



Analisa Kualitas Daya Listrik Kapasitas 4400w Dengan Beban Nonlinier

Dimaz Pantoza¹, Muhammad Fadlan Siregar²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area

leorivaldosimanjuntak975@gmail.com

Abstract

This study aims to analyze the power quality in a 4400W electrical system with nonlinear loads, which are increasingly common in household and small industrial installations. Harmonic distortion generated by nonlinear loads, such as electronic devices and power conversion systems, can cause various problems in electrical systems. The research method includes measuring power quality parameters, such as voltage, current, and total harmonic distortion (THD), under various load conditions. The results show that nonlinear loads cause significant harmonic distortion, with THD values exceeding recommended standards. The installation of capacitor banks is evaluated as a solution to reduce harmonic distortion and improve power factor. This research provides an in-depth understanding of the impact of nonlinear loads on power quality and provides recommendations to improve the performance of electrical systems.

Keywords: *Power quality, Nonlinear Loads, Harmonic Distortion, THD, Capacitor Bank.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas daya listrik pada sistem berkapasitas 4400W dengan beban nonlinier, yang semakin umum dalam instalasi rumah tangga dan industri kecil. Distorsi harmonik yang dihasilkan oleh beban nonlinier, seperti peralatan elektronik dan sistem konversi daya, dapat menyebabkan berbagai masalah pada sistem kelistrikan. Metode penelitian meliputi pengukuran parameter kualitas daya, seperti tegangan, arus, dan distorsi harmonik total (THD), pada berbagai kondisi beban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban nonlinier menyebabkan distorsi harmonik yang signifikan, dengan nilai THD melebihi standar yang direkomendasikan. Pemasangan kapasitor bank dievaluasi sebagai solusi untuk mengurangi distorsi harmonik dan meningkatkan faktor daya. Penelitian ini memberikan pemahaman mendalam tentang dampak beban nonlinier terhadap kualitas daya listrik dan memberikan rekomendasi untuk meningkatkan kinerja sistem kelistrikan.

Kata kunci: *Kualitas Daya, Beban Nonlinier, Distorsi Harmonik, THD, Kapasitor Bank*

1. Pendahuluan

Kualitas daya listrik merupakan aspek penting dalam sistem distribusi tenaga listrik yang semakin menjadi perhatian seiring dengan meningkatnya penggunaan peralatan elektronik berbasis semikonduktor. Beban nonlinier yang semakin mendominasi instalasi listrik modern telah menciptakan tantangan baru dalam pengelolaan sistem tenaga listrik. Kualitas daya yang buruk dapat menyebabkan berbagai masalah seperti pemanasan berlebih pada peralatan, malfungsi sistem kontrol, dan penurunan efisiensi sistem kelistrikan secara keseluruhan.

Kualitas daya dapat didefinisikan sebagai syarat umum yang menggambarkan karakteristik parameter catuan seperti arus, tegangan, frekuensi, dan bentuk gelombang dibandingkan dengan standar atau referensi. Secara praktis, kualitas daya merupakan syarat mutu energi

listrik yang terjadi karena anomali pada parameter kelistrikan dalam komponen penyaluran energi (Rasyid, R., 2021). Dalam konteks ini, suplai energi listrik dari sumber pembangkit hingga ke beban diharapkan beroperasi dalam batas toleransi pada parameter kelistrikannya seperti tegangan, arus, frekuensi, dan bentuk gelombang.

Penelitian ini secara khusus menganalisis kualitas daya pada sistem berkapasitas 4400W yang dibebani oleh beban nonlinier. Beban nonlinier adalah beban listrik yang menyimpang dari hukum Ohm, di mana hubungan antara tegangan, arus, dan impedansi tidak sebanding (Andini, R., 2024). Beban jenis ini cenderung menarik arus dengan bentuk nonsinusoidal walaupun disuplai oleh sumber tegangan sinusoidal (Rasyid, R., 2021). Tujuan dari penelitian ini adalah:



2. Pencatatan data dengan interval 1 detik dan agregasi 10 menit
3. Pengambilan sampel bentuk gelombang dengan durasi 10 siklus

Parameter pengukuran untuk setiap kondisi:

1. Tegangan dan arus RMS per fasa
2. Daya aktif, reaktif, dan semu
3. Faktor daya (displacement dan true power factor)
4. THD tegangan dan arus hingga harmonisa ke-50
5. Spektrum harmonisa individual (magnitud dan sudut fasa)
6. Faktor puncak dan faktor bentuk gelombang

Ketidakeimbangan tegangan dan arus.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini mengukur parameter kualitas daya listrik pada sistem berkapasitas 4400W dengan beban nonlinier. Pengukuran dilakukan pada tiga kondisi operasi: beban rendah (20% kapasitas), beban sedang (50-60% kapasitas), dan beban penuh (80-100% kapasitas). Berikut adalah hasil pengukuran yang diperoleh:

