



ANALISIS VEKTOR PADA ALAT PENGUKUR DAN PEMBATAS (APP) 3 PHASA DI PLN UP3 MOJOKERTO

Trisno Sanyoto ^{a*}, Muhammad Septian Wijaya ^b, Zainul Bachtiar Sadoni ^c

^a Teknik / Teknik Elektro; trisosanyoto591960@gmail.com, Universitas Pawayatan Daha;
 Jl. Soekarno Hatta No. 49 Kediri Jawa Timur

^b Teknik / Teknik Elektro; mseptianwijaya1997@gmail.com, Universitas Pawayatan Daha;
 Jl. Soekarno Hatta No. 49 Kediri Jawa Timur

^c Teknik / Teknik Elektro; bszainull107@gmail.com, Universitas Pawayatan Daha;
 Jl. Soekarno Hatta No. 49 Kediri Jawa Timur

* Penulis Korespondensi: Trisno Sanyoto

ABSTRACT

The high level of electrical energy consumption in the UP3 Mojokerto area has become a significant concern for PT PLN (Persero) UP3 Mojokerto, particularly due to the risk of inaccuracies at transaction points (kWh meters) that may lead to increased energy losses. PT PLN (Persero) seeks to prevent measurement errors or misuse of electrical energy at the Metering and Limiting Equipment (Alat Pengukur dan Pembatas/APP), which could result in financial losses for both the utility company and customers. This study aims to minimize such measurement errors and potential irregularities through vector analysis of APP installed on three-phase customers, using a quantitative research approach. The analysis is supported by vector diagrams and instantaneous data obtained from the Automatic Meter Reading (AMR) application. The results indicate that vector analysis combined with AMR data enables PT PLN (Persero) to detect measurement anomalies in APP at an early stage. Consequently, this approach contributes to reducing potential losses and improving fairness and accuracy in energy transactions for both PT PLN (Persero) and its customers.

Keywords: *Metering and Limiting Equipment; Vector analysis; Automatic Meter Reading*

Abstrak

Tingginya konsumsi energi listrik di wilayah UP3 Mojokerto menjadi perhatian serius bagi PT PLN (Persero) UP3 Mojokerto, khususnya terkait potensi terjadinya kesalahan pada titik transaksi energi listrik (kWh meter) yang dapat meningkatkan susut energi. PT PLN (Persero) berupaya mencegah kesalahan pengukuran maupun penyalahgunaan pemakaian energi listrik pada Alat Pengukur dan Pembatas (APP) yang berpotensi menimbulkan kerugian bagi kedua belah pihak, yaitu perusahaan dan pelanggan. Penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan kesalahan pengukuran serta mengidentifikasi indikasi ketidakwajaran pemakaian energi melalui analisis vektor pada APP pelanggan tiga fasa dengan pendekatan penelitian kuantitatif. Analisis dilakukan menggunakan diagram vektor dan data sesaat (instantaneous data) yang diperoleh dari aplikasi Automatic Meter Reading (AMR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan analisis vektor yang didukung oleh data AMR mampu membantu PT PLN (Persero) dalam mendeteksi secara dini potensi kesalahan pengukuran pada APP yang terpasang di sisi pelanggan. Dengan demikian, metode ini dapat mengurangi potensi kerugian serta meningkatkan akurasi dan keadilan dalam transaksi energi listrik bagi PT PLN (Persero) maupun pelanggan.

Kata Kunci: *Alat Pengukur dan Pembatas ; Analisis vektor; Automatic Meter Reading*

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan utama dalam mendukung aktivitas masyarakat, sektor industri, serta pertumbuhan ekonomi nasional. Sebagai penyedia tenaga listrik di Indonesia, PT PLN (Persero) memiliki tanggung jawab untuk memastikan ketersediaan, keandalan, dan keakuratan sistem distribusi energi listrik hingga ke pelanggan. Salah satu aspek krusial dalam sistem ketenagalistrikan adalah akurasi pengukuran energi listrik, karena hasil pengukuran tersebut menjadi dasar transaksi antara penyedia dan pelanggan. Ketidakakuratan pengukuran dapat berdampak pada meningkatnya susut energi dan berpotensi menimbulkan kerugian finansial serta konflik antara kedua belah pihak [1].

PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Mojokerto merupakan salah satu unit yang memiliki jumlah pelanggan cukup besar di wilayah Jawa Timur, termasuk pelanggan tiga fasa dengan tingkat konsumsi energi yang relatif tinggi. Besarnya volume penjualan tenaga listrik menuntut sistem pengukuran yang andal, akurat, dan sesuai standar. Alat ukur energi listrik berupa kWh meter berfungsi sebagai titik transaksi utama antara PLN dan pelanggan, sehingga pemasangan, pengawatan, serta pengoperasiannya harus mengikuti prosedur operasional standar (SOP) yang telah ditetapkan. Kesalahan dalam pemasangan atau pengawatan kWh meter, maupun gangguan pada komponen pendukung seperti Current Transformer (CT) dan Potential Transformer (PT), dapat menyebabkan perbedaan antara energi yang tercatat dan energi yang sebenarnya digunakan oleh pelanggan [2, 3].

Pada pelanggan tiga fasa, khususnya pelanggan pascabayar dengan daya 23 kVA ke atas, PT PLN (Persero) telah menerapkan sistem Automatic Meter Reading (AMR). Sistem AMR memungkinkan pengambilan data konsumsi energi listrik secara otomatis dan real-time tanpa perlu pembacaan manual di lapangan. Selain meningkatkan efisiensi operasional, AMR juga berperan penting dalam meningkatkan keandalan data pengukuran serta mempercepat proses deteksi gangguan atau kelainan pada sistem pengukuran energi listrik [1, 3]. Data yang dikumpulkan oleh AMR tidak hanya berupa data energi kumulatif, tetapi juga mencakup data instan seperti tegangan, arus, sudut fasa, dan faktor daya.

Pemanfaatan data instan dan data vektor dari sistem AMR menjadi salah satu metode yang efektif dalam mengidentifikasi ketidakwajaran pada Alat Pengukur dan Pembatas (APP). Analisis vektor memungkinkan evaluasi hubungan antara arus, tegangan, dan sudut fasa pada sistem tiga fasa, sehingga kesalahan pengawatan, ketidakseimbangan beban, maupun kegagalan komponen dapat terdeteksi lebih dini. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa analisis vektor berbasis data AMR mampu mendeteksi kondisi pengukuran yang tidak normal, baik yang disebabkan oleh kesalahan teknis maupun indikasi penyalahgunaan pemakaian energi listrik [1, 2, 3].

