

DAMPAK KESALAHAN PENGAWATAN PADA PENGUKURAN ENERGI LISTRIK TIDAK LANGSUNG

Dwi Asmono
Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung
E-mail: asmonodwi@gmail.com

Abstrak

Sistim pengukuran energi listrik tidak langsung pada kWh meter 3 fasa 4 kawat tegangan rendah, menggunakan peralatan yang dapat menyesuaikan arus yang diukur memenuhi kapasitas alat ukur, yang berkemampuan dilalui arus sebesar 1(satu) sampai dengan 5 (lima) Amper. Alat penyesuai arus adalah trafo arus (*current transformer*). Adanya peralatan *current transformer*, sambungan/pengawatan antara pengukuran dengan beban tidak berhubungan secara langsung, oleh karena itu memungkinkan terjadinya kesalahan, yakni kesalahan pada pengawatan. Kesalahan yang sering terjadi pada pengawatan diantaranya terbaliknya polaritas pada rangkaian arus, tegangan fasa tertukar (tidak sesuai fasanya). Hal tersebut diatas mengakibatkan energi yang terukur pada kWh meter menjadi tidak sama dibandingkan dengan energi yang digunakan pada beban. Untuk meminimalisir terjadinya kesalahan, diperlukan adanya sumber daya manusia yang kompeten, pemeriksaan rutin pada konsumen energi listrik berskala besar dengan menggunakan alat ukur energi tidak langsung.

Kata kunci : kWh meter 3 fasa, pengukuran tidak langsung, kesalahan pengawatan

1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi manusia dalam menjalankan berbagai aktivitas kehidupannya, mulai dari aktivitas rumah tangga, pendidikan, perkantoran, hingga aktivitas perindustrian. Ketersediaan suplai energi listrik yang dibutuhkan masyarakat Indonesia menjadi tanggung jawab sebuah perusahaan yang bergerak dibidang kelistrikan untuk menyediakan dan mendistribusikan energi listrik kepada masyarakat/pelanggan. Dalam proses mendistribusikan energi listrik, Penyedia Tenaga Listrik harus mengetahui besarnya energi yang digunakan pelanggannya. Oleh karena itu, dipasang suatu alat ukur energi listrik yakni kWh meter pada masing-masing pelanggannya.

Penyedia Tenaga Listrik dan pelanggan listrik mempunyai hak dan kewajibannya masing-masing, sebagai pelanggan listrik tentu mempunyai kewajiban untuk membayar sesuai dengan jumlah energi listrik terpakai yang terukur

oleh kWh meter. Akan menjadi permasalahan jika jumlah energi yang tercatat pada energi meter tidak sesuai dengan energi yang dipakai di karenakan kesalahan pengukuran kWh meter, akibat pemasangan yang tidak standar. Hal tersebut harus dihindari karena dapat merugikan penyedia atau pelanggan listrik.

Terdapat 2 jenis kWh meter, yakni kWh meter 3 fasa dan kWh meter 1 fasa. Kedua kWh meter tersebut memiliki perbedaan pada kemampuan daya terpasang untuk masing-masing pelanggan. Pada kWh meter 3 fasa terdapat 2 jenis pengukuran yaitu pengukuran langsung dan pengukuran tidak langsung.

Kesalahan pada pengawatan kWh meter sering terjadi pada kWh meter 3 fasa 4 kawat dengan menggunakan sistem pengukuran tidak langsung. Pada pengukuran tidak langsung terdapat CT dan atau PT pada rangkaian pengukuran sehingga timbulnya kemungkinan adanya kesalahan pengawatan pada kumparan arus atau kumparan

tegangan fasa, seperti; polaritas arus terbalik dan atau tegangan fasa tertukar.

