

RANCANG BANGUN TRAINER PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA BEBAN VARIATIF DENGAN SISTEM KENDALI MANUAL

**Nurriza Kholifatulloh Hasanah, Purwandito Tulus Asmoro, Feri Siswoyo Hadisantoso,
Rizki Permana**

Teknologi Listrik, Politeknik Enjineri Indorama, Purwakarta, Indonesia
Corresponding author: nurriza@pei.ac.id

Abstrak

Kualitas daya listrik merupakan aspek penting dalam operasi sistem tenaga listrik, terutama dengan bertambahnya beban industri setiap tahunnya. Faktor daya berkaitan erat dengan kualitas daya listrik, apabila faktor daya bernilai mendekati 1 itu berarti sistem memiliki kualitas daya yang baik. Pada penelitian ini bertujuan untuk merancang trainer perbaikan faktor daya dengan kapasitor pada beban variatif. Dari hasil perancangan trainer dibuat dirancang dengan 3 buah kapasitor yang disusun secara seri. Hasil pengujian dengan beban variatif alat dapat bekerja secara efektif dan dapat meningkatkan faktor daya dari 0,41 menjadi 0,99.

Kata kunci: *Beban variatif, Faktor daya, Kapasitor, Kendali Manual*

Abstract

Power quality is an important aspect of power system operation, especially with the increase in industrial loads every year. Power factor is closely related to the quality of electric power, if the power factor is close to 1 it means the system has good power quality. This research aims to design a power factor improvement train with capacitors on varied loads. From the results of the train design, it is designed with 3 capacitors arranged in series. The results of testing with variable loads can work effectively and can increase the power factor from 0.41 to 0.99.

Keywords: *Variable load, Power factor, Capacitors, Manual control*

1. PENDAHULUAN

Kualitas daya listrik merupakan aspek penting dalam operasi sistem tenaga listrik, terutama dengan bertambahnya beban yang terus meningkat setiap tahunnya. Semakin banyaknya penggunaan peralatan listrik dan elektronik modern, beban pada sistem tenaga listrik semakin bervariasi. Konsumsi energi listrik dipengaruhi oleh karakteristik beban yang digunakan, yang bisa bersifat resistif, kapasitif atau induktif. Jenis-jenis beban ini berpengaruh terhadap faktor daya, yang menjadi salah satu indikator utama untuk menilai baik buruknya kualitas daya listrik [1], [2].

Faktor daya merupakan perbandingan antara daya aktif dan daya nyata dalam suatu rangkaian listrik. Nilai faktor daya yaitu diantara 0 sampai 1, jika nilai faktor daya mendekati 1 (daya aktif tinggi) maka sistem tenaga listrik akan lebih baik. Sebaliknya, jika faktor daya rendah atau mendekati 0 (daya reaktif tinggi) sehingga akan menyebabkan kualitas daya yang buruk [3], [4]. Apabila suatu sistem tenaga listrik memiliki faktor daya yang rendah (daya reaktif yang tinggi), maka akan menurunkan kualitas daya dan meningkatkan konsumsi energi listrik [5].

Permasalahan faktor daya yang rendah sering kali ditemukan pada beban induktif seperti motor listrik, transformator, dan peralatan industri lainnya. Faktor daya yang rendah tidak hanya menyebabkan pemborosan energi, tetapi dapat meningkatkan kerugian daya, dan mengurangi kapasitas distribusi [6]. Oleh karena itu perlu adanya perbaikan faktor daya, penambahan kapasitor bank. Kapasitor bank berfungsi menyuplai daya reaktif ke sistem karena sifat kapasitor yang bersifat kapasitif. mengimbangi daya reaktif yang dihasilkan oleh beban induktif seperti motor induksi, sehingga meningkatkan faktor daya secara keseluruhan [7], [8], [9]. Beberapa penelitian telah melakukan perbaikan faktor daya dengan menambahkan capacitor bank, hasilnya menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan *capacitor bank* dapat meningkatkan daya faktor daya pada sistem sehingga kualitas daya menjadi lebih baik [6]-[9], [12].