Ketidakesesuaian antara energi listrik yang tercatat pada kWh meter dengan pemakaian aktual pelanggan dapat terjadi secara sengaja maupun tidak disengaja. Kondisi ini berpotensi menimbulkan kerugian bagi PT PLN (Persero) sebagai penyedia tenaga listrik atau bagi pelanggan sebagai konsumen. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring dan analisis yang akurat untuk memastikan bahwa energi listrik yang dikonsumsi pelanggan tercatat secara benar. Sistem AMR yang terintegrasi dengan analisis vektor dan rekayasa teknik pada APP memberikan solusi yang efektif dalam mengurangi potensi kesalahan pengukuran serta mendukung transparansi dan keadilan dalam transaksi energi listrik [3].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis vektor dan rekayasa teknik pada Alat Pengukur dan Pembatas (APP) pelanggan tiga fasa di PT PLN (Persero) UP3 Mojokerto. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan akurasi pengukuran energi listrik, meminimalkan susut energi, serta menjadi referensi teknis bagi pengelolaan dan evaluasi sistem pengukuran energi listrik berbasis AMR di lingkungan PT PLN (Persero).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. State of the Art

Penelitian terkait pemanfaatan Automatic Meter Reading (AMR) dalam sistem pengukuran energi listrik telah banyak dilakukan, khususnya untuk meningkatkan akurasi pembacaan kWh meter dan mendeteksi ketidaknormalan pengukuran pada pelanggan. Wiharja dan Albahar melakukan penelitian mengenai deteksi ketidaknormalan meter elektronik menggunakan sistem AMR di lingkungan PT PLN (Persero). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa data yang diperoleh dari AMR dapat digunakan untuk mengidentifikasi indikasi kesalahan pengukuran pada kWh meter, baik yang disebabkan oleh kesalahan teknis maupun ketidaksesuaian instalasi, sehingga AMR berperan sebagai alat bantu monitoring awal dalam pengawasan alat ukur pelanggan [1].

Penelitian lain dilakukan oleh Kurniati, Sunanda, dan Jumnahdi yang menganalisis pemakaian energi listrik pelanggan dengan daya di atas 41.500 VA menggunakan sistem AMR di PLN Area Bangka. Studi ini menekankan bahwa AMR merupakan sistem pembacaan meter elektronik jarak jauh yang terintegrasi secara terpusat dan mampu merekam data energi, load profile, serta alarm secara otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data AMR dapat dimanfaatkan tidak hanya untuk keperluan penagihan, tetapi juga sebagai dasar analisis konsumsi energi dan evaluasi teknis pemakaian pelanggan berdaya besar [6].

Selanjutnya, Hariyati membahas implementasi sistem pembacaan meter otomatis dengan memanfaatkan jaringan komunikasi pada kWh meter elektronik di PT PLN (Persero) Distribusi Jakarta Raya dan Tangerang. Penelitian ini menjelaskan bahwa AMR mampu mencatat parameter kelistrikan seperti energi, tegangan, arus, dan faktor daya secara lebih cepat dan akurat dibandingkan pembacaan manual. Namun, penelitian tersebut juga menemukan bahwa penggunaan media komunikasi berbasis SMS memiliki keterbatasan dari sisi kestabilan sinyal, sehingga berpotensi mengganggu proses pengambilan data. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun AMR efektif dalam pencatatan data, keandalan sistem komunikasi menjadi faktor penting dalam keberhasilan implementasinya [7].

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa AMR telah banyak dimanfaatkan untuk pembacaan energi listrik, analisis konsumsi, serta deteksi awal ketidaknormalan pengukuran. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pemanfaatan data konsumsi dan sistem komunikasi, sementara kajian yang secara spesifik menganalisis kondisi kelistrikan tiga fasa melalui pendekatan analisis vektor pada Alat Pengukur dan Pembatas (APP) masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk melengkapi penelitian sebelumnya dengan menitikberatkan pada analisis vektor dan rekayasa teknik pada APP tiga fasa sebagai upaya meningkatkan keandalan sistem pengukuran energi listrik berbasis AMR.

2.2. Automatic Meter Reading

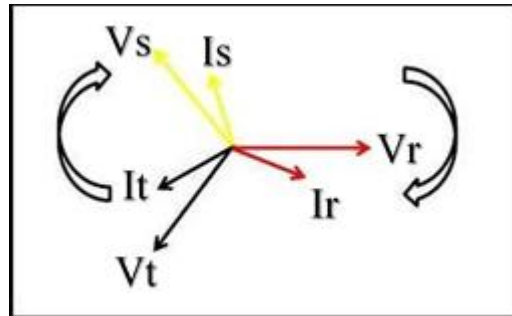
Automatic Meter Reading (AMR) merupakan sistem akuisisi data energi listrik yang memungkinkan pengambilan data pemakaian pelanggan secara otomatis tanpa keterlibatan pembacaan manual. Sistem AMR umumnya terdiri dari meter elektronik, perangkat komunikasi, dan pusat pengolahan data yang berfungsi untuk merekam serta mengirimkan informasi konsumsi energi secara periodik. Menurut Gungor et al., AMR menjadi fondasi awal menuju sistem Advanced Metering Infrastructure (AMI) dan berperan penting dalam meningkatkan efisiensi operasional utilitas listrik serta mengurangi kesalahan pembacaan meter [8].

Dari sisi teknis, AMR mampu merekam berbagai parameter kelistrikan seperti energi aktif, tegangan, arus, faktor daya, serta load profile, yang sangat berguna dalam analisis perilaku beban dan evaluasi kualitas daya. Depuru et al. menjelaskan bahwa data AMR dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi kehilangan energi (energy losses), kesalahan pengukuran, serta indikasi gangguan pada sistem metering. Dengan demikian, AMR tidak hanya berfungsi sebagai alat penagihan, tetapi juga sebagai instrumen pemantauan teknis pada jaringan distribusi tenaga listrik [9].

Namun demikian, keandalan sistem AMR sangat dipengaruhi oleh teknologi komunikasi yang digunakan. Metode komunikasi seperti Power Line Communication (PLC), radio frequency (RF), maupun jaringan seluler masing-masing memiliki kelebihan dan keterbatasan. Gangguan komunikasi dapat menyebabkan keterlambatan atau kehilangan data pembacaan, sehingga berdampak pada akurasi analisis dan pengambilan keputusan. Oleh karena itu, perancangan sistem AMR harus mempertimbangkan aspek keandalan komunikasi agar sistem pengukuran energi dapat berfungsi secara optimal.

2.3. Analisis Vektor Tegangan dan Arus pada Sistem Tiga Fasa

Analisis vektor merupakan metode fundamental dalam sistem tenaga listrik untuk merepresentasikan besaran listrik arus dan tegangan sebagai vektor yang memiliki magnitudo dan sudut fasa. Pada sistem arus bolak-balik (AC), khususnya sistem tiga fasa, hubungan sudut fasa antara tegangan dan arus menjadi parameter kunci dalam penentuan daya aktif, daya reaktif, dan daya semu. Oleh karena itu, analisis vektor sangat penting dalam evaluasi kinerja Alat Pengukur dan Pembatas (APP) tiga fasa yang digunakan sebagai alat transaksi energi listrik.



