

STUDI SISTEM PENERAAN KWH METER

Surya Darma¹⁾, Yusmartato²⁾, Akhiruddin³⁾

¹⁾Alumni Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik UISU

^{2, 3)}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik UISU
yusmartato@ft.uisu.ac.id; akhiruddinudin40@yahoo.co.id

Abstrak

Di dalam sistem tenaga listrik, terutama di dalam pemakaian energi listrik pengukuran yang teliti dan akurat terhadap besaran-besaran listrik merupakan suatu hal yang sangat penting dalam mendukung operasi-operasi yang dilakukan oleh suatu sistem tenaga listrik tersebut. Diantara sekian banyak alat ukur listrik salah satunya adalah KWH Meter yang merupakan salah satu alat ukur listrik yang terpenting pada suatu sistem tenaga listrik, karena KWH Meter digunakan sebagai alat ukur dalam transaksi daya listrik. Supaya produsen maupun konsumen tidak dirugikan dalam pemakaian KWH Meter pada masyarakat, maupun industri, maka dalam pelaksanaan peneraan KWH Meter betul-betul dilaksanakan sesuai standart. KWH Meter merupakan suatu alat ukur yang digunakan untuk menghitung banyaknya jumlah energi listrik yang terpakai pada penggunaan sistem tenaga listrik. KWH Meter bekerja berdasarkan induksi yang ditimbulkan oleh suatu medan listrik. Suatu alat KWH Meter sebelum digunakan secara komersil, maka haruslah dilakukan peneraan terhadap alat ukur KWH Meter tersebut, hal ini dilakukan untuk mengetahui kebaikan kerja dari suatu alat KWH Meter tersebut ataupun untuk menentukan tingkat ketelitian dari alat ukur KWH Meter tersebut.

Kata Kunci: KWH Meter, Alat Ukur Listrik, Tera, Energi Listrik

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan manusia yang sangat penting untuk dimanfaatkan pada keperluan rumah tangga, rumah sakit, pusat perbelanjaan, perkantoran dan kepentingan perindustrian. Dengan semakin berkembangnya pemakaian energi listrik, maka diperlukan suatu instrument yang dapat mengukur besarnya energi listrik yang telah dipakai oleh pihak pelanggan pemakai listrik dengan seteliti mungkin sehingga transaksi jual beli energi listrik dapat berjalan dengan baik tanpa ada suatu pihak pun yang dirugikan.

Dengan adanya alat ukur tersebut, maka dapat diketahui besarnya harga besaran listrik yang diukur, sehingga seandainya terjadi hal-hal yang tidak sesuai dengan yang diharapkan maka dapat diambil tindakan untuk mengatasi dan memperbaikinya.

Pemakaian alat-alat ukur juga merupakan suatu kemajuan dan kesempurnaan dari suatu sistem kerja tenaga listrik. Diantara sekian banyak alat ukur listrik salah satunya adalah KWH meter.

KWH meter merupakan salah satu alat ukur listrik yang terpenting dan mendapat pemakaian yang terluas pada suatu sistem kerja tenaga listrik, karena KWH meter digunakan sebagai alat ukur dalam transaksi daya listrik. Sebelum dipakai KWH meter harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan oleh pihak PT. PLN dalam hal ini sebagai penjual energi listrik. Untuk menjamin bahwa KWH meter yang dipakai di konsumen telah betul-betul sesuai dengan standart yang ditetapkan, maka terlebih dahulu dilakukan peneraan oleh pihak PT. PLN tersebut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian KWH Meter

Pengukuran adalah suatu proses mengukur yang pada dasarnya adalah usaha untuk menyatakan sifat suatu zat atau benda dalam bentuk angka atau harga. Dasar pemberian angka dalam mengukur dapat dilakukan dengan cara membandingkan alat yang akan diukur dengan alat tertentu yang dianggap sebagai standart atau membandingkan besaran yang akan diukur dengan suatu skala yang telah ditera.

Kebenaran dari suatu hasil pengukuran tergantung pada alat yang digunakan sebagai perbandingan atau penunjuk dan orang yang melaksanakan pengukuran yang didalamnya termasuk cara pemasangan dari alat ukur tersebut. Alat yang digunakan dalam pengukuran ini disebut instrumen pengukur. Alat inilah yang menunjukkan nilai besaran yang diukur. Hasil pengukuran merupakan penunjukan langsung yang dapat dibaca.