Dalam dunia pendidikan implementasi media pembelajaran yang efektif menjadi kunci utama untuk pemahaman terhadap materi yang dipelajari. Penerapan trainer perbaikan faktor daya dengan kapasitor telah banyak diimplementasikan dan menunjukkan bahwa cukup efektif dalam memahami materi pembelajaran di kampus [9],[15]. Untuk itu pada penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun trainer perbaikan faktor daya pada beban variatif dilengkapi dengan sistem Kendali manual berbasis 3 langkah (3-step) kapasitor. Pendekatan ini memberikan fleksibilitas dalam mengatur nilai daya reaktif, sehingga memungkinkan pengguna memahami secara langsung pengaruh nilai kapasitor terhadap perubahan faktor daya.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alur Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen dengan pendekatan *prototyping*. Pendekatan ini melibatkan proses perancangan dan pengembangan prototipe trainer perbaikan faktor daya, alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Penelitian dimulai dengan identifikasi masalah terkait kualitas daya listrik, terutama pada sistem beban variatif yang menyebabkan faktor daya rendah. Pengumpulan data awal sebagai dasar analisis data. Kemudian data yang dikumpulkan dianalisis untuk mengetahui kondisi faktor daya awal dan mengidentifikasi kebutuhan perbaikan faktor daya.

Perhitungan Perbaikan Faktor Daya dengan menghitung kebutuhan kapasitor yang diperlukan untuk memperbaiki faktor daya hingga mncapai nilai yang diinginkan. Selain itu penentuan sistem proteksi yang diperlukan. Setelah itu melakukan instalasi sistem sesuai dengan komponen yang diperlukan (Kapasitor, kabel, MCB dan proteksi lainnya) diinstalasi sesuai dengan desain yang telah direncanakan. Tahap terakhir yaitu dilakukan analisis data hasil pengujian untuk menilai efektivitas perbaikan yang dilakukan.

2.2. Desain Mekanikal

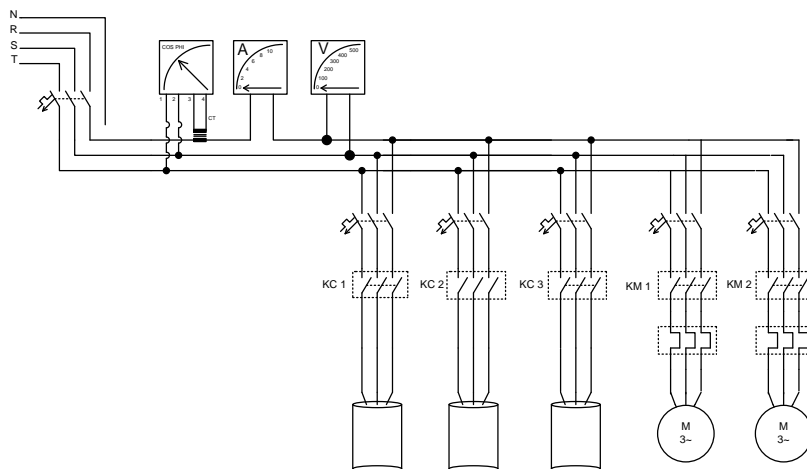
Desain kerangka Trainer Perbaikan Faktor Daya ditunjukkan pada Gambar 2, kerangka menggunakan besi hollow ukuran 30 x 30mm dengan ketebalan 11mm dibuat berdiri tegak. Sebagaiudukan komponen-komponen dipasang papan triplek dengan ukuran 120 x 80 cm dengan ketebalan 8mm.



