

Analisis Distorsi Harmonisa Kualitas Daya Listrik Tiga Fasa Panel Distribusi Menggunakan Power Quality Analyzer di Rumah Sakit X

Suratal¹, Edy Sumarno²

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

¹Jl. Raya Puspittek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

¹suratal52@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 28 Sep 2025
revisi : 1 Okt 2025
diterima : 18 Nov 2025
dipublish : 30 Nov 2025

ABSTRAK

Kualitas daya listrik merupakan elemen penting dalam menjamin kontinuitas dan efisiensi operasional sistem tenaga, terlebih di lingkungan yang sangat bergantung pada kestabilan pasokan listrik seperti rumah sakit. Masalah umum yang sering terjadi adalah distorsi harmonik pada sistem tiga fasa dan tingginya distorsi harmonik, yang dapat menyebabkan rugi – rugi daya, penurunan efisiensi, pemanasan berlebih, serta gangguan terhadap kinerja peralatan medis yang sensitif. Penelitian ini dilakukan di Rumah Sakit X dengan tujuan untuk menganalisis kualitas daya listrik pada panel distribusi tiga fasa menggunakan alat ukur Power Quality Analyzer HIOKI PW-3198. Metode yang digunakan meliputi studi literatur, observasi, dan pengukuran langsung berdasarkan standar internasional seperti IEEE 519-2014, IEEE 1159-2019, PUIL 2011, dan IEC 61000. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa meskipun tegangan dan frekuensi masih dalam batas toleransi, ditemukan nilai THD arus yang sangat tinggi rata – rata sebesar 57,02%, yang melebihi ambang batas standar. Ketidakseimbangan arus tercatat 3,80% dan tegangan sebesar 0,51%. Kondisi ini mengindikasikan dominasi beban non-linier yang berpotensi menimbulkan gangguan jangka panjang. Penelitian menyimpulkan bahwa diperlukan tindakan korektif seperti penyeimbangan beban dan pemasangan filter harmonik untuk meningkatkan efisiensi serta keandalan sistem distribusi di rumah sakit.

Kata kunci: kualitas daya listrik; Power Quality Analyzer; harmonisa; rumah sakit

ABSTRACT

Power quality is a crucial element in ensuring the continuity and operational efficiency of power systems, especially in environments that are highly dependent on a stable power supply, such as hospitals. A common problem is harmonic distortion in three-phase systems, and high levels of harmonic distortion can cause power losses, reduced efficiency, overheating, and disruption to the performance of sensitive medical equipment. This study was conducted at Hospital X with the aim of analyzing power

quality in three-phase distribution panels using a HIOKI PW-3198 Power Quality Analyzer. The methods used included literature studies, observations, and direct measurements based on international standards such as IEEE 519-2014, IEEE 1159-2019, PUIL 2011, and IEC 61000. The measurement results showed that although the voltage and frequency were within tolerance limits, a very high current THD value of 57.02% was found on average, exceeding the standard threshold. Current imbalance was recorded at 3.80% and voltage imbalance at 0.51%. This condition indicates the dominance of non-linear loads, which have the potential to cause long-term disruptions. The study concluded that corrective actions such as load balancing and the installation of harmonic filters are necessary to improve the efficiency and reliability of the distribution system in the hospital.

Keywords: power quality; Power Quality Analyzer; harmonics; hospital.

PENDAHULUAN

Tenaga listrik merupakan salah satu kebutuhan vital dalam kehidupan modern. Hampir seluruh aktivitas manusia, baik di sektor industri, rumah tangga, komersial, maupun sosial, sangat bergantung pada pasokan energi listrik yang stabil dan berkualitas. Salah satu sektor yang paling kritis terhadap gangguan kelistrikan adalah rumah sakit, karena kelancaran operasional fasilitas kesehatan ini menyangkut keselamatan pasien. Keandalan sistem tenaga listrik di rumah sakit menjadi syarat mutlak agar peralatan medis dapat bekerja secara optimal tanpa gangguan.

