

Analisis Anomali Pengukuran kWh Meter Utama dan Meter Pembanding Konsumen KCIC GIS Poncol Baru II

Hery Diansyah^{1*}, I Made Indradjaja Marcus Brunner²

^{1,2}Magister Teknik Elektro, Institut Teknologi PLN, Menara PLN
Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng, DKI Jakarta
Email: hery2310013@itpln.ac.id, imade.brunner@itpln.ac.id

ABSTRAK

Besaran arus dan tegangan yang diterima sangat mempengaruhi kinerja kWh meter. Kesalahan pengukuran dapat terjadi karena ketidaksesuaian nilai arus atau tegangan yang dapat menyebabkan perbedaan antara pengukuran meter utama dan pembanding. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya dispute kedua pihak yang bertransaksi. Dengan menggunakan meter konsumen sebagai acuan yang dianggap valid, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya kesalahan pengukuran sehingga terjadi deviasi antara pembacaan pada meter utama dengan meter pembanding. Selain observasi langsung di lapangan, sistem Reading Meter Automatic (AMR) digunakan untuk mengumpulkan data load profile, dan metode Z-test statistik digunakan untuk menganalisisnya. Metode penelitian ini mencakup cara mengkaji dan menelaah teori-teori pendukung, pengujian dan observasi dilapangan serta diskusi dengan pihak-pihak terkait. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab deviasi pembacaan mengarah pada kesalahan rangkaian wiring di kWh meter ketika suplai dari GIS Sumarecon Bekasi II kWh meter utama dan pembanding menunjukkan pembacaan bernilai konstan ± 1600 kWh. Dari pengukuran pertama ditemukan bahwa ada energi yang tercatat namun indikasi error data constant. Dari hasil Ztest didapatkan hasil probabilitas $> 0,05 =$ tolak H_0 . pembacaan meter utama dan meter pembanding masih terdapat perbedaan signifikan. terdapat pergeseran fasa pada rangkaian VT dimana $\cos \phi$ mendekati 1 ketika suplai dari GIS Summarecon Bekasi II atau line KCIC pada GIS Poncol Baru II tidak berbeban Dilakukan perbaikan pada tanggal 7 Agustus 2024. Sehingga pembacaan $\cos \phi$ berubah dari 0,86 menjadi -0,076 dan sudut antara arus dan tegangan mendekati 90° dan pembacaan beban mendekati nol "0" dan pihak yang bertransaksi tidak mengalami dispute.

Kata kunci: AMR; Arus; kWh meter; Tegangan; Z-test; Wiring.

ABSTRACT

The magnitude of the current and voltage received greatly affects the performance of the kWh meter. Measurement errors can occur due to mismatches in current or voltage values that can cause differences between the main meter and the comparison meter measurements. This can lead to disputes between both parties in the transaction. By using consumer meters as a valid reference, this study aims to identify the causes of measurement errors leading in deviations between the readings on the main meter and the comparison meter. In addition to direct observations in the field, the Automatic Meter Reading (AMR) system is used to collect load profile data, and the statistical Z-test method is used to analyze it. This research method includes reviewing and examining supporting theories, testing and observations in the field, and discussions with related parties. The results of the study indicate that the cause of the reading deviation is an error in the wiring circuit in the kWh meter, and that when the supply from GIS Sumarecon Bekasi II, the main and comparison kWh meters, show a constant reading of ± 1600 kWh. From the first measurement, it was found that there was energy recorded, but an indication of a constant data error. The Z-test results yielded a probability value > 0.05 , so reject H_0 . There is still a significant difference between the main meter reading and the comparison meter reading. There is a phase shift in the VT circuit, where $\cos \phi$ approaches 1 when the supply from the GIS Summarecon Bekasi II or the KCIC line at the GIS Poncol Baru II is unloaded. Repairs were carried out on August 7, 2024. As a result, the $\cos \phi$ reading changed from 0.86 to -0.076, and the angle between the current and voltage approached 90° , and the load reading approached zero "0" and the transacting parties did not experience a dispute.

Keywords: AMR; Current; kWh meter; Voltage; Z-test; Wiring.

Pendahuluan

Peningkatan ketersediaan kuantitas energi listrik terus dilakukan oleh PT PLN (Persero) dan seiring bertambahnya beban, maka perubahan terhadap sistem tenaga listrik tidak dapat dihindarkan. Selaras dengan itu, peningkatan kualitas penyaluran tenaga listrik juga menjadi hal yang sangat penting yang terus menjadi perhatian [1]. Penyaluran tenaga listrik di wilayah Jawa Barat meliputi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 70 KV, 150 KV, 500KV, dan juga Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) 150 KV [2]. Untuk pendistribusian energi listrik yang handal dan efisien, maka semua hal yang dapat menimbulkan kerugian harus dikaji dengan baik.

Untuk itu dibutuhkan suatu alat untuk transaksi energi listrik yang mempunyai tingkat akurasi yang baik agar tidak ada pihak yang dirugikan akibat kesalahan dalam proses pengukuran. kWh meter merupakan suatu alat yang berfungsi sebagai alat pengukuran transaksi tenaga listrik [3]. Pengukuran adalah perbandingan secara eksperimen fisik suatu besaran dengan besaran lain yang sejenis dimana salah satu dari besaran itu dianggap satuan. Jika dilakukan pengukuran, maka hasilnya dinyatakan dalam kelipatan besaran satuan itu. Angka kelipatan dan besaran satuan ini memegang peranan penting dalam pengukuran karena keduanya memberikan informasi dari hasil pengukuran yang dilakukan.

Di dalam suatu pengukuran terdapat beberapa langkah penting yang terlibat dalam suatu pengukuran. Pertama harus ditentukan suatu cara agar alat yang tersedia dapat digunakan untuk mengukur, sesuai dengan ketelitian hasil pengukuran yang dikehendaki. Selanjutnya perlu diperhatikan keadaan dan keandalan alat yang akan digunakan serta pengaruh lingkungan yang kemungkinan dapat mempengaruhi hasil pengukuran. Dan yang lebih penting adalah hasil dari pengukuran apakah hasil akhir pengukuran memiliki ketelitian sesuai yang dikehendaki atau yang akan dicapai [4].

