

PENGARUH PENGAWATAN TERBALIK KABEL SEKUNDER CT (CURRENT TRANSFORMER) METER ENERGI 3 PHASA PENGUKURAN TIDAK LANGSUNG TEGANGAN RENDAH

Oleh: Basuki Rudianta¹ dan Abdul Syakur²

¹PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pendidikan dan Pelatihan Pandaan
Jl. Raya Surabaya-Malang, Surabaya, 67156, Indonesia

²Departemen Teknik Elektro, Fak. Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, 50271, Indonesia

E-mail: ¹basukirudianta@gmail.com, ²syakur@elektro.undip.ac.id

Abstrak

Energi listrik digunakan untuk berbagai keperluan. Energi yang dipakai diukur dengan meter energi sesuai dengan daya yang terpasang pada pelanggan. Untuk pelanggan daya 53 kVA sampai dengan 197 kVA menggunakan Current Transformer (CT) sebagai alat bantu perlengkapan meter energi. Di beberapa unit pelayanan masih ditemukan adanya kesalahan pengawatan yang terbalik pada sekunder CT yang mengakibatkan kerugian pendapatan kWh yang di jual. Untuk mengurangi tingkat kesalahan pemasangan maka setelah pemasangan dilakukan perbandingan antara yang diukur dengan yang dipakai pada meter energi, hasil dari perbandingan mendekati nilai kelas pada meter energi dan CT, maka perlu mengetahui pengaruh terhadap pengukuran meter energi salah satunya jika ada pengawatan yang terbalik pada sekunder Current Transformer (CT) terhadap pemakaian energi yang terukur pada meter energi 3 fasa pengukuran Tegangan Rendah

Kata kunci: trafo arus, pengawatan, energi meter

Abstract

Electrical energy is used for various purposes. The energy used is measured by an energy meter according to the power installed on the customer. For power customers from 53 kVA to 197 kVA use the Current Transformer as an energy meter equipment tool. In several service units, there are still faulty wiring that is reversed on the CT secondary which results in a loss of sales of kWh revenue. To reduce the installation error rate, after installation, a comparison is made between what is measured and what is used on the energy meter, the results of the comparison are close to the class value on the energy meter and CT, it is necessary to know the effect on energy meter measurements, one of which is if there is an inverted wiring on the secondary Current Transformer (CT) for energy consumption as measured on a 3 phase energy meter for Low Voltage measurement.

Keywords: Current transformer, reconducting, meter energy

1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat modern. Energi listrik digunakan untuk berbagai keperluan seperti penerangan, pendinginan, pemanasan, komunikasi, transportasi, industri, dan lain-lain. Energi listrik yang diproduksi oleh pembangkit listrik kemudian didistribusikan melalui jaringan transmisi dan distribusi hingga sampai ke pelanggan akhir (Muhammad, 2019)

Dalam proses distribusi energi listrik, terdapat beberapa komponen penting yang harus diperhatikan, salah satunya adalah meter

energi. Dalam proses distribusi energi listrik, terdapat beberapa komponen penting yang harus diperhatikan, salah satunya adalah meter energi. Meter energi berfungsi sebagai alat transaksi antara penyedia dan pengguna energi listrik. Oleh karena itu, akurasi dan keandalan meter energi sangat diperlukan untuk menjamin keadilan dan kenyamanan bagi kedua belah pihak. Meter energi yang terpasang, sesuai dengan daya yang terpasang pada pelanggan Perusahaan Listrik Negara (PLN).

Meter energi dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan cara pengukurannya, yaitu