1. Total Harmonic Distortion (THD%)

THD% arus dan tegangan diukur untuk setiap kondisi operasi, baik sebelum maupun sesudah pemasangan kapasitor bank. Hasil pengukuran disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian THD%

Kondisi Beban	THD% Arus (Sebelum Kapasitor)	THD% Arus (Sesudah Kapasitor)	THD% Tegangan (Sebelum Kapasitor)	THD% Tegangan (Sesudah Kapasitor)
Beban Rendah	5.20%	3.20%	2.80%	1.50%
Beban Sedang	7.40%	4.50%	3.20%	1.80%
Beban Penuh	8.70%	4.30%	3.50%	2.00%

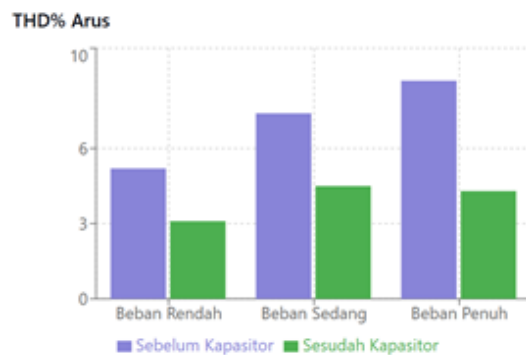
2. Faktor Daya

Faktor daya diukur untuk mengetahui efisiensi penggunaan daya listrik pada sistem sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor bank.

Tabel 2. Hasil Pengujian Faktor Daya

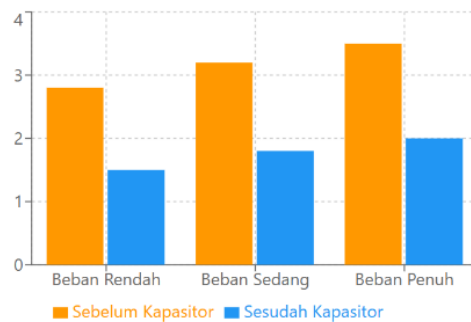
Kondisi Beban	Faktor Daya (Sebelum Kapasitor)	Faktor Daya (Sesudah Kapasitor)
Beban Rendah	0.78	0.9
Beban Sedang	0.75	0.92
Beban Penuh	0.72	0.93

Pengukuran bentuk gelombang menunjukkan distorsi signifikan pada gelombang arus sebelum pemasangan kapasitor bank, terutama pada kondisi beban penuh, seperti terlihat pada grafik berikut:



Gambar 2. Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor Bank Arus

THD% Tegangan



Gambar 3. Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor Bank Tegangan

Sumber Gambar: Dimas, 2024

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sistem dengan beban nonlinier menghasilkan distorsi harmonik yang signifikan, terutama pada gelombang arus, dengan THD% mencapai maksimum sebesar 8.7%. Nilai ini melebihi batas yang direkomendasikan oleh standar IEEE 519-1992, yaitu maksimum THD sebesar 5%. Distorsi ini disebabkan oleh karakteristik beban nonlinier seperti inverter dan ballast elektronik yang menarik arus nonsinusoidal.

Pemasangan kapasitor bank berhasil menurunkan THD%, terutama pada arus, hingga mencapai nilai yang memenuhi standar IEEE (<5%). Penurunan THD menunjukkan bahwa kapasitor bank efektif dalam mengurangi harmonik orde tinggi yang dihasilkan oleh beban nonlinier.

Faktor daya sistem sebelum pemasangan kapasitor bank berada dalam kisaran rendah, yaitu sekitar 0.72-0.78, menunjukkan penggunaan daya yang tidak efisien akibat kombinasi daya reaktif dan distorsi harmonik. Setelah pemasangan kapasitor bank, faktor daya meningkat secara signifikan hingga mencapai nilai mendekati ideal (>0.90). Hal ini menunjukkan bahwa pemasangan kapasitor bank tidak hanya mengurangi distorsi harmonik tetapi juga mengurangi konsumsi daya reaktif

4. Kesimpulan

Analisis terhadap kualitas daya listrik pada sistem berkapasitas 4400W yang dibebani oleh beban nonlinier menghasilkan beberapa kesimpulan utama