Gambar 2. Desain Trainer Perbaikan Faktor Daya

2.3. Desain Elektrikal

Pada penelitian ini, rangkaian perbaikan faktor daya dengan mengimplemmentasikan kapasitor yang terhubung dengan sistm beban variatif, Diagram rangkaian pada Gambar 3 menunjukkan konfigurasi sistem perbaikan faktor daya dengan komponn utama berupa ampermeter, voltmeter, kapasitor, dan motor induksi sebagai beban.



Gambar 3. Rangkaian Daya

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Rancangan Trainer Perbaikan Faktor Daya

Setelah dilakukan perancangan kemudian dilakukan instalasi sesuai dengan desain yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 4. hasil pemasangan komponen pada triplek melamin. Beberapa komponen utama yang terpasang mencakup (FPR), Cos phi meter analog untuk mengukur faktor daya, ampere meter analog untuk mengukur arus listrik, dan volt meter analog untuk mengukur tegangan. Selain itu, terdapat 6 buah *Mini Circuit Breaker* (MCB) yang berfungsi sebagai pengaman sirkuit listrik, 5 buah kontaktor untuk mengontrol aliran listrik, dan 3 buah kapasitor bank untuk perbaikan faktor daya. Terminal blok digunakan untuk menghubungkan motor 3 fasa, sedangkan steker 3 fasa berfungsi sebagai konektor utama.

Untuk kontrol dan keamanan, telah dipasang *push button emergency* yang dapat digunakan dalam keadaan darurat, *selector switch* untuk memilih mode operasi, serta 3 buah pilot lamp yang menunjukkan status operasional kapasitor bank. Terdapat juga 5 buah *push button start* dan 5 buah *push button stop* yang digunakan untuk mengoperasikan dan menghentikan. Saklar tambahan dipasang untuk menghidupkan lampu tl. Empat buah kotak kontak telah dipasang untuk beban 1 fasa. Enam buah lampu TL dipasang bersama dengan *starter* dan *ballast* untuk memastikan lampu menyala dengan benar. Semua komponen ini dipasang dengan rapi dan terorganisir di atas triplek melamin tersebut.