meter energi langsung dan meter energi tidak langsung. Meter energi langsung adalah meter energi yang dipasang langsung pada sirkuit pelanggan tanpa menggunakan alat bantu lain. Untuk pelanggan pelanggan dengan daya mulai 53 kVA sampai dengan 197 kVA menggunakan Alat Pengukur dan Pembatas (APP) 3 phasa tidak langsung Tegangan Rendah (TR). Meter energi tidak langsung TR memerlukan alat bantu lain untuk mengukur arus dan tegangan pelanggan, seperti *Current Transformer* (CT). Untuk alat pembatas menggunakan MCCB dan Meter Energinya menggunakan Meter Energi 3 phasa tidak langsung Tegangan Rendah. *Current Transformer* (CT) adalah transformator arus yang berfungsi untuk menurunkan arus primer yang besar menjadi arus sekunder yang kecil sesuai dengan rasio transformasi. CT dipasang pada sisi primer sirkuit pelanggan dan dihubungkan dengan meter energi pada sisi sekundernya. CT memungkinkan meter energi untuk mengukur arus pelanggan tanpa harus terhubung langsung dengan sirkuit pelanggan yang memiliki arus tinggi. CT juga berfungsi untuk mengisolasi meter energi dari sirkuit pelanggan sehingga menghindari risiko gangguan atau bahaya listrik (Wahyuni dan Fahmi, 2021)

Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada meter energi tidak langsung adalah kesalahan pengawatan pada sekunder CT. Kesalahan pengawatan dapat disebabkan oleh faktor human error, seperti kelalaian, ketidaktahuan, atau kesengajaan. Kesalahan pengawatan pada meter energi 3 phasa tidak langsung akan menyebabkan adanya kesalahan ukuran energi yang dipakai dengan yang terukur pada meter energi, dan hal tersebut menyebabkan kerugian pendapatan kWh yang dijual oleh penyediaan energi listrik (PLN). (Lukman et al., 2021)

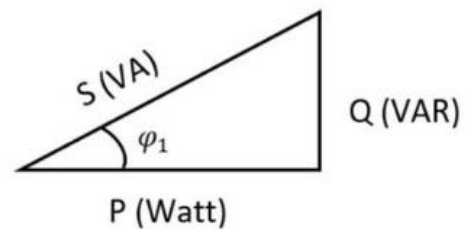
Di beberapa unit pelayanan PLN masih ditemukan adanya kesalahan pengawatan yang terbalik pada sekunder CT baik pada waktu

pemasangan awal, pada waktu pemeliharaan APP, maupun adanya temuan Pelanggaran

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh pengawatan terbalik pada sekunder CT terhadap pengukuran meter energi 3 fasa tegangan rendah. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen dengan melakukan simulasi pengawatan terbalik pada sekunder CT dan mengukur besarnya kWh yang tercatat pada meter energi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan rekomendasi bagi penyedia dan pengguna energi listrik untuk mengurangi tingkat kesalahan pengukuran meter energi akibat kesalahan pengawatan. (Asmono et al., 2019).

2. Tinjauan Pustaka

Untuk memberikan landasan dalam kajian pengaruh pengawatan terbalik kabel sekunder CT pada meter energi 3 phasa, dibutuhkan beberapa konsep dasar meliputi teori segitiga daya, faktor daya, daya aktif pengawatan normal dan daya aktif pengawatan terbalik. Segitiga daya (Zuhal, 2000) menggambarkan hubungan antara daya aktif, daya reaktif dan daya semu menggunakan prinsip trigonometri.



Gambar 1 Segitiga Daya

Daya semu (*apparent power*) biasa disebut juga daya nyata merupakan perkalian antara arus dan tegangan dalam suatu jaringan, daya semu adalah daya yang sebenarnya harus di suplai ke beban dengan satuan volt ampere, persamaan daya semu dalam sistem 1 fasa adalah:

$$S = V \times I$$

Jika dalam sistem 3 fasa

$$S = V \times I \times \sqrt{3}$$

Dimana:

S = Daya semu (VA)

V = Tegangan efektif (Volt)

I = Arus efektif (Ampere)

φ = Sudut antara daya semu dengan daya nyata ($^{\circ}$).