Kilo Watt Hour (KWH) meter adalah alat untuk mengukur energi aktif yang menggunakan suatu alat hitung serta memakai asas induksi. KWH meter tersebut merupakan alat untuk menghitung jumlah kerja listrik (Watt jam) dalam waktu tertentu. Jadi KWH meter dilengkapi dengan satu buah piringan aluminium serta alat hitung yang dapat disebut penghitung mekanis.

Alat ukur ini terdiri dari kumparan arus yang dihubungkan seri dengan beban dan kumparan tegangan dihubungkan secara paralel dengan beban. Besarnya jumlah kerja listrik pada suatu beban untuk waktu tertentu dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

Pada alat ukur KWH meter jumlah kerja listrik diubah ke dalam bentuk energi mekanis, yakni

untuk memutar roda-roda angka jumlah putaran, dari roda-roda akan sama dengan jumlah kerja listrik yang digunakan beban.

Selain alat ukur KWH meter yang menggunakan roda-roda angka yang berputar ada jenis lain alat ukur KWH meter, yaitu yang penunjukan bilangannya yang menggunakan jarum. Alat ukur tersebut berdasarkan asas induksi dan alat hitung, dimana roda-roda yang berputar diganti dengan jarum penunjuk. Alat ukur KWH meter dengan jarum penunjuk ini mempunyai plat jam yang terdiri dari 10 angka, mulai dari angka 0 sampai dengan angka 9.

Untuk dapat menunjukkan suatu bilangan juga diperlukan beberapa golongan angka, dengan demikian diperlukan juga beberapa plat jam dan beberapa roda putar yang menggerakkan jarum penunjukannya. Golongan angka tersebut juga terdiri dari golongan angka satuan, puluhan, ratusan, ribuan dan seterusnya.

2.2 Alat Hitung

Alat hitung bukan merupakan alat ukur dalam arti sebenarnya. Alat hitung digunakan untuk menghitung suatu jumlah. Oleh karena itu alat hitung ini akan menunjukkan suatu bilangan yang makin lama makin besar.

Alat hitung tidak dilengkapi dengan jarum penunjuk, akan tetapi dilengkapi dengan mekanik penghitung yang menunjukkan 4 atau 5 angka yang bersampingan dengan yang lainnya, sehingga angka-angka tersebut merupakan suatu bilangan. Angka-angka tertulis pada roda-roda angka tersebut terbagi dalam beberapa golongan sebagai berikut, dimana golongan tersebut dimulai dari yang paling kanan.

- golongan angka-angka satuan
- golongan angka-angka puluhan
- golongan angka-angka ratusan
- golongan angka-angka ribuan, dan seterusnya

Pada umumnya di samping terdapat golongan angka-angka seperti di atas, masih terdapat sepersepuluh yang terletak disebelah kanan golongan angka satuan dan biasanya menggunakan warna lain. Tiap-tiap golongan terdiri dari sepuluh angka, yaitu mulai dari angka 0 (nol) sampai dengan angka 9. Kesepuluh angka tersebut ditulis pada roda-roda angka.

Roda angka yang paling kanan (golongan angka sepersepuluh) dipasang pada poros yang digerakkan oleh besara listrik alat hitung tersebut. Dimana dalam keadaan sebelum dipakai, semua roda diatur sedemikian rupa sehingga semua menunjukkan angka nol. Bila alat hitung mulai bekerja, maka poros akan berputar dan karena roda paling kanan dipasang pada poros sehingga akan terlihat sepersepuluh dari angka 1, 2, 3, sampai dengan angka 9. Kalau roda angka sepersepuluh memperlihatkan angka nolnya bagi (untuk kedua kalinya), maka akan memutar roda angka satuan disebelah kirinya, sehingga roda angka satuan akan

berputar sepersepuluh putaran dan memperlihatkan angka 1. Sesudah roda angka satuan dilepaskan dan roda sepersepuluh berputar terus sehingga berturut-turut akan dapat dilihat bilangan-bilangan 2,0 ; 3,0 ; 4,0 dan seterusnya sampai dengan angka 9,0. Pada saat ini roda angka satuan diputar lagi sepersepuluh putaran sehingga akan terlihat angka nolnya, dan roda angka satuan akan memutar roda angka puluhan sepersepuluh putaran juga, dan bilangan-bilangan akan menunjukkan 10,0. Setelah itu roda sepersepuluh melepas roda angka puluhan dan satuan, dan berputar terus. Keadaan tersebut akan terulang lagi berturut-turut terlihat bilangan-bilangan 11,0 ; 12,0 ; 13,0 dan seterusnya dan bilangan-bilangan tersebut akan bertambah besar.