Gambar 1. Phasor searah jarum jam

Pada kondisi ideal sistem tiga fasa seimbang, ketiga tegangan fasa memiliki magnitudo yang sama dan terpisah sebesar 120° satu sama lain. Arus pada masing-masing fasa juga memiliki sudut fasa tertentu terhadap tegangannya, yang ditentukan oleh karakteristik beban. Hubungan sudut fasa antara tegangan dan arus ini dinyatakan sebagai sudut ϕ (phi), yang secara langsung mempengaruhi nilai faktor daya (power factor). Faktor daya menjadi parameter penting karena menentukan besarnya daya aktif yang benar-benar digunakan oleh beban.

Secara matematis, daya aktif pada sistem AC satu fasa dinyatakan dengan persamaan:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (1)$$

Sedangkan pada sistem tiga fasa seimbang, daya aktif total dirumuskan sebagai:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \phi \quad (2)$$

Dimana :

V_L = tegangan saluran (line voltage),

I_L = arus saluran (line current),

$\cos \phi$ = faktor daya.

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa kesalahan sudut fasa (ϕ) akibat kesalahan pengawatan CT, PT, atau ketidakseimbangan sistem akan berdampak langsung pada nilai daya dan energi yang terukur oleh kWh meter. Kesalahan kecil pada sudut fasa dapat menghasilkan deviasi pengukuran energi yang signifikan, terutama pada pelanggan dengan daya besar.

Dalam praktik lapangan, analisis vektor digunakan untuk mendeteksi berbagai kondisi abnormal pada APP tiga fasa, seperti pembalikan polaritas CT, pertukaran fasa arus, atau ketidaksesuaian antara fasa tegangan dan arus. Kondisi-kondisi tersebut dapat diidentifikasi dengan membandingkan pola vektor hasil pengukuran dengan pola vektor ideal sistem tiga fasa.

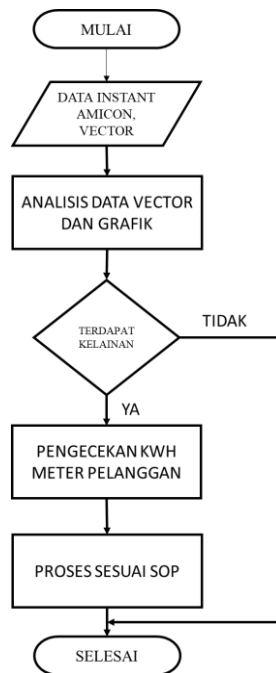
Analisis vektor juga mampu mengidentifikasi ketidakseimbangan beban antar fasa. Pada sistem tidak seimbang, magnitudo dan sudut vektor arus tiap fasa akan berbeda, yang dapat menyebabkan peningkatan rugi-rugi daya dan penurunan akurasi pengukuran. IEEE menyatakan bahwa kondisi tidak seimbang pada sistem tiga fasa harus diperhitungkan dalam evaluasi pengukuran daya dan energi karena dapat menyebabkan perbedaan signifikan antara daya terukur dan daya aktual sistem [10].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) UP3 MOJOKERTO untuk lebih spesifiknya pada bagian Transaksi Energi Listrik (TRANEL) dalam pembahasan ini melakukan penelitian analisa vektor dan rekayasa teknik pada Alat Pengukur dan Pembatas (APP) pada pelanggan 3 phasa. Untuk mendapatkan data secara langsung yang nantinya akan dibandingkan dengan teori yang ada, dan melakukan studi bimbingan dengan dosen pembimbing, terkait topik dan permasalahan penelitian.

3.1. Desain Penelitian

Agar mempermudah pemahaman tentang penelitian ini maka digunakan diagram alur seperti ditunjuk seperti diagram berikut.



Gambar 2. Alur penelitian

Berdasarkan flowchart penelitian yang digunakan, tahapan penelitian diawali dengan melakukan monitoring vektor pemakaian pelanggan dalam bentuk diagram phasor serta pengambilan data instan (instantaneous data) melalui sistem Automatic Meter Reading (AMR). Monitoring ini dilakukan untuk mengamati kesesuaian parameter kelistrikan pelanggan, seperti tegangan, arus, sudut fasa, dan daya, yang direkam secara real time. Data tersebut menjadi dasar awal dalam mengidentifikasi adanya indikasi ketidaksesuaian atau ketidaknormalan pada pola pemakaian listrik pelanggan.

Apabila pada tahap monitoring ditemukan ketidaksesuaian atau ketidaknormalan pada salah satu vektor pemakaian pelanggan, maka dilakukan analisis lanjutan terhadap karakteristik beban pelanggan melalui data load profile. Analisis load profile bertujuan untuk mengevaluasi pola pemakaian energi listrik dalam rentang waktu tertentu sehingga dapat diketahui apakah ketidaknormalan yang terjadi bersifat temporer atau menunjukkan pola yang berulang dan konsisten.

Selanjutnya, jika hasil analisis load profile menunjukkan adanya ketidaknormalan pada karakteristik pemakaian beban pelanggan, maka dilakukan pemeriksaan langsung di lapangan atau pada instalasi pelanggan. Pemeriksaan ini bertujuan untuk memastikan adanya indikasi pelanggaran, kesalahan teknis instalasi, maupun kelainan operasional lainnya. Apabila hasil pemeriksaan menunjukkan kondisi pemakaian yang normal, maka proses pemeriksaan dinyatakan selesai. Namun, jika ditemukan adanya pelanggaran atau kelainan, maka proses penanganan akan dilanjutkan sesuai dengan prosedur dan ketentuan yang berlaku di PT PLN (Persero).

3.2. Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif, yaitu pendekatan penelitian yang berfokus pada pengolahan dan analisis data numerik untuk memperoleh kesimpulan objektif berdasarkan bukti empiris. Metode kuantitatif dipilih karena penelitian ini menggunakan data instan (instantaneous data) seperti arus per fasa, tegangan per fasa, faktor daya, serta sudut phasor yang terekam pada sistem AMR, yang kemudian dianalisis secara numerik untuk mengevaluasi kestabilan parameter kelistrikan serta mengidentifikasi adanya ketidaknormalan pada pemakaian energi listrik pelanggan. Selain itu, data historis konsumsi atau billing history digunakan untuk mengevaluasi pola pemakaian energi pelanggan dalam periode tertentu dan memastikan kecocokan hasil analisis dengan tren pemakaian aktual pelanggan.

Tahapan penelitian dimulai dengan studi pustaka yang mendalam terhadap teori, konsep, dan penelitian terdahulu mengenai pengukuran energi listrik menggunakan sistem AMR serta teknik analisis data numerik yang relevan. Studi pustaka ini menjadi dasar dalam merancang prosedur pengambilan dan pengolahan data yang sesuai dengan literatur ilmiah sehingga metode analisis yang digunakan dapat berakar pada kajian yang telah dipublikasikan. Selanjutnya, dilakukan pengambilan data dari sistem AMR yang terpasang pada pelanggan tiga fasa di wilayah PT PLN (Persero) UP3 Mojokerto. Data yang dikumpulkan kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi adanya ketidakwajaran dari kondisi operasional normal yang terekam, termasuk evaluasi terhadap pola arus dan tegangan yang terekam secara instan.