Gambar 4. Trainer Perbaikan Faktor Daya

3.2. Data Beban Variatif

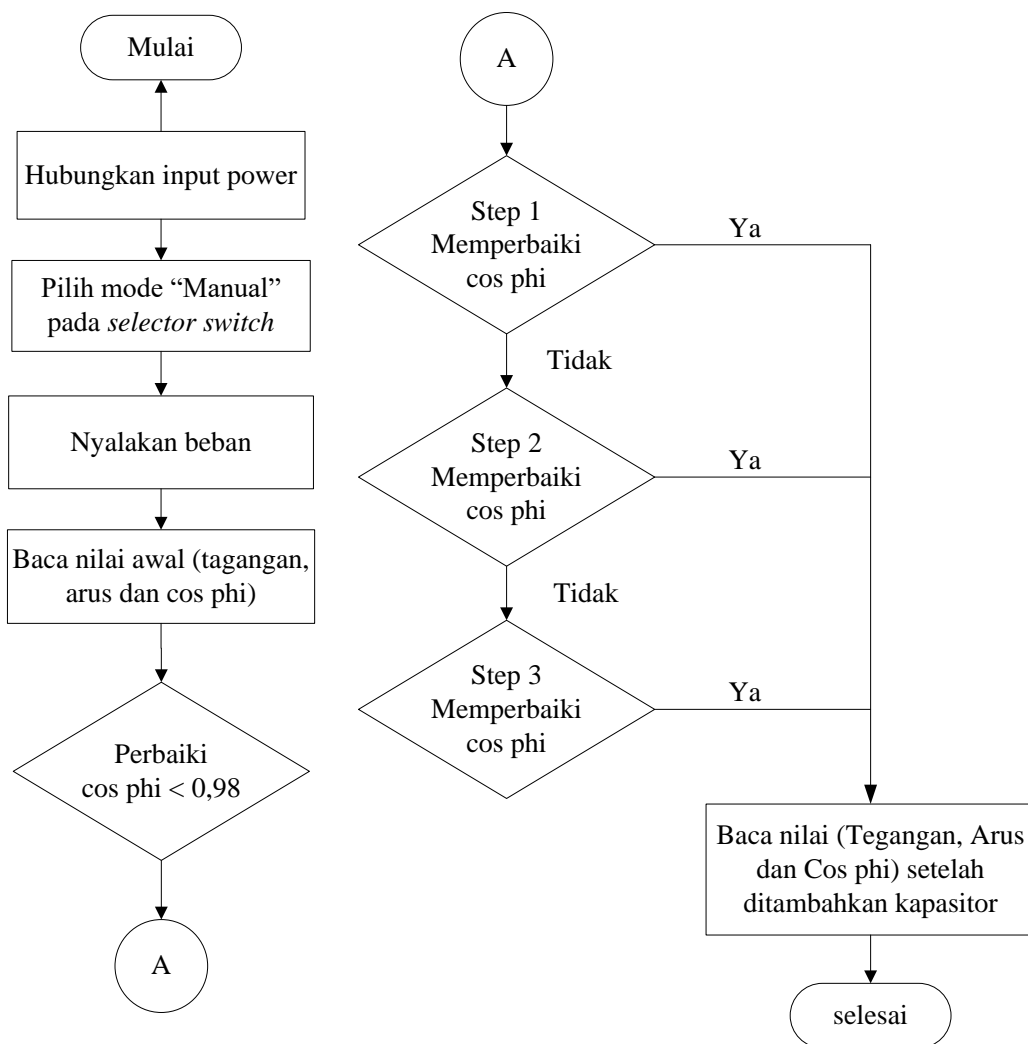
Trainer Perbaikan Faktor Daya yang telah berhasil dibuat, kemudian dilakukan uji coba alat. Uji Coba ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dan kendala alat, serta untuk memastikan bahwa semua komponn bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan menggunakan beban variatif, pada Tabel 1 merupakan jenis beban yang digunakan dalam pengujian alat. Pengujian alat ini dilakukan dengan melakukan pengujian beban sebelum perbaikan faktor daya dan setelah perbaikan faktor daya.

Tabel 1. Jenis Beban

No	Beban	Jumlah
1	Motor Induksi 3 Fasa 4kW	2
2	Motor 1 Fasa	1
3	Kipas Angin	1
4	Solder	1
5	Lampu TL	1

3.3. Cara Kerja Alat

Alur kerja trainer perbaikan factor daya di tunjukkan pada Gambar 5, prosesnya dimulai dengan menghubungkan *input power* dan memilih mode manual pada trainer. Kemudian menghidupkan beban motor induksi 3 fasa, motor 1 fasa, kipas angin, solder dan lampu TL. Setelah menghidupkan beban kemudian dilakukan pembacaan awal pada arus pada ampere meter, tegangan pada voltmeter dan cos phi meter untuk pembacaan nilai factor daya. Apabila dari hasil pengukuran nilai cos phi kurang dari 0,98, maka perlu dilakukan perbaikan factor daya. Perbaikan factor daya bisa dilakukan dengan bertahap, pada trainer ini ada 3 tahap atau sep. Untuk setiap stepnya memiliki nilai kapasitor yang sama yaitu 8,3 uF. Apabila cos phi yang terukur belum mencapai 0,98 setelah dilakukan penambahan step 1, maka perlu dilakukan penambahan step 2 maupun step 3 hingga nilai cos phi mendekati 0,98 atau 1.



