JURNAL ELTEK
Vol. 23, No. 1, April 2025, hal. 16~23
p-ISSN: 1693 – 4024 | e-ISSN: 2355-0740
DOI: 10.33795/eltek.v23i1.6255

Instalasi *power meter* pada panel hubung bagi tegangan rendah

Nuha Nadhiroh[1], Ikhsan Kamil[2], Novan Ardiyanto[3], Rifa Adli Hunafa[4], dan Syahrani Eka Putri[5]
e-mail: [1]nuha.nadhiroh@elektro.pnj.ac.id, [2]ikhsan.kamil@elektro.pnj.ac.id,
[3]novan.ardiyanto.te21@mhsw.pnj.ac.id, [4]rifa.adli.hunafa.te21@mhsw.pnj.ac.id,
[5]syahrani.eka.putri.te21@mhsw.pnj.ac.id
[12345]Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 10 September 2024
Direvisi 23 April 2025
Diterbitkan 24 April 2025

Kata kunci:
Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah
Pengukuran Energi
Power Meter
Power Quality Analyzer

ABSTRAK

Manajemen energi penting untuk meningkatkan efisiensi operasional. Pemasangan power meter pada panel tegangan rendah membantu memantau penggunaan energi dan kualitas daya. Alat ini mengukur konsumsi energi, tegangan, arus, dan daya secara akurat. Penelitian ini mengevaluasi pemasangan power meter untuk mendukung manajemen energi yang lebih baik, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, mengurangi kerugian, dan memastikan kualitas daya sesuai standar. Hasil pembacaan perbandingan arus selisih persentase tertinggi yaitu sebesar 47,06%, sedangkan selisih persentase terendah yaitu sebesar 1,58%. Hasil pembacaan perbandingan tegangan pada fasa R, S dan T menunjukkan bahwa selisih persentase <1%. Hasil selisih persentase day aaktif tertinggi sebesar 12,39% dan terendah sebesar 1,08%. Sedangkan daya semu persentase tertinggi sebesar 28,81% dan terendah sebesar 0,52%. Dan daya reaktif nilai selisih persentase tertinggi sebesar 26,42% dan terendah sebesar 6,56%. Berdasarkan hasil pembacaan tegangan sudah sesuai antara alat ukur *power meter* dan PQA, sedangkan untuk pembacaan arus terjadi perbedaan pembacaan hasil nilai, hal yang mempengaruhi adanya perbedaan pembacaan nilai ini tentunya adalah pengkalibrasian batas ukur yang tidak sesuai antara PQA dan *power meter.*

Keywords:

Energy Measurement
Low Voltage Switchboard
Power Meter
Power Quality Analyzer

ABSTRACT

Energy management is important to improve operational efficiency. Installing power meters on low voltage panels helps monitor energy usage and power quality. This tool measures energy consumption, voltage, current and power accurately. This research evaluates the installation of power meters to support better energy management, which is expected to increase efficiency, reduce losses, and ensure power quality meets standards. The results of the current comparison readings have the highest percentage difference, namely 47.06%, while the lowest percentage difference is 1.58%. The results of the voltage comparison readings on the R, S and T phases show that the percentage difference is <1%. The highest active power percentage difference was 12.39% and the lowest was 1.08%. Meanwhile, the highest percentage of apparent power was 28.81% and the lowest was 0.52%. And the highest percentage difference in reactive power is 26.42% and the lowest is 6.56%. Based on the results, the voltage readings are in agreement between the power meter and PQA measuring instruments, while for the current readings there are differences in the value readings. The thing that influences this difference in value readings is of course the calibration of measuring limits that do not match between the PQA and the power meter.

Penulis Korespondensi:
Nuha Nadhiroh,
Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Jakarta,
Jl. Prof Dr. GA Siwabessy, Kampus UI, Jawa Barat, Indonesia.
Email: nuha.nadhiroh@elektro.pnj.ac.id

1. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi kelistrikan, penggunaan instrumen pengukuran yang akurat sangat penting untuk memastikan kualitas dan efisiensi dari sistem kelistrikan. Alat ukur dapat didefinisikan sebagai suatu perangkat yang digunakan untuk menentukan besarnya nilai suatu kuantitas fisik dalam satuan tertentu berdasarkan tingkat ketelitian yang telah ditetapkan [1]. Dalam bidang kelistrikan, terdapat beberapa jenis alat ukur yang sering digunakan untuk mengukur berbagai parameter listrik [2]. *Power meter* adalah salah satu alat yang berperan penting dalam mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, dan daya dalam sistem tenaga listrik [3]. Pada perkembangannya, istilah *power meter* digunakan untuk menyebut kWh meter digital [4]. Dengan meningkatnya kebutuhan akan monitoring yang lebih presisi, pemilihan dan instalasi *power meter* yang tepat menjadi krusial untuk mendapatkan data yang akurat dan dapat diandalkan [5].