Daya aktif adalah daya yang sesungguhnya terpakai untuk melakukan kerja terhadap suatu beban, satuan dari daya aktif adalah Watt yang merupakan perkalian antara tegangan, arus dan juga cos dari sudut antara daya aktif dan daya semu pada segitiga daya. Berikut rumus daya aktif pada sistem 1 fasa:

$$P = V \times I \times \cos \varphi$$

Jika dalam sistem 3 fasa

$$P = V \times I \times \cos \varphi \times \sqrt{3}$$

Dimana:

P = Daya aktif (Watt)

V = Tegangan efektif (Volt)

I = Arus efektif (Ampere)

φ = Sudut antara daya semu dengan daya nyata ($^{\circ}$)

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk menciptakan suatu medan magnet. Dari pembentukan medan magnet akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar, dan lain-lain. Yang memiliki satuan daya yaitu VAR, rumus daya reaktif yaitu

$$Q = V \times I \times \sin \varphi$$

Jika dalam sistem 3 fasa

$$Q = V \times I \times \sin \varphi \times \sqrt{3}$$

Dimana:

Q = Daya reaktif (VAr)

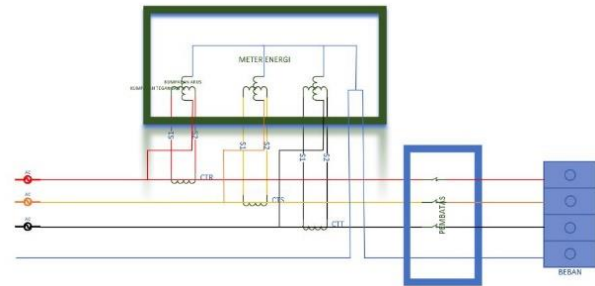
V = Tegangan efektif (Volt)

I = Arus efektif (Ampere)

φ = Sudut antara daya semu dengan daya nyata ($^{\circ}$)

Daya aktif kondisi pengawatan normal kabel sekunder CT adalah kondisi pengawatan yang kabel yang keluar dari sekunder CT ketiga fasanya, S1 masuk input pada meter energi dan S2 nya masuk ke output pada meter

energi, seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 2 Pengawatan Normal

Rumus daya aktif total

$$P(total) = Pr + Ps + Pt$$

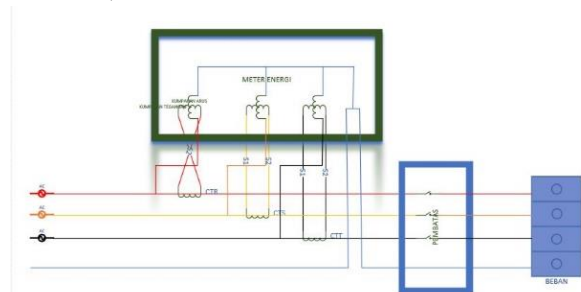
Dimana

$$Pr = Vr Ir \cos(Ir - Vr)$$

$$Ps = Vs Is \cos(Is - Vs)$$

$$Pt = Vt It \cos(It - Vt)$$

Daya aktif pengawatan terbalik kabe sekunder CT adalah kondisi pengawatan kabel yang keluar sekunder CT terbalik baik salah satu fasanya atau lebih dari satu. Salah satu atau lebih, S1 dan S2 salah masuk ke input dan output dari meter energi, seperti pada gambar berikut ini;



Gambar 3 Pengawatan Terbalik

Contoh jika phasa R yang terbalik arus sekunder CT nya maka rumus daya aktif total

$$P(total) = Pr + Ps + Pt$$

Dimana

$$Pr = Vr Ir \cos((Ir + 180^{\circ}) - Vr)$$

$$Ps = Vs Is \cos(Is - Vs)$$

$$Pt = Vt It \cos(It - Vt)$$

3. Metode Penelitian

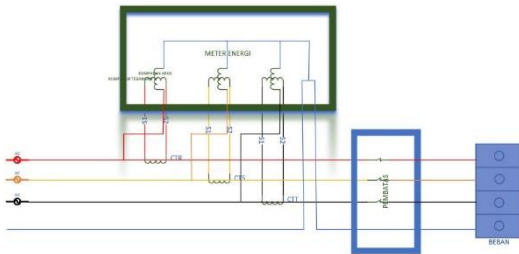
Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen

dengan melakukan simulasi pengawatan terbalik pada sekunder CT dan mengukur besarnya kWh yang tercatat pada meter energi. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Meter energi 3 fasa tegangan rendah tipe digital
- b. CT 3 fasa dengan rasio 10/5
- c. Beban lampu campuran
- d. Sumber tegangan 3 fasa tegangan rendah
- e. Kabel penghubung