Hal-hal tersebut di atas terjadi karena gerakan-gerakan roda angka pada alat hitung telah diatur dengan memakai gigi-gigi penggerak yang dibuat sedemikian rupa, sehingga satu putaran roda sepersepuluh menyebabkan sepersepuluh putaran dari roda-roda satuan, satu putaran roda satuan akan menyebabkan sepersepuluh putaran roda angka ratusan dan seterusnya sehingga terjadi bilangan yang semakin lama semakin besar.



Gambar 1. Proses angka-angka yang muncul pada KWH meter

Langkah-langkah proses pemunculan angka-angka pada KWH meter :

- a. Melakukan pemanasan pada alat ukur KWH. meter yang akan ditera selama ± 30 menit.
- b. Roda angka diatur sehingga semua roda angka menunjukkan angka nol.
- c. Jumlah dari putaran piringan alumunium alat ukur KWH meter dan konstruksi harus sesuai dengan konstanta perhitungan dengan mengatur magnet M apabila ditambah putaran akan semakin cepat dan apabila dikurang putaran akan melambat sehingga diatur sedemikian rupa agar sesuai dengan konstanta perhitungan putaran piringan KWH meter.
- d. Saat KWH meter ditera diatur tegangan, arus, frekuensi dan $\text{Cos } \phi$ sehingga piringan KWH meter berputar sampai 900 putaran sehingga

gigi-gigi roda penggerak akan menggerakkan roda angka yang dipasang pada poros yang paling kanan yaitu golongan angka sepersepuluh sehingga akan terlihat angka nol berubah menjadi angka 1, tiap 900 putaran piringan roda angka akan bertambah 1 sampai menuju keangka 9, kemudian roda angka akan kembali lagi menjadi nol maka roda angka disebelah kirinya akan memutar sehingga roda angka satuan akan berputar dengan menunjukkan angka 1 sampai 9. Sehingga satu putaran roda sepersepuluh menyebabkan sepersepuluh putaran dari roda-roda satuan, satu putaran roda satuan akan menyebabkan sepersepuluh putaran roda angka puluhan dan seterusnya sehingga terjadi bilangan yang semakin lama semakin besar.

2.3 Prinsip Kerja KWH Meter

Gambar 2 memperlihatkan bagan dasar dari KWH meter 1 fasa Cp adalah inti dari kumparan tegangan, Wp adalah kumparan tegangan, Cc adalah inti kumparan arus dan We adalah kumparan. Arus beban I mengalir melalui We dan menyebabkan terjadinya fluksi magnetik : Wp mempunyai sejumlah lilitan yang besar dan cukup besar untuk dianggap sebagai reaktansi murni, sehingga arus Ip yang mengalir melalui Wp akan tertinggal dalam fasanya terhadap tegangan beban dengan sudut sebesar 90°. Hal itu menyebabkan terjadinya fluksi magnetis sebesar Φ_1 .

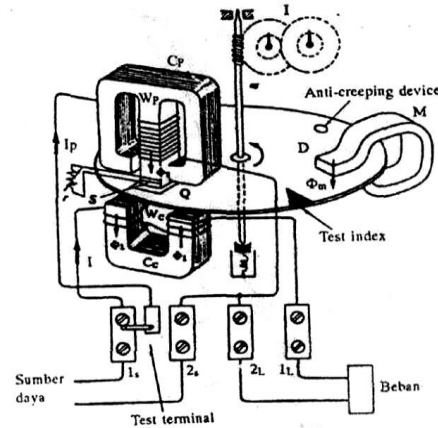
Dengan demikian maka terhadap kepingan aluminium D, akan dikenakan momen gerak T_D yang berbanding lurus terhadap daya beban. Misalnya bahwa oleh pengaruh momen gerak ini, kepingan aluminium akan berputar dengan kecepatan putaran n sambil berputar ini D akan mendorong garis-garis flukis magnet permanen dan akan menyebabkan terjadinya arus-arus putar yang berbanding lurus terhadap $n\Phi_m$, di dalam aluminium tersebut. Arus-arus putar ini akan pula memotong garis-garis Φ_m sehingga kepingan D akan mengalami suatu. momen redaman T_d yang berbanding lurus terhadap $n\Phi_m^2$. Bila momen-momen tersebut yaitu T_D dan T_d ada dalam keadaan seimbang, maka hubungan ini berlaku :

$$n = k. V.I \text{ Cos } \phi$$

Dengan k adalah konstanta.. Dari persamaan tersebut terlihat bahwa kecepatan putar n dari kepingan D berbanding lurus terhadap V I cos ϕ sehingga dengan demikian maka jumlah perputaran dari keping tersebut untuk jangka tertentu berbanding dengan energi yang akan di ukur dalam jangka waktu tertentu.

