

PENGUKURAN ENERGI LISTRIK TIDAK LANGSUNG MENGGUNAKAN KWH METER DAN KVARH METER

Dwi Asmono¹⁾

Supriyanto²⁾

^{1,2)} Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung

E-mail: asmonodwi@gmail.com

Abstrak

Pada pembebanan di bidang ketenagalistrikan terdapat tiga katagori beban, yakni beban resistif, induktif dan kapasitif. Sifat induktif dan kapasitif membentuk sudut fasa baik induktif/ mengikuti (lagging) maupun kapasitif/ mendahului (leading). Dari ketiga katagori beban listrik, selanjutnya terdapat tiga macam daya, yakni daya semu (S), daya aktif (P) dan daya reaktif (Q). Daya semu (S) adalah daya jumlah secara vector antara daya aktif (P) dan daya reaktif (Q). Energi listrik aktif adalah perkalian daya aktif (P) dengan waktu (t) dalam satuan kWh dan alat ukurnya bernama kWh meter. Energi listrik reaktif adalah perkalian antara tegangan listrik, arus listrik dan waktu dengan satuan kVARh dan alat ukurnya kVARh meter. Pada penulisan ini bertujuan melihat perilaku/ pengaruh beban listrik dari tiga katagori penunjukan kWh meter dan kVARh meter. Pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran energi listrik tidak langsung, sehingga meter tidak disambung langsung dengan beban, melainkan melalui trafo arus/ current transformer (CT), sehingga hasil ukurnya harus dikalikan dengan kelipatan sesuai perbandingan trafo arusnya. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban resistif, induktif dan kapasitif secara bergantian sebagai beban, kemudian diamati putaran piringan kWh meter dan kVARh meter. Dari pengamatan putaran piringan tersebut dilakukan perhitungan energi sesuai dengan konstanta meter, juga membaca besarnya energi yang ditunjukkan oleh meter, hasil ukur terdapat perbedaan, hal ini disebabkan adanya kelas alat ukur. Pada beban resistif, kWh meter menunjuk dan kVARh meter tidak menunjuk, pada beban induktif, kWh meter menunjuk dan kVARh meter menunjuk dan pada beban kapasitif, kWh meter tidak menunjuk, kVARh meter menunjuk.

Kata kunci : Energi listrik, Daya, KWH meter, KVAR meter

I. Pendahuluan

Alat-alat listrik yang digunakan oleh pengguna listrik sangat beragam, dalam dunia kelistrikan alat-alat tersebut dikelompokkan menjadi tiga katagori beban, yakni beban resistif, induktif dan kapasitif. Pengaruh ketiga katagori beban, membentuk daya listrik semu, daya listrik aktif dan daya reaktif. Daya listrik aktif yang digunakan selama waktu tertentu membentuk energi listrik dalam satuan kWh, sedang daya listrik reaktif yang digunakan selama waktu tertentu dalam satuan kVARh. KWh meter dan kVARh meter digunakan untuk mengukur energi listrik yang digunakan. Pada pengukuran energi listrik yang cukup besar digunakan metode pengukuran tidak langsung dengan menggunakan trafo arus atau

trafo tegangan agar nilai arus atau tegangan yang diukur dapat memenuhi kemampuan alat ukur.

KWh meter adalah alat untuk mengukur besar pemakaian energi nyata. Alat ini sangat umum dijumpai di rumah maupun industri. Konsumen listrik berkapasitas besar, oleh PLN diberlakukan 2 periode konsumsi energi listrik yaitu WBP (Waktu beban Puncak) dan LWBP (Luar Waktu Beban Puncak). KWh meter tarif ganda memiliki dua register untuk menghitung besar pemakaian energi nyata pada WBP dan LWBP.

KVARh meter adalah alat untuk mengukur besar pemakaian energi reaktif. Alat ini sangat umum dijumpai di industri-industri yang banyak

menggunakan beban, seperti motor listrik yang dapat mempengaruhi faktor kerjanya.

KWh meter dan kVArh meter bekerja menggunakan metode induksi medan magnet dimana medan magnet tersebut menggerakkan piringan yang terbuat dari aluminium. Putaran piringan tersebut akan menggerakkan register sebagai tampilan jumlah pemakaian energinya.