Panel Hubung Bagi (PHB) adalah peralatan yang berfungsi menerima energi listrik dari PLN dan selanjutnya mendistribusikan, sekaligus mengontrol penyaluran energi listrik tersebut melalui sirkit panel utama dan cabang ke PHB cabang atau langsung melalui sirkuit akhir kebeban [6]. Panel ini berfungsi sebagai titik persimpangan antara sirkuit listrik yang berbeda, memungkinkan pengaturan aliran listrik, dan memberikan perlindungan dari kelebihan arus atau gangguan lainnya [7].

Pendistribusian tenaga listrik dari *output* trafo sisi tegangan rendah ke rel pembagi dan diteruskan ke Jaringan Tegangan Rendah (JTR) melalui kabel jurusan (Opstyg *Cable*) yang diamankan oleh NH Fuse jurusan masing-masing [8]. Biasanya ditempatkan di gardu induk distribusi sisi sekunder trafo distribusi sedangkan PHB yang di pelanggan biasanya terpasang pada dinding atau ruangan tertentu setelah APP ditempat pelanggan tersebut [9]. Perlengkapan Panel Hubung Bagi yang dipasang pada sisi TR yang banyak kita jumpai adalah PHB TR yang ada pada Gardu Trafo Tiang [10].

Power Quality Analyzer (PQA) adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur, menganalisis, dan memantau kualitas daya listrik dalam suatu sistem kelistrikan [11]. Alat ini memainkan peran penting dalam memastikan bahwa daya listrik yang disuplai ke beban listrik sesuai dengan standar yang diperlukan untuk operasi yang optimal dan aman [12]. Alat ini juga dilengkapi dengan fitur penyimpanan data dan kemampuan untuk menghasilkan laporan analisis yang komprehensif, yang sangat berguna dalam audit energi, pemantauan berkelanjutan, dan perencanaan peningkatan infrastruktur kelistrikan [13].

Masalah utama yang sering terjadi adalah ketidakakuratan pengukuran yang disebabkan oleh kesalahan instalasi dan kalibrasi pada perangkat *power meter* [14]. Hal ini dapat berdampak pada analisis kualitas daya dan kinerja sistem secara keseluruhan. Kualitas daya listrik mengacu pada karakteristik tegangan, arus, dan frekuensi yang mendukung kinerja optimal perangkat listrik tanpa gangguan [15]. Oleh karena itu, penting untuk meneliti metode yang efektif dalam instalasi *power meter* untuk memastikan akurasi data yang dihasilkan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menekankan pentingnya instalasi dan pengaturan power meter yang benar. Misalnya, studi oleh Wang et al. (2021) [16] menunjukkan bahwa kesalahan koneksi fasa dan pemilihan CT (current transformer) yang tidak tepat menyebabkan penyimpangan pengukuran hingga 7% dalam sistem distribusi komersial. Penelitian lain oleh Harikrishna et al. (2020) [17] menyarankan penggunaan sistem self-calibration berbasis IoT untuk memperkecil margin kesalahan dalam instalasi power meter.

Namun, sebagian besar kajian tersebut belum secara detail membahas bagaimana pengaruh proses instalasi—termasuk konfigurasi wiring, posisi fisik alat, dan teknik pemasangan CT—berkontribusi terhadap deviasi pembacaan. Di sisi lain, belum banyak pula penelitian yang mengintegrasikan metode instalasi konvensional dengan pendekatan teknologi pemantauan pintar secara menyeluruh di tingkat panel distribusi tegangan rendah.

Oleh karena itu, artikel ini berusaha untuk memberikan inovasi dalam metode instalasi *power meter* pada panel hubung bagi tegangan rendah, dengan menekankan pada pentingnya proses kalibrasi dan integrasi teknologi pemantauan pintar. Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengembangkan prosedur instalasi yang dapat meminimalkan kesalahan pengukuran dan meningkatkan akurasi data yang diperoleh dari *power meter*, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas dari sistem kelistrikan yang dimonitor.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Bengkel Distribusi Tenaga Listrik Politeknik Negeri Jakarta. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif, yang bertujuan untuk mengukur dan menganalisis kualitas daya listrik pada