Permasalahan kualitas daya listrik semakin menonjol seiring meningkatnya penggunaan peralatan berbasis elektronika daya seperti komputer, inverter, UPS (*Uninterruptible Power Supply*), serta peralatan medis modern. Peralatan-peralatan ini digolongkan sebagai beban non-linear, yang secara langsung dapat menimbulkan distorsi harmonisa pada sistem distribusi tenaga listrik. Harmonisa mengakibatkan bentuk gelombang arus dan tegangan menyimpang dari bentuk sinusoidal murni, sehingga menurunkan efisiensi sistem, meningkatkan rugi daya, dan bahkan mempercepat kerusakan peralatan.

Menurut Bollen (2000), permasalahan kualitas daya mencakup harmonisa, ketidakseimbangan, sag, swell, hingga flicker, yang apabila terjadi secara berulang dapat menurunkan kinerja sistem kelistrikan secara signifikan. Di sisi lain, Arrillaga dan Watson (2003) menekankan bahwa harmonisa merupakan salah satu bentuk gangguan kualitas daya yang paling merugikan karena dapat menimbulkan overheating, rugi-rugi energi, hingga kegagalan sistem. Oleh karena itu, pemantauan kualitas daya dengan standar internasional seperti IEEE 519-2014 sangat penting dilakukan.

Dalam konteks rumah sakit, distorsi harmonisa memiliki dampak yang lebih serius. Selain mempengaruhi efisiensi distribusi tenaga, harmonisa juga berpotensi mengganggu kinerja alat-alat kesehatan yang sensitif seperti MRI, CT-Scan, ventilator, maupun sistem monitoring pasien. Jika gangguan ini terjadi, maka risiko keselamatan pasien akan meningkat. Karena itu, pengendalian harmonisa menjadi prioritas dalam manajemen energi di rumah sakit.

Seiring berkembangnya teknologi, metode pengukuran kualitas daya semakin canggih. Salah satunya adalah penggunaan Power Quality Analyzer (PQA) yang mampu merekam data parameter kualitas daya seperti tegangan, arus, frekuensi, faktor daya, serta harmonisa secara real-time. Hasil analisis dari PQA dapat dibandingkan dengan standar internasional sehingga diketahui kondisi riil sistem distribusi dan langkah mitigasi yang diperlukan.

TEORI

Kualitas daya listrik ditentukan oleh stabilitas tegangan, arus, frekuensi, faktor daya, serta rendahnya distorsi harmonisa. Total Harmonic Distortion (THD) adalah parameter utama untuk mengukur besarnya harmonisa pada sistem tenaga. Menurut IEEE 519-2014, batas THD arus maksimum adalah 5%. Nilai THD yang tinggi dapat menyebabkan rugi-rugi daya dan mempercepat kerusakan peralatan.

Menurut Arrillaga dan Watson (2003), kualitas daya didefinisikan sebagai tingkat kesesuaian tegangan, arus, dan frekuensi dengan standar yang ditetapkan untuk menjamin keandalan operasi peralatan listrik.

Bollen (2000) menyatakan bahwa permasalahan kualitas daya listrik dapat berupa harmonisa, flicker, sag, swell, hingga ketidakseimbangan fasa yang dapat menurunkan kinerja sistem tenaga.

Hingorani dan Gyugyi (2000) menjelaskan bahwa harmonisa merupakan fenomena distorsi gelombang sinusoidal murni akibat keberadaan peralatan non-linear, yang jika tidak dikendalikan dapat mengurangi efisiensi sistem dan mempercepat kerusakan peralatan.

Sementara itu, IEEE Std 519-2014 memberikan batasan nilai THD, di mana tegangan harus berada di bawah 5% dan arus juga maksimal 5% untuk menjaga sistem tetap efisien dan andal.

Berdasarkan teori para ahli, dapat disimpulkan bahwa menjaga kualitas daya listrik pada level harmonisa rendah sangat penting, terutama di rumah sakit yang menggunakan banyak peralatan elektronik sensitif.