Sebagai perusahaan penyedia energi listrik, PT PLN (Persero) menerapkan sistem AMR pada pelanggan tiga fasa untuk mengotomatisasi pencatatan konsumsi energi tanpa keterlibatan pembacaan manual. Implementasi AMR memungkinkan parameter teknis seperti End of Billing (EOB), tegangan per fasa, arus per fasa, faktor daya ($\cos\phi$), dan informasi sudut phasor tercatat secara teratur dalam basis data meter. Keberadaan data ini tidak hanya membantu dalam proses penagihan, tetapi juga memberikan basis data teknis yang kuat untuk analisis pemakaian energi, identifikasi anomali, serta penentuan tindakan teknis lanjutan. Salah satu manfaat utama pendekatan ini adalah kemampuan AMR untuk menyimpan histori data sekaligus menunjang proses evaluasi pemakaian energi secara kuantitatif, yang dapat digunakan untuk perbaikan operasional dan pengendalian mutu layanan distribusi tenaga listrik.

3.3. Hasil Pembacaan Meter

End of Billing (EOB) merupakan proses pembacaan stand kWh meter yang menandai bahwa nilai tersebut merupakan batas akhir pencatatan energi listrik pelanggan dalam satu periode penagihan. Periode pencatatan kWh meter ditetapkan selama satu bulan, sesuai dengan proses bisnis PT. PLN (Persero) dalam melakukan perhitungan dan penerbitan tagihan listrik kepada pelanggan. Pada sistem kWh meter berbasis Automatic Meter Reading (AMR), proses billing umumnya dilakukan mulai tanggal 1 pada pukul 10.00 hingga tanggal 1 bulan berikutnya pada pukul 10.00.

Data EOB yang dihasilkan menjadi acuan utama dalam penentuan jumlah energi listrik yang dikonsumsi pelanggan selama periode tersebut dan selanjutnya diproses sebagai dasar penagihan listrik. Dengan penerapan sistem AMR, pencatatan EOB dapat dilakukan secara otomatis dan terpusat, sehingga meningkatkan akurasi pembacaan meter serta meminimalkan potensi kesalahan pencatatan yang dapat merugikan pihak PT. PLN (Persero) maupun pelanggan. Contoh data rekening pelanggan yang dianalisis dalam penelitian ini diperoleh dari Aplikasi EIS Terpusat PT. PLN (Persero), yang menyajikan informasi pemakaian energi berdasarkan hasil pencatatan EOB secara periodik [11]. Berikut merupakan contoh rekening pada suatu pelanggan yang diambil dari Aplikasi EIS Terpusat PT. PLN (Persero).

EIS TERPUSAT PLN

INFO • LAYANAN • PIUTANG • KONTROL LAPORAN • LOGOUT

51 - JAWA TIMUR • 51MJK - MOJOKERTO • 51450 - MOJOAGUNG • Bilh Mutasi: Juni 2022 • 95191362Y | 51450 [UP] • Counter: 600,413,318

Info REKENING

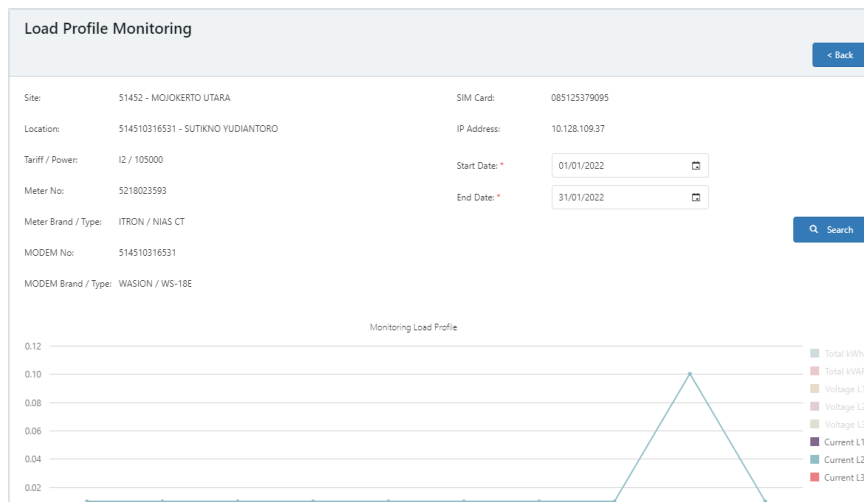
INFO DATA PIUTANG PELANGGAN

IDPEL: 514500468232

NO	IDPEL	UNITUP	BLTH_REK	TRF	DAYA	GOL	FRT	FPA	KDN	KDOU	RPTAG	RPKB	TKGOREKSI	TGLBAYAR	WKTBYR	KZBP	SLALWBP	SAHLWBP	SLAWBP	SAHWBP	SLAW
1	514500468232	51450	06-2022	B2	53,000	0	1	N	REK_BARU	22	7,429,370	0		20220614	05:28:58	BCA	8414.62	8648.39	0	0	0
2	514500468232	51450	05-2022	B2	53,000	0	1	N	REK_BARU	22	8,641,907	0		20220514	03:39:02	BCA	8142.74	8142.62	0	0	0
3	514500468232	51450	04-2022	B2	53,000	0	1	N	REK_BARU	22	9,242,613	0		20220414	04:20:07	BCA	7851.92	8142.74	0	0	0
4	514500468232	51450	03-2022	B2	53,000	0	1	N	REK_BARU	22	8,743,613	0		20220314	02:49:26	BCA	7576.83	7851.92	0	0	0
5	514500468232	51450	02-2022	B2	53,000	0	1	N	REK_BARU	22	9,139,317	0		20220214	02:50:33	BCA	7289.27	7576.83	0	0	0
6	514500468232	51450	01-2022	B2	53,000	0	1	N	REK_BARU	22	7,801,235	0		20220114	05:31:52	BCA	7043.8	7289.27	0	0	0
7	514500468232	51450	12-2021	B2	53,000	0	1	N	REK_BARU	22	6,617,304	0		20211214	05:04:12	BCA	6835.59	7043.8	0	0	0
8	514500468232	51450	11-2021	B2	53,000	0	1	N	REK_BARU	22	7,804,414	0		20211114	05:18:27	BCA	6590.05	6835.59	0	0	0
9	514500468232	51450	10-2021	B2	53,000	0	1	N	REK_BARU	22	7,351,500	0		20211014	02:20:15	BCA	6358.75	6590.05	0	0	0
10	514500468232	51450	09-2021	B2	53,000	0	1	N	REK_BARU	22	6,351,913	0		20210914	05:06:06	BCA	6150.91	6358.75	0	0	0

Gambar 3. Contoh data EIS

Data Load Profile dipergunakan untuk mengetahui pemakaian pelanggan per periode tertentu. Namun pada umumnya periode pemakaian yang tersimpan adalah setiap 30 menit. Data Load Profile biasa digunakan untuk menganalisa pemakaian energi pelanggan. Berikut contoh tampilan Load Profile.