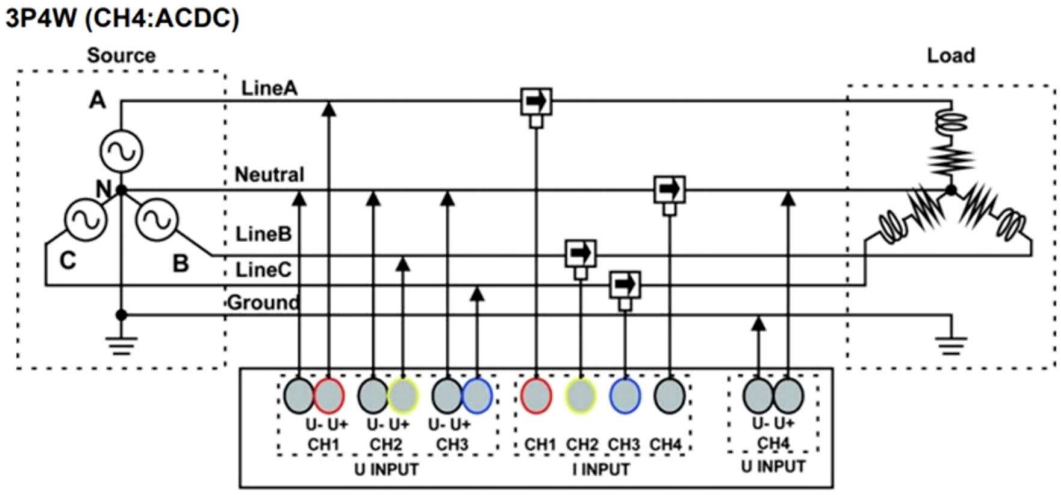
Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHBTR). Metode penelitian ini dijelaskan secara kronologis dalam beberapa tahap utama, yang mencakup pengumpulan data, analisis data, dan penyusunan solusi berbasis data yang diperoleh.

1) Pengumpulan Data
   a. Perencanaan: Membuat rancangan sebuah skema instalasi yang bertujuan untuk meminimalkan kesalahan pada *power meter*. Selain itu, dipilih juga perangkat *Power Quality Analyzer* (PQA) sebagai alat pembanding untuk memastikan keakuratan pengukuran *power meter*.
   b. Penginstalasian: Instalasi dilakukan dengan memperhatikan urutan koneksi dan kalibrasi alat untuk memastikan tidak terjadi kesalahan yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran.
   c. Pengumpulan Data: Data yang dikumpulkan mencakup tegangan, arus, dan daya pada sistem kelistrikan. Pengukuran dilakukan dalam beberapa kondisi beban yang berbeda untuk mendapatkan data yang bervariasi.
2) Analisis Data
   a. Pengolahan Data: Data yang diperoleh dari *power meter* yaitu berupa pengukuran pada tegangan, arus dan daya pada PHBTR dengan melakukan variasi beban yang berbeda-beda seperti bor tangan, *heater* dan *exhaust fan.*
   b. Perbandingan dengan PQA: Hasil pengukuran dibandingkan dengan PQA untuk menilai apakah tingkat keakuratan *power meter* yang diukur sesuai dengan PQA.
   c. Evaluasi: Hasil pembacaan tegangan, arus dan daya pada *power meter* menunjukkan selisih persentase yang hampir sama dengan PQA.
3) Penyusunan Solusi
   a. Identifikasi Masalah: Berdasarkan hasil pembacaan tegangan sudah sesuai antara alat ukur *power meter* dan PQA, sedangkan untuk pembacaan arus dan daya terjadi perbedaan pembacaan hasil nilai, hal yang mempengaruhi adanya perbedaan pembacaan nilai ini tentunya adalah pengkalibrasian batas ukur yang tidak sesuai antara PQA dan *power meter.*
   b. Pengembangan Rekomendasi: Pengunaan software analisis daya yang dapat memberikan data secara real time jarak jauh mengenai aliran daya. Hal ini dapat membantu dalam mengidentifikasi masalah yang terjadi pada sistem kelistrikan lebih awal.
   c. Simulasi Perbaikan: PHBTR melibatkan perawatan rutin dan inspeksi sistem, oleh karena itu penerapan teknologi monitoring cerdas seperti *power meter* dan PQA sangatlah penting. Dengan bantuan *power meter* dan PQA akan membantu dalam mendeteksi dan menyelesaikan permasalahan dengan cepat sebelum menjadi gangguan besar yang dapat mempengaruhi kinerja keseluruhan sistem.
4) Implementasi dan Uji Coba
   a. Penerapan Solusi: Rekomendasi yang telah disusun diimplementasikan pada sistem PHBTR.
   b. Uji Coba dan Validasi: Setelah implementasi, dilakukan uji coba untuk membandingkan selisih persentase antara *power meter* dan PQA berguna untuk memvalidasi efektivitas perbaikan yang telah dilakukan.
   c. Evaluasi Hasil: Hasil uji coba dibandingkan dengan data awal untuk memastikan keakuratan *power meter.*

