas akhir berjudul “Rancang Bangun Kapasitor Bank 1 Fasa untuk Perbaikan Faktor Daya dengan Kapasitas 2820 VAr Menggunakan Sistem Monitoring Berbasis PLC dan SCADA”, dapat disimpulkan bahwa alat perbaikan faktor daya berhasil dirancang dan dirakit dengan mengintegrasikan Programmable Logic Controller (PLC) sebagai sistem kontrol logika utama. PLC memiliki fungsi esensial untuk mengatur penyambungan dan pemutusan kapasitor secara otomatis, yang didasarkan pada nilai faktor daya yang terukur. Perancangan sistem ini mencakup penggabungan sensor arus dan tegangan, pemrograman PLC Outseal Mega V.3, serta pemanfaatan SCADA DWIN (HMI) untuk menyediakan visualisasi dan pengendalian sistem secara real-time.

Secara performa, penggunaan kapasitor bank 1 fasa ini terbukti sangat efektif dalam memperbaiki faktor daya, khususnya saat menghadapi beban induktif seperti motor listrik. Efektivitas perbaikan faktor daya yang berhasil dicapai adalah sebesar 85,23%. Dengan dilakukannya pengaturan kapasitor secara bertahap (step), sistem dapat secara tepat menyesuaikan kompensasi daya reaktif sesuai kebutuhan, sehingga nilai faktor daya mampu mendekati 1, atau nilai ideal. Selain itu, sistem menunjukkan responsivitas yang baik, di mana waktu yang dibutuhkan untuk mencapai faktor daya yang diinginkan berkisar antara 5–7 detik.

Dampak dari perbaikan faktor daya yang dilakukan dengan pemasangan kapasitor bank menghasilkan peningkatan efisiensi yang terukur. Efisiensi pengurangan arus pada sistem tercatat sebesar 42,34%, sementara efisiensi pengurangan daya reaktif mencapai 79,1%. Penurunan daya aktif yang terjadi relatif kecil, yaitu sebesar 11,53%, yang menegaskan bahwa fungsi utama kapasitor bank telah berjalan sesuai teori, yaitu sebagai kompensator daya reaktif.

5.2 Saran

Guna mengoptimalkan hasil dan mendukung pengembangan sistem di masa depan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan. Disarankan untuk melakukan pengujian lanjutan pada berbagai jenis beban dan kondisi jaringan yang bervariasi untuk menguji keandalan sistem secara lebih menyeluruh. Selain itu, sistem kontrol yang ada dapat dikembangkan lebih lanjut agar terintegrasi dengan sistem berbasis **IoT** (*Internet of Things*), sehingga memungkinkan pemantauan dapat dilakukan dari jarak jauh. Terakhir, diusulkan untuk menggunakan kapasitor variabel; hal ini akan memungkinkan sistem melakukan penyesuaian nilai kapasitansi secara lebih fleksibel sesuai dengan kebutuhan daya reaktif beban yang berubah-ubah, yang pada akhirnya dapat mengurangi risiko terjadinya *overkompensasi* maupun *underkompensasi*

pada sistem kelistrikan.