Ketidakseimbangan beban pada sistem tiga fasa juga berdampak pada kenaikan arus netral, rugi daya, serta penurunan umur peralatan. Oleh karena itu, penting untuk memantau distribusi daya dan mengendalikan harmonisa melalui filter aktif maupun pasif.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan di panel distribusi Rumah Sakit X dengan tahapan sebagai berikut: Studi Literatur: Mengkaji teori dan penelitian terdahulu terkait kualitas daya dan harmonisa. Observasi Lapangan: Mengidentifikasi kondisi sistem distribusi dan titik pengukuran. Pengukuran: Menggunakan Power Quality Analyzer HIOKI PW-3198 selama 18 jam untuk merekam parameter tegangan, arus, frekuensi, THD, daya aktif, daya reaktif, daya semu, unbalance tegangan, dan arus. Analisis Data: Membandingkan hasil pengukuran dengan standar IEEE 519-2014, IEEE 1159-2019, PUIL 2011, dan IEC 61000.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Proses pengukuran sistem tiga fasa.

Tabel 1. Hasil pengukuran tegangan tiga fasa.

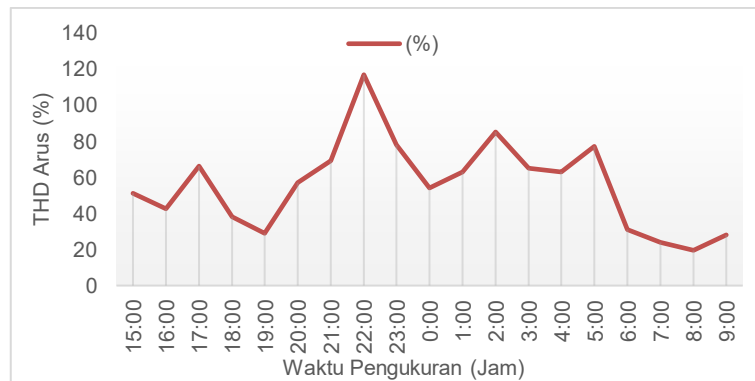
Fasa	Tegangan Rata-Rata (V)	Deviasi (%)
R	229,5	0,4
S	230,1	0,3
T	231,0	0,2
Unbalance	-	0,51

Tabel 2. Hasil pengukuran arus tiga fasa.

Fasa	Arus Rata-Rata (A)	Deviasi (%)
R	118,0	3,6
S	122,0	2,9
T	119,5	3,0
Unbalance	-	3,80

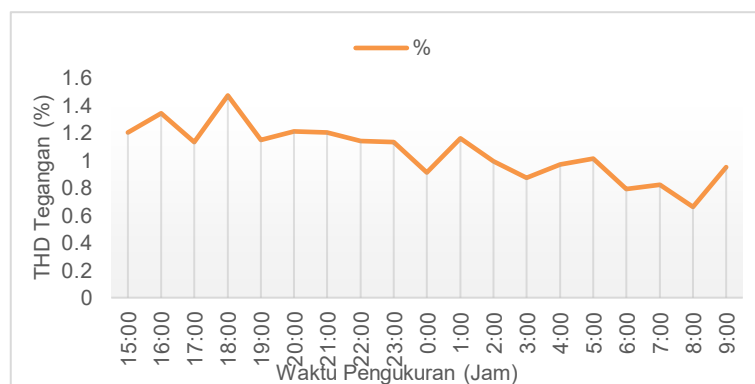
Tabel 3. Nilai THD arus dan tegangan.

Parameter	Nilai (%)	Batas Standar (%)	Keterangan
THD Tegangan	2,1	≤ 5	Sesuai
THD Arus	57,02	≥ 5	Tidak Sesuai



Gambar 2. Grafik THD arus per fasa.