Sementara pada pengukuran daya/tenaga listrik, dengan menggunakan alat ukur yang dapat digunakan untuk mengukur tenaga listrik seperti VA meter, Watt meter dan VAr meter, maka dapat diketahui besaran tenaga listrik yang dibangkitkan dari suatu sistem pembangkitan tenaga listrik, juga dapat diketahui besaran tenaga listrik yang disalurkan pada suatu sistem penyaluran dan juga dapat diketahui besaran tenaga listrik yang digunakan atau dikonsumsi pada sistem distribusi [5]. Dengan adanya alat ukur energi listrik yaitu seperti kWh meter dan kVArh meter [6], maka proses pemanfaatan tenaga listrik yang dimulai dari sistem pembangkitan, sistem penyaluran dan sistem distribusi dapat digunakan dalam suatu sistem transaksi tenaga listrik [7].

Dalam besaran listrik, pengukuran sangat penting artinya karena tanpa pengukuran tidak dapat diketahui adanya listrik maupun tidak diketahui besarnya listrik yang ada dikarenakan listrik tidak dapat dilihat secara fisik. Oleh karenanya pengukuran pada besaran listrik dapat digunakan untuk mengetahui berapa besarnya beda potensial, berapa besarnya muatan listrik yang mengalir, berapa besarnya tenaga dari muatan listrik tersebut, berapa banyaknya siklus yang terjadi pada suatu muatan listrik arus bolak-balik dan berapa besarnya energi listrik yang terpakai [8], [9].

Untuk itu dibutuhkan alat untuk transaksi listrik yang didesain untuk mengukur dan menghitung daya yang terpakai dengan inputan berupa arus dan tegangan yang bersumber pada peralatan *High Voltage* seperti *Capacitive Voltage Transformer (CVT)* dan *Current Transformer (CT)*. CVT maupun CT berfungsi sebagai mentransformasikan besaran tegangan atau besaran arus atau tegangan sistem dari yang tinggi ke besaran arus atau tegangan listrik yang lebih rendah sehingga pengukuran menjadi lebih aman, akurat dan teliti. Instalasi dan konfigurasi CT dan CVT yang kurang tepat dapat menyebabkan deviasi pada hasil pembacaan energi, yang berdampak pada akurasi pengukuran di sistem kelistrikan [10], [11].

Berdasarkan hal tersebut bahwa kinerja kWh meter sangat bergantung pada besaran arus dan tegangan yang masuk ke dalamnya. Jika besaran arus atau tegangan tidak sesuai, akan menyebabkan kesalahan dalam pengukuran. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya deviasi antara pembacaan pada meter [12]. Untuk transaksi pada konsumen tingkat tinggi (KTT) terdiri dari 3 kWh meter yaitu Meter Utama (PLN UID Jabar) : Meter ini terletak pada GI. Poncol Baru, Meter Pembanding (PLN UIP2B Jamali) : Meter ini terletak pada GI. Poncol Baru, dan Meter Konsumen Tingkat Tinggi (KCIC) : Meter ini terletak pada Traksi Halim (GI. Poncol Baru).

PT KCIC Traksi Halim mendapat suplai listrik PLN melalui dua GI yaitu GIS Bekasi Sumarecon II dan GIS Poncol Baru II. Pada bulan Mei 2023 tercatat suplai energi ke PT KCIC dari GIS Poncol Baru sebesar 16,78 MWh dan 96 MVarh. Angka tersebut dikeluhkan PT KCIC karena menyebabkan nilai power factor (PF) dibawah 0,85 dan meningkatkan tagihan [10]. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian untuk mencari penyebab dan validitas adanya energi reaktif pada suplai PT.KCIC tersebut. Kajian dilakukan dengan menyusun faktor-faktor anomali pengukuran meter, mengumpulkan data sekunder (SLD, spesifikasi meter, spesifikasi CT/CVT, dll), pengukuran langsung di GIS Poncol Baru II dan GI KCIC Traksi Halim, dan analisis data dan hasil pengukuran.

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan sebelumnya, maka dapat ditentukan rumusan masalah yaitu seberapa besar pengaruh signifikan terhadap kesalahan pengukuran kWh meter pada proses pemasangan wiring, seberapa besar pengaruh signifikan terhadap deviasi pengukuran kWh meter antara meter

pembandingan dengan meter utama dari hasil pengamatan pembacaan kWh meter dengan PQM, dan seberapa besar pengaruh signifikan terhadap kesalahan pengukuran kWh meter yang diakibatkan oleh pergeseran fasa.

Dan tujuan dari penelitian ini yakni untuk menganalisis penyebab terjadinya kesalahan pengukuran pada kWh meter baik meter utama maupun meter pembandingan, mengevaluasi dan menganalisis dari hasil pengamatan pembacaan kWh meter dengan PQM yang menyebabkan deviasi antara meter utama dan meter pembandingan serta menganalisis pengaruh signifikan dari pergeseran fasa pada wiring di kWh meter baik di meter utama maupun meter pembandingan. Dalam hal ini meter konsumen sebagai referensi dalam menganalisis penyebab terjadinya deviasi.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan sejak mulai berbebanya line KCIC di GI Poncol Baru yaitu pada bulan September 2023 sampai Juni 2025. Penelitian ini akan melakukan analisis perbandingan kWh meter utama dengan kWh meter pembandingan ditinjau dari pembacaan masing kWh meter beserta phasanya. Desain penelitian berupa eksperimen atau uji coba untuk mencari solusi dari anomali pembacaan meter sehingga tidak lagi menimbulkan dispute pada para pihak yang melakukan transaksi energi listrik. Pengumpulan data berupa data spesifikasi, setting konfigurasi dan load profile diambil setiap 1 bulan sekali melalui aplikasi Automatic Meter Reading. Kemudian dilakukan pengolahan data hingga analisis data. Tempat pelaksanaan penelitian ini adalah di gardu induk Poncol Baru dan Traksi Halim.

Proses pengumpulan data dilakukan dengan melakukan survei ke lapangan dengan para pihak terkait guna mendapatkan data kWh yang terpasang baik di gardu induk maupun di traksi Halim. Untuk data konfigurasi dan spesifikasi teknis dilapangan dimintakan ke unit proyek terkait pembangunan gardu induk tersebut, kemudian data *load profile* yang digunakan dalam Analisis data ini di ambil menggunakan web *Automatic Meter Reader* untuk meter pembandingan dan dimintakan *load profile* untuk meter utama dan meter pelanggan ke UP3 Bekasi. Pengujian dan observasi dengan cara mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk penelitian yang didapat dari hasil pengujian yang dilakukan pada wilayah kerja Gardu Induk Poncol baru dimana pengujian menggunakan tampilan aplikasi Automatic Meter Reading dan *Power Quality Meter* Fluke tipe 435 dan 437. Diskusi yaitu dengan melakukan konsultasi dan bimbingan dengan dosen, pembimbing lapangan dan pihak-pihak lain yang dapat membantu terlaksananya penelitian ini.