Untuk memungkinkan pengukuran.maka jumlah putaran dari kepingan D ditransformasikan melalui sistem mekanis tertentu, ke alat penunjuk atau roda-roda angka tersebut berputar lebih lambat dibandingkan dengan kepingan C. Dengan demikian maka alat penunjuk atau roda-roda angka

menunjukkan .energi yang diukur dalam KWH, setelah melalui kaliterasi tertentu.



Gambar 2. Prinsip kerja dari KWH meter

III. PEMBAHASAN

3.1 Menera KWH Meter

Pada dasarnya menera KWH meter ialah membandingkan pembacaan energi listrik oleh KWH meter yang ditera dengan energi listrik yang sebenarnya.

Alat ukur standard ialah alat ukur listrik dengan ketelitian yang tinggi. Untuk keperluan laboratorium minimal kelas 0,2 kesalahan maksimal dari alat ukur ini adalah 0,5 %.

Persamaan umum mencari kesalahan alat ukur KWH meter ialah :

Energi yang dicatat oleh KWH meter dapat diketahui dengan membaca alat hitungnya atau dengan menghitung putaran piringannya, sedangkan KWH sesungguhnya dapat diketahui dengan tiga cara, yaitu :

- a. Diperoleh dari hasil kali tegangan, arus, faktor daya dan waktu yang ditunjukkan. oleh Ampere-meter standard, Volt-meter standard, Cos ϕ standard dari stopwatch.
- b. Dari hasil daya listrik (Watt) dan waktu yang ditunjuk oleh Watt-meter standard dari stopwatch.
- c. Didapat dari penunjukan alat ukur KWH-meter standard yang dinyatakan dalam putaran dengan ketelitian yang tinggi.

3.2 Pedoman Peneraan KWH meter

Untuk melakukan peneraan terhadap KWH meter yang menggunakan alat hitung perlu diperhatikan hal-hal berikut ini :

1. Jumlah dari putaran piringan aluminium KWH meter dan konstruksi harus sesuai dengan konstanta perhitungan.
2. Apabila KWH tidak bekerja atau tidak ada beban, maka piringan harus berhenti berputar.

3. Jika beban induktif mencapai 0,3 % dari beban nominal, maka piringan pada KWH meter tersebut sudah mulai berputar.
4. Kesalahan-kesalahan pada peneraan antara 0 sampai 2,5 % tergantung kelas setiap kelas setiap alat ukur, kelas 1,0% ± 1,5%, kelas 2,0% ± 2,5% kelas 3,0% ± 3,5%.

3.3 Persiapan Awal Peneraan

Sebelum peneraan dilaksanakan terlebih dahulu dilakukan persiapan-persiapan, antara lain :

1. KWH meter yang akan ditera terlebih dahulu diperiksa keadaan mekanisnya, seperti : gigi roda, alat hitung, piringan dan kebersihannya.
2. Memeriksa keadaan alat-alat pendukungnya, seperti : batas ukur serta pengawatannya.
3. Memeriksa suhu ruangan, karena pada saat kita setting KWH meter suhu harus tetap terjaga 23°C apabila suhu ruangan tidak terjaga akan mempengaruhi hasil settingan sehingga keakuratan KWH meter tidak mencapai hasil yang maksimum, karena itu perlu menjaga suhu ruangan agar tetap 23°C.
4. Mencatat data-data KWH meter yang akan ditera, seperti :
 - a. Nama alat.
 - b. Merk atau buatan.
 - c. Type.
 - d. Tegangan nominal (ratio FF jika ada).
 - e. Arus nominal dan maksimum (ratio CT jika ada).
 - f. Sistem pengawatan.
 - g. Konstanta meter.
 - h. Kelas dan ketelitiannya.
 - i. Stand register sebelum dan sesudah peneraan.
 - j. Nomor seri pabrik, nomor register dan tahun produksi.
5. Merangkai alat. ukur KWH meter yang akan ditera dengan alat pendukungnya dengan baik dan benar.
6. Melakukan pemanasan pada alat ukur KWH. meter yang akan ditera selama ± 30 menit.