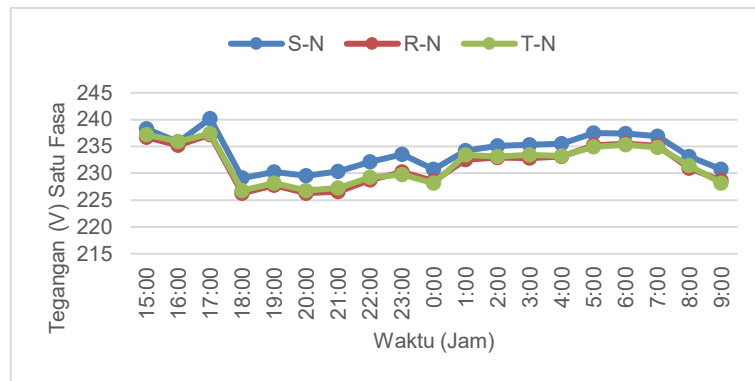
Gambar 2 menunjukkan grafik batang yang menampilkan THD arus pada fasa R, S, T; rata-rata 57,02%.



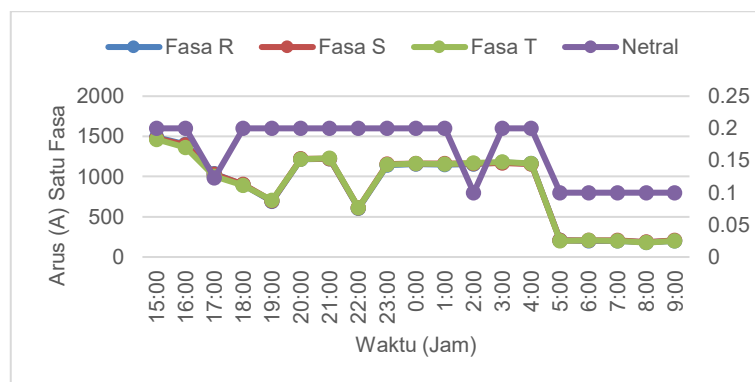
Gambar 3. Grafik tegangan tiga fasa.

Gambar 2 menunjukkan grafik batang yang kestabilan tegangan antar fasa dengan deviasi rendah.

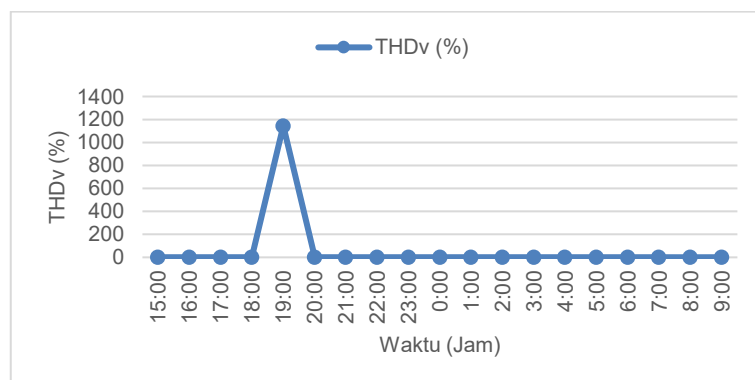
Pembahasan: Tegangan sistem berada dalam batas standar dengan unbalance hanya 0,51%. Frekuensi terukur stabil pada kisaran 50Hz $\pm$ 0,1Hz. Nilai THD arus rata-rata tercatat 57,02%, jauh melebihi batas 5% yang ditetapkan oleh IEEE 519-2014. Ketidakseimbangan arus tercatat sebesar 3,80%. Faktor daya berada pada kisaran 0,85-0,90 yang masih dapat diterima namun menunjukkan adanya potensi peningkatan efisiensi. Solusi teknis: Penyeimbangan beban antar fasa. Pemasangan filter harmonik pasif atau aktif. Pengendalian beban non-linear secara bertahap untuk mengurangi distorsi.



