



ANALISIS DAN PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA MOTOR INDUKSI SATU FASA DI LABORATORIUM TEKNIK MESIN PERTAHANAN AKADEMI MILITER

Dorado Sembiring^{1*}

¹Teknik Elektronika Pertahanan, Akademi Militer
dorado@mail.ugm.ac.id^{1*}

Hafidh Afriansyah Saputra²

²Teknik Elektronika Pertahanan, Akademi Militer
saputrahafidh@gmail.com²

ABSTRAK

Penggunaan beban listrik yang dominan bersifat induktif pada sistem tenaga listrik menyebabkan menurunnya faktor daya (*power factor*) sehingga konsumsi daya reaktif meningkat dan menimbulkan rugi-rugi energi serta denda pemakaian kVAR dari PLN. Upaya perbaikan faktor daya diperlukan untuk meningkatkan efisiensi pemakaian energi listrik, khususnya di lingkungan industri dan laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar faktor daya, daya aktif, daya reaktif, serta kebutuhan kapasitor sebagai kompensator daya reaktif pada motor induksi 1 fasa yang digunakan pada Laboratorium Teknik Mesin Pertahanan Akademi Militer. Pengujian dilakukan dalam dua tahap, yaitu tanpa kapasitor dan dengan kapasitor, menggunakan voltmeter, ammeter, wattmeter, dan *cos phi* meter sebagai instrumen pengukuran utama. Hasil pengukuran awal pada beberapa motor menunjukkan nilai faktor daya rendah, antara lain mesin gergaji listrik sebesar 0,68 lagging dan mesin gerinda meja sebesar 0,4 lagging, dengan daya reaktif yang cukup tinggi sehingga perlu dilakukan kompensasi menggunakan kapasitor untuk mencapai target faktor daya 0,98. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh kebutuhan kapasitor sebesar 23 μF untuk mesin gergaji listrik dan 25,8 μF untuk mesin gerinda meja. Pengujian perbaikan menggunakan kapasitor 15,5 μF —menyesuaikan ketersediaan di laboratorium—menunjukkan adanya peningkatan faktor daya menjadi 0,75 pada mesin gergaji listrik dan 0,48 pada mesin gerinda meja meskipun belum mencapai nilai target. Kesimpulan dari penelitian ini adalah pemasangan kapasitor terbukti dapat memperbaiki faktor daya, mengurangi aliran daya reaktif dari jaringan, dan meningkatkan efisiensi pemakaian energi listrik. Namun diperlukan pemilihan kapasitor dengan nilai kapasitansi yang tepat untuk memperoleh hasil perbaikan faktor daya yang optimal.

Kata kunci: faktor daya, daya reaktif, motor induksi 1 fasa, kapasitor, kompensasi daya

ABSTRACT

The dominance of inductive loads in electrical power systems leads to low power factor conditions, resulting in increased reactive power consumption, higher energy losses, and additional penalty charges imposed by electricity providers. Therefore, improving the power factor is essential to enhance electrical energy efficiency, particularly in industrial and laboratory environments. This study aims to determine the power factor, active power, reactive power, and the required capacitor rating for power factor correction on single-phase induction motors installed in the Defense Mechanical Engineering Laboratory of the Indonesian Military Academy. Measurements were conducted in two stages: without capacitor compensation and with capacitor installation, using voltmeter, ammeter, wattmeter, and power factor meter as the main instruments. Initial measurements showed low power factor values on several motors, such as 0.68 lagging for the electric cutting machine and 0.40 lagging for the bench grinder, indicating excessive reactive power

consumption. Based on the analysis, capacitor ratings of 23 μ F and 25.8 μ F were calculated as required for optimal correction to reach the target power factor of 0.98. Experimental testing with available 15.5 μ F capacitors demonstrated an improvement of the power factor to 0.75 and 0.48 on the respective motors, although the target value was not fully achieved due to limited capacitor capacity. The results demonstrate that capacitor installation effectively reduces reactive power drawn from the supply network and improves energy utilization efficiency. However, proper selection of capacitor capacitance is necessary to achieve optimal power factor correction.