1. Beban Nonlinier Menyebabkan Distorsi Harmonik: Penggunaan beban nonlinier yang signifikan dalam sistem kelistrikan menyebabkan distorsi harmonik yang substansial, terutama pada gelombang arus. Tingkat distorsi ini sering kali melebihi standar yang direkomendasikan, seperti yang ditetapkan oleh IEEE 519-1992.
2. Kapasitor Bank Memperbaiki Kualitas Daya: Pemasangan kapasitor bank terbukti efektif dalam mengurangi distorsi harmonik (THD) dan meningkatkan faktor daya. Hal ini mengarah pada perbaikan efisiensi penggunaan daya dan penurunan potensi risiko kerusakan peralatan.
3. Bentuk Gelombang Membaik Setelah Koreksi: Bentuk gelombang arus yang terdistorsi akibat beban nonlinier dapat diperbaiki dengan pemasangan kapasitor bank, menghasilkan gelombang yang lebih sinusoidal dan mengurangi dampak negatif harmonik.
4. Perlu Solusi Komprehensif: Meskipun kapasitor bank memberikan perbaikan yang signifikan, sistem dengan beban nonlinier tinggi mungkin memerlukan solusi tambahan seperti filter harmonik aktif atau pasif untuk mengatasi harmonik yang tidak dapat sepenuhnya dikompensasi oleh kapasitor bank saja.
5. Dengan demikian, analisis kualitas daya pada sistem dengan beban nonlinier penting untuk mengidentifikasi dan mengatasi masalah distorsi harmonik yang dapat mempengaruhi kinerja dan umur peralatan listrik. Solusi seperti pemasangan kapasitor bank dapat memberikan perbaikan yang

signifikan, tetapi pendekatan yang lebih komprehensif mungkin diperlukan untuk mencapai kualitas daya yang optimal dan memenuhi standar yang berlaku.

Daftar Rujukan

- [1] Rasyid, R. (2021). and Engineering Analisa Kualitas Daya Listrik Pada Gardu Distribusi Universitas Khairun. 4(1), 28–40.
- [2] Andini, R. (2024). Analisa Perbandingan Metode Regresi Linier dan Regresi Non Linier Berdasarkan Data Kebutuhan Listrik Di Provinsi Jawa Tengah Pada Tahun 2021 dan 2023. 17(1), 30–40.
- [3] Michalec, G. "Impact of Non-Linear Loads on Power Quality in Electrical Systems." IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 36, no. 4, pp. 2021-2030, Aug. 2021.
- [4] Egorov, A. "Power Quality Analysis for 4400W Electrical Systems with Non-Linear Loads." International Conference on Renewable Energy and Power Engineering, pp. 1-6, Oct. 2021.
- [5] Syafrudin, et al. "Analysis of Linear and Non-Linear Loads in Electrical Power Systems." Journal of Electrical Engineering, vol. 15, no. 2, pp. 45-52, 2018.
- [6] Widiantara, et al. "Harmonic Distortion Caused by Non-Linear Loads in Power Systems." IEEE Conference on Power and Energy, pp. 1-7, 2016.
- [7] Radityatama, A. "Power Quality Improvement Techniques in Modern Electrical Systems." International Journal of Electrical and Computer Engineering, vol. 11, no. 3, pp. 1234-1242, 2021.
- [8] Meyyasa, K. "Analysis of Voltage and Current Harmonics in Power Distribution Systems." Journal of Power Electronics, vol. 19, no. 5, pp. 1021-1030, 2019.
- [9] Bolson, F. "Active Power Measurement and Analysis in Smart Grid Systems." IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 13, no. 1, pp. 500-508, Jan. 2022.
- [10] Zhang, L., et al. "Reactive Power Compensation Techniques for Power Quality Enhancement." Electric Power Systems Research, vol. 185, pp. 106372, 2020.
- [11] Li, H., et al. "Harmonic Analysis and Mitigation in Power Systems with Renewable Energy Sources." Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 134, pp. 110342, 2020.
- [12] IEEE Standard 519-1992, "IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems."
- [13] Smith, J. "Power System Harmonics: Analysis and Control." CRC Press, 2017. (UK)
- [14] Dugan, R.C., et al. "Electrical Power Systems Quality." McGraw-Hill Education, 2012
- [15] Arrillaga, J., et al. "Power System Harmonics." John Wiley & Sons, 2003.
- [16] Ghosh, A., & Ledwich, G. "Power Quality Enhancement Using Custom Power Devices." Springer Science & Business Media, 2002.
- [17] El-Hawary, M.E. "Electrical Power Systems: Design and Analysis." John Wiley & Sons, 1995
- [18] Kennedy, B.W. "Power Quality Primer." McGraw-Hill, 2000.
- [19] Bagheri, A., et al. "A Comprehensive Review of Harmonic Mitigation Techniques in Power Systems." Energies, vol. 14, no. 10, pp. 2789, 2021
- [20] Akagi, H., et al. "Instantaneous Reactive Power Theory and Applications to Power Conditioning." IEEE Press, 2007.
- [21] Grady, W.M., et al. "Survey of Active Power Line Conditioning Methodologies." IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 5, no. 3, pp. 1536-1542, Jul. 1990.
- [22] Hidayat, M., et al. "Analisis Harmonisa dan Pengaruhnya Terhadap Peralatan Listrik." Jurnal Teknik Elektro, vol. 8, no. 2, pp. 75-82, 2015.