2. Landasan Teori

Komponen Pengukuran Tidak Langsung pada Tegangan Rendah

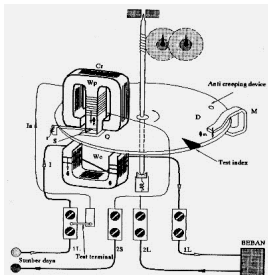
2.1 KWh Meter

KWh meter adalah alat pengukur energi listrik yang mengukur secara langsung hasil kali tegangan, arus, faktor kerja dan waktu (V.I.Cos φ t). Dengan kata lain KWh meter digunakan untuk mengukur besarnya energi aktif yang digunakan dalam satuan kilo watt jam (kWh). KWh meter yang dipakai pelanggan memiliki batas kemampuan arus, maksimal 5 ampere, oleh karena itu untuk menghindari arus yang besar masuk ke kWh, digunakanlah trafo arus/CT. Pelanggan dengan daya kontrak 13.200 VA sampai dengan 41.500 VA, diharuskan menggunakan pengukuran tidak langsung menggunakan CT tegangan rendah. Besarnya arus nominal CT primer harus sedekat mungkin dengan arus nominal daya kontrak pada pelanggan. Sistem pembacaan pada kWh meter menggunakan banyaknya putaran piringan alumunium yang diinduksikan oleh arus yang masuk melalui kabel fasanya. Jumlah putaran piringan per satuan waktu merupakan ukuran besarnya daya yang masuk selama waktu tertentu melalui kWh meter. Maka besarnya energi listrik yang terukur merupakan hasil perkalian dari daya dalam watt atau kilo watt dengan waktu dalam jam. Sehingga dapat dirumuskan pada persamaan-1 sebagai berikut :

$$W = P \times t \dots\dots\dots(1)$$

2.1.1 Prinsip Kerja kWh meter

Prinsip kerja kWh meter berdasarkan bekerjanya induksi megnetis oleh medan magnit yang dibangkitkan oleh arus melalui kumparan arus terhadap disc (piringan putar) kWh meter, dimana induksi megnetis ini berpotongan dengan induksi magnetis yang dibangkitkan oleh arus melewati kumparan tegangan terhadap disc yang sama.



Gambar-1. Prinsip Kerja kWh meter

Besarnya arus yang mengalir ke kumparan arus akan menyebabkan induksi yang besar sehingga piringan pada kWh meter akan berputar lebih cepat. Arus beban mengalir melalui Wc dan menyebabkan terjadinya fluksi magnetic Φ₁, Wp mempunyai sejumlah belitan yang besar dan dianggap sebagai reaktansi murni, sehingga arus Ip yang mengalir melalui Wp akan tertinggal dalam fasanya terhadap tegangan beban dengan sudut sebesar 90° yang menyebabkan terjadinya fluksi magnetic Φ₂.

Dengan demikian, piringan D akan berputar pada porosnya dengan kecepatan (v) akibat adanya momen gerak Tp t. Dengan berputar, piringan D akan memotong garis-garis fluksi magnetic Φ_m dari magnet permanen.

Perpotongan garis-garis fluksi magnetik menyebabkan terjadinya arus putar yang berbanding lurus terhadap v. Φ_m dalam piringan D, sehingga piringan D mengalami suatu momen redaman Td yang berbanding lurus terhadap harga v (Φ_m)². Bila momen tersebut ada dalam keadaan seimbang maka akan berlaku hubungan sebagai berikut :

$$Kd \cdot VI \cdot \text{Cos } \varphi = Km \cdot v \cdot (\Phi_m)^2 \dots\dots\dots(2)$$

$$v = (kd/km \cdot \Phi_m^2) \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos } \varphi \dots\dots\dots(3)$$

dimana kd dan km adalah konstanta

Persamaan di atas menunjukkan bahwa kecepatan putar (v) dari piringan D berbanding lurus terhadap besarnya daya listrik (P) = V.I.Cos φ (Watt).....(4).

Untuk pengukuran, jumlah perputaran piringan D ditransformasikan melalui sistem mekanis, kepada alat penunjuk atau roda-roda angka sehingga menunjukkan energi yang diukur dalam kWh. Arah putaran piringan D tergantung dari kutub magnet yang dibentuk oleh kumparan arus dan kumparan tegangan.

2.1.2 Jenis-Jenis kWh meter

Dalam pengukuran energi listrik, terdapat beberapa jenis kWh meter yang dapat digunakan, yakni:

1. kWh meter 1 fasa



Gambar-2. kWh meter 1 fasa

kWh meter ini terdiri dari 4 terminal sambungan dan memiliki satu buah kumparan tegangan dan satu buah kumparan arus.

Energi yang terukur oleh sebuah kWh meter 1 fasa adalah jumlah kWh yang ditampilkan pada register atau sama dengan energi yang dipakai oleh suatu beban yaitu :

$$V \cdot I \cdot \cos\phi \cdot t \dots\dots\dots (5)$$

Sebagian besar pelanggan bertarif rumah tangga (tarif R) menggunakan kWh meter 1 fasa.

