

EVALUASI AKURASI TRANSFORMATOR ARUS (CT) PENGUKURAN PADA TRANSAKSI ENERGI

Akhbar Candra Mulyana¹⁾, Putu Agus Aditya Pramana²⁾, Sriyono³⁾, Guntur Supriyadi⁴⁾

^{1,2,3,4} PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero)

Email: akhbar.candra@gmail.co.id ¹⁾

Nomor Telp : +6281 321937848

Asal Negara: Indonesia

ABSTRAK

Transformator Arus atau Current Transformer (CT) merupakan salah satu peralatan pengukuran pada proses transaksi energi yang memiliki fungsi krusial dalam perhitungan energi. Pengukuran transaksi energi harus dilakukan dengan tepat agar tidak ada kerugian atau *losses* yang timbul sehingga perusahaan tidak merugi dan pelanggan tidak dirugikan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah transformator arus (CT) pengukuran yang ada saat ini memiliki tingkat akurasi yang akurat sesuai dengan data literatur yang ada. Metodologi penelitian ini adalah dengan melakukan studi literatur terhadap standar, aturan dan referensi lain, pemetaan CT, pengujian akurasi beberapa jenis CT, serta evaluasi karakteristik akurasi CT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan bahwa CT tegangan rendah dan tegangan menengah saat ini terutama pada kelas 0,5S dan 0,2S memiliki nilai akurasi pada saat beban 1% dan 5% masih memenuhi standar yang ada dan cenderung nilainya sama saat dengan pembebanan 20%, 100%, dan 120%. Hal ini menunjukkan bahwa saat ini CT dapat mengukur beban dengan akurasi tinggi meskipun pada pembebanan rendah atau lebih baik dari Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) dan International Electrotechnical Commission (IEC). Selain itu telah disusun sebuah pedoman pemilihan rasio CT untuk semua batas daya pada *level* tegangan rendah, dan tegangan menengah sesuai dengan karakteristik akurasi CT.

Kata kunci: CT, Pengukuran, Akurasi, Tegangan Rendah, Tegangan Menengah

ABSTRACT

Current Transformers (CT) are one of the measurement equipment in the energy transaction process, which has a crucial function in energy calculations. Energy transaction measurement must be carried out correctly so that losses don't arise so that the company does not suffer losses and customers are not harmed. This research was conducted to find out whether the current measurement Current Transformer (CT) has an accurate level of accuracy according to existing literature data. The methodology of this research is a literature study of standards, rules, and other references, mapping the use of CT, testing the accuracy of several types of CT, and evaluating the characteristics of CT accuracy. The results of this research show that the ability of current low voltage and medium voltage CTs, especially in the 0.5S and 0.2S classes, to have accuracy values at 1% and 5% loads still meets existing standards and tends to be the same value at 20%, 100%, and 120% load. It shows that currently, CT can measure loads with high accuracy, even at low loads or better than SPLN and IEC. In addition, a guideline for selecting CT ratios for all power limits at low voltage and medium voltage levels has been prepared according to the CT accuracy characteristics.

Keywords: CT, Measurement, Accuracy, Low Voltage, Medium Voltage

1. PENDAHULUAN

Transformator Arus (CT) merupakan salah satu peralatan pengukuran pada proses transaksi energi yang memiliki fungsi krusial dalam perhitungan energi. Pengukuran transaksi energi harus dilakukan dengan tepat agar tidak ada kerugian atau *losses* yang timbul sehingga perusahaan tidak merugi dan pelanggan tidak dirugikan. Terkait dengan hal tersebut, hingga saat ini, transformator arus (CT) pengukuran diatur dalam SPLN D3.014-1: 2009 tentang "Transformator Instrumen Untuk Sistem Distribusi", sedangkan pemilihan Transformator Arus (CT) pengukuran pada pelanggan mengikuti surat internal PLN, yaitu dari

divisi niaga perihal "SOP Rasio CT/PT dan Mutasi Faktor Kali Meter di Aplikasi Pelayanan Pelanggan Terpusat (AP2T)". Namun demikian, dalam rangka mengetahui tingkat keakuratan CT secara riil dari hasil pengujian diperlukan evaluasi mengenai karakteristik akurasi transformator arus dan aturan-aturan yang berlaku serta dibandingkan dengan apa yang diimplementasikan di lapangan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik akurasi transformator arus pengukuran tegangan rendah (TR) dan tegangan menengah (TM) dan membuat pedoman pemilihan transformator arus pengukuran.