Metode analisis data menggunakan pengumpulan data *Load Profile* dari ketiga meter yaitu meter utama, meter pembandingan dan meter pelanggan sebagai referensi pembacaan. Dimana meter utama dan pembandingan terpasang di gardu induk poncol dan meter pelanggan terpasang di traksi halim yang berjarak kurang lebih 2,2 KM. selain itu *Load profile* untuk meter pembandingan di ambil menggunakan aplikasi *Automatic Meter Reader* milik UIP2B Jamali sedangkan meter utama menggunakan *Automatic Meter Reader* milik Distribusi. Untuk meter pelanggan dimintakan langsung ke pelanggan dalam hal ini Traksi Halim. Penelitian ini juga menggunakan metode statistis dalam menganalisis perbedaan dari pembacaan ketiga meter tersebut dengan menggunakan Ztest.

Hasil Dan Pembahasan

PT KCIC Traksi Halim

PT Kereta Cepat Indonesia China (KCIC) merupakan perusahaan yang mengoperasikan *High Speed Railways (HSR)* Jakarta-Bandung. HSR dialiri daya listrik melalui *Overhead Catenary system (OCS)* dengan tegangan 27,5 KV yang merupakan standar umum untuk sistem kereta cepat di berbagai negara [2], [5]. OCS disuplai dari empat GI Traksi yaitu Halim, Karawang, Walini, dan Tegalluar. Pada penelitian ini membahas anomaly pengukuran daya dari traksi Halim. KCIC Traksi halim merupakan konsumen tegangan tinggi (KTT) 150 kV yang masuk golongan pelanggan I4 dengan daya 51,5 MVA [13].

KCIC Traksi Halim di suplai dari dua gardu induk 150 kV PLN yaitu dari GIS 150 kV Bekasi Summarecon II dan GIS 150 kV Poncol Baru II. Dari pelanggan maupun distribusi menyampaikan operasi suplai KCIC sesuai Surat Perjanjian Jual Beli Tenaga Listrik (SPJBTL) hanya dari salah satu Gardu Induk saja, sedangkan Gardu Induk lainnya akan menjadi *Back Up* dengan posisi CB terbuka atau *open* [14], sehingga jika traksi disuplai dari GIS Bekasi Summarecon II maka CB di sisi pelanggan (KCIC) dari GI Poncol Baru II terbuka atau *open*. Kemudian tegangan pada KCIC diturunkan dari 150 kV menjadi 27,5 kV. Daya dikirimkan dari salah satu trafo (tergantung suplai dari GIS Bekasi Summarecon II atau GIS Poncol Baru II) ke dua double busbar 27,5 kV.

Meter

Data energi dari bay KCIC GIS Poncol Baru II diukur dengan menggunakan dua meter yaitu meter EDM1 MK6E (meter utama) dan Schneider ION8650C (meter pembanding). Kedua meter diseri dari CT yang sama, sehingga kedua meter seharusnya memiliki nilai yang relative sama atau identik [15].

Tabel 1. Spesifikasi meter ION8650

Manufacture: Schneider Electric		Input Current: 1A	
Type	: Power Logic Ion8650	Input Voltage	: 57,5 V
Serial No	: 1BY01904108700000	Rasio CT	: 2000/1 A
		Rasio VT	: 150 kV : $\sqrt{3}/100$: $\sqrt{3}$

Current Transformer (CT)

Bay KCIC GIS Poncol Baru II menggunakan dua CT ESITAS KATH rasio 2000/1 dan kelas akurasi 0.2S untuk pengukuran meter. Berdasarkan hasil komisioning terakhir tanggal 23 Juni 2023 oleh PT Prima Power Nusantara menunjukkan kondisi CT dalam keadan normal, dengan deviasi maksimum 0,0494 pada fasa T.

Histori Anomali Metering Transaksi di GIS Poncol Baru II bay KCIC Traksi Halim

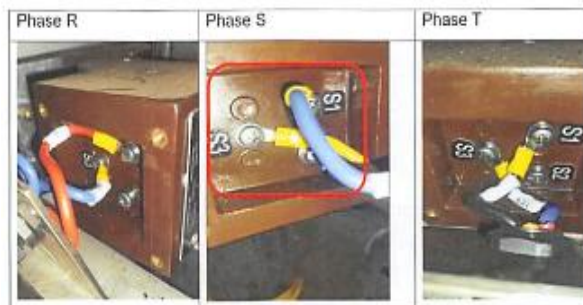
Melalui kajian PLN E pada Mei 2020 diputuskan titik transaksi KCIC Traksi Halim di GIS Poncol Baru II dan GIS Bekasi Summarecon. Namun pada Juli 2020 PT KCIC menyampaikan penempatan meter transaksi di GI PLN akan menyebabkan syarat minimum faktor daya 0,85 baik *lagging* atau pun *leading*. Selanjutnya pada 12 Mei 2023 diputuskan SPJBTL antara PT PLN (Persero) dan PT KCIC, dengan kesepakatan titik transaksi di GI PLN. Namun untuk suplai dari GIS Poncol Baru II sementara meter dipasang di traksi Halim. Meter baru dipindahkan dari Traksi Halim ke GIS Poncol Baru II pada tanggal 3 Juli 2023. Namun ditemukan anomaly berupa pengukuran, dimana KCIC mengklaim ada kelebihan daya reaktif akibat beban kapasitif SKTT.

Wiring

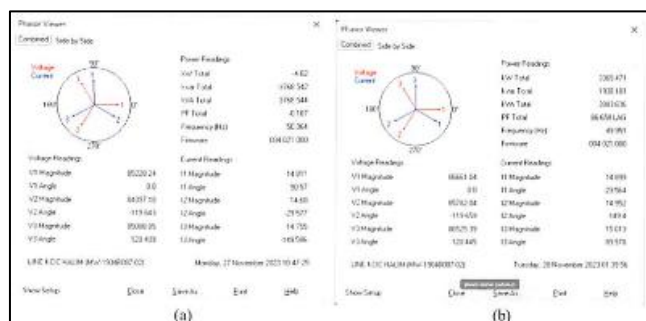
Pengecekan dan evaluasi di lapangan wiring meter GIS 150 kV Poncol Baru II bay KCIC Traksi Halim dilakukan 28 November 2023 sesuai wiring tersebut. Pengecekan dan evaluasi dilakukan dengan pengamatan visual tag kabel dan pengukuran urutan fasa dengan *Power Quality Meter* (PQM). Dua PQM digunakan untuk membandingkan urutan fasa antara sekunder CT dan meter. PQM yang di gunakan merk Fluke tipe 435 dan 437. Dari pengamatan visual pada tanggal 11 September 2023 ditemukan ada beberapa tag pada wiring meter terbalik sehingga perlu dilakukan perbaikan dan disesuaikan. Setelah wiring diperbaiki seperti semula masih ada anomali arah arus. Sehingga dilakukan pemeriksaan wiring sekunder CT Ring pada tanggal 26 September 2023. Ditemukan wiring pada fasa S pada CT Terbalik [16], [17]. Setelah perbaikan arah fasa kembali normal dengan nilai PF 0,86 pada beban 3,9 MVA.