- 2. kWh meter 3 fasa :
 - a. 3 kawat : tarif ganda, tarif tunggal
 - b. 4 kawat : tarif ganda, tarif tunggal

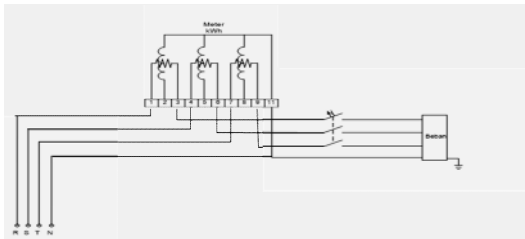


Gambar-3. kWh meter 3 fasa

2.1.3 Jenis Pengukuran Pada kWh meter 3 fasa 4 kawat

a. Pengukuran Langsung
 Pengukuran langsung digunakan pada pelanggan yang daya kontraknya antara 450 VA sampai dengan 6.000 VA. Mengacu pada surat 'Edaran Direksi Penyedia Tenaga Listrik nomor 018.E/012/DIR/2002', untuk daya kontrak pelanggan ≥ 13.900 VA harus mempergunakan sistim pengukuran tidak langsung.

Pada kWh meter 3 fasa 4 kawat pengukuran langsung, rangkaian beban disambung langsung dengan kWh meter, seperti yang terlihat pada gambar-4



Gambar-4. Rangkaian Pengawatan Pengukuran Langsung kWh meter 3 fasa 4 kawat

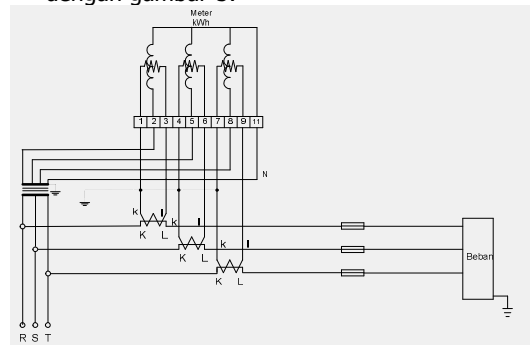
b. Pengukuran Tidak Langsung
 Pengukuran tidak langsung digunakan pada pelanggan yang daya kontraknya lebih dari 13.900 VA. Hal tersebut mengacu pada surat 'Edaran Direksi nomor 018.E/012/DIR/2002'. Besarnya arus nominal CT primer harus dipilih agar nilainya sedekat mungkin dengan arus nominal daya kontrak pada pelanggan. Selain itu jika dipasang di sebuah gardu maka nilai arus primer CT harus disesuaikan dengan besarnya arus nominal dari daya trafo gardu. Pada pengukuran energi listrik tidak langsung, alat ukur tidak disambung langsung terhadap beban, oleh karena itu memungkinkan terjadinya perbedaan antara daya/ energi yang terukur oleh meter dengan daya/ energi yang digunakan pada beban. Hal tersebut bisa terjadi jika ada kesalahan pengawatan/ sambungan. Besarnya kesalahan dituliskan sebagai :

$$\Sigma = (P1-P2) / P2 \times 100\% = \pm 5\% \dots\dots\dots(6)$$

Dimana; P1 adalah daya yang terukur pada meter dan P2 daya yang digunakan/ terukur pada beban. Nilai kesalahan sampai dengan $\pm 5\%$, pengukuran pembebanan adalah normal. Untuk nilai kesalahan diluar $\pm 5\%$, berarti ada fihak yang dirugikan. Kerugian bisa terjadi pada pelanggan dan bisa terjadi pada penyedia tenaga listrik.

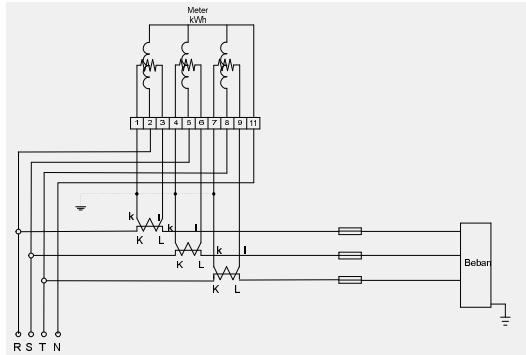
Terdapat 2 jenis pengukuran tidak langsung, yaitu:

b.1 Pengukuran tidak langsung tegangan menengah 20 kV. Pengukuran daya/ energi Listrik pada tegangan menengah, menggunakan CT dan PT. Selain itu kWh meter memiliki kemampuan batas ukur arus 1 sampai dengan 5 Ampere dan tegangan 220 Volt. Gambar pengawatan sesuai dengan gambar-5.