Keywords: power factor, reactive power, single-phase induction motor, capacitor, power factor correction

PENDAHULUAN

Dalam sistem tenaga listrik modern, penggunaan berbagai peralatan yang bersifat induktif mengakibatkan meningkatnya konsumsi daya reaktif sehingga menurunkan efisiensi pemakaian energi listrik. Beban-beban listrik seperti transformator, *rectifier*, motor induksi, dan lampu TL, merupakan beban induktif yang membutuhkan daya reaktif, sedangkan beban kapasitif mengeluarkan daya reaktif. Daya reaktif tersebut tidak dapat dikonversi menjadi energi mekanik yang berguna, tetapi tetap dibutuhkan untuk proses transmisi energi listrik pada beban. Kondisi ini menyebabkan pelanggan tidak hanya menyerap daya aktif (kW), tetapi juga daya reaktif (kVAR), yang jika meningkat akan memperbesar rugi-rugi daya serta menurunkan kualitas tegangan yang diterima konsumen.

Faktor daya ($\cos \phi$) menjadi salah satu parameter penting dalam menentukan efisiensi suatu sistem tenaga listrik. PLN menetapkan batas minimum faktor daya sebesar 0,8, dan apabila nilai faktor daya pelanggan berada di bawah ketentuan tersebut maka akan dikenakan biaya tambahan karena tingginya konsumsi daya reaktif. Penurunan faktor daya seiring bertambahnya beban induktif menyebabkan arus yang mengalir dalam jaringan meningkat, sehingga

menimbulkan rugi-rugi energi dan penurunan tegangan yang signifikan.

Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan faktor daya untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi sistem tenaga listrik.

Salah satu metode yang banyak digunakan dalam perbaikan faktor daya adalah pemasangan kapasitor sebagai kompensator daya reaktif. Penambahan kapasitor pada beban induktif mampu memperkecil sudut fase (ϕ) antara tegangan dan arus sehingga nilai $\cos \phi$ meningkat dan suplai daya menjadi lebih efisien. Perbaikan ini juga dapat menurunkan rugi-rugi daya, meningkatkan tegangan pada sisi beban, serta memberikan penghematan biaya energi listrik kepada konsumen.

Laboratorium Teknik Mesin Pertahanan di Akademi Militer merupakan lingkungan yang banyak menggunakan beban induktif berupa motor induksi satu fasa sebagai penggerak berbagai jenis mesin kerja seperti mesin pemotong besi, mesin bubut, mesin bor, dan mesin gerinda. Beban-beban tersebut berpotensi menurunkan faktor daya secara signifikan dan dapat menimbulkan ketidakefisienan dalam pemakaian energi listrik sehingga perlu dilakukan pengukuran serta perbaikan faktor daya melalui kompensasi kapasitif.

Penelitian ini difokuskan pada analisis faktor daya motor induksi satu fasa yang digunakan di laboratorium tersebut serta menentukan kebutuhan

kapasitor untuk meningkatkan faktor daya menuju kondisi optimal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Pertahanan Akademi Militer Magelang, dengan tujuan menganalisis faktor daya motor induksi satu fasa dan melakukan perbaikan faktor daya melalui pemasangan kapasitor. Langkah kerja penelitian terdiri atas dua tahap pengujian, yaitu tanpa pemasangan kapasitor dan dengan pemasangan kapasitor untuk melihat peningkatan nilai faktor daya pada motor listrik yang diuji.

2.1 Objek dan Lokasi Penelitian

Objek penelitian adalah beberapa motor induksi satu fasa yang digunakan sebagai penggerak mesin bor tangan, gerinda tangan, mesin potong besi, dan gerinda meja di Laboratorium Teknik Mesin Pertahanan Akademi Militer Magelang.

2.2 Alat dan Instrumen Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi:

1. Motor induksi satu fasa berbagai tipe
2. Voltmeter
3. Amperemeter
4. Wattmeter
5. *Cos phi* meter
6. Kabel terminal
7. Kapasitor AC 220 Volt berbagai ukuran

2.3 Prosedur Pengujian Tahap 1: Pengujian Tanpa Kapasitor

Motor listrik dioperasikan dalam kondisi normal tanpa kompensasi daya reaktif. Parameter yang diukur meliputi:

1. Tegangan (V)
2. Arus (I)
3. Faktor daya ($\cos \phi$)
4. Daya aktif (P)

Data hasil pengukuran digunakan sebagai dasar perhitungan kebutuhan

kapasitor untuk perbaikan faktor daya pada tahap selanjutnya.

Tahap 2: Pengujian Dengan Kapasitor

Kapasitor dipasang secara paralel pada motor induksi untuk meningkatkan nilai $\cos \phi$. Selanjutnya dilakukan pengukuran ulang parameter-parameter yang sama untuk melihat perubahan faktor daya setelah pemasangan kapasitor. Pengujian ini menunjukkan efektivitas nilai kapasitansi yang digunakan dalam memperbaiki faktor daya sistem.