Metode penelitian ini dirancang untuk memastikan proses pengumpulan, analisis, dan penerapan solusi terhadap masalah kualitas daya dapat dilakukan secara sistematis dan efektif, sehingga dapat memberikan hasil yang valid dan aplikatif dalam lingkungan industri. Penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan melakukan instalasi dan pengujian perangkat power meter dan Power Quality Analyzer (PQA) pada Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR). Tujuannya adalah untuk mengevaluasi akurasi dan keandalan alat ukur listrik dalam kondisi nyata. Berikut Gambar 1 merupakan *Wiring Power Quality Analyzer* (PQA) yang akan diinstalasi.\

Sementara itu, PQA yang digunakan dalam penelitian ini adalah Hioki tipe PW3198, yang mampu mengukur dan menganalisis berbagai parameter kualitas daya seperti harmonisa hingga orde ke-50, flicker, transien, unbalance, sag dan swell. Alat ini memenuhi standar IEC 61000-4-30 Class A dan dilengkapi dengan fitur penyimpanan data melalui Compact Flash atau USB, serta layar TFT berwarna untuk pemantauan secara real-time. PQA Hioki PW3198 diinstalasi sementara pada panel dengan menggunakan flexible current clamp dan probe tegangan yang terhubung ke tiap fasa utama (R, S, T) dalam konfigurasi 3P4W. Pengukuran dilakukan selama durasi tertentu untuk mendapatkan data kualitas daya dalam kondisi operasi normal.

Prosedur kalibrasi dilakukan untuk memastikan akurasi pembacaan dari kedua alat. Power meter dikalibrasi menggunakan beban simulatif dan alat ukur standar untuk memverifikasi pembacaan arus, tegangan, serta daya aktif. Untuk PQA Hioki PW3198, kalibrasi mengacu pada standar IEC 61000-4-30 dan IEC 61010-1, dengan simulasi gangguan tegangan dan arus menggunakan power disturbance simulator. Fungsi auto-compare digunakan untuk mengevaluasi penyimpangan pengukuran terhadap nilai referensi standar. Setelah proses instalasi dan kalibrasi selesai, data pengukuran dari kedua alat dibandingkan untuk mengevaluasi tingkat keakuratan power meter dalam membaca parameter listrik dan mendeteksi gangguan kualitas daya. Seluruh data dikumpulkan dalam format digital dan dianalisis untuk menilai performa sistem pemantauan, serta implikasi dari metode instalasi terhadap akurasi pengukuran yang dihasilkan.



Gambar 1. *Wiring Power Quality Analyzer (PQA)*

Selain itu, pemasangan *Power Meter* juga harus sesuai dengan pin *Power Meter* yang tertera pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Tabel Pin Power Meter

No	Simbol	Fungsi
1	N	Netral
2	L	*Power supply*
3	UN	Netral
4	UC	Phasa T
5	UB	Phasa S
6	UA	Phasa R
7	IC	S2 CT Phasa T
8	IC*	S1 CT Phasa T
9	IB	S2 CT Phasa S
10	IB*	S1 CT Phasa S
11	IA	S2 CT Phasa R
12	IA*	S1 CT Phasa R

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan beberapa temuan ilmiah yang signifikan terkait dengan instalasi *power meter* pada PHBTR. Temuan-temuan ini didukung oleh data-data hasil pengukuran yang telah dianalisis secara mendalam.

1. Perbedaan Hasil Pengukuran Antara *Power Meter* dan PQA

Salah satu temuan utama adalah adanya perbedaan signifikan antara data yang diperoleh dari *power meter* dan PQA. *Power meter* menunjukkan hasil pengukuran daya yang lebih rendah dibandingkan dengan PQA pada kondisi beban tinggi. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh adanya pengaruh faktor-faktor seperti kualitas instalasi dan kalibrasi yang tidak optimal pada *power meter*. Selain itu, kemungkinan adanya interferensi elektromagnetik pada jalur pengukuran juga menjadi faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran.