Gambar-5. Rangkaian pengawatan kWh meter Pengukuran tidak langsung tegangan menengah (TM).

b.2 Pengukuran tidak langsung tegangan rendah (TR) Pada tegangan rendah, hanya menggunakan CT. Selain itu kWh meter memiliki spesifikasi tegangan 220/380 Volt. Gambar pengawatan sesuai dengan gambar-6



Gambar-6. Rangkaian pengawatan kWh meter pengukuran tidak langsung tegangan rendah (TR)

2.2 Trafo Arus / Current Transformer (CT)

Trafo Arus atau Current Transformer (CT) adalah alat yang berfungsi mentransformasikan arus menjadi lebih besar atau lebih kecil. Pada pengukuran tidak langsung, CT digunakan untuk mentransformasikan arus yang besar menjadi kecil guna memperbesar batas pengukuran atau sebagai proteksi. Kumparan primer transformator arus dihubungkan seri dengan jaringan atau peralatan yang akan diukur arusnya, sedang kumparan sekunder dihubungkan dengan meter atau relai proteksi. Peralatan ukur dan relai kapasitas arusnya 1 sampai dengan 5A.

kWh meter memiliki keterbatasan kemampuan mengukur beban yang besar, sehingga CT merupakan komponen utama yang sangat diperlukan pada pengukuran sistem tidak langsung.

Trafo arus memiliki standard arus pengenal untuk sisi sekundernya, yakni 2000/5A, 300/1A, artinya : 2000A dan 300A merupakan arus primernya (I_p), sedangkan 5A dan 1A adalah arus sekundernya (I_s).

Fungsi transformator arus adalah:

1. Mentransformasikan dari arus yang besar (primer) ke arus yang kecil (sekunder) untuk keperluan pengukuran atau proteksi
2. Sebagai isolasi sirkuit sekunder dari sisi primernya.
3. Memungkinkan penggunaan standar arus pengenal untuk meter atau relai di sisi sekundernya.

2.2.1 Prinsip Kerja Trafo Arus

Prinsip kerja trafo arus sama dengan trafo daya satu fasa. Jika pada kumparan primer mengalir arus I_1 , maka pada kumparan primer timbul gaya gerak magnet sebesar $N_1 \cdot I_1$. Gaya gerak magnet ini memproduksi fluks pada inti, kemudian membangkitkan gaya gerak listrik (GGL) pada

kumparan sekunder. Jika terminal kumparan sekunder tertutup, maka pada kumparan sekunder mengalir arus I_2 , arus ini menimbulkan gaya gerak magnet $N_2 I_2$ pada kumparan sekunder.

2.2.2 Peralatan dan Komponen

Peralatan dan komponen yang digunakan adalah:

- a. Beban (lampu) 12 buah a:100W
- b. kWh meter 3 fasa
- c. 3 buah Trafo Arus
- d. MCB 3 fasa
- e. Fuse

Instrumen alat ukur, seperti Amperemeter dan Voltmeter, $\cos \theta$ meter, Power Quality meter.

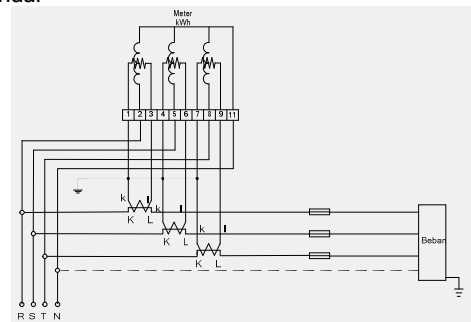
Tabel-1.

Spesifikasi Beban Lampu

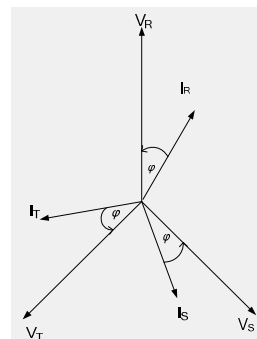
No	Jenis Beban	Merk	Daya	Jml fasa	Lampu per Fasa	Jumlah Total Lampu
1	Lampu pijar	Philips	100W	3	4	12
Jumlah						1200 Watt