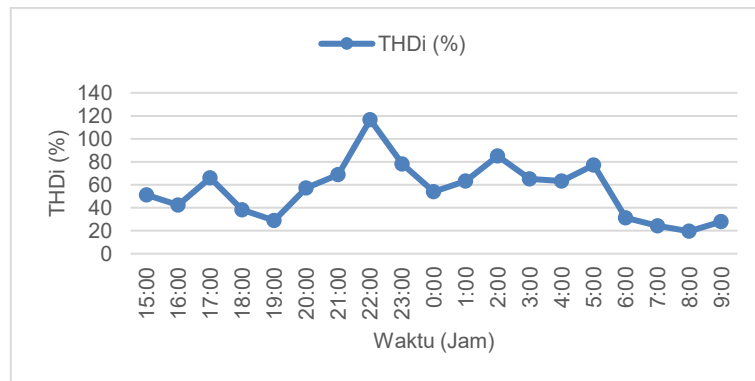
Gambar 4. Pengukuran tegangan 1 fasa per-jam.



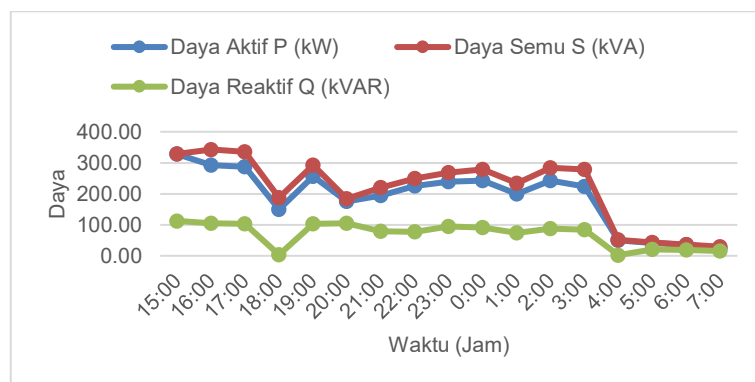
Gambar 5. Pengukuran arus tiap fasa per-jam.



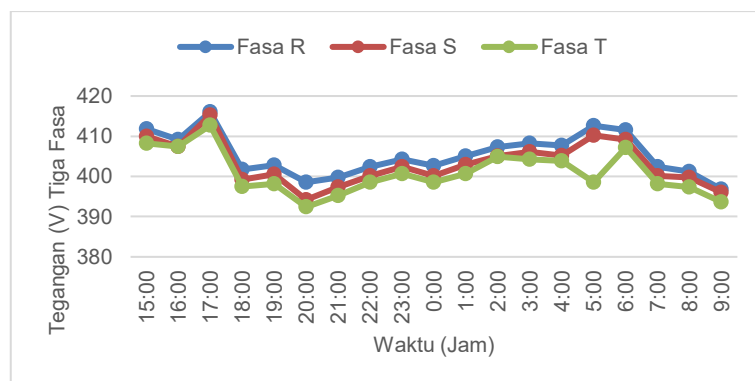
Gambar 6. Pengukuran THDv per-jam.



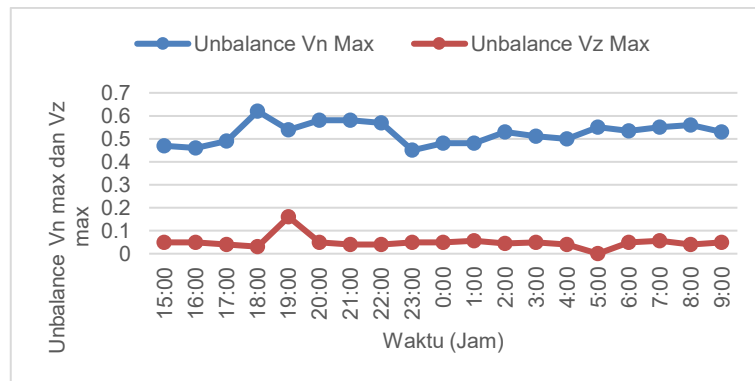
Gambar 7. Pengukuran THDi per-jam.