Gambar 1. Anomali Arah Arus



Gambar 2. Wiring CT fasa S Terbalik



Gambar 3. Perubahan Arah Arus Sebelum dan Sesudah Perbaikan Wiring

Pengukuran Pertama

Pengukuran meter anomali di GIS 150 kV Poncol Baru II dilakukan dua kali. Pengukuran pertama dilakukan di empat titik pengukuran dua titik pengukuran pada meter di Traksi Halim (arah GIS Poncol Baru II dan GIS Bekasi Summarecon II), satu titik pada meter di GIS Poncol Baru II dan satu meter di GIS Bekasi Summarecon II. Pada pengukuran pertama dibandingkan data hasil pengukuran menggunakan 4 PQM pada titik tersebut, data meter pelanggan atau KCIC dan data meter transaksi atau meter pembanding. Pengukuran kedua dilakukan dengan membandingkan nilai pengukuran sekunder CT meter dengan sekunder CT Proteksi.

Pengukuran pertama dilakukan dari tanggal 7-12 Desember 2023. Pada tanggal 7-9 Desember 2023 suplai KCIC Traksi Halim dari GIS Bekasi Summarecon II, sedangkan tanggal 10-12 Desember 2023 suplai KCIC Traksi Halim dari GIS Poncol Baru II. Pada pengukuran ini karena data diambil dari berbagai meter pengukuran sehingga *sampling rate* berbeda-beda. Meter transaksi memiliki *sampling rate* per 30 menit, meter KCIC Traksi Halim per 15 menit, sedangkan PQM per 1 detik. Sehingga pengukuran daya akan lebih akurat pada pengukuran PQM sedangkan nilai pengukuran energi harus memiliki nilai yang relative sama untuk semua pengukuran [18].

Data Meter Transaksi

Suplai Dari GIS 150 kV Bekasi Summarecon II

Pada kondisi ini CB di KCIC Traksi Halim dari GIS Poncol baru II terbuka atau *Open*. Namun dari data meter transaksi terbaca adanya daya aktif dan daya reaktif. Karena adanya daya aktif positif daya reaktif positif sehingga meter membaca adanya energi aktif kirim dan energi reaktif kirim. Tren daya aktif dan reaktif ini sama dengan tren kenaikan dan penurunan tegangan dan arus. Dari pengukuran ini tercatat total energi aktif kirim per hari mencapai 80,3 MWh dan energi reaktif kirim perhari mencapai 46,3 MVarh, walau di pelanggan diklaim pada kondisi terbuka atau *open* [18].

Pada saat traksi Halim di suplai dari GIS Bekasi Summarecon II, kondisi meter transaksi pada GIS Poncol Baru II menunjukkan pembacaan yang signifikan, seharusnya pembacaan pada saat kondisi CB terbuka atau *Open* adalah mendekati 0 kecuali terdapat arus sisa (*leakage*) atau arus induksi yang sangat kecil [14]. Sedangkan pembacaan kWh meter pada GIS Bekasi Summarecon II sesuai dengan kondisi riil, hal ini di tunjukan pada tabel 2 dimana dari pengukuran ini tercatat total energi aktif kirim per hari mencapai berkisar 31,67 MWh dan energi reaktif kirim perhari mencapai 5,7 MVarh. Ini menunjukkan pembacaan pada GIS Bekasi Summarecon II sudah sesuai dengan pemakaian PT KCIC sedangkan pembacaan pada GIS Poncol Baru II masih terdapat anomali. Untuk itu perlu dilakukan kajian lebih lanjut untuk perbaikannya. Dari statistik menggunakan dua sampel yaitu meter utama dan meter pembanding dari pembacaan tanggal 28/11/2023 02:00 sampai 09/12/2023 23:30 didapat hasil berikut:

Tabel 2. Dua Sampel Meter Utama dan Meter Pembanding

Meter Utama		Meter Pembanding	
Mean	1662,472028	Mean	1662,744
Standard Error	1,515669316	Standard Error	1,526625
Median	1671	Median	1671,017
Mode	1698	Mode	1678,239
Standard Deviation	36,24953777	Standard Deviation	36,51156
Sample Variance	1314,028989	Sample Variance	1333,094
Kurtosis	16,24070324	Kurtosis	19,2434
Skewness	-2,056802141	Skewness	-2,27039
Range	411	Range	430,3466
Minimum	1299	Minimum	1281,914
Maximum	1710	Maximum	1712,261
Sum	950934	Sum	951089,3
Count	572	Count	572
Confidence Level(95,0%)	2,9769674	Confidence Level(95,0%)	2,998486

Didapat nilai sample variance 1 sebesar 1314,028989 dan sample variance 2 1333,094 dengan nilai alfa sebesar 5% dan Confident Interval (CI)= 1 - alfa = 95%, dengan demikian ketika diuji dengan Z test didapat nilai sebagai berikut:

Tabel 3. z-Test: Two Sample for Means

z-Test: Two Sample for Means		
	Meter Utama	Meter Pembanding
Mean	1662,472028	1662,743554

Known Variance	1314,028989	1333,09
Observations	572	572
Hypothesized Mean Difference	0	
z	-0,126218204	
P(Z<=z) one-tail	0,449779601	
z Critical one-tail	1,644853627	
P(Z<=z) two-tail	0,899559202	
z Critical two-tail	1,959963985	

Dari hasil ini didapat T Kritis = 1,959963985, T Hitung = -0,126218204 dimana $T_K > T_H$ = Terima H_0 , berarti tidak ada perbedaan yang signifikan antara meter utama dan meter pembanding. Nilai probabilitas lebih besar dibandingkan nilai alfa, ini menunjukkan dengan CI 95% bahwa probabilitas $> 0,05$ = terima H_0 , pembacaan meter utama dan meter pembanding tidak memiliki perbedaan signifikan angka. Dalam kondisi ini meter pelanggan terbaca nilai nol dikarenakan beban di suplai dari GIS Summarecon Bekasi II.