3.4 Pelaksanaan Peneraan

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pelaksanaan peneraan adalah sebagai berikut:

1. Tempat untuk rangkaian alat ukur KWH meter tersebut biasanya ada pada tutup terminal sambungan, meter energi terdiri dari rangkaian arus (kumparan arus) dan rangkaian tegangan (kumparan tegangan). Kumparan arus disambung seri dengan kumparan arus alat pendukungnya, sehingga diharapkan untuk alat yang memerlukan arus yang besarnya sama. Demikian juga untuk kumparan tegangan disambung paralel dengan kumparan tegangan alat pendukungnya, sehingga besar tegangan sama pada semua kumparan tegangan dan alat yang terpasang.

2. Pemanasan dilaksanakan untuk memanaskan KWH meter yang akan ditera dan diharapkan setelah pemanasan awal, suhu tidak berubah lagi sesuai dengan suhu kerja (23° C), sehingga kesalahan akibat perbedaan suhu menjadi minimum. Lamanya pemanasan awal dilakukan selama ± 30 menit dengan memberikan arus pada kumparan arus sebesar 100 % tegangan nominalnya (perbedaan sudut antara arus dan tegangan sama dengan nol).
3. KWH meter 1 fasa maupun 3 fasa mempunyai tiga kalibrasi atau titik tera, yaitu :
 - a. Pada beban 100 % In, $\cos \phi = 1$, kita sebut titik kalibrasi/titik tera 1. Titik kalibrasi/titik tera 1 biasanya diatur dengan mengatur rem magnet pada alat ukur KWH meter 1 fasa, sedangkan untuk alat ukur KWH meter 3 fasa ada tersedia pada masing-masing sistem. Dengan mengatur rem magnet sebenarnya pengaturan kesalahan pada semua titik dipengaruhi yaitu dari beban yang paling besar sampai dengan beban yang paling kecil tanpa membedakan faktor daya
 - b. Pada beban 100 % In, $\cos \phi = 0,5$, kita sebut titik kalibrasi /titik tera 2. Titik kalibrasi/titik tera 2 diatur dengan mengatur kawat tahanan atau dengan mengatur pengaturan faktor daya, pada pengaturan ini hanya mempengaruhi kesalahan pada beban penuh sampai dengan beban rendah faktor daya < 0,7, untuk alat ukur KWH meter 3 fasa fasilitas ini disediakan untuk masing-masing dari sistem/setiap fasa.
 - c. Pada beban 5 % In, $\cos \phi = 1$, kita sebut titik kalibrasi/titik tera 3. Titik kalibrasi/titik tera 3 diatur dengan mengatur lempeng kuningan yang terpasang antara celah kumparan tegangan dengan kumparan arus piringan KWH meter tersebut.

Pemberian beban untuk masing-masing titik kalibrasi/titik tera pada KWH meter adalah :

1. Titik kalibrasi/titik tera 1 :
Dengan memberikan tegangan 100 % tegangan nominalnya dan memberikan juga 100 % arus nominalnya serta dengan mengatur faktor daya ($\cos \phi = 1$), maka kesalahan KWH meter tersebut akan dapat dilihat pada saat proses peneraan.
2. Titik kalibrasi/titik tera 2 :
Cara yang dilakukan adalah sarna dengan cara yang dilakukan pada titik kalibrasi/titik tera 1, hanya saja pengaturan faktor daya ($\cos \phi$) adalah sebesar 0,5.
3. Titik kalibrasi/titik tera 3 :
Pada titik kalibrasi/titik tera ini tegangan yang diberikan adalah 100 % tegangan nominalnya dan arus yang diberikan adalah 5 % dari arus

nominalnya serta faktor daya (Cos φ) = 1, maka kesalahan pada KWH meter yang ditera akan dapat terlihat pada proses peneraannya.

Untuk KWH meter 3 fasa ketiga titik kalibrasi/titik tera di atas dilaksanakan untuk masing-masing fasa dan di dalam pengambilan kesalahan untuk masing-masing fasa, ketiga kumparan tegangan harus mendapat tegangan 100 % tegangan nominal.

3.5. Metoda Peneraan

3.5. 1. Metoda Pengukuran Daya dan Waktu

Prinsip dari metoda ini adalah mengukur besarnya energi yang diintegrasikan terhadap waktu. Dimana pada pelaksanaan peneraan dengan menggunakan metoda ini adalah dengan menggunakan alat pengukur daya (Watt meter) dan alat pengukur waktu (*stop wacth*) untuk mengetahui lamanya waktu t yang diperlukan untuk melaksanakan sejumlah perputaran n dalam konstanta KWH meter tertentu.