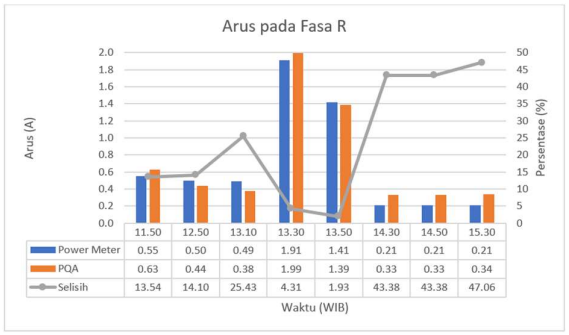
2. Trend Akurasi pada Berbagai Kondisi Beban

Dari data yang diperoleh, terlihat bahwa *power meter* cenderung memberikan hasil yang lebih akurat pada kondisi beban rendah hingga menengah, namun mulai menunjukkan deviasi yang lebih besar pada kondisi beban tinggi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan dalam kemampuan *power meter* untuk mengkompensasi variasi arus yang signifikan pada beban tinggi. Trend ini juga telah dilaporkan pada penelitian sebelumnya, namun penelitian ini menambahkan bukti baru yang memperkuat hipotesis bahwa kalibrasi dan pemilihan power meter yang tepat sangat penting untuk menjaga akurasi pengukuran pada berbagai kondisi beban.

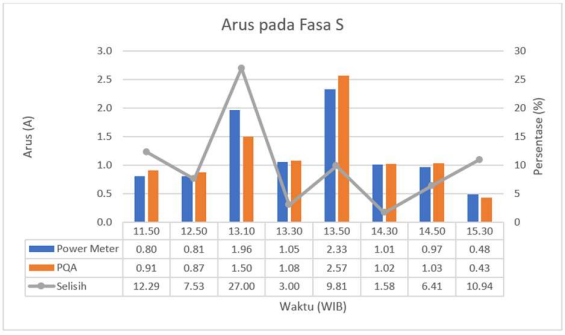
3. Pembandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa *power meter* modern dengan fitur kompensasi aktif cenderung lebih akurat, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bahkan dengan teknologi canggih, kualitas instalasi tetap menjadi faktor kunci dalam menentukan akurasi. Selain itu, penelitian ini juga menambahkan wawasan baru mengenai pentingnya kalibrasi berkala dan pemantauan kontinu untuk memastikan konsistensi data yang diperoleh.

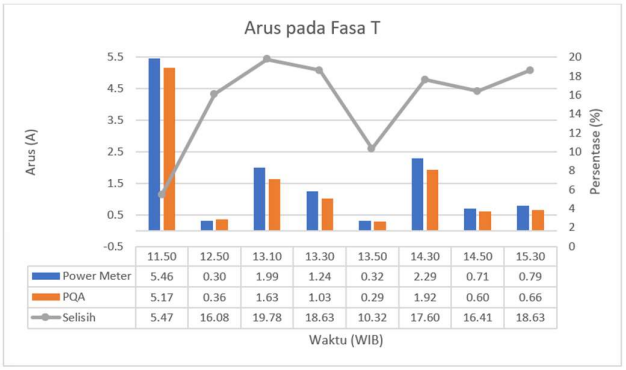
Temuan-temuan ilmiah yang diperoleh dari penelitian ini menjawab hipotesis yang diajukan di bagian pendahuluan, yaitu bahwa kualitas instalasi dan kalibrasi power meter sangat mempengaruhi akurasi pengukuran. Selain itu, penelitian ini menekankan pentingnya integrasi teknologi pemantauan pintar untuk meminimalkan kesalahan pengukuran dan meningkatkan efisiensi sistem kelistrikan. Berikut merupakan hasil pembacaan tegangan, arus, dan daya menggunakan *power meter* dan PQA seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2 s.d. Gambar 4.



(a)



(b)