II. Kajian Pustaka.

Pengukuran Energi Listrik

Pengukuran listrik mempunyai tujuan untuk mengetahui besarnya listrik yang digunakan. Alat yang digunakan sebagai pembandingan/penunjuk disebut instrumen pengukur. Instrumen ini berfungsi untuk mengukur nilai besaran listrik yang diukur. Pada sistem pengukuran energi listrik AC tiga fasa diperlukan alat ukur energi listrik yaitu kWh (KiloWatt Hour) meter analog atau kWh meter digital tiga fasa. Ada dua cara dalam pengukuran energi listrik tiga fasa yaitu:

1. Sistem pengukuran langsung

Sistem pengukuran langsung digunakan untuk pengukuran daya yang kecil dan tegangan rendah dan dalam prakteknya kWh meter langsung dihubungkan ke jala-jala dan beban yang akan diukur energi listriknya.

2. Sistem pengukuran tidak langsung

Sistem pengukuran tidak langsung digunakan untuk pengukuran daya besar atau tegangan tinggi dan dalam prakteknya kWh meter dihubungkan melalui alat bantu yaitu transformator tegangan (PT) atau transformator arus (CT) ke jala-jala dan beban yang akan diukur energi listriknya.

Pembacaan kWh meter pada pengukuran tidak langsung terdiri dari:

A. Pencatat primer, penunjukannya langsung sama dengan pada kWh meter sambungan langsung, karena perbandingan transformator sudah diperhitungkan dalam perbandingan gigi penggerak.

B. Pencatat semi primer, hasil pembacaan harus dikalikan dengan perbandingan transformator arus untuk mendapatkan harga sebenarnya.

C. Pencatat sekunder, hasil pembacaan harus dikalikan dengan perbandingan transformator arus dan transformator tegangan.

KWh Meter

KWh meter digunakan oleh pihak penyedia tenaga listrik/ PLN untuk menghitung besar pemakaian energi listrik konsumen. Alat ini sangat umum

dijumpai di masyarakat. Bagian utama dari sebuah kWh meter adalah kumparan tegangan, kumparan arus, piringan aluminium, magnet tetap yang tugasnya menetralkan piringan aluminium dari induksi medan magnet dan gear mekanik yang mencatat jumlah perputaran piringan aluminium.

Alat ini bekerja menggunakan metode induksi medan magnet dimana medan magnet tersebut menggerakkan piringan yang terbuat dari aluminium. Putaran piringan tersebut akan menggerakkan counter digit sebagai tampilan jumlah kWh nya.

KWh meter mengukur energi nyata secara langsung melalui hasil kali tegangan, arus faktor kerja dan waktu yang tertentu ($UI \cos \phi t$) yang bekerja padanya selama jangka waktu tertentu tersebut. Prinsip bekerjanya induksi magnetis oleh medan magnet yang dibangkitkan arus yang mengalir melalui kumparan arus terhadap disc (piringan putar) kWh meter. Induksi magnetis yang dibangkitkan oleh kumparan arus berpotongan dengan induksi magnetis yang dibangkitkan oleh arus yang melewati kumparan tegangan terhadap disc yang sama. Hal ini dimungkinkan dengan konstruksi kumparan tegangan dibuat dalam jumlah besar gulungan sehingga dapat dianggap induktansi murni.

Dalam pengukuran energi listrik, terdapat beberapa jenis kWh meter yang dapat digunakan, [5], [8],[9], [12],diantaranya:

1). KWh meter 1 fasa

2). KWh meter 3 fasa:

a. KWh meter 3 fasa 3 kawat: tarif ganda, tarif tunggal

b. KWh meter 3 fasa 4 kawat: tarif ganda, tarif tunggal

Bagian-Bagian KWh Meter

Bagian-bagian kWh meter 1 fasa diantaranya [12]:

1). Kotak Meter

Bagian meter yang terdiri dari dasar dan tutup meter. Kotak meter ini harus kedap debu dan dapat disegel sehingga bagian dalam meter hanya dapat dicapai dengan merusak segel dan ini adalah tidak dibolehkan kecuali petugas yang berwenang, yakni pemilik segel sebagai penyedia tenaga listrik.

2). Kumparan Arus

Pada kWh meter 1 fasa terdapat 1 set kumparan arus. Pada kWh meter 3 fasa 3 kawat terdapat 2 set kumparan arus. Pada kWh meter 3 fasa 4 kawat terdapat 3 set kumparan arus.