3. Percobaan, Pengumpulan Data dan Analisis

1. Pengawatan kWh Meter 3 Fasa Dengan Kondisi Rangkaian Tegangan dan Arus Kondisi Normal/ Standar



Gambar-7. Rangkaian pengawatan kWh meter normal



Gambar -8. Diagram vektor pengawatan kWh meter normal/ standar

Daya pada Tabel (2 s/d 6) mengikuti persamaan-4

Tabel-2.
Data Percobaan P2 Pada Sisi Beban Dan Perhitungan

Waktu (menit)	Tegangan (V) (Volt)			Arus (I) (Ampere)			Cos φ			Daya Beban P2 (Watt)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
1	219.38	219.38	219.38	1.89	1.92	1.88	0.89	0.85	0.85	369.0	358.0	350.6
6	219.38	219.38	219.38	1.90	1.92	1.87	0.89	0.85	0.85	371.0	358.0	348.7
12	219.96	220.54	219.38	1.90	1.92	1.86	0.89	0.85	0.85	372.0	359.9	346.8
18	220.54	222.37	221.69	1.90	1.93	1.85	0.89	0.85	0.85	372.9	364.8	348.6
24	221.69	219.96	222.27	1.91	1.93	1.86	0.89	0.85	0.85	376.9	360.8	351.4
30	222.27	219.96	219.96	1.92	1.91	1.85	0.89	0.85	0.85	379.8	357.1	345.9
36	220.54	220.54	220.54	1.92	1.93	1.88	0.89	0.85	0.85	376.9	361.8	352.4
42	221.69	221.69	221.69	1.92	1.92	1.86	0.89	0.85	0.85	378.8	361.8	350.5
48	221.11	221.11	221.11	1.91	1.93	1.85	0.88	0.85	0.85	371.6	362.7	347.7
54	219.38	219.96	219.38	1.90	1.92	1.86	0.88	0.85	0.85	366.8	359.0	346.8
60	219.96	219.96	219.96	1.90	1.92	1.86	0.88	0.85	0.85	367.8	359.0	347.8
Rerata	220.54	220.44	220.43	1.91	1.92	1.86	0.89	0.85	0.85	373.0	360.3	348.8
P total pada sisi beban kondisi normal/ sambungan standar											1082.15	

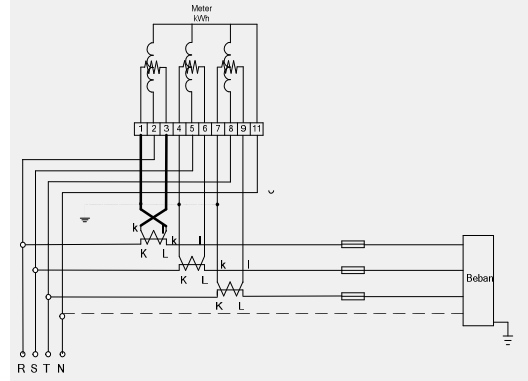
Tabel-3.
Data Percobaan P1 Pada Sisi Energi Meter Dan Perhitungan Pada Sisi Primer Ct Dililit Sebanyak 4 Lilitan Untuk Menurunkan Faktor Kali Ct

Waktu (Menit)	Tegangan (V) (Volt)			Arus (I) (Ampere)			Cos φ (Ukur)			Daya Meter P1 (Watt)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
1	219.38	219.38	219.38	1.89	1.92	1.88	0.89	0.85	0.85	387.47	375.93	368.10
6	219.38	219.38	219.38	1.9	1.92	1.87	0.89	0.85	0.85	389.52	375.93	366.14
12	219.38	219.36	219.96	1.9	1.92	1.86	0.89	0.85	0.85	389.52	375.90	365.14
18	220.54	220.54	220.54	1.9	1.93	1.85	0.89	0.85	0.85	391.58	379.89	364.14
24	221.69	222.27	222.27	1.91	1.93	1.86	0.89	0.85	0.85	395.69	382.87	368.98
30	222.27	219.96	219.96	1.92	1.91	1.85	0.89	0.85	0.85	398.81	374.96	363.18
36	220.54	220.54	220.54	1.92	1.93	1.88	0.89	0.85	0.85	395.70	379.89	370.04
42	221.69	221.11	221.69	1.92	1.92	1.86	0.89	0.85	0.85	397.77	378.89	368.02
48	221.11	221.11	221.11	1.91	1.93	1.85	0.88	0.85	0.85	390.22	380.87	365.08
54	219.38	219.96	219.38	1.9	1.92	1.86	0.88	0.85	0.85	385.14	376.92	364.18
60	219.38	219.96	219.96	1.9	1.92	1.84	0.88	0.85	0.85	385.14	376.92	361.22
Rerata	220.43	220.32	220.38	1.91	1.92	1.86	0.89	0.85	0.85	391.51	378.09	365.84
Ptotal terukur pada meter energi										P1 = 1135.43		
Ptotal terukur pada beban										P2 = 1082.20		