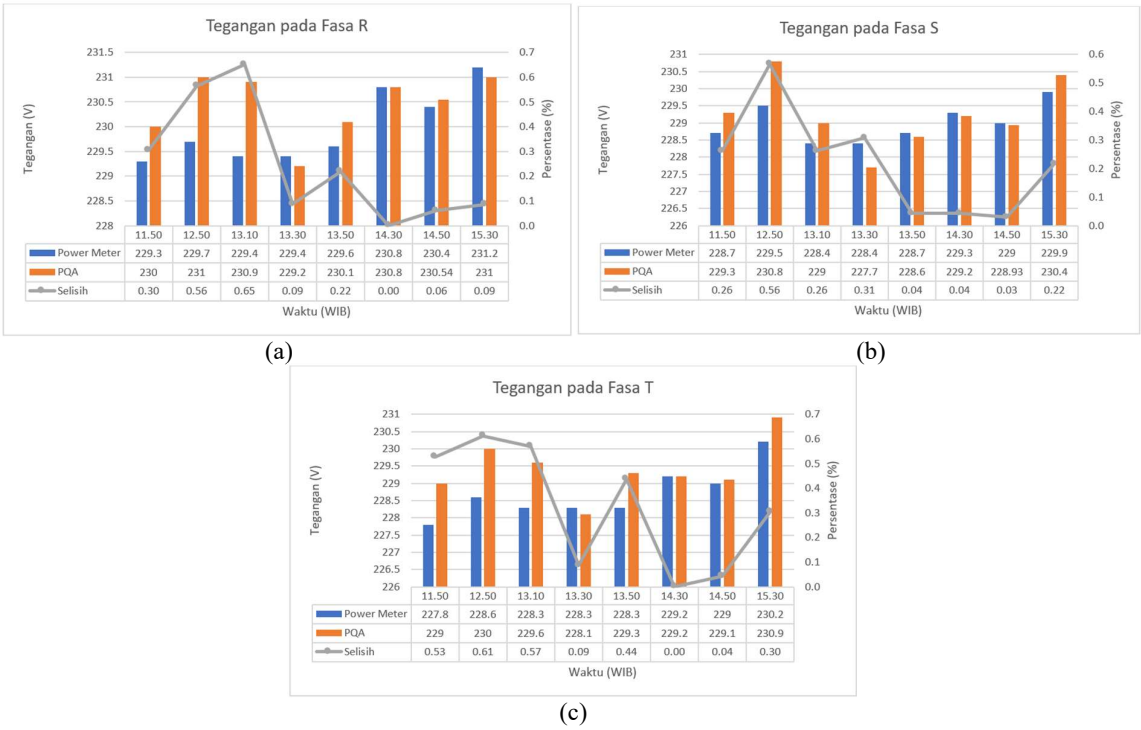


(c)

Gambar 2. Grafik Selisih Persentase Arus pada Fasa R S T

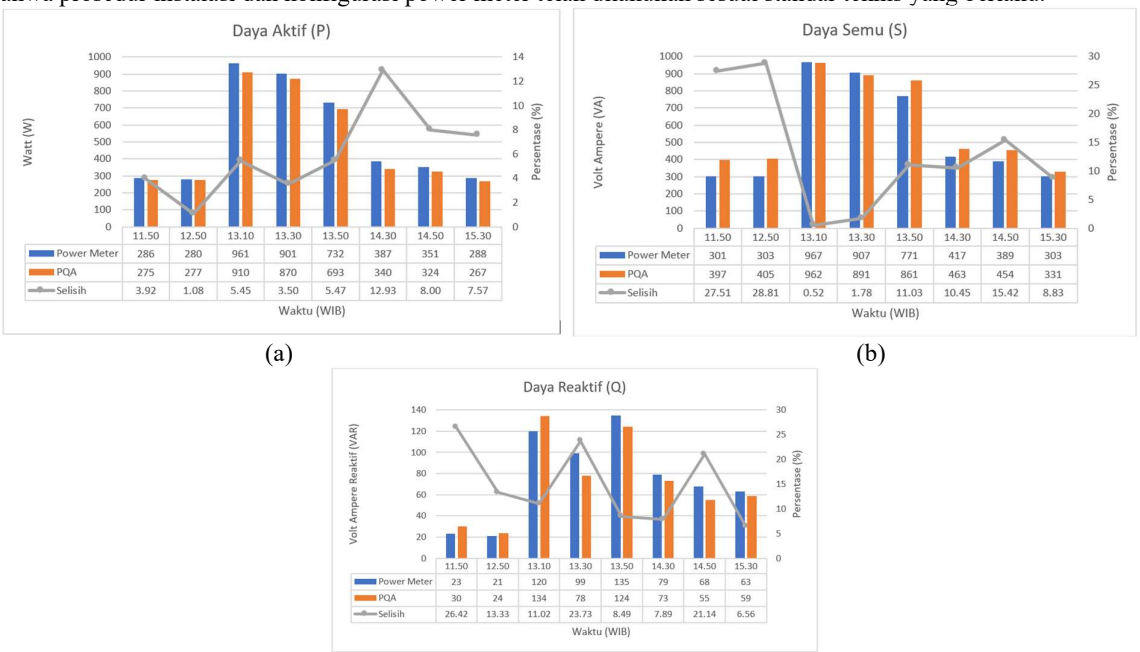
Berdasarkan grafik arus pada masing-masing fasa yang ditampilkan pada Gambar 1, dapat diketahui bahwa selisih persentase pembacaan arus tertinggi terjadi pada Fasa R pada pukul 15.30, yaitu sebesar 47,06%. Hal ini menunjukkan adanya deviasi yang signifikan antara hasil pengukuran alat power meter dengan referensi pengukuran dari Power Quality Analyzer (PQA), yang kemungkinan disebabkan oleh kesalahan dalam pemasangan CT (Current Transformer), faktor kalibrasi yang belum optimal, atau gangguan sesaat pada sistem. Selisih yang besar ini mengindikasikan bahwa data yang dihasilkan pada waktu tersebut kurang dapat diandalkan untuk tujuan pemantauan presisi dan perlu dilakukan evaluasi ulang terhadap instalasi maupun integritas data.