3). Kumparan Tegangan

Pada kWh meter 1 fasa terdapat 1 set kumparan tegangan. Pada kWh meter 3 fasa 3 kawat terdapat 2

set kumparan tegangan. Pada kWh meter 3 fasa 4 kawat terdapat 3 set kumparan tegangan.

4). Piringan

Piringan kWh meter ditempatkan dengan dua buah bantalan (atas dan bawah) yang digunakan agar piringan kWh meter dapat berputar dengan mendapat gesekan sekecil mungkin.

5). Rem Magnit

Rem magnit adalah terbuat dari magnit permanen, mempunyai satu pasang kutub (Utara dan selatan) yang gunanya untuk mengatasi akibat adanya gaya berat dari piringan kWh meter dan menghilangkan/meredam ayunan perputaran piringan serta alat kalibrasi semua batas arus.

6). Roda Gigi dan Alat Pencatat (Register)

Sebagai transmisi perputaran piringan, sehingga alat pencatat merasakan adanya perputaran, untuk mencatat jumlah energi yang diukur oleh kWh meter tersebut dan mempunyai satuan, puluhan, ratusan, ribuan dan puluh ribuan.

7). Terminal Blok

Tempat penyambungan pengawatan sumber tegangan dan beban ke kumparan arus dan kumparan tegangan.

8). Data KWh Meter

Pada name plate kWh meter tercantum data sebagai berikut:

- Nama alat atau merek pabrik
- Tipe atau jenis meter
- Cara pengawatan
- Tegangan
- Arus
- Frekuensi
- Konstanta meter
- Kelas
- Satuan energi listrik

KWh Meter 1 Fasa

KWh meter 1 fasa memiliki dua kumparan yaitu kumparan tegangan dengan koil yang diameternya tipis dengan jumlah kumparan lebih banyak dari pada kumparan arus berbentuk coil yang diameternya besar dibandingkan kumparan tegangan.

KWh Meter 3 Fasa

KWh meter 3 fasa pada sistem 4 kawat memiliki 3 kumparan tegangan dan 3 kumparan arus. Pada kWh meter 3 fasa sistem 3 kawat memiliki 2 kumparan tegangan dan 2 kumparan arus. kWh meter 3 fasa pada penunjuk register energi yang terpakainya ada yang memiliki satu register ada pula yang memiliki dua register, kWh meter yang terdiri satu register disebut dengan kWh meter

jenis tarif tunggal sedangkan yang memiliki dua register disebut dengan jenis kWh meter tarif ganda.

KWh meter tiga fasa tarif ganda dua registernya digunakan untuk menampilkan pemakaian energi listrik pada WBP dan LWBP. WBP singkatan dari waktu beban puncak, pada periode waktu sore/malam hari pukul 17.00 s/d pukul 23.00, dengan tarif listriknya lebih besar/ mahal dibandingkan LWBP luar waktu beban puncak (LWBP) [12]. Pada kWh meter tipe tarif ganda ini pengawatannya dilengkapi dengan timer sebagai saklar untuk mengatur register yang bekerja.

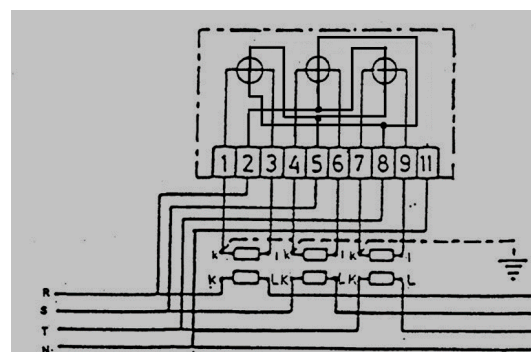
KVArh Meter

VARh meter adalah instrument ukur listrik yang mengukur energi reaktif dalam satuan VAR/jam atau KVArh jam, alat ukur ini digunakan untuk pengukuran energi listrik komersil. Kumparan arus seri dihubungkan dengan hantaran dan kumparan tegangan, dihubungkan secara paralel.

Karena beragamnya beban, tidak semuanya memiliki faktor daya ($\cos \phi$) sebesar satu, kebanyakan memiliki nilai yang kurang dari satu. Faktor daya 1 akan didapatkan jika beban bersifat resistif murni, seperti pada alat pemanas (heater). Adanya unsur lilitan dan inti besi seperti pada ballast pada lampu TL, motor-motor listrik, las listrik dan trafo menyebabkan nilai faktor dayanya berkurang/ menjauh dari angka satu dan terdapat tiga parameter daya, yakni ; daya semu, daya aktif dan daya reaktif.