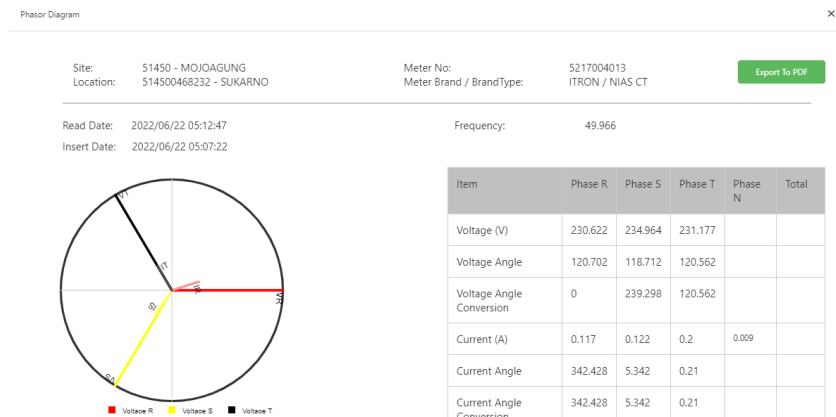
Gambar 4. Contoh load profile

Gambar kedua merupakan contoh data rekening pelanggan yang diambil dari Aplikasi EIS Terpusat PT. PLN (Persero). Aplikasi ini menyajikan informasi penagihan listrik pelanggan berdasarkan hasil pencatatan energi yang berasal dari data End of Billing (EOB). Informasi yang ditampilkan meliputi identitas pelanggan, periode tagihan, besaran energi listrik yang terpakai, serta nilai tagihan yang harus dibayarkan. Data pada EIS Terpusat berfungsi sebagai hasil akhir dari proses transaksi energi listrik antara PT. PLN (Persero) dan pelanggan. Dalam konteks penelitian ini, data EIS digunakan sebagai data pendukung untuk memverifikasi kesesuaian antara hasil analisis teknis, seperti Load Profile dan data instan AMR, dengan nilai energi yang tercatat dalam sistem penagihan.

Secara keseluruhan, keterkaitan antara Load Profile dan data EIS Terpusat sangat penting dalam proses evaluasi pemakaian energi pelanggan. Load Profile memberikan gambaran teknis dan temporal mengenai pola konsumsi energi, sedangkan EIS Terpusat merepresentasikan hasil komersial dari pencatatan energi tersebut. Dengan membandingkan kedua data ini, PT. PLN (Persero) dapat melakukan analisis yang lebih komprehensif untuk mendeteksi ketidaksesuaian pengukuran, meningkatkan akurasi penagihan, serta meminimalkan potensi kerugian baik bagi perusahaan maupun pelanggan.

3.4. Instantaneous Data

Instantaneous data merupakan salah satu fitur yang tersedia pada sistem berbasis web Automatic Meter Reading (AMR) yang berfungsi untuk menampilkan parameter pengukuran meter listrik secara instan atau mendekati waktu nyata (real-time). Fitur ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi aktual pemakaian energi pelanggan pada saat tertentu tanpa harus menunggu periode pencatatan bulanan. Melalui instantaneous data, kondisi operasional pelanggan dapat diketahui secara langsung, sehingga sangat berguna dalam proses pemantauan teknis, analisis gangguan, serta deteksi dini terhadap ketidaknormalan pemakaian energi listrik. Berikut contoh data yang ditampilkan pada *Instantaneous data*.



Gambar 5. Contoh data *Instantaneous Data*

Parameter yang umumnya ditampilkan pada instantaneous data meliputi tegangan, arus, daya, faktor daya, serta sudut phasor per fasa, sebagaimana ditunjukkan pada tampilan sistem AMR. Penyajian data secara instan ini menjadi salah satu keunggulan utama sistem AMR dalam mendukung pengawasan dan evaluasi kinerja pengukuran energi listrik secara berkelanjutan dan akurat [12, 13].

3.5. Kegagalan Baca Pada Sistem AMR

Kegagalan pembacaan data pada sistem Automatic Meter Reading (AMR) pada umumnya disebabkan oleh gangguan pada sistem komunikasi data antara kWh meter pelanggan dan server pusat. Gangguan komunikasi ini mengakibatkan sistem AMR tidak dapat melakukan proses pengunduhan (download) data harian secara optimal, sehingga data pemakaian energi listrik pelanggan yang terekam menjadi tidak lengkap atau bahkan tidak terbaca pada periode tertentu. Ketidaklengkapan data tersebut dapat memengaruhi proses analisis pemakaian energi, evaluasi teknis, serta akurasi perhitungan tagihan listrik pelanggan, sehingga perlu dilakukan tindakan korektif berupa pengecekan dan perbaikan langsung pada kWh meter pelanggan yang mengalami gangguan.

Selain faktor komunikasi, kegagalan pada sistem AMR juga dapat disebabkan oleh adanya perbedaan atau selisih waktu (time drift) antara kWh meter yang terpasang di sisi pelanggan dengan server pusat AMR. Ketidaksinkronan waktu ini dapat menyebabkan ketidaksesuaian data pencatatan, khususnya pada proses End of Billing (EOB) dan pencatatan load profile, sehingga data yang diperoleh tidak merepresentasikan kondisi pemakaian energi pelanggan secara akurat.

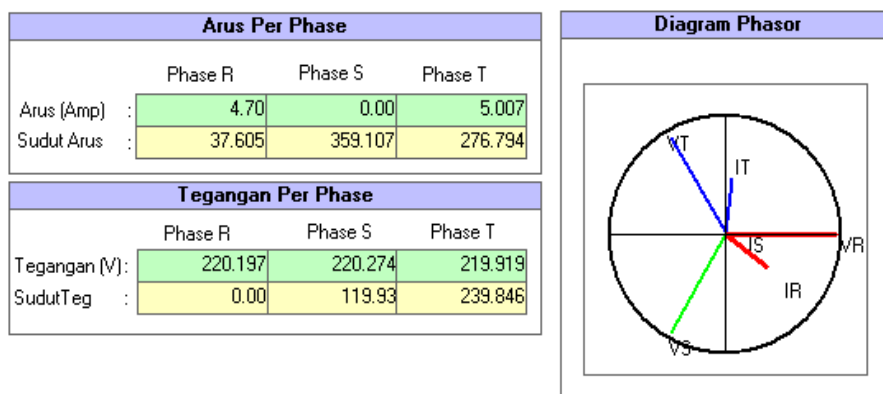
Faktor lain yang berkontribusi terhadap kegagalan pembacaan AMR adalah penggunaan kWh meter yang belum mendukung integrasi dengan sistem AMR, baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak. Kondisi ini dapat menyebabkan keterbatasan dalam pengiriman data atau ketidakmampuan meter untuk menyediakan parameter kelistrikan secara lengkap. Selain itu, adanya indikasi pelanggaran atau kelainan pada kWh meter pelanggan, baik yang disengaja maupun tidak disengaja, juga dapat mengganggu proses pembacaan data oleh sistem AMR.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hariyati [14], berbagai faktor kegagalan tersebut menunjukkan bahwa keandalan sistem AMR sangat bergantung pada kualitas komunikasi data, kesesuaian spesifikasi kWh meter, serta kondisi instalasi dan operasional di lapangan. Oleh karena itu, diperlukan pemantauan dan evaluasi secara berkala terhadap sistem AMR untuk memastikan data pemakaian energi pelanggan dapat terbaca secara lengkap, akurat, dan berkelanjutan, sehingga proses analisis dan penagihan energi listrik dapat berjalan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data Instan Pelanggan dan Phasor