Gambar 5. Diagram Alur Perbaikan Faktor Daya

3.4. Pengujian Beban Variatif Sebelum Perbaikan Faktor Daya

Pengujian beban variatif sebelum perbaikan daya ini dilakukan untuk mengetahui nilai awal faktor daya. Untuk beban variatif yang digunakan sesuai dengan Tabel 1 yaitu menggunakan Motor induksi 3 fasa 4 KW, Motor 1 fasa, Kipas Angin, Solder dan Lampu TL. Dimana semua beban yang digunakan tergolong dalam beban induktif, dimana beban ini mengkonsumsi daya

reaktif yang dapat menyabkan faktor daya yang kurang baik. Pengujian ini dilakukan dengan sistem manual menggunakan cos phi meter analog, ampere meter analog dan volt meter analog. Penggunaan alat ukur analog ini melakukan pengamatan langsung terhadap perubahan parameter listrik yang terjadi selama pengujian.

Tabel 2. Pengukuran Beban Variatif Sebelum Perbaikan Faktor Daya

No	Beban	Volt(V)	Ampere(A)	Cos ϕ
1	Beban variatif	396 V	6,35	0.41

Hasil pengujian trainer dengan menggunakan beban variatif sebelum adanya perbaikan faktor daya ditunjukkan pada Tabel 2. Hasil pengujian dengan beban variatif untuk tegangan yang terukur pada voltmeter yaitu 369 V, arus yang terukur pada ampere meter yaitu 6,35 A dan cos phi yang terukur pada cos phi meter yaitu 0,41. Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai cos phi dibawah 1, itu menandakan kualitas daya listrik pada sistem kurang baik. Hal ini terjadi karena beban variatif yang digunakan termasuk dalam beban induktif yang mengkonsumsi daya reaktif. Sehingga perlu dilakukan perbaikan faktor daya, untuk memperbaiki kualitas dayanya.

3.5. Pengujian Beban Variatif Setelah Perbaikan Faktor Daya

Dari hasil data pengujian pertama, kemudian dilakukan pengujian kedua dengan melakukan perbaikan faktor daya dengan 3 step. Kapasitor yang digunakan dalam penelitian ini masing-masing memiliki kapasitas 8,3 uF dan untuk setiap stepnya. Langkah pengujian beban variatif dinyalakan bersama kemudian dilakukan pengamatan cos phi, tegangan dan arus sebelum dan sesudah adanya perbaikan faktor daya dengan step 1, step 2 dan step 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Setelah Perbaikan Faktor Daya

No.	Beban	Tegangan (V)	Kapasitor Terpasang (uF)	Cos ϕ pengukuran	I (A)
		396	8,3	0,55	4,83
1	Beban variatif	396	16,6	0,78	3,41
		396	24,9	0,995	2,52

Data Tabel 3 merupakan hasil pengukuran setelah perbaikan faktor daya. Ketika Step 1 dinyalakan atau penambahan kapasitor sebesar 8,3 uF, nilai cos phi yang terukur yaitu 0,55 dan Arus yang terukur sebesar 4,83 A. Sedangkan ketika Step 2 dinyalakan atau dengan menambahkan kapasitor sebesar 16,6 uF maka cos phi naik menjadi 0,78. Dan untuk Step 3 dengan menambahkan kapasitor sebesar 24,9 uF, cos phi yang terukur yaitu 0,995. Untuk arus yang terukur ketika step 2 dan step 3 menyala, nilai arus secara berurutan yaitu 3,14 A dan 2,52 A.