Daya semu satuannya VA, daya aktif adalah daya yang benar benar dipakai oleh beban, satuannya adalah Watt (W). Energi yang memerlukan daya aktif ini diukur dengan alat pengukur listrik, yakni kilowatt-hour meter (kWh meter).

Daya reaktif adalah daya listrik dengan besaran Q dengan satuan Var atau KVAr. Energi reaktif ini diukur dengan alat pengukur listrik, yakni kiloVolt Ampere reaktif -hour meter (KVArh meter).



Gambar 2.1 Pengawatan kVArh meter tiga fasa[12].

Kategori Beban Listrik

Alat-alat listrik yang digunakan konsumen sangat beragam, dalam dunia kelistrikan alat-alat tersebut dikelompokkan menjadi tiga kategori/ sifat sifat beban yaitu beban resistif, induktif dan kapasitif.

Beban resistif (R) yaitu beban yang terdiri dari komponen tahanan ohm saja (resistance), seperti elemen pemanas (heating element) dan lampu pijar. Beban jenis ini hanya mengkonsumsi beban aktif saja dan mempunyai faktor daya sama dengan satu, tegangan dan arus sefasa. Persamaan daya sebagai berikut:

$$P=V \times I \quad [3], [10] \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan:

P = daya aktif yang digunakan beban (watt)

V = tegangan yang mencatu beban (volt)

I = arus yang mengalir pada beban (A)

Beban induktif (L) yaitu beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada suatu inti, seperti; coil, transformator, dan solenoida. Beban ini dapat mengakibatkan pergeseran fasa (phase shift) pada arus sehingga bersifat lagging. Hal ini disebabkan oleh energi yang tersimpan berupa medan magnetis akan mengakibatkan fasa arus bergeser menjadi tertinggal terhadap tegangan. Beban jenis ini menyerap daya aktif dan daya reaktif. Persamaan daya aktif untuk beban induktif adalah sebagai berikut:

$$P=V \times I \times \cos \phi \quad [3], [10] \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan:

P = daya aktif yang diserap beban (watt)

V = tegangan yang mencatu beban (volt)

I = arus yang mengalir pada beban (A)

ϕ = sudut antara arus dan tegangan

Untuk menghitung besarnya reaktansi induktif (XL), dapat digunakan rumus:

$$X_L=2 \times \pi \times f \times L \quad [10] \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan:

X_L = reaktansi induktif

f = frekuensi (Hz)

L = induktansi (Henry)

Beban kapasitif (C) yaitu beban yang memiliki kemampuan kapasitansi atau kemampuan untuk menyimpan energi yang berasal dari pengisian elektrik (electrical discharge) pada suatu sirkuit. Komponen ini dapat menyebabkan arus leading terhadap tegangan. Beban jenis ini menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif. Persamaan daya aktif untuk beban induktif adalah sebagai berikut:

$$P= V \times I \times \cos \phi. \quad [10] \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan:

P = daya aktif yang diserap beban (watt)

V = tegangan yang mencatu beban (volt)

I = arus yang mengalir pada beban (A)

ϕ = sudut antara arus dan tegangan

Daya Listrik

Daya kekuatan yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha [2]. Daya listrik dinyatakan dalam satuan watt atau horsepower (HP), horsepower merupakan satuan daya listrik dimana 1 HP setara 746 watt atau lbft/second. Sedangkan watt merupakan unit daya listrik dimana 1 watt memiliki daya setara dengan daya yang dihasilkan oleh perkalian arus 1 Ampere dan tegangan 1 Volt, pada faktor daya satu. Daya dinyatakan dalam P, tegangan dinyatakan dalam V dan Arus dinyatakan dalam I.