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kondisi pemakaian listrik pelanggan melalui analisis vector. Data pelanggan diambil dari monitoring instant pelanggan yang terdapat pada aplikasi Amicon PLN. Dengan diterapkannya sistem Automatic Meter Reading (AMR), PT. PLN (Persero) dapat melakukan pemantauan pemakaian energi listrik pelanggan secara lebih mudah, cepat, dan terpusat, khususnya pada pelanggan yang telah terintegrasi dengan sistem AMR. Sistem ini memungkinkan pencatatan dan perekaman data pemakaian energi listrik dilakukan secara otomatis dan berkelanjutan. Apabila terjadi penurunan pemakaian energi atau bahkan tidak terdeteksi adanya konsumsi listrik pada salah satu pelanggan, sistem AMR secara langsung merekam seluruh aktivitas pemakaian tersebut. Kondisi ini memungkinkan dilakukannya deteksi dini terhadap adanya kelainan operasional atau penurunan akurasi pengukuran pemakaian energi listrik pelanggan.

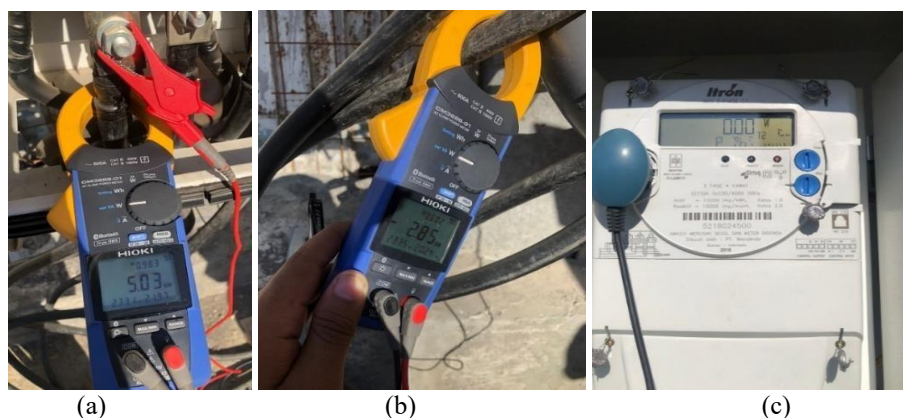


Gambar 5. Data instan pelanggan dan Phasor

Berdasarkan hasil pemantauan pada sistem AMR, salah satu pelanggan menunjukkan adanya ketidaknormalan pada vektor arus fasa S. Ketidaknormalan tersebut teridentifikasi melalui analisis vektor arus yang ditampilkan pada sistem AMR, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5. Indikasi ini menjadi dasar untuk dilakukan analisis lanjutan guna memastikan penyebab terjadinya penyimpangan pengukuran, baik yang disebabkan oleh gangguan teknis pada Alat Pengukur dan Pembatas (APP) maupun faktor lain yang memengaruhi keandalan sistem pengukuran energi listrik.

4.2 Hasil Pengukuran Secara Langsung

Dari data yang dianalisa dari sistem AMR melalui vektor (diagram phasor) dan grafik instaneous data dilakukan pemeriksaan secara langsung dilapangan, saat dilakukan pemeriksaan langsung dilapangan diperoleh hasil pengukuran dan download pada kWh Meter sesuai dengan gambar dibawah ini



Gambar 6. Pengukuran Arus pada fasa R, (b). Pengukuran Arus pada Sumber fasa R, (c). Arus Fasa S pada kWh Meter

Terlihat pada hasil pemeriksaan dilapangan sesuai dengan gambar diatas kWh meter atau alat ukur pada pelanggan Sutikno Yudiantoro mengalami ketidaknormalan pengukuran dimana pada alat ukur tang KW terukur pada phasa R = 5,03 KW, 233 V, 21,97 A, pada phasa S = 2,85 KW, 233 V, 20,24 A, pada phasa T = 6,45 KW, 234 V, 26,51 A, sedangkan yang terukur pada alat ukur atau kWh Meter, yaitu pada phasa R = 3,07 A, S = 0 A, T = 3,13 A.

Dari hasil pengukuran dilapangan terdapat selisih dimana pengukuran pada phasa S tidak terukur sama sekali, hal tersebut menyebabkan pelanggan atas nama Sutikno Yudiantoro memiliki kekurangan atau kesalahan pengukuran sekitar 30%. Dari hasil analisa lapangan pengukuran yang tidak terukur tersebut disebabkan dari salah satu APP (Alat Pengukur dan Pembatas), yaitu Current Transformator (CT) yang rusak atau sudah tidak berfungsi dengan baik. Untuk proses selanjutnya pelanggan atas nama Sutikno Yudiantoro akan diproses oleh pihak PT. PLN (Persero) UP3 Mojokerto sesuai dengan aturan tentang kesalahan pengukuran dikarenakan APP yang disediakan PT.PLN (Persero) tidak berfungsi dengan baik.

4.3 Penentuan tagihan Susulan (Kurang Tagih)

Dengan adanya kesalahan pada Alat Pengukur dan Pembatas (APP), yaitu Current Transformer (CT) maka terdapat energi listrik (kWh) yang belum tertagih ke pelanggan, Untuk menentukan tagihan susulan tersebut dengan cara sebagai berikut.

1. Penentuan Pemakaian energi listrik (kWh) per bulan Pelanggan Melalui aplikasi EIS PLN

Analisis dilakukan dengan memanfaatkan data hasil pencatatan sistem AMR yang telah terintegrasi pada EIS, sehingga pemakaian energi listrik pelanggan dapat dievaluasi secara akurat dan sistematis sesuai dengan periode penagihan yang berlaku.

Tabel 1. Pemakaian EIS Pelanggan

ID-Pel	BLTHREK	tarif	Daya	Pem-kWh
'514510316531	JAN-21	I2	105000	80836
'514510316531	FEB-21	I2	105000	78587
'514510316531	MAR-21	I2	105000	77857

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dihitung rata-rata pemakaian kwh perbulan dengan perhitungan menggunakan persamaan (3) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{rata - rata pemkWh} &= \frac{\text{jumlah pemkwh selama 3 bulan}}{3} \\
 \text{rata - rata pemkWh} &= \frac{(80.836 + 78.587 + 77.857)}{3} \\
 \text{rata - rata pemkWh} &= \frac{(237.280)}{3} = 79.093 \text{ kWh}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Tabel 1 menunjukkan data pemakaian energi listrik pelanggan yang diperoleh dari aplikasi EIS PT. PLN (Persero) untuk periode tiga bulan berturut-turut, yaitu Januari hingga Maret 2021. Data tersebut memuat informasi ID pelanggan, bulan rekening (BLTHREK), golongan tarif, daya terpasang, serta pemakaian energi listrik (kWh) setiap bulan. Berdasarkan tabel tersebut, pelanggan dengan ID 514510316531 termasuk dalam golongan tarif I2 dengan daya terpasang sebesar 105.000 VA, yang menunjukkan bahwa pelanggan tersebut merupakan pelanggan industri dengan kapasitas daya menengah hingga besar.