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan kapasitor dapat meningkatkan cos phi. Nilai cos phi berbanding terbalik dengan arus, semakin tinggi cos phi maka arus semakin kecil cos phi yang ideal mendekati 1. Dengan demikian dengan adanya perbaikan faktor daya dengan 3 step dapat meningkatkan nilai cos phi dan mengurangi konsumsi arus pada sistem.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa trainer berhasil dirancang dan dibangun sesuai dengan spesifikasi. Trainer ini mampu memperbaiki faktor daya pada beban variatif dengan sistem kendali manual. Dari hasil pengujian dengan beban variatif alat bekerja dengan baik, kapasitor dapat memperbaiki faktor daya yang awalnya 0,41 menjadi 0,99 setelah penambahan kapasitor 3 step.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. M. Yudha, I. K. Daya, T. Dip, and T. Sag, "Kualitas daya listrik pengaruh dan penanganannya," vol. 5, pp. 2681–2682, 2017.
- [2] I. Jurnal and X. Tahun, "RANCANG BANGUN PERBAIKAN FAKTOR DAYA," 2014.
- [3] D. T. Wibowo, Y. Yusniati, R. Nasution, and Z. Pelawi, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Di Masjid Agung Serdang Bedagai," *JET (Journal of Electrical Technology)*, vol. 8, no. 1, pp. 1–6, 2023, doi: 10.30743/jet.v8i1.6828.
- [4] R. Ramadhan, Z. Saputra, and Surojo, "Rancang Bangun Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Berbasis Mikrokontroler Untuk Beban Rumah Tangga Dengan Daya Maksimal 900 W," *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, pp. 287–293, 2021.
- [5] T. Elektro and K. K. Barat, "Perbaikan Faktor Daya Pada Instalasi Listrik 3 Fasa Pabrik Refill Oksigen Kapasitas 105 kVA dengan Pemasangan Panel Kapasitor Bank," vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2022, doi: 10.58466/entries.
- [6] B. Ferdiansah, A. Margiantono, and F. Ahmad, "Analisis Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Nilai Faktor Daya Dan Nilai Jatuh Tegangan," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 234–241, 2023, doi: 10.37905/jjee.v5i2.20893.
- [7] S. Sitio, N. S. Saragih, and S. M. Siagian, "Studi Perancangan Perbaikan Faktor Daya Pada Gedung C Lantai 1 Politeknik Negeri Medan," *Prosiding Konferensi Nasional ...*, no. 2010, pp. 777–785, 2022.
- [8] A. F. Darmawan *et al.*, "Perbaikan Faktor Daya Untuk AC (Air Conditioner)," *Media neliti.com*, pp. 1–3, 2017, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/170740-ID-rancang-bangun-alat-perbaikan-faktor-daya.pdf>
- [9] A. R. Sultan and A. Gaffar, "PENGARUH LETAK KAPASITOR TERHADAP PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA INSTALASI MOTOR LISTRIK," *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, p. 73-78, 2017.
- [10] Y. Permadi and D. B. Santoso, "Analisis Penggunaan Kapasitor Bank Untuk Meningkatkan Faktor Daya Pada Ruang MCC di PT. X Purwakarta," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, Desember*, vol. 9, no. 25, pp. 903–912, 2023.
- [11] D. I. Wisma and N. Internasional, "Analisa Faktor Daya Menggunakan Capacitor Bank Untuk Meningkatkan Kualitas Daya Listrik Di Wisma Nusantara Internasional," *Jurnal Sistem Informasi Universitas Suryadarma*, vol. 11, no. 2, pp. 257–266, 2014, doi: 10.35968/jsi.v11i2.1259.
- [12] U. Muhammad and F. Azis, "Rancang Bangun Media Pembelajaran Cos Phi Meter Dan Wattmeter Berbasis Arduino."
- [13] A. Akhwan, A. Pradipta, and B. Gunari, "Rancang Bangun Simulator Perbaikan Faktor Daya Listrik 3 Fasa dengan Sistem Kendali Otomatis," *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, vol. 8, no. 3, p. 77, 2022, doi: 10.19184/jaei.v8i3.34494.
- [14] P. 2: H. Santoso. 1 Temmy Nanda Hartono, Pembimbing 1: Mahfudz Shidiq, "Perancangan Alat Perbaikan Faktor Daya Beban Rumah Tangga dengan Menggunakan Switching Kapasitor dan Induktor Otomatis," *Jurnal Mahasiswa TEUB*, vol. 2, pp. 6–7, 2014.
- [15] J. E. Elektrik, "PERANCANGAN PERBAIKAN FAKTOR DAYA LAMPU TL," vol. 7, pp. 11–15, 2018.