Metodologi dalam penelitian ini adalah dengan studi literatur terhadap standar atau aturan yang ada, pemetaan CT, pengujian akurasi beberapa jenis CT, evaluasi karakteristik akurasi CT, serta penyusunan rekomendasi karakteristik akurasi dan pedoman pemilihan CT (Edaran Direksi PLN, 2002; Surat Divisi Niaga PLN, 2014; SPLN D5.012, 2021; SPLN D3.014-1, 2009).

Pembahasan penelitian ini dibatasi khusus pada aspek teknis khususnya akurasi pada *level* tegangan rendah dan tegangan menengah. Bahasan pada ranah lain seperti aspek legal pengadaan dan harga tidak dicakup dalam bahasan penelitian. Data pengujian CT diambil dari hasil Uji Serah Terima (UST) beberapa pabrikan.

2. TRANSFORMATOR ARUS

Transformator arus adalah transformator instrumen yang dalam kondisi pemakaian normal, arus sekundernya proporsional dengan arus primer dan berbeda fase dengan sudut mendekati nol, untuk arah hubungan yang bersesuaian. Sedangkan transformator instrumen yang dimaksudkan adalah untuk mencatu instrumen ukur, meter, relai, dan peralatan sejenis lainnya (IEC 61869-2, 2012; IEC 60044-1, 2003; SPLN D3.014-1, 2009).

2.1. Kelas Akurasi CT

Kelas akurasi transformator arus pengukuran adalah presentase kesalahan maksimum yang diijinkan pada arus pengenalnya. Kelas akurasi standar untuk CT TR dan TM pengukuran adalah 0,2 - 0,2S - 0,5 - 0,5S - 1. Kesalahan arus dan pergeseran fase pada frekuensi pengenal harus tidak melebihi nilai pada **Error! Reference source not found.**1 (SPLN D3.014-1, 2009).

Tabel 1. Batas kesalahan transformator arus pengukuran

Parameter uji	Kelas	% Arus pengenal				
		1	5	20	100	120
Kesalahan arus ($\pm$)	0,2	-	0,75	0,35	0,2	0,2
	0,2S	0,75	0,35	0,2	0,2	0,2
	0,5	-	1,5	0,75	0,5	0,5
	0,5S	1,5	0,75	0,5	0,5	0,5
	1,0	-	3,0	1,5	1,01	1,0
Pergeseran fase ($\pm$)	0,2	-	30	15	10	10
	0,2S	30	15	10	10	10
	0,5	-	90	45	30	30
	0,5S	90	45	30	30	30
	1,0	-	180	90	60	60
Senti radian	0,2	-	0,9	0,45	0,3	0,3
	0,2S	0,9	0,45	0,3	0,3	0,3
	0,5	-	2,7	1,35	0,9	0,9
	0,5S	2,7	1,35	0,9	0,9	0,9
	1,0	-	5,4	2,7	1,8	1,8

Pada frekuensi pengenal dan nilai *burden* 25% sampai 100% *burden* pengenal atau 1 VA sampai

100% *burden* pengenal untuk transformator arus kelas 0,2 dan 0,2S yang mempunyai *burden* pengenal kurang dari sama dengan 15 VA. *Burden* untuk pengujian akurasi harus mempunyai faktor daya 0,8 *lagging*, kecuali untuk *burden* lebih kecil dari 5 VA dapat menggunakan faktor daya 1,0 (IEC 61869-2, 2012; SPLN D3.014-1, 2009).