Sebaliknya, selisih persentase terendah tercatat pada Fasa S pada pukul 14.30, yaitu hanya sebesar 1,58%. Selisih yang sangat kecil ini menunjukkan bahwa pada waktu tersebut, pembacaan arus antara kedua perangkat sangat konsisten, yang mencerminkan bahwa instalasi CT pada fasa ini bekerja dengan baik dan proses kalibrasi telah mendekati standar akurasi yang diharapkan. Konsistensi data seperti ini sangat penting dalam aplikasi pemantauan beban industri, karena memungkinkan analisis performa sistem listrik dilakukan dengan lebih percaya diri. Dengan membandingkan kedua kondisi ekstrim ini, dapat disimpulkan bahwa tingkat akurasi alat ukur sangat dipengaruhi oleh kualitas instalasi serta kondisi operasional saat pengambilan data berlangsung.



Gambar 3. Grafik Selisih Persentase Tegangan pada Fasa R S T Terhadap Netral

Berdasarkan grafik tegangan line to neutral pada masing-masing fasa yang ditunjukkan pada Gambar 2, dapat diketahui bahwa selisih persentase antara hasil pengukuran power meter dengan PQA untuk semua fasa berada di bawah 1%. Nilai selisih yang sangat kecil ini mengindikasikan bahwa pembacaan tegangan oleh power meter berada dalam rentang akurasi yang sangat baik dan dapat diandalkan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem instalasi, terutama koneksi tegangan input ke alat ukur, telah dilakukan dengan benar dan stabil. Dengan demikian, hasil ini memperkuat bahwa prosedur instalasi dan konfigurasi power meter telah dilakukan sesuai standar teknis yang berlaku.



Gambar 4. Grafik Selisih Persentase Daya

Berdasarkan hasil pembacaan aliran daya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, dapat diketahui bahwa daya aktif memiliki nilai selisih persentase tertinggi sebesar 12,39% pada pukul 14.30 dan terendah sebesar 1,08%

pada pukul 12.50. Sedangkan daya semu memiliki nilai selisih persentase tertinggi sebesar 28,81% pada pukul 12.50 dan terendah sebesar 0,52% pada pukul 13.10. Dan daya reaktif memiliki nilai selisih persentase tertinggi sebesar 26,42% pada pukul 11.50 dan terendah sebesar 6,56% pada pukul 15.30.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan pada penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan untk penelitian ini, yaitu Pengukuran dalam pemasangan *power meter* pada PHBTR perlu memperhatikan beberapa hal seperti penentuan lokasi optimal pada panel, dan pemilihan alat yang sesuai dengan spesifikasi teknis. Hasil pembacaan perbandingan arus pada fasa R, S dan T yang memiliki persentase tertinggi yaitu sebesar 47,06%, sedangkan untuk persentase selisih yang terendah yaitu sebesar 1,58%. Hasil pembacaan perbandingan tegangan pada fasa R, S dan T menunjukkan bahwa secara keseluruhan selisih persentase <1%, sedangkan untuk hasil pembacaan daya aktif selisih persentase tertinggi sebesar 12,39% dan untuk terendahnya 1,08%, hasil pembacaan daya semu selisih persentase tertinggi sebesar 28,81% dan untuk terendahnya 0,52%, dan hasil pembacaan daya reaktif selisih persentase tertinggi sebesar 26,42% dan untuk terendahnya 6,56%. Berdasarkan hasil pembacaan tegangan sudah sesuai antara alat ukur *power meter* dan PQA, sedangkan untuk pembacaan arus dan daya terjadi perbedaan pembacaan hasil nilai, hal yang mempengaruhi adanya perbedaan pembacaan nilai ini tentunya adalah pengkalibrasian batas ukur yang tidak sesuai antara PQA dan *power meter.* PHBTR melibatkan perawatan rutin dan inspeksi sistem, oleh karena itu penerapan teknologi monitoring cerdas seperti *power meter* dan PQA sangatlah penting. Dengan bantuan *power meter* dan PQA akan membantu dalam mendeteksi dan menyelesaikan permasalahan dengan cepat sebelum menjadi gangguan besar yang dapat mempengaruhi kinerja keseluruhan sistem.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penelitian ini. Secara khusus, kami berterima kasih kepada Politeknik Negeri Jakarta dan seluruh tim pengajar di Jurusan Teknik Elektro atas bimbingan, fasilitas, dan dukungan yang diberikan selama penelitian ini berlangsung. Terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan yang turut membantu dalam pengumpulan dan analisis data, serta kepada pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas segala bantuan yang telah diberikan. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] T. L. B. A. Uno and S. F. Nasution, “Perancangan Alat Ukur Kadar Air Pada Jagung (Zea mays L.) Dengan Menggunakan Sensory YL-69,” 2017.