Suplai dari GIS 150 kV Poncol Baru II

Pada saat suplai dari GIS Poncol Baru II, daya aktif dan reaktif menunjukkan puncak yang bertolak belakang. Sehingga pola ini juga bias dilihat dari tren energi aktif dan reaktif. Nilai energi aktif dan energi reaktif kirim jika dibandingkan dengan penjumlahan dari energi beban langsung (berdasarkan jadwal HSR), ditambahkan dengan energi saat suplai dari GIS Poncol Baru II terbuka atau open. Selain energi aktif dan reaktif kirim tercatat juga adanya energi aktif dan reaktif terima, walaupun nilainya relative kecil jika dibandingkan energi kirim. Pola energi terima ini berkebalikan dengan energi kirim dimana bias berasal dari regenerative breaking HSR yang menghasilkan daya balik ke grid. Hal ini juga terlihat pada kurva daya yang bernilai negative, namun karena nilai sampling rate yang besar sehingga tidak seluruhnya tertangkap data sehingga nilai energi terima tercatat dalam akumulasi rendah dan intermiten [19].

Pada saat traksi Halim di suplai dari GIS Poncol Baru II, kondisi meter transaksi pada GIS Poncol Baru II menunjukkan pembacaan yang signifikan. Sedangkan pembacaan kWh meter pada GIS Bekasi Summarecon II sesuai dengan kondisi riil yaitu mendekati “nol. Dari pengukuran ini tercatat total energi aktif kirim per hari mencapai berkisar 86,31 MWh dan energi reaktif kirim perhari mencapai 80,52 MVarh. ”, hal ini di tunjukan pada tabel 4. Ini menunjukkan pembacaan pada GIS Poncol Baru II masih tidak sesuai dengan pemakaian PT KCIC dimana memiliki selisih pemakaian dibandingkan GIS Bekasi Summarecon sebesar energi aktif 54,64 MWh dan energi reaktif 74,82 MVarh. Dari statistik menggunakan dua sampel yaitu meter utama dan meter pembanding dari pembacaan tanggal 10/12/2023 00:00 sampai 30/04/2024 23:30 didapat hasil berikut :

Tabel 4. Dua Sampel Meter Utama dan Meter Pembanding

Meter Utama		Meter Pembanding	
Mean	1811,408217	Mean	1811,477
Standard Error	1,935720941	Standard Error	1,928319
Median	1785	Median	1784,47
Mode	1698	Mode	1686,906
Standard Deviation	160,3730489	Standard Deviation	159,7598
Sample Variance	25719,51482	Sample Variance	25523,2
Kurtosis	-0,670838875	Kurtosis	-0,7354
Skewness	0,030872606	Skewness	0,052878
Range	981	Range	960,1976
Minimum	1266	Minimum	1274,22
Maximum	2247	Maximum	2234,417
Sum	12433506	Sum	12433981
Count	6864	Count	6864
Confidence Level(95,0%)	3,794612548	Confidence Level(95,0%)	3,780103

Didapat nilai *sample variance* 1 sebesar 25719,51482 dan *sample variance* 2 25523,2 dengan nilai alfa sebesar 5% dan *Confident Interval (CI)*= 1 - alfa = 95%, dengan demikian ketika diuji dengan Z test didapat nilai sebagai berikut :

Tabel 5. z-Test: Two Sample for Means

	Meter Utama	Meter Pembanding
Mean	1811,408217	1811,477432

Known Variance	25719,51482	25523,2
Observations	6864	6864
Hypothesized Mean Difference	0	
z	-0,025332267	
P(Z<=z) one-tail	0,489894968	
z Critical one-tail	1,644853627	
P(Z<=z) two-tail	0,979789937	
z Critical two-tail	1,959963985	

Dari hasil ini didapat T Kritis = 1,959963985, T Hitung = -0,025332267. Nilai probabilitas lebih besar dibandingkan nilai alfa, ini menunjukkan dengan CI 95% bahwa probabilitas > 0,05 = terima H0, pembacaan meter utama dan meter pembanding tidak memiliki perbedaan. Dalam kondisi ini meter pelanggan terbaca lebih kecil dari pembacaan meter utama maupun pelanggan sedangkan meter utama dan meter pelanggan hampir memiliki pembacaan yang sama dibandingkan ketika traksi Halim di suplai dari GIS Summarecon Bekasi II. Jika dibandingkan meter pembanding dengan pembacaan meter pelanggan dengan periode yang sama didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 6. Dua Sampel Meter Utama dan Meter Pembanding

Meter Utama		Meter Pembanding	
Mean	1783,816	Mean	1080,298
Standard Error	1,535786	Standard Error	6,517113
Median	1722,001	Median	1269,752
Mode	1686	Mode	16,78824
Standard Deviation	160,8988	Standard Deviation	682,7745
Sample Variance	25888,41	Sample Variance	466181,1
Kurtosis	-0,55394	Kurtosis	-1,28521
Skewness	0,347362	Skewness	-0,42569
Range	986,4175	Range	2155,52
Minimum	1248	Minimum	15,72074
Maximum	2234,417	Maximum	2171,241
Sum	19579165	Sum	11857350
Count	10976	Count	10976
Confidence Level(95,0%)	3,010417	Confidence Level(95,0%)	12,77472

Didapat nilai *sample variance* 1 sebesar 25888,41 dan *sample variance* 2 466181,1 dengan nilai alfa sebesar 5% dan *Confident Interval (CI)*= 1 - alfa = 95%, dengan demikian ketika diuji dengan Z test didapat nilai sebagai berikut :

Tabel 7. z-Test: Two Sample for Means

	Meter Utama	Meter Pembanding
Mean	1783,816062	1080,297941
Known Variance	25888,4	466181
Observations	10976	10976
Hypothesized Mean Difference	0	
z	105,0713127	
P(Z<=z) one-tail	0	
z Critical one-tail	1,644853627	
P(Z<=z) two-tail	0	
z Critical two-tail	1,959963985	

Dari hasil ini didapat P(Z<=z) two-tail = “0”. Nilai probabilitas lebih kecil dibandingkan nilai alfa, ini menunjukkan dengan CI 95% bahwa probabilitas < 0,05 = tolak H0. pembacaan meter utama dan meter pembanding masih terdapat perbedaan signifikan, ini menunjukkan meter utama dan meter pembanding masih terdapat anomali pembacaan sehingga memiliki deviasi yang signifikan terhadap meter pelanggan.