2.2. Rasio CT

Arus pengenal primer CT minimal sama dengan kemampuan hantar arus atau pendekatannya terhadap kelipatan arus pengenal primer yang ditetapkan. Untuk rasio pengenal CT tegangan rendah adalah 60/5, 75/5, 100/5, 150/5, 200/5, dan 300/5. Rasio pengenal CT tegangan rendah lebih dari 300/5 tidak dikembangkan dikarenakan batas daya maksimum tegangan rendah. Rasio pengenal CT tegangan menengah adalah 10/5, 15/5, 20/5, 30/5, 40/5, 50/5, 60/5, 75/5, 100/5, 150/5 dan seterusnya dengan kelipatan 10. Pada fungsi pengukuran transaksi energi, terminal CT hanya diperuntukkan untuk hubungan ke meter-energi (kWh meter) transaksi, dan tidak boleh ada penggunaan lainnya seperti ampere meter, cos-phi meter, dan lain-lain (IEC 61869-2, 2012; IEC 60044-1, 2003; SPLN D3.014-1, 2009).

2.3. Batas Daya CT

Batas daya untuk transformator arus (CT) dibagi berdasarkan dengan *level* tegangan, yaitu pada tegangan rendah dan tegangan menengah. Untuk tegangan rendah berada pada tegangan sistem sebesar 220 / 380 Volt dengan batas daya tersambung (VA) dari 450 VA sampai dengan 197 kVA. Pada tegangan menengah berada pada tegangan sistem 20 kV dengan batas daya tersambung (VA) 210 kVA sampai dengan 30.000 kVA. (Edaran Direksi PLN, 2002).

3. PEMETAAN DAN PENGUJIAN CT

Pemetaan penggunaan CT dengan daya tersambung bertujuan untuk memetakan rasio CT dibandingkan dengan ketentuan yang berlaku, sedangkan pengujian akurasi CT diperlukan untuk mengetahui apakah CT yang digunakan di lapangan saat ini sudah memiliki akurasi sesuai dengan standar akurasi Tabel 1 atau berada di bawah atau di atas standar akurasi (IEC 61869-2, 2012; SPLN D3.014-1, 2009).

3.1. Pemetaan CT

Pemetaan rasio CT dibuat berdasarkan pertimbangan akurasi. Untuk referensi batas kesalahan akurasi CT pengukuran mengikuti Tabel 1, di mana pada *range* 20-120% kapasitas pembebanan CT adalah memiliki nilai batas kesalahan akurasi terendah atau dengan kata lain CT akan optimal bekerja pada *range* ini. Hasil pemetaan CT akan dibandingkan dengan batas daya tersambung pelanggan. Pemetaan ini secara sederhana dijelaskan

pada Tabel 2 (IEC 61869-2, 2012; SPLN D3.014-1, 2009).

Tabel 2. Pemetaan Rasio CT vs Daya Tersambung

Rasio CT	Range		Daya					
	akurasi (A)		41,5 kVA		53 kVA		66 kVA	
	20%	120%	min	max	min	max	min	max
60/5	12	72	19%	114%	15%	90%	12%	72%
75/5	15	90	24%	143%	19%	113%	15%	90%
100/5	20	120	32%	190%	25%	150%	20%	120%

Pada Tabel 2, saat daya 53 kVA atau setara 80 A diukur oleh CT 60/5 maka hasil pengukuran nya bisa akurat pada kapasitas 15% daya (12 A pembebanan) sampai dengan 90% daya (72 A pembebanan). Sedangkan jika memilih CT 100/5 untuk mengukur pembebanan pada daya 53 kVA maka untuk batas maksimal pembebanan dapat dibaca akurat tetapi dia akan kurang akurat pada pembebanan di bawah 25% (20 A pembebanan) sehingga jika dipaksakan untuk mengukur nilai batas kesalahan arus akan lebih besar atau potensi *losses* semakin besar.

Pada contoh kasus daya 53 kVA rasio CT yang direkomendasikan berdasarkan perhitungan Tabel 2 adalah CT 75/5, karena lebih akurat untuk beban maksimal saat kapasitas 100% dan dapat mengukur beban akurat sampai beban 19% (15 A pembebanan).