Daya yang dipakai oleh beban disebut sebagai daya aktif. Daya aktif dilambangkan oleh huruf P dan diukur dalam satuan W (Watt). Daya aktif (Active Power) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya, misalnya energi panas, cahaya, mekanik dan lain-lain. Daya ini digunakan secara umum oleh konsumen dan dikonversikan dalam bentuk kerja.

$$P=V \times I \times \cos \phi \quad [10] \dots\dots\dots(2.6)$$

$$P=3 \times V_f \times I_f \times \cos \phi \quad [10] \dots\dots\dots(2.7)$$

Daya yang digunakan dan kembali kesumbernya karena sifat beban yang reaktif disebut sebagai daya reaktif. Daya reaktif dengan lambang huruf Q dan diukur dalam satuan VAr(Volt-Amps-reaktif). Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, dan lain-lain.

$$Q=V \times I \times \sin \phi \dots\dots\dots[10] \dots\dots\dots(2.8)$$

$$Q=3 \times V_f \times I_f \times \sin \phi.[10] \dots\dots\dots(2.9)$$

Daya semu adalah penjumlahan secara vektor antara daya aktif dengan daya reaktif dalam rangkaian arus bolak-balik, Daya semu dilambangkan dengan huruf S dan diukur dalam satuan VA (Volt-Amps).

Faktor Daya

Faktor daya sering disebut sebagai $\cos \phi$ (cosine ϕ) dimana ϕ adalah sudut antara daya semu (S) dengan daya aktif (P). P sendiri sama dengan ($S \times \cos \phi$). Sedangkan Q (daya reaktif) sama dengan ($S \times \sin \phi$). $\cos \phi$ tidak sama dengan efisiensi. Faktor daya ($\cos \phi$) dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya semu(VA) yang digunakan dalam sirkuit AC atau beda sudut fasa antara V dan I yang dinyatakan dalam $\cos \phi$.

$$\begin{aligned}\text{Faktor Daya} &= \text{Daya Aktif (P)} / \text{Daya semu (S)} \\ &= \text{kW} / \text{kVA} \\ &= V.I \cos \phi / V.I \\ &= \cos \phi\end{aligned}$$

Faktor daya mempunyai nilai range antara nol sampai dengan satu dan dapat juga dinyatakan dalam persen. Faktor daya yang bagus apabila bernilai mendekati satu. Faktor daya terdiri dari tiga sifat, yakni; faktor daya unity, faktor daya leading dan faktor daya lagging.

Apabila arus sefasa dengan tegangan disebut faktor daya unity, arus mendahului tegangan, maka faktor daya dikatakan leading (beban kapasitif), synchronocus generator, synchronocus motor dan synchronocus kondensor, untuk faktor daya lagging terjadi apabila arus listrik mengikuti tegangan, seperti beban; motor induksi, AC dan transformator.

III. Pengujian dengan beban resistif, induktif dan kapasitif.

Pada pengujian pengukuran dengan beban resistif, induktif dan kapasitif menggunakan komponen/alat ukur sebagai berikut;

1.KWh Meter

KWh meter memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- No seri 0502263
- Jenis FF23HTI
- Sistem pengawatan 3 fasa 4 kawat
- Tegangan 3x230x400V
- Arus 5A
- Konstanta 800 putaran/kWh
- Frekuensi 50Hz
- Arah putaran kanan
- Kelas 1



Gambar 3.1 KWh Meter meter



Gambar 3.2 KVArh meter

2.KVArh Meter

KVArh meter memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- No seri 0509143
- Jenis FV23HR
- Sistem pengawatan 3 fasa 4 kawat
- Tegangan 3x230x400V

- Arus 5A
- Konstanta 800 putaran/kWh
- Frekuensi 50Hz
- Arah putaran kanan
- Kelas 1

3.Trafo Arus (CT)



Gambar 3.3 Trafo Arus (CT)

Trafo Arus memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Merk : GAE
- Tipe : IEC-441
- Rasio : 50/5 A
- Frekuensi : 50/60 Hz
- Kelas : 1
- Burden : 1,5 VA

Pemasangan CT harus memperhatikan notasi yang ada pada peralatan CT, agar tidak terjadi kesalahan pemasangan yang dapat menimbulkan kesalahan [4],[5],[12].

Komponen lain yang menunjang penelitian ini adalah;

- Power supply 3 fasa
- Power meter
- Mcb 3 fasa
- Resistor variabel
- Induktor variabel
- Kapasitor variabel
- Lampu indikator

IV Data dan Analisa

Beban Resistif Murni.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian pada beban resistif murni