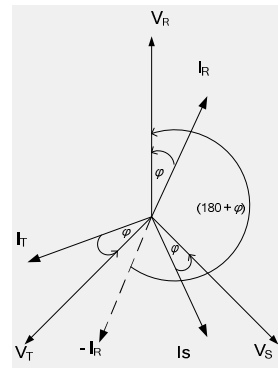
$$\Sigma = (P1-P2)/P2 \times 100\% = (1135.4324-1082.2)/1082.2 \times 100\% = 0.049 \times 100\% = 4.9\%$$

Merujuk pada table-2 dan table-3, didapat daya yang terukur pada meter (P1) = 1135.43 Watt dan daya pada beban (P2) = 1082.20 Watt. Sesuai persamaan-6, besarnya kesalahan (Σ) = + 4.9%.

2. Polaritas Rangkaian Arus Fasa (I_R) Terbalik



Gambar-9. Polaritas Rangkaian Arus Fasa 1 (I_R) Terbalik



Gambar-10. Diagram Vektor Polaritas Rangkaian Arus Fasa (I_R) Terbalik

Tabel-4.
Data Percobaan P2 Pada Sisi Beban dan Perhitungan, Kutub CT Pada Fasa Ir Terbalik.

Waktu (menit)	Tegangan (V) (Volt)			Arus (I) (Ampere)			Cos φ			Daya Beban P2 (Watt)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
1	219.38	219.38	219.38	1.89	1.92	1.88	0.89	0.85	0.85	369.02	358.03	350.57
6	219.38	219.38	219.38	1.9	1.92	1.87	0.89	0.85	0.85	370.97	358.03	348.7
12	219.96	219.38	219.38	1.9	1.92	1.86	0.89	0.85	0.85	371.95	358.03	346.84
18	220.54	220.54	220.54	1.9	1.93	1.85	0.89	0.85	0.85	372.93	361.8	346.8
24	221.69	221.69	221.69	1.91	1.93	1.86	0.89	0.85	0.85	376.85	363.68	350.49
30	219.38	219.38	219.38	1.92	1.91	1.85	0.89	0.85	0.85	374.88	356.16	344.98
36	220.54	220.54	220.54	1.92	1.93	1.88	0.89	0.85	0.85	376.86	361.8	352.42
42	221.69	221.69	221.11	1.92	1.92	1.86	0.89	0.85	0.85	378.82	361.8	349.57
48	221.11	221.11	221.38	1.91	1.93	1.85	0.88	0.85	0.85	371.64	362.73	348.12
54	219.96	219.96	219.38	1.9	1.92	1.86	0.88	0.85	0.85	367.77	358.97	346.84
60	219.96	219.96	219.96	1.9	1.92	1.86	0.88	0.85	0.85	367.77	358.97	347.76
Rerata	220.33	220.27	220.19	1.91	1.92	1.86	0.89	0.85	0.85	372.68	360	348.46
Daya total											1081.1	

Tabel-5.

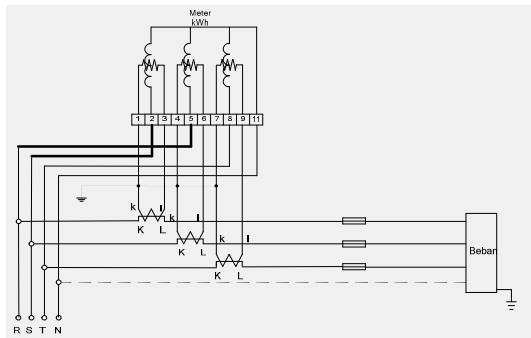
Data Percobaan P1 Pada Sisi Energi Meter Dan Perhitungan. Pada Sisi Primer CT Dililit Sebanyak 4 Lilitan

Waktu (Menit)	Tegangan (V) (Volt)			Arus (I) (Ampere)			Cos ϕ			Daya Meter P1 (Watt)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
1	214	215	215	1.88	1.90	1.85	-0.88	0.85	0.85	-371.74	364.59	354.99
6	213	214	215	1.88	1.90	1.85	-0.89	0.85	0.85	-374.21	362.89	354.99
12	215	215	215	1.88	1.90	1.84	-0.88	0.85	0.85	-373.48	364.59	353.07
18	214	214	215	1.89	1.90	1.83	-0.88	0.85	0.85	-373.72	362.89	351.15
24	215	215	215	1.88	1.90	1.85	-0.88	0.85	0.85	-373.48	364.59	354.99
30	216	215	215	1.89	1.91	1.84	-0.89	0.85	0.85	-381.50	366.51	353.07
36	215	215	215	1.89	1.91	1.83	-0.89	0.85	0.85	-379.73	366.51	351.15
42	215	216	216	1.88	1.91	1.86	-0.89	0.85	0.85	-377.72	368.21	358.57
48	214	215	216	1.88	1.90	1.84	-0.89	0.85	0.85	-375.97	364.59	354.72
54	215	217	217	1.89	1.91	1.86	-0.89	0.85	0.85	-379.73	369.91	360.23
60	217	217	217	1.90	1.91	1.86	-0.89	0.85	0.85	-385.29	369.91	360.23
Rerata	215	215	216	1.89	1.90	1.85	-0.89	0.85	0.85	-376.96	365.93	355.20
Rerata	V =	215	Volt	I =	1.87879	Ampere	Cos ϕ =	0.2712		P1 =	344.16	
Daya beban (P2) =										P2 =	1081.1	