[2] R. Harahap, A. Armansyah, S. Sudaryanto, D. T. Pramudia, and A. F. Rian, “Keselamatan Pemakaian Energi Listrik Rumah Tangga Yang Benar di Desa Bandar Rahmat Kecamatan Tanjung Tiram Kabupaten Batu Bara,” *JET (Journal of Electrical Technology)*, 2022.

[3] Y. Badruzzaman, “Real Time Monitoring Data Besaran Listrik Gedung Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang,” *Jurnal Jtet*, vol. 1, no. 2, pp. 50–59, 2012.

[4] J. Teng, J. S. Setiadji, and R. Lim, “Sistem Pembacaan Data Power Meter,” *Seminar Nasional Fortei*, vol. 7 No.2, pp. 1–6, 2018.

[5] M. D. T. Arrizky and M. R. Alfarij, “Monitoring Konsumsi Energi Listrik Pada Kamar Kos Berbasis IoT dan Progressive Website Apps,” 2024.

[6] R. F. As’ad and A. T. Nugraha, “Rancang Bangun Penstabil Kinerja Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah,” *Journal of Computer Electronic and Telecommunication*, vol. 3, no. 1, pp. 1–14, 2022, doi: 10.52435/complete.v2i1.187.

[7] I. G. S. Sudaryana, “Pemanfaatan Relai Tunda Waktu Dan Kontaktor Pada Panel Hubung Bagi (Phb) Untuk Praktek Penghasutan Starting Motor Star Delta,” *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, vol. 12, no. 2, 2015, doi: 10.23887/jptk.v12i2.6478.

[8] A. F. Fajri, N. Kn, and S. T. Mt, “Menggunakan Metode Minim Padam Pada Nilai Saidi Dan Ens Di Pt. Pln (Persero) Area Bulungan (Kb 11B),” *Jurnal Teknologi Industri*, vol. 11, no. 1, pp. 1–7, 2022.

[9] Handoko, D. (2019). “Implementasi Panel Hubung Bagi (PHB) Tegangan Rendah pada Gardu Distribusi,” *Jurnal Kelistrikan dan Otomasi*, 5(1), 12–18.

[10] A. W. Ade Wirya Anugrah, “Rancang bangun gardu distribusi tipe trafo cantol di bengkel tegangan menengah politeknik negeri ujung pandang,” 2022.

[11] Muhammd Mujaddid, “Analisis Harmonisa Dan Tegangan Arus Di Gedung Smp Negri 12 Makassar,” p. 84, 2021.

[12] M. D. Wibowo, “Analisis Deviasi KWH Meter Trafo 1 di Gardu Induk Kalisari (Deviation Analysis of KWH Meter Transformer 1 at Kalisari Substation) ,” 2022.

[13] L. M. Hayusman, T. Hidayat, C. Saleh, I. M. Wartana, and T. Herbasuki, "Pelatihan Software ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) Bagi Siswa dan Guru SMK Nasionl Malang," *Industri Inovatif : Jurnal Teknik Industri*, vol. 7, no. 1, pp. 7–11, 2017, [Online]. Available: https://ejournal.itn.ac.id/index.php/industri/article/view/856

[14] A. C. Kale, D. F. R. Sirait, and M. F. Rizal, "Pengaruh Variasi Tegangan dan Arus pada KWh Meter Mekanik dan Digital Satu Fasa di Sekitar Cempakasari," 2024.

[15] M. I. Fardiansyah, "Studi Pembangunan Penyulang Kds18 Untuk Memperbaiki Kualitas Tegangan Dan Susut Daya Jaringan 20 Kv Dengan Menggunakan …," 2021, [Online]. Available: http://repository.unissula.ac.id/24023/

[16] Wang, Y., & Chen, L. (2021). "Effect of Installation Errors on Accuracy of Power Metering in Industrial Networks," Journal of Electrical Engineering and Automation, 3(1), 22–29.

[17] Harikrishna, M., & Kumar, R. (2020). "Design of Self-Calibrated Power Meter for Smart Energy Monitoring," *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 10(5), 4560–4568.