Energi listrik yang diukur oleh KWH meter yang ditera dengan mengabaikan gesekan-gesekan poros untuk selang waktu (t₂ – t₁) adalah

$$W = \int_{t_2}^{t_1} P \cdot dt$$

Bila daya yang mengalir adalah tetap selama interval t₂ – t₁, maka besarnya :

$$W = P \cdot (t_2 - t_1)$$

Di mana : t₂ – t₁ = td

Dalam melaksanakan peneraan dengan metoda ini jumlah perputaran piringan tidak boleh terlalu sedikit, hal ini didasarkan pertimbangan sebagai berikut :

1. Terbatasnya ketelitian dari alat pengukur waktu (*stop wacth*), karena semakin sedikit jumlah perputaran yang dilakukan, maka waktu pengamatan yang dihasilkan akan semakin sedikit pula, khususnya pada perputaran piringan yang agak cepat.
2. Kemungkinan terjadinya kelambatan reaksi pengamat dalam pengoperasian start dan stop pada alat ukur waktu. Untuk perputaran yang sedikit, kesalahan yang berasal dari kelambatan reaksi pengamat semakin berarti dan hal ini tidak dapat diabaikan.

Energi nyata yang diukur oleh alat ukur KWH meter selama "n" putaran adalah :

$$KWH = \frac{n}{k} \times 3.600.000 \text{ (watt detik)}$$

Bila alat ukur KWH meter yang ditera tidak mempunyai kesalahan maka energi yang diukur dapat ditentukan dengan persamaan :

$$W = P \cdot td$$

Maka

$$td \times P = \frac{n}{k} \times 3.600.000$$

$$td = \frac{n \cdot 3.600.000}{P \cdot k} \text{ (det)}$$

Di mana :

W= Energi yang diukur oleh KWH meter (Joule).

P = Daya aktif selama waktu pengukuran (watt)

Td= Waktu dasar atau waktu yang diperlukan selama "n" putaran pada KWH meter yang ditera (detik)

K = Konstanta putaran alat ukur KWH meter (Put/KWH).

Akan tetapi pada kenyataannya KWH meter yang ditera selama "n" putaran juga memerlukan waktu "t" detik, maka besarnya kesalahan dari alat ukur yang dapat ditera dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\text{Persentase Kesalahan} = \frac{td - t}{t} \times 100\%$$

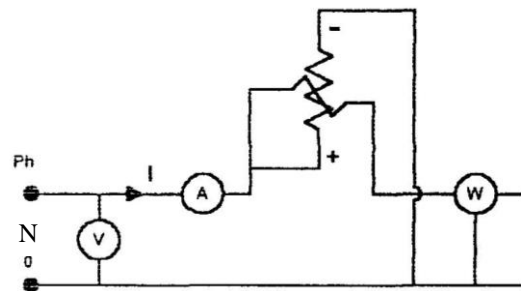
Di mana:

Persentase kesalahan = kesalahan alat ukur yang ditera (%)

td = waktu dasar atau waktu yang diperlukan selama "n" putaran piringan pada KWH meter yang ditera (detik)

t = Waktu perhitungan yang diperlukan untuk melakukan "n" putaran piringan pada KWH meter yang ditera (detik)

Pada Gambar 3 dapat dilihat rangkaian peneraan dengan menggunakan metoda pengukuran daya dan waktu dimana pada rangkaian peneraan mempunyai Ampere-meter dan Volt-meter, hal ini dimaksudkan sebagai indikator untuk menunjukkan besarnya arus dan tegangan pada alat ukur KWH meter yang ditera.



Gambar 3. Rangkaian peneraan alat ukur KWH meter 1 fasa - 2 kawat dengan menggunakan Watt-meter dan stop wacth

Di mana :

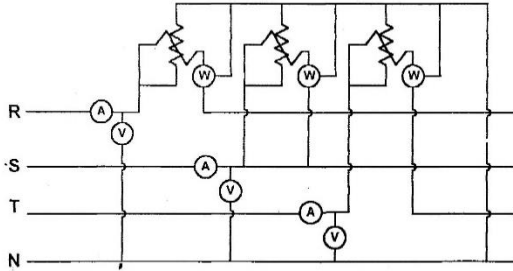
Ph = Kawat fasa

V = Volt meter

I = arus utama

N = Kawat netral
A = Amper meter
W = Watt meter

Untuk rangkaian peneraan alat ukur KWH meter 3 fasa - 4 kawat dapat dilihat pada Gambar 4. 2. berikut ini.