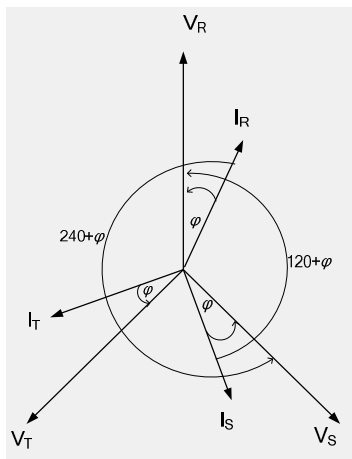
Tabel-6.

Data Percobaan P2 Pada Sisi Beban Dan Perhitungan, Tegangan R Tertukar Dengan S

Waktu (Menit)	Tegangan (V) (Volt)			Arus (I) (Ampere)			Cos ϕ			Daya Beban P2 (Watt)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
1	219.4	219.4	219.4	1.89	1.92	1.88	0.89	0.85	0.85	369.02	358.03	350.569
6	219.4	219.4	219.4	1.9	1.92	1.87	0.89	0.85	0.85	370.97	358.03	348.705
12	220	219.4	219.4	1.9	1.92	1.86	0.89	0.85	0.85	371.95	358.03	346.84
18	220.5	220.5	220.5	1.9	1.93	1.85	0.89	0.85	0.85	372.93	361.8	346.799
24	221.7	221.7	221.7	1.91	1.93	1.86	0.89	0.85	0.85	376.85	363.68	350.492
30	219.4	219.4	219.4	1.92	1.91	1.85	0.89	0.85	0.85	374.88	356.16	344.975
36	220.5	220.5	220.5	1.92	1.93	1.88	0.89	0.85	0.85	376.86	361.8	352.423
42	221.7	221.7	221.1	1.92	1.92	1.86	0.89	0.85	0.85	378.82	361.8	349.575
48	221.1	221.1	221.4	1.91	1.93	1.85	0.88	0.85	0.85	371.64	362.73	348.12
54	220	220	219.4	1.9	1.92	1.86	0.88	0.85	0.85	367.77	358.97	346.84
60	220	220	220	1.9	1.92	1.86	0.88	0.85	0.85	367.77	358.97	347.757
Rerata	220.3	220.3	220.2	1.906	1.923	1.862	0.89	0.85	0.85	372.68	360	348.463
Daya total											1081.14	



Gambar-11. Pengawatan Rangkaian Tegangan Fasa 1(I_R) dan Fasa 2(I_S) Tertukar



Gambar-12. Diagram Vektor dengan Rangkaian Tegangan (V_R) dan (V_S) Tertukar

Tabel-7.

Data Percobaan P1 Pada Sisi Energi Meter Dan Perhitungan. Tegangan R Tertukar Dengan S

Waktu (Menit)	Tegangan (V) (Volt)			Arus (I) (Ampere)			Cos ϕ			Daya Meter P1 (Watt)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
1	214	215	215	1.88	1.9	1.85	-0.99	0.03	0.85	-418.2	12.87	354.99
6	213	214	215	1.88	1.9	1.85	-0.99	0.03	0.85	-416.3	12.81	354.99
12	215	215	215	1.88	1.9	1.84	-0.99	0.03	0.85	-420.2	12.87	353.07
18	214	214	215	1.89	1.9	1.83	-0.99	0.03	0.85	-420.4	12.81	351.15
24	215	215	215	1.88	1.9	1.85	-0.99	0.03	0.85	-420.2	12.87	354.99
30	216	215	215	1.89	1.91	1.84	-0.99	0.03	0.85	-424.4	12.94	353.07
36	215	215	215	1.89	1.91	1.83	-0.99	0.03	0.85	-422.4	12.94	351.15
42	215	216	216	1.88	1.91	1.86	-0.99	0.03	0.85	-420.2	13.00	358.57
48	214	215	216	1.88	1.9	1.84	-0.99	0.03	0.85	-418.2	12.87	354.72
54	215	217	217	1.89	1.91	1.86	-0.99	0.03	0.85	-422.4	13.06	360.23
60	217	217	217	1.9	1.91	1.86	-0.99	0.03	0.85	-428.6	13.06	360.23
Rerata	215	215	216	1.89	1.9	1.8464	-0.99	0.03	0.85	-421	12.92	355.2
Rerata	V =	215	Volt	I =	1.88	Ampere	Cos ϕ =	-0.04		P1 =	-52.92	
Daya beban (P2) =										P2 =	1081.1	