Analisis Penyebab dan Perbaikan

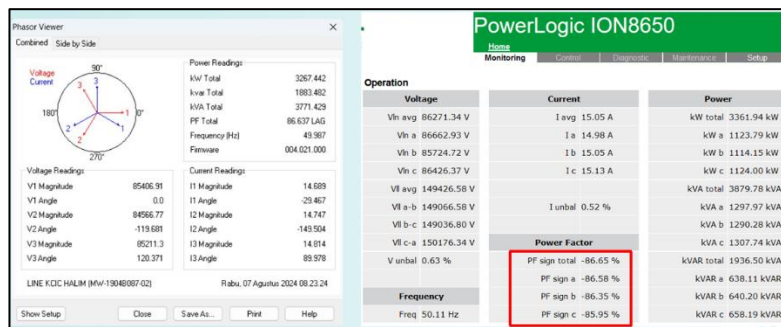
Faktor-faktor Penyebab Anomali Meter

Berdasarkan pemeriksaan dan pengukuran dibuktikan bahwa anomali pengukuran bukan dari alat ukur (meter atau CT/PT), karena hasil pengukuran relative sama antara pengukuran PQM dengan meter transaksi dan meter KCIC. Selain itu nilai pengukuran antara CT proteksi dan CT metering juga relative sama. Untuk anomali

akibat cara mengukur, ditemukan adanya anomali wiring dan sudah dikembalikan sesuai dengan *as build drawing*. Dan terkait konfigurasi system ada anomali pengukuran daya aktif mencapai ~3,4 MW saat KCIC di suplai dari GIS Bekasi Summarecon II dan suplai dari GIS Poncol Baru II ini juga menjadi penambah nilai daya suplai KCIC Traksi Halim dari GIS Poncol Baru II. Belum ditemukan penyebab utama anomali ini dari kedua pengukuran tersebut, namun berdasarkan simulasi aliran daya aktif seharusnya bernilai nol saat suplai bay *open* di GI KCIC Traksi Halim. Pemrosesan data yang terdiri dari komunikasi data dan pengelolaan data tidak terjadi kesalahan, dibuktikan dengan perbandingan pengukuran meter dan PQM yang relative sama. Dari faktor terakhir, adanya injeksi energi dari sisi pelanggan dibuktikan saat pengukuran di empat titik dimana kondisi CB GI KCIC dari GIS Poncol Baru II *open*, namun masih ada daya aktif yang terukur di GIS Poncol Baru II. Dari beberapa faktor tersebut dapat disimpulkan bahwa faktor yang menyebabkan anomali meter disebabkan oleh kesalahan wiring pada meter transaksi walaupun sudah dilakukan perbaikan pada tanggal 28 November 2023. Hal ini di buktikan masih terdapat selisih pembacaan pada meter transaksi dibandingkan dengan pembacaan meter pelanggan di sisi GI KCIC Traksi Halim pada saat suplai dari GIS Poncol Baru II.

Perbaikan

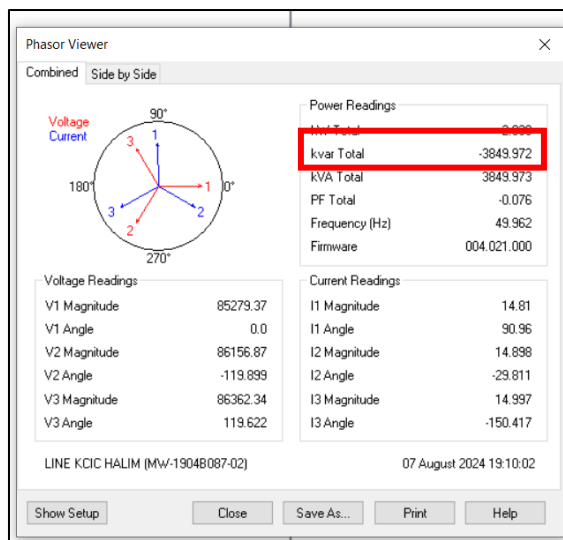
Dari hasil pemantauan pembacaan meter dari Februari – Mei 2024, masih ditemukan anomali pembacaan dimana dapat dilihat dari diagram phasor pada energi meter. Untuk nilai pemakaian energi periode sebelumnya menggunakan nilai pembacaan dari meter pelanggan yang berada di KCIC Traksi Halim sehingga tidak sesuai dengan surat perjanjian jual beli tenaga listrik (SPJBTL). Hal ini dapat dilihat dari deviasi yang sangat besar dari pembacaan meter transaksi di GIS Poncol Baru II dengan meter yang ada di KCIC Traksi Halim dimana empat bulan terakhir deviasi yang di timbulkan yaitu pada bulan Februari sebesar -122,377 %, Maret sebesar -124,834%, April sebesar -157,449% dan Mei sebesar -153,489%. Sesuai dengan ProTap tahun 2016 dimana toleransi deviasi yang di tolerir/diijinkan nilainya merupakan penjumlahan dari akurasi (kelas) meter utama dan meter pembanding misal $\delta = \pm 0,4\%$ untuk meter utama dan meter pembanding jenis ME, masing-masing kelas 0,2 dan $\delta = \pm 0,7\%$ untuk meter utama kelas 0,2 dan meter pembanding kelas 0,5 jenis ME. Untuk beban dari SKTT dibebankan ke PLN dimana ketika beban dari GIS Bekasi Summarecon II terbaca arus mengalir 16 A.



Gambar 4. Kondisi Pembacaan Phasor Sebelum Perbaikan 7 Agustus 2024 pada Meter Pembanding di GI Poncol Baru II

Dari analisis pembacaan pada kWh meter utama, meter pembanding dan meter pelanggan (sebagai referensi pembacaan) didapat deviasi antar meter setelah perbaikan pertama pada tanggal 28 November dengan kondisi suplai dari GIS Summarecon Bekasi II. Deviasi ini dikarenakan metode pembacaan yang berbeda antara meter utama dengan meter pembanding, meter utama menggunakan stand meter dan faktor kali meter sebesar 3.000.000 sehingga angka pada meter utama mengalami pembulatan, sedangkan pada meter pembanding menggunakan *load profile* yang terbaca pada meter itu sendiri. Berbeda dengan meter pelanggan dengan nilai nol “0” sesuai dengan kondisi suplai dari GIS Sumarecon Bekasi II. Dalam hal ini didapat kesimpulan bahwa pembacaan meter utama dan meter pembanding masih terdapat anomali pembacaan sehingga nilai yang di transaksikan mengalami dispute antara PLN dengan Pelanggan. Untuk itu perlu dikaji ulang terkait perbaikan lanjutan dimana perbaikan pertama pengecekan wiring pada rangkaian CT.