2.4 Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Menghitung daya aktif menggunakan rumus:
 $P = V \cdot I \cdot \cos \phi$
2. Menghitung daya semu (S):
 $S = V \cdot I$
3. Menghitung daya reaktif (Q) berdasarkan hubungan segitiga daya
4. Menentukan nilai kapasitansi kapasitor yang dibutuhkan untuk mencapai target faktor daya 0,98 dengan mengacu pada perhitungan kompensasi daya reaktif
5. Membandingkan nilai faktor daya sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor untuk menentukan efektivitas peningkatan sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Motor Tanpa Kapasitor

Pengujian tahap pertama dilakukan untuk mengetahui kondisi faktor daya awal pada motor induksi satu fasa di Laboratorium Teknik Mesin Pertahanan. Parameter yang diukur meliputi tegangan, arus, daya aktif, dan faktor daya pada kondisi operasi normal tanpa kompensasi daya reaktif.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa beberapa motor memiliki faktor daya rendah sehingga membutuhkan

perbaikan. Beberapa temuan penting sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengukuran Faktor daya dan Kondisi Beberapa Jenis Motor

Jenis Motor	Cos ϕ	Kondisi
Bor tangan	0,90 lag	Baik (mendekati 1)
Gerinda tangan	0,98 lag	Sangat baik
Mesin potong besi	0,68 lag	Rendah, perlu perbaikan
Gerinda meja	0,40 lag	Rendah, perlu perbaikan signifikan

Dari data tersebut, dua motor yaitu mesin potong besi dan gerinda meja dipilih sebagai fokus penelitian karena memiliki faktor daya yang buruk ($\cos \phi < 0,85$ sesuai standar PLN). Perhitungan menunjukkan daya reaktif pada kedua motor cukup tinggi sehingga menarik arus dari jaringan lebih besar dibandingkan kebutuhan daya aktifnya.

Kondisi ini sejalan dengan teori bahwa beban induktif menimbulkan sudut fase yang besar antara arus dan tegangan, sehingga memperbesar daya reaktif dan menurunkan efisiensi sistem tenaga listrik.

3.2 Penentuan Kebutuhan Kapasitor

Untuk meningkatkan faktor daya mendekati nilai optimal (0,98), dilakukan perhitungan kebutuhan kapasitor dari hasil pengukuran awal.

Hasil perhitungan menunjukkan:

1. Mesin potong besi membutuhkan kapasitor sebesar 23 μF
2. Mesin gerinda meja membutuhkan kapasitor sebesar 25,8 μF

3.3 Hasil Pengujian Motor dengan Kapasitor

Pada tahap kedua, dilakukan pengujian kembali dengan pemasangan kapasitor secara paralel. Namun, karena keterbatasan peralatan di laboratorium, hanya tersedia kapasitor 15,5 μF ,

sehingga pemasangan dilakukan dengan nilai tersebut. Perubahan faktor daya yang diperoleh:

Tabel 2. Hasil Pengukuran Faktor Daya dengan Kapasitor

Jenis Motor	Cos ϕ Awal	Cos ϕ Setelah Kapasitor	Perubahan
Mesin potong besi	0,68 lag	0,75 lag	Membaik
Gerinda meja	0,40 lag	0,48 lag	Membaik

Kapasitor yang dipasang mampu memperbaiki faktor daya, meskipun belum mencapai target perbaikan karena nilai kapasitansi masih di bawah kebutuhan hasil analisis.

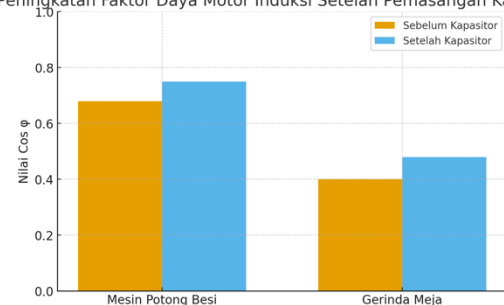
3.4 Pembahasan

Hasil pengujian membuktikan bahwa pemasangan kapasitor:

1. Mengurangi komponen daya reaktif pada beban induktif
2. Memperkecil sudut fase (ϕ) sehingga faktor daya meningkat
3. Mengurangi arus yang ditarik dari jaringan
4. Meningkatkan kualitas tegangan dan efisiensi motor

Peningkatan faktor daya dari 0,40 ke 0,48 pada gerinda meja dan dari 0,68 ke 0,75 pada mesin potong besi merupakan bukti bahwa kompensasi kapasitif bekerja sesuai teori kompensasi daya reaktif pada sistem induktif.