Metode pemetaan ini digunakan untuk menghitung pemilihan rasio CT untuk daya tersambung pelanggan pada *level* tegangan TR dan TM seperti terlihat pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Rasio CT vs daya tersambung TR

Rasio CT		Daya (kVA)	Arus Nominal (A)	Faktor Kali	
Primer	Sekunder			kWh	kVA
75	5	53*)	80	15	15
100	5	66	100	20	20
150	5	82,5	125	30	30
		105	160		
200	5	131	200	40	40
		147	225		
250	5	164	250	50	50
300	5	197	300	60	60

Catatan:

*) Untuk Daya 53 kVA jika menggunakan meter energi statik tidak perlu menggunakan CT

Tabel 4. Rasio CT vs daya tersambung TR

Rasio CT		Daya (kVA)	Arus Nominal (A)	Faktor Kali	
Primer	Sekunder			kWh	kVA
10	5	min	345	10	400
		max	416	12	400
15	5	min	520	15	600
		max	624	18	600
20	5	min	690	20	800

25	5	max	831	24	1000	1000
		min	865	25		
		max	1.040	30		
30	5	min	1.040	30	1200	1200
		max	1.247	36		
		min	1.385	40		
40	5	max	1.663	48	1600	1600
		min	1.730	50		
		max	2.075	60		
50	5	min	2.075	60	2000	2000
		max	2.500	72		
		min	2.598	75		
75	5	max	3.118	90	3000	3000
		min	3.465	100		
		max	4.157	120		
100	5	min	5.190	150	4000	4000
		max	6.235	180		
		min	6.930	200		
150	5	max	8.348	241	6000	6000
		min	8.660	250		
		max	10.390	300		
200	5	min	10.390	300	8000	8000
		max	12.471	360		
		min	13.850	400		
250	5	max	16.697	482	10000	10000
		min	16.732	483		
		max	20.780	600		
300	5	min	20.780	600	12000	12000
		max	25.045	723		
		min	25.981	750		
400	5	max	29.999	866	16000	16000
		min				
		max				
500	5	min			20000	20000
		max				
		min				
600	5	max			24000	24000
		min				
		max				
750	5	min			30000	30000
		max				
		min				

3.2. Pengujian CT

Pengujian akurasi dilaksanakan hanya pada kelas 0,2S dan 0,5S karena berdasarkan studi literatur atau SPLN yang berlaku untuk CT pengukuran TR dan TM direkomendasikan penggunaan dengan kelas akurasi tersebut.

Pengujian akurasi untuk penelitian ini diambil dari proses Uji Serah Terima (UST) CT di beberapa pabrikan CT yang mensuplai kebutuhan CT di lingkungan PLN. Selain mengambil langsung data pada proses UST CT di pabrikan, diambil juga *sample* data hasil UST CT dari rentang waktu tahun 2018 sampai dengan Maret 2023. Terdapat 697 data akurasi hasil UST untuk CT TR dan TM, pada CT TR data tersebar pada rasio 75/5, 100/5, 150/5, 200/5, 250/5, dan 300/5. Sedangkan untuk CT TM data tersebar untuk 17 rating rasio CT dimulai dari CT 10/5 sampai dengan 1000/5 (IEC 60270, 2012; IEC 60060-1, 2010).



Gambar 1. Proses pengujian akurasi CT

Proses pengujian akurasi CT pada tahapan UST CT di salah satu pabrikan dilaksanakan oleh petugas yang berkompeten. Gambar 1 menunjukkan proses pengujian akurasi CT.

Berdasarkan hasil uji akurasi CT TR pada kelas CT 0,5S ditemukan bahwa seluruh CT sesuai standar pada semua tahap pembebanan CT (1% sampai dengan 120%). Hasil ini menunjukkan hal yang positif bahwa CT yang digunakan selama ini memiliki akurasi yang akurat atau batas kesalahan yang kecil. Bahkan pada saat pembebanan rendah pun (saat beban CT 1% dan 5%), menurut hasil uji hampir sebanyak 72,2% data uji menunjukkan nilai bahwa akurasi CT masih di bawah 0,5% atau setara saat pembebanan 20% sampai dengan 120%.