Pemakaian energi listrik pelanggan pada bulan Januari 2021 tercatat sebesar 80.836 kWh, kemudian mengalami penurunan pada bulan Februari 2021 menjadi 78.587 kWh, dan kembali menurun pada bulan Maret 2021 sebesar 77.857 kWh. Pola ini menunjukkan adanya tren penurunan konsumsi energi listrik secara bertahap dalam periode tiga bulan pengamatan. Data pemakaian energi listrik bulanan ini selanjutnya digunakan untuk menghitung rata-rata pemakaian energi listrik per bulan, yang dihitung menggunakan persamaan (3).

2. Menghitung kWh yang belum tertagih dengan cara melihat pemkwh pada bulan April

Perhitungan dilakukan dengan mengacu pada nilai pemakaian kWh (pem-kWh) yang tercatat pada sistem AMR dan terintegrasi dalam aplikasi EIS PT. PLN (Persero). Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi selisih energi listrik yang belum tercakup dalam proses penagihan, sehingga dapat digunakan sebagai dasar evaluasi teknis maupun administratif terkait keakuratan pencatatan dan penagihan energi listrik pelanggan.

Tabel 2. Pemakaian kWh Bulan April

ID-Pel	BLHTREK	Tarif	Daya	Pem-kWh
'514510316531	APR-21	I2	105000	56864

Dari tabel diatas diketahui pemakaian kWh pelanggan yang sudah tertagih 56864 kWh, dari perhitungan rata-rata pemakaian kWh, pemakaian pelanggan seharusnya 79093,33 kWh. Jadi Kurang tagih yang ditagihkan kepada pelanggan dihitung dengan menggunakan rumus (4) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kurang tagih} &= \text{rata-rata pemkWh} - \text{pemKwh bulan April} \\ \text{Kurang tagih} &= 79.093 - 56.864 = 22.229 \end{aligned} \quad (4)$$

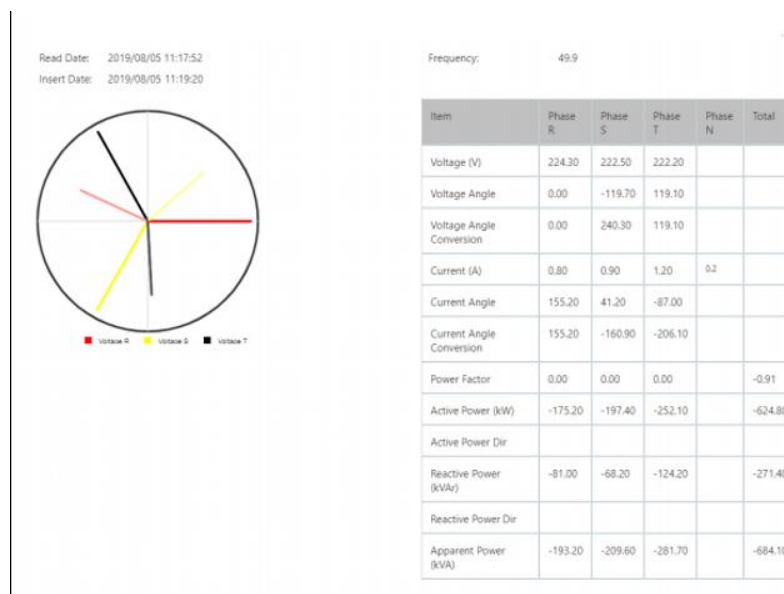
Berdasarkan perhitungan diatas maka terdapat kurang tagih pemakaian kWh pelanggan dengan rupiah tagihan yang dihitung dengan cara mengalikan kWh kurang tagih dengan rupiah kWh sesuai dengan tarif dan dayanya, seperti pada rumus (5).

$$\begin{aligned} \text{Rupiah kurang tagih} &= \text{kWh kurang tagih} \times \text{rupiah per kwh tarif I2} \\ \text{Rupiah kurang tagih} &= 22.229 \times \text{Rp } 975 = \text{Rp } 21.673.275 \end{aligned} \quad (5)$$

Jadi dengan adanya kesalahan pengukuran pada APP sehingga pemakaian energy listrik pelanggan tidak terukur 100%, sehingga untuk pelanggan atas ID pelanggan 514510316531 harus membayar Tagihan Susulan (TagSus) sebesar 21.673.275.

4.4 Pelanggan dengan Vektor dan Phasor Tidak Sesuai

Ketidaksesuaian phasor arus dan tegangan kerap kali terjadi dikarenakan kurang teliti pada saat melakukan pengkawatan kWh meter pelanggan. Hal ini dapat mempengaruhi pengukuran di kWh meter karena dapat mengakibatkan sebagian pemakaian kwh tidak dapat terhitung. Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa pengkawatan arus phasa R, S dan T terbalik. Untuk pelanggan yang menggunakan peralatan yang memiliki Motor listrik sebagai alat produksi hal ini dapat merusak peralatan tersebut sehingga hal ini harus dihindari dari awal pemasangan.



Gambar 7 Vektor arus ketiga phasa terbalik

Detil vector dan phasor dengan ID pelanggan 514510508819 dapat diamati melalui aplikasi Amicon dengan menggunakan komunikasi modem, kondisi vector ini dapat dilihat secara realtime sehingga ketika ada perubahan di lokasi pelanggan dapat terlihat di aplikasi.

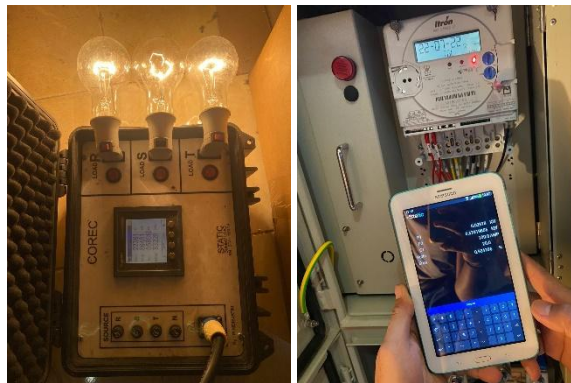
4.5 Analisa Hasil Pemeriksaan Data

Setelah dilakukan pengamatan terhadap empat pelanggan dengan kondisi vector yang berbeda yaitu dengan rincian sebagai berikut:

- Pelanggan pertama dengan ID 514510316531 memiliki kelainan pada arus phasa S yang tidak terukur diakibatkan oleh kerusakan CT (Current Transformer).
- Pelanggan kedua atas dengan ID 514510508819 Chiki memiliki kondisi ketiga phasor arus terbalik tidak sesuai dengan tegangannya. Hal ini diakibatkan oleh kesalahan pengkawatan pada saat pemasangan.