Daftar Pustaka

- [1] B. Pramono, C. F. Hadi, dan R. M. Yasi, “Studi Capacitor Bank Berbasis Smart Power Meter Pada Umkm Roti Di Kabupaten Banyuwangi,” *J. ZETROEM*, vol. 7, no. 2, hlm. 50–56, Okt 2025, doi: 10.36526/ztr.v7i2.5383.
- [2] E. Yendi dan L. Sigit, “ANALISA PERBAIKAN FAKTOR DAYA SISTEM KELISTRIKAN,” *J. Sains Teknol. Fak. Tek.*, vol. XI, no. 1, hlm. 103–113, Mar 2021.
- [3] C. Adragna, A. Bianco, G. Gritti, dan M. Sucameli, “State-of-the-Art Power Factor Correction: An Industry Perspective,” *Encyclopedia*, vol. 4, no. 3, hlm. 1324–1354, Sep 2024, doi: 10.3390/encyclopedia4030087.
- [4] M. Irfan, S. D. Panjaitan, dan M. Saleh, “SISTEM KENDALI DAN MONITORING FAKTOR DAYA LISTRIK BERBASIS MIKROKONTROLER DAN INTERNET OF THINGS (IoT),” *J. Electr. Eng. Energy Inf. Technol. J3EIT*, vol. 9, no. 1, Jan 2021, doi: 10.26418/j3eit.v9i1.44528.
- [5] F. R. A. Bukit, K. A. Syahputra, dan S. Suherman, “PERANCANGAN HMI (HUMAN MACHINE INTERFACE) SEBAGAI PENGONTROL DAN PENDETEKSI DINI KERUSAKAN KAPASITOR BANK BERBASIS PLC,” *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 3, no. 2, Apr 2022, doi: 10.37058/jeee.v3i2.4766.
- [6] A. Y. Pratama, D. W. Asry, D. Usman, P. T. Asmoro, dan F. Siswoyo, “The Power Factor Optimization with Cos Phi Mode Trainee,” *J. Improsci*, vol. 2, no. 2, hlm. 95–109, Okt 2024, doi: 10.62885/improsci.v2i2.475.
- [7] A. ARNANTO, “ANALISIS PERANCANGAN PANEL CAPASITOR BANK,” S1, FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA, 2019. doi: 10/DAFTAR%2520PUSTAKA.
- [8] K. Alland, “PERANCANGAN KEBUTUHAN KAPASITOR BANK

-
- UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA LINE MESS I DI PT. BUMI LAMONGAN SEJATI (WBL)”. *Elektr. Borneo*, vol. 7, no. 1, hlm. 1–4, Sep 2021, doi: 10.35334/jeb.v7i1.2106.
- [9] M. Fernández *dkk.*, “Solid-State Relay Solutions for Induction Cooking Applications Based on Advanced Power Semiconductor Devices,” *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 66, no. 3, hlm. 1832–1841, Mar 2019, doi: 10.1109/TIE.2018.2838093.
- [10] H. N. Isnianto dan E. Puspitaningrum, “Monitoring Tegangan, Arus, Dan Daya Secara Real Time untuk Perbaikan Faktor Daya Secara Otomatis pada Jaringan Listrik Satu Fase Berbasis Arduino,” *J. Nas. Teknol. Terap. JNTT*, vol. 2, no. 1, hlm. 31–36, Okt 2018, doi: 10.22146/jntt.39205.
- [11] Rusdiansyah, C. Sarri, dan Toyib, “Analisis Perbaikan Faktor Daya Untuk Efisiensi Pembebanan Pada RSUD I.A. Moeis Samarinda,” *Mutiara J. Ilm. Multidisiplin Indones.*, vol. 1, no. 1, hlm. 126–139, Jul 2023, doi: 10.61404/jimi.v1i1.26.
- [12] A. R. R. Asefi, “RANCANG BANGUN TRAINER KIT CAPACITOR BANK UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA BERBASIS PLC DAN HMI DENGAN METODE ROTARY,” diploma, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2024. Diakses: 21 November 2025. [Daring]. Tersedia pada: <http://repository.ppns.ac.id/6434/>
- [13] Y. Kabir, Y. M. Mohsin, dan M. M. Khan, “Automated power factor correction and energy monitoring system,” dalam *2017 Second International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT)*, Feb 2017, hlm. 1–5. doi: 10.1109/ICECCT.2017.8117969.
- [14] A. Rofii dan R. Ferdinand, “ANALISA PENGGUNAAN KAPASITOR BANK DALAM UPAYA PERBAIKAN FAKTOR DAYA,” *J. Kaji. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, hlm. 39–51, Mar 2018, doi: 10.52447/jkte.v3i1.1056.
- [15] H. Hermansyah, “Analisis Injeksi Daya Reaktif Untuk Memperbaiki Faktor Daya Pada Line Instalasi Listrik Gedung Workshop AK-Manufaktur Bantaeng,”