Peningkatan Faktor Daya Motor Induksi Setelah Pemasangan Kapasitor



Gambar 1. Peningkatan Faktor Daya Motor Induksi Sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor (Sumber: Hasil Penelitian)

Selisih antara nilai teoritis dan eksperimen dipengaruhi oleh:

1. Nilai kapasitansi tidak sesuai kebutuhan optimal
2. Fluktuasi tegangan sumber saat pengujian
3. Toleransi nilai kapasitor yang ada di pasaran

Hal ini konsisten dengan penjelasan pada dokumen bahwa efektivitas perbaikan dipengaruhi ketersediaan dan akurasi nilai kapasitor yang digunakan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian pada motor induksi satu fasa di Laboratorium Teknik Mesin Pertahanan, diperoleh bahwa beberapa motor memiliki faktor daya rendah, terutama mesin potong besi dengan faktor daya sebesar 0,68 lagging dan mesin gerinda meja sebesar 0,40 lagging, sehingga menimbulkan konsumsi daya reaktif yang tinggi dan menurunkan efisiensi pemakaian energi listrik.

Perhitungan kompensasi daya menunjukkan bahwa untuk mencapai faktor daya optimal sebesar 0,98 dibutuhkan kapasitas kapasitor sebesar 23 μF pada mesin potong besi dan 25,8 μF pada mesin gerinda meja, namun karena keterbatasan ketersediaan peralatan di laboratorium, pengujian hanya dapat dilakukan menggunakan kapasitor 15,5 μF sehingga peningkatan faktor daya yang terjadi belum mencapai nilai optimal, yakni menjadi 0,75 pada mesin potong besi dan 0,48 pada mesin gerinda meja.

Meskipun demikian, pemasangan kapasitor terbukti efektif dalam memperkecil sudut fase antara tegangan dan arus sehingga mengurangi kebutuhan daya reaktif dan meningkatkan efisiensi sistem tenaga listrik yang digunakan.

Sehubungan dengan hasil tersebut, penelitian ini menyarankan agar dilakukan pemasangan kapasitor dengan nilai kapasitansi sesuai hasil perhitungan teoritis agar perbaikan

faktor daya dapat mencapai target optimal demi menekan rugi-rugi energi serta potensi biaya tambahan dari penyedia tenaga listrik. Selain itu, perlu adanya pemantauan berkala terhadap kondisi tegangan suplai selama proses pengujian dan operasional, karena fluktuasi tegangan dapat memengaruhi nilai daya dan faktor daya yang terukur. Penelitian lanjutan juga direkomendasikan untuk mengevaluasi penggunaan kapasitor otomatis (*automatic power factor correction*) guna mempertahankan faktor daya pada nilai terbaik secara dinamis sesuai kondisi beban di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Glover, J. D., Sarma, M. S., & Overbye, T. J. (2022). *Power system analysis and design* (6th ed.). Cengage Learning.
- Gedam, S., & coauthors. (2024). Automatic power factor correction simulation for industrial applications. *AIP Conference Proceedings / Applied Computational Physics*.
- Hossain, M. S., & Negnevitsky, M. (2016). Integration of hybrid energy storage and capacitor banks for power factor correction and energy management. *Applied Energy*.
- Jati, M. P. (2021). A power factor corrector using interleaved boost fuzzy-logic (case study / converter PFC). *JEATech / Indonesian Journal of Electrical Engineering*.
- Kusko, M., & Božek, P. (2017). Power factor correction and harmonics filtering in electrical power systems. In *Proceedings of the International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM)*.
- Saad, H., & Farag, H. E. (2019). Power factor correction in electric power systems: A review. *International*

- Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 105, 256–267.
- Sembiring, D. (2025). *Jobsheet praktikum teknik listrik dasar*. Magelang.
- Sudirham, S. (2002). *Analisis rangkaian listrik*. Penerbit ITB.
- Umans, S. D., Fitzgerald, A. E., & Kingsley, C. (2013). *Electric machinery* (7th ed.). McGraw-Hill.
- Warizmi, A. (2025). *Transient analysis on switching capacitor bank using power factor regulator*. JREECE / Jurnal Rekayasa Energi dan Elektronika.