Dilakukan perbaikan pada tanggal 7 Agustus 2024 dimana dilakukan perubahan Wiring PT kWh MP di terminal PT XVM51 dari R,S,T Terminal 1,3,5 menjadi S,T,R di panel kWh meter GIS 150kV New Poncol. Sehingga pembacaan cosphi berubah dari 0,86 menjadi -0,076 dan sudut antara arus dan tegangan mendekati 90° dan pembacaan beban mendekati nol “0”. Untuk pembacaan beban meter pembanding mendekati pembacaan meter pelanggan baik di suplai dari GIS Sumarecon Bekasi II maupun GIS Poncol Baru II.



Gambar 5. Diagram Phasor Pada Meter Pembanding Setelah Perbaikan

Setelah perbaikan tanggal 7 Agustus 2024 ,digunakan dua sampel yaitu meter utama dan meter pembanding dari pembacaan tanggal 08/08/2024 23:30 sampai 20/09/2024 22:30 sebagai analisis dan pemantauan setelah perbaikan meter pembanding dengan hasil didapat nilai *sample variance* 1 sebesar 28353,85478 dan *sample variance* 2 313371,9 dengan nilai alfa sebesar 5% dan *Confident Interval (CI)*= 1 - alfa = 95%, dengan demikian ketika diuji dengan Z test didapat nilai sebagai berikut:

Tabel 8. z-Test: Two Sample for Means

	Meter Utama	Meter Pembanding
Mean	1789,55017	666,8422541
Known Variance	25888,4	466181
Observations	2063	2063
Hypothesized Mean Difference	0	
z	72,69477878	
P(Z<=z) one-tail	0	
z Critical one-tail	1,644853627	
P(Z<=z) two-tail	0	
z Critical two-tail	1,959963985	

Dari hasil ini didapat T Kritis = 1,959963985, T Hitung = 72,69477878 dimana $T_K < T_H$ = Tolak H_0 . Nilai probabilitas lebih kecil dibandingkan nilai alfa, ini menunjukkan dengan CI 95% bahwa probabilitas $< 0,05$ = tolak H_0 , pembacaan meter utama dan meter pembanding masih terdapat perbedaan signifikan. Ini menunjukkan meter pembanding sudah sesuai dengan kondisi riil (sama dengan meter pelanggan) sedangkan meter utama masih terdapat anomali pembacaan.

Setelah di pantau beberapa bulan didapat kesimpulan bahwa pembacaan pada meter pembanding sudah valid dan penyebabnya adalah pergeseran fasa pada rangkaian wiring VT [20]. Untuk itu angka yang digunakan pada transaksi tenaga listrik adalah angka pada pembacaan meter pembanding [21]. Kemudian dilakukan perbaikan pada meter utama dengan menggunakan metode perbaikan sesuai dengan metode yang digunakan pada meter pembanding yaitu melakukan pergeseran fasa pada rangkaian wiring di meter utama [22]. Setelah perbaikan disimpulkan bahwa meter utama, meter pembanding dan meter pelanggan sudah sesuai yang dapat kita lihat.

Setelah perbaikan tanggal 10 Maret 2025, digunakan dua sampel yaitu meter utama dan meter pembanding dari pembacaan tanggal 10/03/2025 11:00 sampai 01/06/2025 10:00 sebagai analisis dan pemantauan setelah perbaikan meter pembanding dengan hasil berikut :

Tabel 9. z-Test: Two Sample for Means

	MU	MP
Mean	0	0

Standard Error	0	Standard Error	0
Median	0	Median	0
Mode	0	Mode	0
Standard Deviation	0	Standard Deviation	0
Sample Variance	0	Sample Variance	0
Kurtosis	#DIV/0!	Kurtosis	#DIV/0!
Skewness	#DIV/0!	Skewness	#DIV/0!
Range	0	Range	0
Minimum	0	Minimum	0
Maximum	0	Maximum	0
Sum	0	Sum	0
Count	5980	Count	5980
Confidence Level(95,0%)	0	Confidence Level(95,0%)	0

Dari *Descriptis Statistic* didapat nilai *sample variance* 1 sebesar 0 dan *sample variance* 2 0 dengan nilai alfa sebesar 5% dan *Confident Interval (CI)*= 1 - alfa = 95%, ini menunjukkan bahwa meter utama dan meter pembanding sudah sesuai dengan pembacaan riil dengan referensi meter pelanggan.

Limitasi Penelitian

Penelitian ini memiliki keterbatasan maka untuk dilakukan pengujian stability CT dan VT baik disisi gardu induk dan pelanggan sehingga meminimalisir kesalahan pembacaan meter. Mengingat resiko kesalahan pembacaan pada ketiga traksi KCIC, perlu dilakukan pengecekan kembali kesesuaian wiring dengan as build drawing, pengujian menggunakan smart meter sehingga meningkatkan akurasi pembacaan dan memberikan notifikasi jika terjadi anomali pembacaan meter sehingga bias dilakukan perbaikan lebih cepat.

Simpulan

Berdasarkan analisis deviasi pengukuran kWh meter utama dan meter pembanding konsumen KCIC Gardu Induk Poncol Baru II dan beberapa pengukuran serta perbaikan wiring yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan yakni dari pengamatan visual pada tanggal 11 September 2023 ditemukan ada beberapa tag pada wiring meter terbalik sehingga perlu dilakukan perbaikan dan disesuaikan dengan desain wiring. Sehingga dilakukan pemeriksaan wiring sekunder CT Ring pada tanggal 26 September 2023. Ditemukan wiring pada fasa S pada CT Terbalik yang menyebabkan terdapat kelebihan energi reaktif KVarh sebesar 688.408 dimana masih terdapat deviasi diatas batas toleransi >0,4% yaitu 3,342 %. Setelah perbaikan arah fasa kembali normal dengan nilai PF 0,86 pada beban 3,9 MVA. Pengukuran pertama dilakukan dari tanggal 7-12 Desember 2023. Pada tanggal 7-9 Desember 2023 suplai KCIC Traksi Halim dari GIS Bekasi Summarecon II, sedangkan tanggal 10-12 Desember 2023 suplai KCIC Traksi Halim dari GIS Poncol Baru II. Dari pengukuran ini ditemukan bahwa ada energi yang tercatat namun indikasi *error data constant*. Dari hasil Ztest didapatkan hasil probabilitas > 0,05 = tolak H0. pembacaan meter utama dan meter pembanding masih terdapat perbedaan signifikan. Terdapat pergeseran fasa pada rangkaian VT dimana cos phi mendekati 1 ketika suplai dari GIS Summarecon Bekasi II atau line KCIC pada GIS Poncol Baru II tidak berbeban Dilakukan perbaikan pada tanggal 7 Agustus 2024 dimana dilakukan perubahan Wiring PT kWh MP di terminal PT XVM51 dari R,S,T Terminal 1,3,5 menjadi S,T,R di panel kWh meter GIS 150kV Poncol Baru II sehingga pembacaan cosphi berubah dari 0,86 menjadi -0,076 dan sudut antara arus dan tegangan mendekati 90° dan pembacaan beban mendekati nol "0".