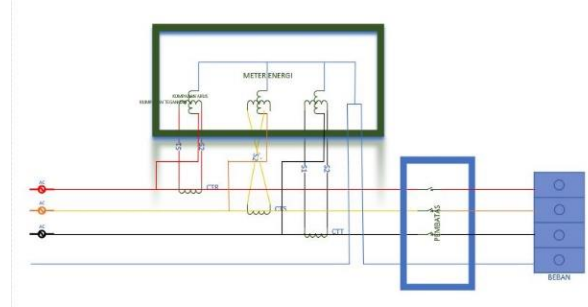
Prosedur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Membuat rangkaian pengukuran meter energi 3 fasa tegangan rendah dengan menggunakan CT sesuai dengan gambar berikut:



Gambar 4 Rangkaian Uji Pengawatan Normal

2. Menghubungkan sumber tegangan 3 fasa Tegangan rendah dengan beban.
3. Mengukur arus, tegangan, faktor daya, daya aktif primer pada setiap fasa dengan menggunakan Tang kW meter.
4. Mengukur daya aktif yang tercatat pada meter energi setelah beban dioperasikan.
5. Mencatat hasil pengukuran sebagai data normal
6. Melakukan simulasi pengawatan terbalik pada sekunder CT dengan cara menukar kabel S1 dan S2 pada salah satu fasa.



Gambar 5 Rangkaian Uji Pengawatan Terbalik

7. Mengulangi langkah 3 sampai 5 dengan kondisi pengawatan terbalik.
8. Mencatat hasil pengukuran sebagai data abnormal.
9. Menghitung besarnya kesalahan pengukuran meter energi akibat pengawatan terbalik.
10. Menganalisis hasil perhitungan dan membuat kesimpulan.

4. Hasil Dan Pembahasan

Hasil pengukuran arus, tegangan, faktor daya, daya aktif primer pada setiap fasa dengan kondisi normal dan abnormal dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1 Hasil pengukuran

Jenis Pengawatan	Fasa	Tegangan (V)	Arus (A)	Faktor daya	Daya aktif (kW)
normal	R	216	1,01	0,98	0,21
	S	221	0,74	0,91	0,15
	T	218	0,68	0,87	0,13
terbalik	R	217	1	0,98	0,21
	S	221	0,73	0,90	0,14
	T	219	0,75	0,89	0,14

Hasil pengukuran daya aktif yang tercatat pada meter energi setelah beban dioperasikan dengan kondisi normal dan abnormal dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2 Hasil Pengukuran Daya Aktif

Pengawatan	Daya aktif (kW)
------------	-----------------

Normal	0,503
Terbalik	0,212

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, dapat dihitung besarnya kesalahan pengukuran meter energi pengawatan normal dengan rumus berikut:

$$Error = \frac{P \text{ Meter} - P \text{ Ukur}}{P \text{ Ukur}} = \frac{0,503 - 0,49}{0,013} = \frac{0,013}{0,49} = 0,026 = 2,6\%$$

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, dapat dihitung besarnya kesalahan pengukuran meter energi akibat pengawatan terbalik dengan rumus berikut:

$$Error = \frac{P \text{ Meter} - P \text{ Ukur}}{P \text{ Ukur}} = \frac{0,212 - 0,49}{-0,278} = \frac{-0,278}{0,49} = -0,567 = -56,7\%$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kesalahan pengukuran meter energi akibat pengawatan terbalik sebesar -56,7 % artinya, meter energi hanya mengukur sekitar 43,3 % dari jumlah kWh yang seharusnya dikonsumsi oleh pelanggan. Hal ini tentu sangat merugikan bagi penyedia energi listrik. Analisa berdasarkan data hasil ukur kondisi normal pada primer dan dihitung dengan rumus pengawatan kabel sekunder CT terbalik fasa S didapat sesuai table 3 berikut:

Tabel 3 Hasil Pengukuran Pengawatan Normal

		Tegangan (V)	Arus (A)	Faktor daya	Daya aktif (kW)
normal	R	216	1,01	0,98	0,214
	S	221	0,74	0,91	0,149
	T	218	0,68	0,87	0,128