Gambar 4. Rangkaian peneraan alat ukur KWH meter 3 fasa - 4 kawat dengan menggunakan Watt-meter dan stop wach

Di mana :

R = Kawat fasa R
S = Kawat fasa S
T = Kawat fasa T
N = Kawat netral
V = Volt meter
I = arus
A = Amper meter
W = Watt meter

Pada gambar rangkaian peneraan alat ukur KWH meter untuk KWH meter 3 fasa – 4 kawat tersebut berlaku persamaan :

$$td = \frac{n \cdot 3600 \cdot 000}{3 \cdot k \cdot P}$$

3.5.2. Metoda Perbandingan Putaran

Pada prinsipnya metoda perbandingan putaran ini menggunakan sebuah alat ukur KWH standard (KWH meter induk). Dalam hal pelaksanaannya, alat ukur KWH meter induk yang dipergunakan merupakan suatu alat ukur KWH meter yang dianggap mempunyai tingkat ketelitian yang tinggi dimana jumlah perputaran piringan alat ukur KWH meter bisa diketahui sampai dengan 1/100 bahkan ada yang dapat dibaca sampai dengan 1/1000 putaran piringannya.

Dengan pembebanan yang sama besarnya pada alat ukur KWH meter yang akan ditera dengan alat ukur KWH meter standard (KWH meter induk), maka kedua alat ukur KWH meter tersebut akan menunjukkan pencatatan listrik yang sama, yaitu :

$$W_1 = W_2$$

Di mana :

W_1 = Energi yang dicatat oleh alat ukur KWH meter standard (joule)
 W_2 = Energi yang dicatat oleh alat ukur KWH meter yang ditera (joule)

Pada pelaksanaan peneraan, alat ukur KWH meter yang ditera dicocokkan putarannya

dengan alat ukur KWH standard (KWH meter induk), maka sebagai tanda untuk mencocokkan putaran piringan maka dibuat suatu tanda "hitam" pada kedua alat ukur KWH meter tersebut.

Apabila dalam pencatatan dari kedua alat ukur KWH meter tersebut mempunyai perbedaan, maka dengan demikian bahwa alat ukur KWH meter yang ditera mempunyai kesalahan terhadap alat ukur KWH meter standard (KWH meter induk). Besarnya energi yang dicatat oleh alat ukur KWH meter yang ditera dan alat ukur KWH standard dapat ditentukan dari jumlah perputaran piringan dari kedua alat ukur KWH meter tersebut, yaitu :

$$W = \frac{\text{jumlah putaran piringan}}{\text{kons tan ta (k)}}$$

(4.8)

Keuntungan dari metoda ini adalah pelaksanaannya yang cepat dan mudah.

Bila mengetahui kesalahan antara alat ukur KWH meter yang ditera terhadap KWH meter standard (KWH meter induk) dapat diketahui dengan melihat penyimpangan yang terjadi pada piringan tersebut terhadap posisi tengah alat ukur KWH meter tersebut. Kesalahan dari alat ukur KWH meter yang ditera dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\text{Persentase Kesalahan} = \frac{n_1 - n_2}{n_2} \times 100\% \quad .9)$$

Di mana :

Persentase kesalahan = kesalahan alat ukur yang ditera (%)

n_1 = jumlah putaran alat ukur KWH meter yang ditera

n_2 = jumlah putaran alat ukur KWH meter standard

Apabila KWH meter tidak standard, karena metode perbandingan putaran ini membandingkan perputaran KWH yang ditera dengan KWH induknya maka diatur dari damping magnetnya agar stabil yaitu dengan cara:

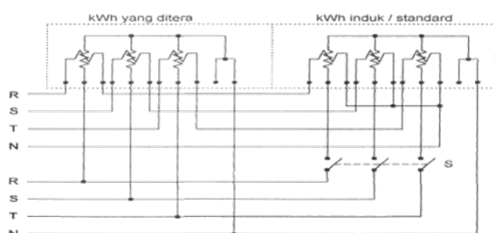
1. Posisi letak damping magnet ke luar atau ke dalam
 - Damping magnet seluruhnya telah di dalam piringan.
 - Putaran piringan terlalu cepat (kesalahan +) : damping magnetnya digerakkan kedalam gaya tetap tetapi semakin dekat dengan sumbu sehingga torsi redaman berkurang.
 - Putaran piringan terlalu lambat (kesalahan -) : damping magnetnya digerakkan keluar gaya tetap tetapi semakin jauh dengan sumbu sehingga torsi redaman bertambah.
 - Damping magnet belum keseluruhan berada didalam piringan.