Daftar Pustaka

- [1] S. Kasus, P. T. Total, and P. Engineering, "Impression : Jurnal Teknologi dan Informasi Analisis Pemanfaatan Automatic Meter Reading Guna Monitoring," vol. 4, no. 2, 2025.
- [2] D. V. Nuralda, "Analisa Penggantian Kwh Meter Bermasalah Terhadap Efektifitas Kwh Jual," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 1, pp. 148–154, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3951.
- [3] F. E. P. Surusa, S. Humena, and F. Y. Nani, "Analisa Susut Non Teknis Menggunakan Automatic Meter Reading (AMR) Pada Pelanggan Potensial," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–7, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.11272.
- [4] E. -Jurnal Otomasi Kelistrikan dan Energi Terbarukan, T. Koerniawan, A. Yuniarsy, S. Sukamajati, A. Wasri Hasanah, and S. Yudho, "Analisis Anomali Energi Listrik Tidak ... Analisis Anomali Energi Listrik Tidak Terukur Pada Sistem AMR UP3 Teluk Naga Analysis of Unmeasured Electrical Energy Anomalies in the UP3 AMR System in Teluk Naga," vol. 6, no. 1, p. 2024.

- [5] P. S. Muhamad Idris Ardiansyah, Zuraidah Tharo, “Analisis peremajaan kwh meter prabayar terhadap keandalan sistem tenaga listrik 1,2,3,” *J. Nas. Teknol. Komput.*, vol. 5, no. 3, pp. 55–62, 2025.
- [6] S. V. Oprea, A. Bâra, F. C. Puican, and I. C. Radu, “Anomaly detection with machine learning algorithms and big data in electricity consumption,” *Sustain.*, vol. 13, no. 19, 2021, doi: 10.3390/su131910963.
- [7] U. Wiharja, “Analisa Deteksi Ketidaknormalan Meter Elektronik Dengan Sistem Automatic Meter Reading,” *J. Ilm. Elektrokrisna*, vol. 6, no. 1, pp. 89–96, 2017.
- [8] Musthopa, B. Harsanto, and A. Yunani, “Electric power distribution maintenance model for industrial customers: Total productive maintenance (TPM), reliability-centered maintenance (RCM), and four-discipline execution (4DX) approach,” *Energy Reports*, vol. 10, no. October, pp. 3186–3196, 2023, doi: 10.1016/j.egy.2023.09.129.
- [9] D. Fattah, A. Rizal, and S. Ahmad, “Analysis of Main Protection Replacement of Bay Line Parepare - Suppa from Distance Relay to Line Current Differential Relay of 150 kv Parepare Substation,” vol. 22, no. 1, pp. 62–69, 2025.
- [10] W. D. Agustin and M. A. Hamid, “Analisis Error Meter Dan Ct Pada Automatic Meter Reading (Amr) Di Pt Pln (Persero) Up3 Cikupa,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 1, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3776.
- [11] L. Wang *et al.*, “Optimal allocation of customer energy storage based on power big data and improved LSTM load forecasting,” *Energy Reports*, vol. 11, no. 169, pp. 3902–3913, 2024, doi: 10.1016/j.egy.2024.03.046.
- [12] A. Sial, A. Singh, and A. Mahanti, “Detecting anomalous energy consumption using contextual analysis of smart meter data,” *Wirel. Networks*, vol. 27, no. 6, pp. 4275–4292, 2021, doi: 10.1007/s11276-019-02074-8.
- [13] J. N. Fidalgo and P. Macedo, “Identification of Typical and Anomalous Patterns in Electricity Consumption,” *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 7, 2022, doi: 10.3390/app12073317.
- [14] Á. Hernández *et al.*, “Detection of Anomalies in Daily Activities Using Data from Smart Meters,” *Sensors*, vol. 24, no. 2, 2024, doi: 10.3390/s24020515.
- [15] G. Patrizi *et al.*, “Anomaly Detection for Power Quality Analysis Using Smart Metering Systems,” *Sensors*, vol. 24, no. 17, 2024, doi: 10.3390/s24175807.
- [16] M. Toledo-Orozco, C. Arias-Marin, C. Álvarez-Bel, D. Morales-Jadan, J. Rodríguez-García, and E. Bravo-Padilla, “Innovative methodology to identify errors in electric energy measurement systems in power utilities,” *Energies*, vol. 14, no. 4, pp. 1–23, 2021, doi: 10.3390/en14040958.
- [17] X. Xia, Y. Xiao, W. Liang, and J. Cui, “Detection Methods in Smart Meters for Electricity Thefts: A Survey,” *Proc. IEEE*, vol. 110, no. 2, pp. 273–319, 2022, doi: 10.1109/JPROC.2021.3139754.
- [18] I. Vlasa, A. Gligor, C. D. Dumitru, and L. B. Iantovics, “Smart metering systems optimization for non-technical losses reduction and consumption recording operation improvement in electricity sector,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 10, 2020, doi: 10.3390/s20102947.
- [19] K. G. Koukouvinos, G. K. Koukouvinos, P. Chalkiadakis, S. D. Kaminaris, V. A. Orfanos, and D. Rimpas, “Evaluating the Performance of Smart Meters: Insights into Energy Management, Dynamic Pricing and Consumer Behavior,” *Appl. Sci.*, vol. 15, no. 2, 2025, doi: 10.3390/app15020960.
- [20] D. Muyulema-Masaquiza and M. Ayala-Chauvin, “Segmentation of Energy Consumption Using K-Means: Applications in Tariffing, Outlier Detection, and Demand Prediction in Non-Smart Metering Systems,” *Energies*, vol. 18, no. 12, pp. 1–30, 2025, doi: 10.3390/en18123083.
- [21] G. Events, “Grid Events,” 2023.
- [22] S. Saharani, M. E. Dalimunthe, and P. Siagian, “Analysis of Deviation Values of Electrical Energy Measuring and Limiting Instruments in the Indirect Measuring System of PT PLN UP3 Belitung,” pp. 4566–4577.