NO.	ARUS			TEGANGAN				cos φ	1 Putaran Piringan	
	I ₁ (ampere)	I ₂ (ampere)	I _T (ampere)	V _{LN} (volt)	V _{PN} (volt)	V _{TN} (volt)	V _{LN} (volt)		t kWh (detik)	t kVArh (detik)
1	0.20	0.20	0.20	217.9	213.2	220.3	378	1	38.8	-
2	0.31	0.32	0.32	217.2	213.1	220.4	378	1	26.0	-
3	0.40	0.40	0.41	217.5	213.3	220.4	379	1	20.3	-
4	0.50	0.52	0.52	217.0	214.1	220.2	378	1	16.0	-
5	0.56	0.62	0.62	217.9	215.0	220.8	380	1	13.9	-

Pada beban resistif murni semakin besar arus maka putaran piringan kWh meter semakin cepat. Sedangkan kVArh meter tidak berputar piringannya

menandakan bahwa tidak ada energi reaktif yang digunakan beban sesuai dengan rumus:

$$Q \times t = V \times I \times \sin \varphi \times t [10] \dots \dots \dots (4.1)$$

$$\cos \varphi = 1$$

$$\varphi = 0^\circ$$

$$\sin \varphi = 0$$

$$Q \times t = V \times I \times \sin \varphi \times t = 0$$

Dari tabel diatas dapat dihitung energi nyata yang digunakan oleh beban sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data dan analisis energi nyata pada beban resistif murni sebagai berikut

NO.	Tegangan	Arus	Cos φ	Waktu	Konstanta meter	Energi Terhitung	Energi Terukur
	V (volt)	I (ampere)		t (detik)	Cz (putaran/kWh)		
1	378	0.20	1	38.8	800	1.41	1.25
2	378	0.32	1	26.0	800	1.50	1.25
3	379	0.40	1	20.3	800	1.49	1.25
4	378	0.51	1	16.0	800	1.49	1.25
5	380	0.60	1	13.9	800	1.53	1.25

Arus yang digunakan merupakan nilai rata rata dari arus masing-masing fasa. Energi terhitung diperoleh dengan cara mengalikan tegangan, arus, cos φ dan waktu (dalam satuan jam), sedangkan energi terukur diperoleh dengan cara jumlah putaran yang diamati dibagi dengan konstanta meter itu sendiri. Nilai energi terukur sama pada setiap percobaan karena pengujian dilakukan dengan mengamati 1 putaran piringan dan mencatat waktu tempuhnya. Pada beban resistif, kVA rh tidak berputar. Energi rerata hitung dan ukur masing masing; 1.484 Wh, dan 1.25 Wh, sehingga besarnya kesalahan adalah 0.1872 atau 18.72 %, sedangkan kelas ketelitian meter 1%.

Beban Induktif

Tabel 4.3 Hasil pengujian pada beban induktif

NO.	INDUKTOR				ARUS				TEGANGAN				cos φ	1 Putaran Piringan	
	L (henry)	I_R (ampere)	I_S (ampere)	I_T (ampere)	V_{R-N} (volt)	V_{S-N} (volt)	V_{T-N} (volt)	V_{L-L} (volt)	V_{R-N} (volt)	V_{S-N} (volt)	V_{T-N} (volt)	V_{L-L} (volt)		t kWh	t kVARh
1	1.2	0.32	0.31	0.33	219.6	217.6	221.7	383	0.66	35.7	35.7	32.2	0.66	35.7	32.2
2	1.0	0.35	0.35	0.37	219.6	217.3	221.9	383	0.70	30.2	30.2	31.4	0.70	30.2	31.4
3	0.8	0.40	0.39	0.42	219.7	217.7	221.6	383	0.78	24.6	24.6	31.8	0.78	24.6	31.8
4	0.6	0.45	0.43	0.46	219.5	217.8	221.7	383	0.85	20.8	20.8	35.3	0.85	20.8	35.3
5	0.4	0.46	0.46	0.48	219.5	216.2	222.7	383	0.91	17.4	17.4	41.6	0.91	17.4	41.6
6	0.2	0.50	0.51	0.52	220.4	217.1	223.4	384	0.96	14.8	14.8	70.4	0.96	14.8	70.4

Pada beban induktif semakin besar arus maka putaran piringan kVARh meter semakin cepat. Pada beban induktif kVARh meter bekerja mengukur energi reaktif yang digunakan beban karena cos $\varphi \neq 1$, semakin besar cos φ maka putaran piringan kVARh meter semakin lambat.