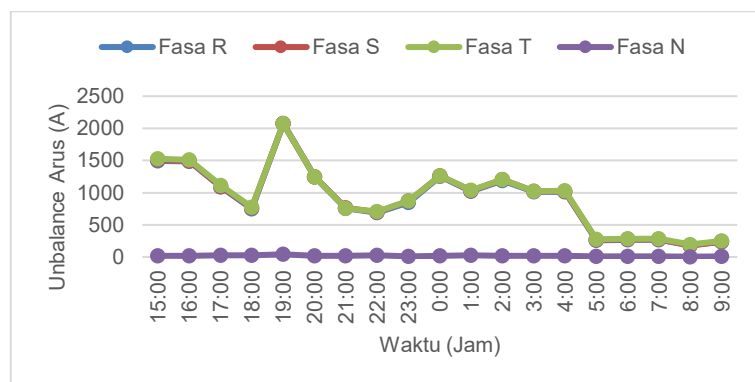
Gambar 8. Pengukuran daya per-jam.



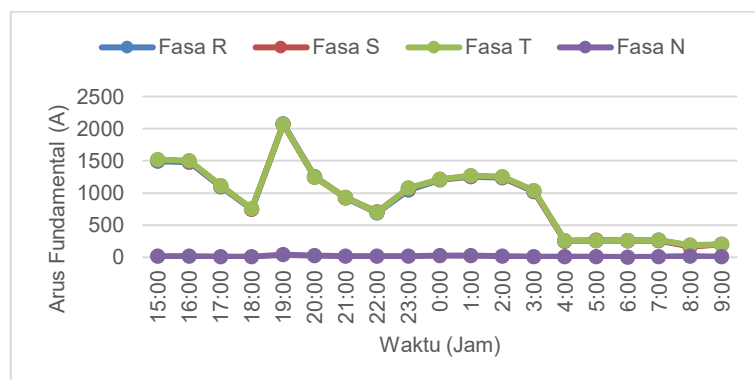
Tabel 9. Hasil pengukuran tegangan tiga fasa per-jam.



Gambar 10. Pengukuran unbalance tegangan per-jam.



Gambar 11. Pengukuran unbalance arus per-jam.



Gambar 12. Hasil pengukuran fundamental arus per-jam.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem distribusi tiga fasa di Rumah Sakit X mengalami distorsi harmonisa yang signifikan dengan THD arus mencapai 57,02%, jauh melebihi batas standar. Meskipun tegangan dan frekuensi masih dalam batas aman, tingginya distorsi harmonisa dapat menurunkan efisiensi dan mengancam keandalan peralatan medis. Oleh karena itu, diperlukan langkah perbaikan berupa penyeimbangan beban dan pemasangan filter harmonik untuk meningkatkan kualitas daya listrik di rumah sakit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada Universitas Pamulang, pembimbing, dan pihak Rumah Sakit X yang telah memberikan izin dan dukungan dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyadi. (2023). Analisis kualitas daya listrik menggunakan PQA. *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, 12(2), 45–52.
- Brilliantie Davira, A., et al. (2024). Evaluasi parameter kualitas daya listrik menggunakan PQA. *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 15(1), 33–41.
- Bursa, A., & Noor, A. (2021). Dampak ketidakseimbangan beban terhadap sistem distribusi. *Jurnal Teknologi Elektro*, 9(3), 112–118.
- Chauhan, S., & Thakur, A. (2016). Harmonic mitigation in power systems. *International Journal of Electrical Engineering*, 8(2), 56–63.
- Ghorbani, M., & Mokhtari, S. (2025). Harmonic distortion in distribution systems. *Energy Systems Journal*, 14(2), 98–107.
- Hernández-Mayoral, J., et al. (2023). Power quality monitoring in distribution systems. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 38(1), 101–110.
- Jumari. (2021). Analisis kualitas daya dalam sistem distribusi listrik. *Jurnal Energi Listrik Nasional*, 7(2), 22–29.
- Nadhiroh, A., et al. (2025). Penggunaan Power Quality Analyzer dalam sistem distribusi. *Jurnal Teknik Elektro Modern*, 5(1), 88–95.
- Rachmat, R. (2021). Pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap efisiensi distribusi. *Jurnal Energi Terbarukan*, 4(2), 73–80.
- Zulkarnaini, Z. (2024). Kualitas daya listrik pada rumah sakit. *Jurnal Teknik Kesehatan Lingkungan*, 10(1), 25–33.