Untuk hasil uji akurasi CT TM pada kelas CT 0,2S ditemukan bahwa seluruh CT sesuai standar kesalahan arus (Tabel 4) pada semua tahap pembebanan CT (1% sampai dengan 120%). Hasil ini menunjukkan hal yang positif bahwa CT yang digunakan selama ini memiliki akurasi yang akurat atau batas kesalahan yang kecil. Bahkan pada saat pembebanan rendah (saat beban CT 1% dan 5%), menurut hasil uji hampir sebanyak 97,5% data uji menunjukkan nilai bahwa akurasi CT masih di bawah 0,2% atau setara saat pembebanan 20% sampai dengan 120%. Hanya sekitar 17 data uji yang memiliki nilai akurasi di atas 0,2% tetapi di bawah 0,3%.

4. EVALUASI KARAKTERISTIK CT

Evaluasi karakteristik akurasi CT dilaksanakan berdasarkan hasil pemetaan CT, hasil pengujian akurasi CT, serta diskusi dengan narasumber ahli. Berdasarkan evaluasi karakteristik akurasi CT didapatkan bahwa kemampuan CT TM saat ini terutama pada kelas 0,2S sebagian besar (97,5%) memiliki kesalahan arus yang kecil di bawah 0,2% bahkan saat pembebanan rendah dibawah 5% pembebanan atau lebih baik dari standar PLN maupun IEC.

Kemampuan CT TR saat ini terutama pada kelas 0,5S sebagian besar (72%) memiliki kesalahan arus yang kecil di bawah 0,5% bahkan saat pembebanan rendah di bawah 5% pembebanan atau lebih baik dari standar PLN maupun IEC.

Terdapat rasio CT yang belum ada di standar PLN maupun IEC tetapi dibutuhkan dalam penggunaan pedoman pemilihan rasio CT, yaitu rasio CT 25/5 (TM).

5. PENUTUP

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Karakteristik akurasi transformator arus pengukuran tegangan rendah (TR) dan tegangan menengah (TM) pada pembebanan 1% dan 5% memiliki tingkat keakuratan yang lebih baik dari standar PLN maupun IEC yaitu pada error yang

sama saat pembebanan 20%, 100% dan 120% pada kelas CT S.

- Rekomendasi pedoman pemilihan rasio CT untuk semua batas daya tersambung pada *level* tegangan rendah dan tegangan menengah telah dibuat dengan metode pemetaan CT (Tabel 3 dan 4).

Saran untuk pengembangan penelitian ke depan adalah untuk membahas mengenai akurasi transformator arus (CT) pengukuran tegangan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

2002 Edaran Direksi. (PLN).

IEC.(2012). International Standard Norme Internationale Instrument transformers-Part 2: Additional requirements for current transformers Transformateurs de mesure-Partie 2: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs de courant. www.iec.ch

International Electrotechnical Commission, & International Electrotechnical Commission. Technical Committee 42. (2012). High-voltage test techniques: partial discharge measurements.

International Electrotechnical Commission., & International Electrotechnical Commission. Technical Committee 42. (2010). High-voltage test techniques. Part 1, General definitions and test requirements = Technique des essais à haute tension. Partie 1, Définitions et exigences générales. International Electrotechnical Commission.

SPLN D5.012:2021, "Pengelolaan Alat Ukur Transaksi Energi Pln".

Surat Divisi Niaga 2014. (PLN).

Transformateurs de mesure-Partie 1: Transformateurs de courant Instrument transformers-Part 1: Current transformers from IHS. (2003). www.iec.ch/catlg-f.htm

SPLN D3.014:2019, "Transformator Instrumen Untuk Sistem Distribusi Bagian 1: Transformator Arus Pt Pln (Persero)."