Dari tabel diatas dapat dihitung energi nyata dan energi reaktif yang digunakan oleh beban sebagai berikut:

Tabel 4.4 Analisis energi nyata pada beban induktif

NO.	Tegangan	Arus	Cos φ	Waktu	Konstanta meter	Energi Terhitung	Energi Terukur
	V (volt)	I (ampere)		t (detik)	Cz (putaran/kWh)		
1	383	0.32	0.66	35.7	800	1.39	1.25
2	383	0.36	0.70	30.2	800	1.39	1.25
3	383	0.40	0.78	24.6	800	1.42	1.25
4	383	0.45	0.85	20.8	800	1.45	1.25
5	383	0.47	0.91	17.4	800	1.36	1.25

Tabel 4.5 Analisis energi reaktif pada beban induktif

NO.	Tegangan	Arus	sin φ	Waktu	Konstanta meter	Energi Terhitung	Energi Terukur
	V (volt)	I (ampere)		t (detik)	Cz (putaran/kVARh)		
1	383	0.32	0.75	32.2	800	1.42	1.25
2	383	0.36	0.71	31.4	800	1.47	1.25
3	383	0.40	0.63	31.8	800	1.48	1.25
4	383	0.45	0.53	35.3	800	1.53	1.25
5	383	0.47	0.41	41.6	800	1.48	1.25
6	384	0.51	0.28	70.4	800	1.85	1.25

Arus yang digunakan merupakan nilai rata rata dari arus masing-masing fasa. Energi nyata terhitung diperoleh dengan cara mengalikan tegangan, arus, cos φ , dan waktu (dalam satuan jam), energi reaktif terhitung diperoleh dengan cara mengalikan tegangan, arus, sin φ , dan waktu (dalam satuan jam). Energi terukur diperoleh dengan cara jumlah putaran yang diamati dibagi dengan konstanta meter itu sendiri. Nilai energi terukur sama pada setiap percobaan karena pengujian dilakukan dengan mengamati satu putaran piringan dan mencatat waktu tempuhnya. Energi reaktif rerata hitung dan ukur masing masing; 1.846 VARh, dan 1.25 VARh, sehingga besarnya kesalahan adalah 0.4768 atau 47.68 %, sedangkan kelas ketelitian meter 1%.

Beban Kapasitif

Tabel 4.6 Data hasil pengujian pada beban kapasitif

NO.	KAPASITOR				ARUS				TEGANGAN				cos φ	1 Putaran Piringan	
	C (μ F)	I_R (ampere)	I_S (ampere)	I_T (ampere)	V_{R-N} (volt)	V_{S-N} (volt)	V_{T-N} (volt)	V_{L-L} (volt)	V_{R-N} (volt)	V_{S-N} (volt)	V_{T-N} (volt)	V_{L-L} (volt)		t kWh	t kVARh
1	4	0.27	0.26	0.26	220.3	216.4	222.3	384	0.97	29.9	29.9	-	0.97	29.9	-
2	8	0.39	0.38	0.37	220.5	216.6	222.3	384	0.77	28.9	28.9	-	0.77	28.9	-
3	16	0.90	0.87	0.87	220.7	220.0	222.5	385	0.35	25.6	25.6	-	0.35	25.6	-

Pada beban kapasitif semakin besar arus maka putaran piringan kWh meter semakin cepat. Sedangkan kVARh meter tidak berputar piringannya menandakan bahwa cos φ nya leading. Dari tabel diatas dapat dihitung energi nyata yang diserap oleh beban sebagai berikut:

Tabel 4.7 Analisis energi nyata pada beban kapasitif

NO.	Tegangan	Arus	Cos ϕ	Waktu	Konstanta meter	Energi Terhitung (Wh)	Energi Terukur (Wh)
	V	I		t	Cz		
	(volt)	(ampere)		(detik)	(putaran/kWh)		
1	384	0.26	0.97	29.9	800	1.39	1.25
2	384	0.38	0.77	28.9	800	1.56	1.25
3	385	0.88	0.35	25.6	800	1.46	1.25

Arus yang digunakan merupakan nilai rata rata dari arus masing-masing fasa. Energi terhitung diperoleh dengan cara mengalikan tegangan, arus, cos ϕ , dan waktu (dalam satuan jam), sedangkan energi terukur diperoleh dengan cara jumlah putaran yang diamati dibagi dengan konstanta meter. Energi reaktif rerata hitung dan ukur masing masing; 1.47 VARh, dan 1.25 VARh, sehingga besarnya kesalahan adalah 0.176 atau 17.6 %, sedangkan kelas ketelitian meter 1%.