3. Pengawatan/sambungan Polaritas Rangkaian Arus Fasa (I_R) Terbalik

Merujuk pada table-4 dan table-5, didapat daya yang terukur pada meter (P1) = 344.16 Watt dan daya pada beban (P2) = 1081.10 Watt. Sesuai persamaan-6, besarnya kesalahan (Σ) = -68.17%

4. Pengawatan/ sambungan Rangkaian Tegangan (V_R) dan (V_S) Tertukar.

Merujuk pada table-6 dan table-7, didapat daya yang terukur pada meter (P1) = -52.92 Watt dan daya pada beban (P2) = 1081.10 Watt. Sesuai persamaan-6, besarnya kesalahan (Σ) = -105%

4. Simpulan dan Saran

4.1 Simpulan

a. Pada pengawatan/ sambungan normal/standar: Berdasarkan analisis, kesalahan yang ditunjukkan oleh meter sebesar 4.9%. Mengacu pada Standar PLN No. Tahun, kesalahan tersebut dalam batas normal, dan berarti tidak ada yang dirugikan antara penyedia dengan pengguna energi listrik.

- b. Pada pengawatan/ sambungan Polaritas Rangkaian Arus Fasa (I_R) Terbalik. Berdasarkan analisis, kesalahan yang ditunjukkan oleh meter sebesar -68.17 %. Mengacu pada Standar PLN No. Tahun, kesalahan tersebut berarti penyedia listrik merugi 68.17 % dari daya/ energi yang digunakan pengguna listrik.
- c. Pengawatan/ sambungan Rangkaian Tegangan (V_R) dan (V_S) Tertukar. Berdasarkan analisis, kesalahan yang ditunjukkan oleh meter sebesar - 105 %. Mengacu pada Standar PLN No. Tahun, kesalahan tersebut berarti penyedia listrik merugi 105 % dari daya/ energi yang digunakan pengguna listrik.

4.2 Saran

Pengawatan/ penyambungan pada energi meter pengukuran tidak langsung dilakukan secara benar dan memenuhi standar konstruksi dan dilakukan oleh sumber daya manusia yang kompeten. Pihak yang berwenang dan memiliki kompetensi melakukan pemeriksaan secara rutin sistem instalasinya, untuk menghindari terjadinya kesalahan yang berkepanjangan.

5. Daftar Pustaka

- [1] Asmono, Dwi. 2010. Instalasi Tegangan Menengah, Politeknik Negeri Bandung.
- [2] Asmono, Dwi. 2012. Pengukuran Energi Listrik Tidak Langsung Menggunakan Trafo Arus Berbeda Karakteristik., Jurnal Terapan Teknik Elektro., Politeknik Negeri Bandung
- [3] Cooper D William., Pakpahan Sahat., (1985) Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran., Jakarta
- [4] Indra, Devy Bamita. (2007). Analisa Pembacaan Daya Pada kWh Meter Tiga Fasa Akibat Terlepasnya Satu Atau Dua Kabel Fasa. Universitas Sultan Agung.
- [5] Kadarisman, pribadi, Penyulang trafo arus 20 Kv jenuh. Alat pengukur, pembatas dan perlengkapannya. SPLN 55 (1990), Perusahaan umum listrik negara.
- [6] Sarimun, wahyudi, (2009), Pengaruh instrument pengukuran pada meter transaksi tenaga listrik.
- [7] Soekarto, (2001), proteksi pada pembangkit (trafo arus).
- [8], (2002), Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 Badan Standardisasi Nasional. Jakarta
- [9], (1987), transformator arus. SPLN 76, Perusahaan umum listrik negara.
- [10], (1990), Pengujian CT dan PT., Jasa Pendidikan dan Latihan, Bogor., Perusahaan umum listrik negara.