Hasil daya total kondisi normal yang didapat $P \text{ total} = Pr+Ps+Pt$ adalah 0,491 kW Dengan menggunakan rumus pengawatan

sekunder CT terbalik maka didapat hasil sebagaimana ditunjukkan pada table 4 berikut:

Tabel 4 Hasil pengukuran daya pengawatan terbalik

Daya aktif	kW
Pr	0,214
Ps	-0,149
Pt	0,128

Hasil daya total kondisi terbalik pengawatan sekunder CT fasa S terbalik yang didapat $P \text{ total} = Pr+Ps+Pt$ adalah 0,193 kW. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, dapat dihitung besarnya kesalahan pengukuran meter energi akibat pengawatan terbalik dengan rumus berikut:

$$Error = \frac{P \text{ Terbalik} - P \text{ Normal}}{P \text{ Normal}} = \frac{0,193 - 0,491}{0,491} = \frac{-0,298}{0,491} = -0,607 = -60,7\%$$

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan eksperimen yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengawatan terbalik pada sekunder CT berpengaruh besar terhadap pengukuran meter energi 3 fasa tegangan rendah. Pengawatan terbalik menyebabkan kesalahan pengukuran meter energi sebesar -56,7% dari nilai seharusnya yang didapat dari perbandingan nilai yang terukur pada primer dengan nilai yang terukur pada meter energi . Pengawatan terbalik menyebabkan kesalahan pengukuran meter energi sebesar -60,7% dari nilai seharusnya yang didapat dari hasil Analisa perhitungan data hasil ukur dimasukkan ke rumus pengawatan terbalik salah satu phasanya.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Muhammad *et al.*, “Analisa Rugi-Rugi Energi Listrik Pada Jaringan Distribusi (JTM) Di PT. PLN (Persero) Area Gorontalo,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 3, pp. 295–302, 2019.
- I. S. Wahyuni and K. Fahmi, “Pentingnya Kualitas Trafo Arus (Current Transformer) Dengan Menerapkan Quality Plan Dalam Proses Assembly,” *Lensa*, vol. 15, no. 2, pp. 31–38, 2021, doi: 10.58872/lensa.v15i2.12.
- F. Syahbakti Lukman, H. Mubarak, and Cholish, “Analisis Error Kwh Meter Tiga Fase Terhadap Kesalahan Pengawatan Pada Pengukuran Tidak Langsung,” *Konf. Nas. Sos. dan Eng.*, pp. 839–848, 2022.
- D. Asmono, S. Pengajar, J. Teknik, E. Politeknik, and N. Bandung, “Dampak Kesalahan Pengawatan Pada Pengukuran Energi Listrik Tidak Langsung,” *J. TEDC*, vol. 8, no. 1, pp. 7–13, 2019.
- Zuhal, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. PT. Gramedia Pustaka Utama, 2000.
- Eko Arianto Yuniarto, “Korektor Faktor Daya Otomatis Pada Instalasi Listrik Rumah Tangga,” *Gema Teknologi Vol 19 No. 4 Periode Oktober 2017 - April 2018*.
- Tiara Hasan *et al.*, 2020, “Pengaruh Kondisi Wiring terhadap Persentase Kesalahan (Error) Pada kWh Meter,” *Jurnal ELKO Vol 1 No.1 November 2020*.
- Dwi Asmoro, 2014, “Dampak Kesalahan Pengawatan Pada Pengukuran Energi Listrik Tidak Langsung” *TEDC Vol.8 no.1 Januari 2014: 7-13*.
- Fiktor Sihombing *et al.*, 2023 “Kajian Gugatan Kerugian Energi Listrik Akibat Sistem APP Tidak Berfungsi Sesuai Standar Pada Pelanggan Khusus di PT. PLN (Persero)” *SJoME Vol. 4 No. 2, Februari 2023, E-ISSN 2685-8916*.
- Frengki Eka Putra Surusa *et al.*, 2022, “Analisa Susut Non Teknis Menggunakan Automatic Meter Reading (AMR) Pada Pelanggan Potensial” *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering, Volume 4 Nomor 1 Januari 2022, e-ISSN: 2715-0887*.