Penutup

Kesimpulan.

Dari hasil pengujian menggunakan kWh meter dan kVARh meter dapat disimpulkan:

1.Pada beban resistif, kWh meter bekerja mengukur energi nyata dan kVARh meter tidak bekerja karena cos ϕ 1. Dari hasil analisis, beban resistif hanya menggunakan energi nyata, semakin besar nilai arus yang mengalir maka semakin cepat putaran piringan kWh meter yang mengindikasikan semakin besarnya energi nyata yang digunakan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kesalahan pengukuran sebesar 0.1872 atau 18.72 %.

2.Pada beban induktif, kWh meter dan kVARh meter sama sama bekerja, kWh meter mengukur energi nyata dan kVARh meter mengukur energi reaktif. Sifat reaktif beban mempengaruhi factor kerja (cos ϕ). Dari hasil analisis, semakin kecil nilai cos ϕ maka semakin cepat putaran piringan kVARh meter yang mengindikasikan besarnya energi reaktif yang digunakan. Pada nilai arus yang mengalir semakin besar maka semakin cepat putaran piringan kWh meter yang mengindikasikan semakin besarnya energi nyata yang digunakan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kesalahan pengukuran sebesar 0.4768 atau 47.68 %.

3.Pada beban kapasitif, kWh meter bekerja mengukur energi nyata dan kVARh meter tidak bekerja karena cos ϕ leading. Sifat kapasitif beban mempengaruhi cos ϕ , PLN menggunakan kVARh meter untuk mengukur energi reaktif beban, pada umumnya sifat beban konsumen adalah induktif (cos ϕ lagging). Pada nilai arus yang mengalir

semakin besar maka semakin cepat putaran piringan kWh meter yang mengindikasikan semakin besarnya energi nyata yang digunakan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kesalahan pengukuran sebesar 0.176 atau 17.6 %.

Saran

- 1.Pada saat pengukuran, gunakan beban yang menggunakan arus pada daerah ketelitian alat ukur sesuai dengan name plate nya.
- 2.Pastikan semua peralatan yang digunakan berfungsi dengan baik.
- 3.Pastikan alat ukur dan media penunjang lain berfungsi baik.

Daftar Pustaka

- [1].Agusman, candra. 2010. *Pengukuran Daya Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [2].Anwir BS, 1987, *Kamus Teknik, Pradnya Paramita., Jakarta*
- [3].Asmono, Dwi. 2012. *Pengukuran tidak langsung kWh Meter*. Instalasi Tegangan Menengah., Politeknik Negeri Bandung.
- [4].Asmono, Dwi. 2012. *Pengukuran Energi Listrik Tidak Langsung Menggunakan Dua Jenis Trafo Arus.*, Elektran., Jurnal Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung.
- [5].Asmono, Dwi. 2014. *Dampak Kesalahan Pengawatan Pada Pengukuran Energi Listrik Tidak Langsung.*,TEDC.,Jurnal Ilmiah Berkala., Politeknik TEDC Bandung.
- [6].Gambut, Amran. 2007. *Pengenalan Alat Ukur*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- [7].Saidah, Siti Sarah. 2012. *Rancang Bangun Modul Praktikum Pengukuran Energi Listrik Untuk Mengamati Dampak Kesalahan Pengawatan*. Proyek Akhir Politeknik Negeri Bandung.
- [8].Indra, Devy Bamita. 2007. *Analisa Pembacaan Daya Pada kWh Meter Tiga Fasa Akibat Terlepasnya Satu Atau Dua Kabel Fasa*. Skripsi mahasiswa Universitas Sultan Agung.
- [9].Cooper D William, Pakpahan. Sahat, 1884.,*Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*, Erlangga, Jakarta.
- [10].Theraja.BL., *Electrical Engineering & Electronics.*,1978, Ram Nagar, New Delhi.
- [11].Yardewa, Angkit. 2009. *Rancang Bangun kVARh meter Analog dan Digital*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [12].SPLN 55 (1990), *alat pengukur, pembatas dan perlengkapannya*. Perusahaan umum listrik negara.
- [13].<http://www.engertian+meter+kWh+wikipedia>. *Pengertian Meter*.diunduh 10 Maret
- [14].[http://\(2012\). instalasilistrik.net/search/fungsi-pengertian-kWh-meter](http://(2012).instalasilistrik.net/search/fungsi-pengertian-kWh-meter).diunduh 15 Maret