Dalam hal ini pelanggan pertama masuk ke dalam kategori Kelainan karena tidak ada upaya kesengajaan pelanggan untuk memengaruhi alat ukur kWh meter PLN sedangkan satu pelanggan masuk ke dalam kategori Pelanggaran karena ada kesengajaan untuk memengaruhi alat ukur kWh meter PLN. Upaya yang dilakukan PLN untuk menghindari terjadinya kelainan dan pelanggaran yaitu melakukan monitoring pada aplikasi amicon.

Salah satu upaya untuk mengantisipasi terjadinya kelainan seperti salah pengkawatan pada pelanggan, sebelum kWh meter dipasang di lokasi pelanggan, kWh meter tersebut dilakukan commissioning atau dilakukan pengujian di kamar Tera dengan menggunakan alat Corec. Alat ini sangat membantu untuk menghindari terjadinya salah wiring (pengkawatan) di pelanggan.



Gambar 8. Commisioning Menggunakan Corec

Pada Gambar 8 dilakukan commissioning pada APP di kamar Tera sebelum dipasang di lokasi pelanggan. Alat ini sebagai langkah antisipasi terjadi kesalahan wiring di lapangan, dengan begitu semua APP yang akan dipasang di pelanggan sudah melewati pengujian dan sesuai standar PLN.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, penerapan sistem Automatic Meter Reading (AMR) terbukti mampu membantu PT. PLN (Persero) dalam memantau pemakaian energi listrik pelanggan secara lebih efektif, cepat, dan terpusat. Melalui pemanfaatan data instan (instantaneous data), diagram vektor (phasor), serta load profile, sistem AMR memungkinkan dilakukannya deteksi dini terhadap ketidaknormalan pemakaian energi listrik pelanggan, baik yang disebabkan oleh gangguan teknis maupun kesalahan pada Alat Pengukur dan Pembatas (APP).

Hasil analisis vektor pada pelanggan dengan ID 514510316531 menunjukkan adanya ketidaknormalan pada arus fasa S yang tidak terukur. Temuan ini kemudian dikonfirmasi melalui pemeriksaan langsung di lapangan, di mana diketahui bahwa penyebab utama ketidaknormalan tersebut adalah kerusakan pada Current Transformer (CT). Kerusakan APP ini mengakibatkan sebagian pemakaian energi listrik pelanggan tidak terukur secara penuh, sehingga menyebabkan terjadinya kekurangan pencatatan energi listrik sekitar 30% dari pemakaian yang sebenarnya.

Berdasarkan data pemakaian energi listrik yang diperoleh dari aplikasi EIS PT. PLN (Persero), perhitungan rata-rata pemakaian kWh bulanan pelanggan dapat ditentukan secara sistematis. Selanjutnya, dengan membandingkan rata-rata pemakaian tersebut terhadap pemakaian kWh pada bulan April, diperoleh nilai energi listrik yang belum tertagih sebesar 22.229 kWh. Dengan mengacu pada tarif pelanggan golongan I2, maka diperoleh nilai Tagihan Susulan (Kurang Tagih) sebesar Rp 21.673.275, yang harus dibayarkan oleh pelanggan sesuai ketentuan yang berlaku.

Selain kasus kelainan akibat kerusakan APP, penelitian ini juga menemukan adanya ketidaksesuaian vektor dan phasor pada pelanggan lain dengan ID 514510508819, di mana terjadi kesalahan pengkawatan yang menyebabkan posisi arus pada fasa R, S, dan T terbalik terhadap tegangannya. Kondisi ini dikategorikan sebagai pelanggaran karena berpotensi memengaruhi akurasi pengukuran energi listrik dan dapat menimbulkan risiko kerusakan peralatan pelanggan, khususnya yang menggunakan motor listrik sebagai beban utama.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa monitoring berbasis analisis vektor dan phasor melalui aplikasi Amicon sangat efektif dalam mengidentifikasi kelainan dan pelanggaran pada sistem pengukuran energi listrik pelanggan. Untuk meminimalkan terjadinya kesalahan pengkawatan dan kelainan APP di lapangan, proses commissioning dan pengujian kWh meter menggunakan alat Corec di kamar tera sebelum pemasangan di lokasi pelanggan merupakan langkah yang sangat penting. Dengan penerapan prosedur ini secara konsisten, keandalan sistem pengukuran energi listrik dapat ditingkatkan, sehingga potensi kerugian baik bagi PT. PLN (Persero) maupun pelanggan dapat diminimalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] U. Wiharja and A. K. Albahar, "Analisa Deteksi Ketidaknormalan Meter Elektronik dengan Sistem Automatic Meter Reading," Prosiding Semnastek, Universitas Muhammadiyah Jakarta, 2018.
- [2] R. Sefrinalfi, R. Rauf, and Y. Ridal, "Penjualan dan Penurunan Susut Energi Distribusi Menggunakan Automatic Meter Reading pada Pelanggan 3 Fasa di PT PLN (Persero) UP3 Muara Bungo," Jurnal MESIL, vol. 6, no. 1.
- [3] R. Rifqy, "Analisis Pemasangan Automatic Meter Reading sebagai Pendeteksi Kelainan APP Pelanggan PT PLN (Persero)," Rekayasa Elektrikal dan Energi (RELE): Jurnal Teknik Elektro, vol. 8, no. 1, pp. [PDF], 2022.
- [4] F. Kurniati, W. Sunanda, dan M. Jumnahdi, "Analisis Pemakaian Energi Pelanggan Daya Di Atas 41.500 VA Dengan Menggunakan Automatic Meter Reading (AMR) PLN Area Bangka," Jurnal Teknik Elektro, Universitas Bangka Belitung, 2017.
- [5] R. Hariyati, "Analisa Pembacaan Meter Otomatis Listrik Dengan Menggunakan Jaringan Komunikasi," Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi, 2016.
- [6] V. C. Gungor et al., "Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards," IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 7, no. 4, pp. 529–539, Nov. 2011.
- [7] S. S. S. R. Depuru, L. Wang, and V. Devabhaktuni, "Electricity Theft: Overview, Issues, Prevention and a Smart Meter Based Approach to Control Theft," Energy Policy, vol. 39, no. 2, pp. 1007–1015, 2011.

- [8] IEEE Std 1459-2010, IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions, IEEE Power & Energy Society, 2010. <https://standards.ieee.org/standard/1459-2010.html>.
- [9] E. N. Guna and U. Umar, “Analisis Pemakaian Listrik Pelanggan Menggunakan Sistem Automatic Meter Reading (AMR) di PT. PLN (Persero) ULP Klaten Kota,” *Simposium Nasional RAPI XX*, 2021.
- [10] V. C. Gungor et al., “Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards,” *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 15, no. 1, pp. 529–539, 2013.
- [11] S. S. Depuru, L. Wang, and V. Devabhaktuni, “Smart Meters for Power Grid: Challenges, Issues, Advantages and Status,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 6, pp. 2736–2742, 2011.
- [12] R. Hariyati, “Analisa Pembacaan Meter Otomatis Listrik dengan Menggunakan Jaringan Komunikasi,” *Jurnal Teknik Elektro*, 2015.