- Putaran piringan terlalu cepat (kesalahan +) : damping magnetnya diputar sehingga permukaan magnet semakin luas melingkupi piringan sehingga gaya bertambah torsi redaman bertambah.
 - Putaran piringan terlalu lambat (kesalahan -) : damping magnetnya diputar sehingga permukaan magnet semakin kecil melingkupi piringan sehingga gaya bertambah torsi redaman berkurang.
2. Pengaturan fluksi dengan mengurangi atau menambah fluksi yang memotong piringan
 - Sekrup shunt masuk fluksi melalui piringan berkurang
 - Sekrup shunt keluar fluksi melalui piringan bertambah

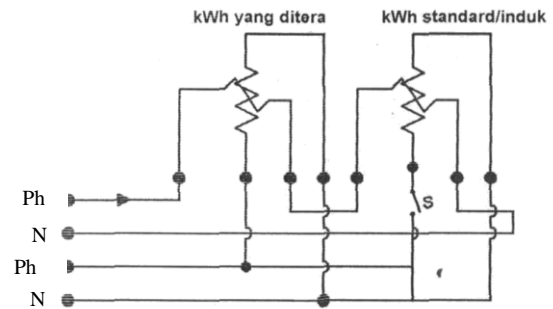
Prinsip kerja Metoda Perbandingan Putaran

1. Melakukan pemanasan pada alat ukur KWH meter yang akan ditera selama ± 30 menit.
2. Pada tombol saklar tegangan pada KWH induk/standard di tutup, diatur kalibrasinya yaitu perkalian antara arus, tegangan dan frekuensi sehingga KWH induk/standard benar-benar stabil kemudian samakan putaran KWH induk/standard dengan KWH yang ditera kemudian saklarnya dibuka. Saklarnya kemudian ditutupkembali dan disetting terus menerus tegangan dan arusnya sehingga putaran KWH yang ditera sama dengan KWH induknya.
3. Peneraan tidak berdasarkan putaran tetapi berdasarkan tegangan dan arus.
4. Maka pada saat putaran telah sama maka hasil teraan akan terlihat pada alat tera yaitu portabel tera yang berupa digital.
5. Jika putaran piringan tidak sampai 900 putaran atau lebih dari 900 putaran maka KWH yang ditera diatur rem magnetnya dan pengaturan Cos φ nya diatur ulang sehingga KWH tersebut ditera sendiri dengan KWH standard yang sama putarannya dengan KWH yang ditera.

Pada Gambar 5 dapat dilihat rangkaian peneraan pada metoda perbandingan putaran dengan menggunakan alat ukur KWH meter standard (KWH meter induk).



Gambar 5. Rangkaian peneraan alat ukur KWH meter 3 fasa - 4 kawat dengan menggunakan KWH meter standard (KWH meter induk)



Gambar 6. Rangkaian peneraan alat ukur KWH meter 1 fasa - 2 kawat dengan menggunakan KWH meter standard (KWH meter induk)

Di mana :

- R = Kawat fasa R S = Kawat fasa S
- T = Kawat fasa T N = Kawat netral
- I = arus utama s = Saklar
- Ph = Kawat fasa

4.5.3 Metoda Perbandingan Energi

Metoda perbandingan energi merupakan pengembangan metoda perbandingan putaran. Pada prinsipnya metoda perbandingan energi termasuk gabungan dari metoda perbandingan daya dan waktu dengan perbandingan putaran. Akibat kemajuan teknologi sekarang ini, banyaknya energi yang dihasilkan oleh suatu daya dalam waktu tertentu dapat ditunjukkan secara langsung pada monitor. Dalam pelaksanaannya, banyaknya energi yang dihasilkan suatu daya selama "n" putaran piringan alat ukur KWH meter yang ditera dengan alat ukur KWH meter standar adalah sama, maka dalam keadaan ideal energi yang terbaca adalah sama.

Kita mengetahui bahwa dalam suatu alat ukur KWH meter, apabila diketahui banyaknya putaran piringan dan besar konstanta maka banyaknya energi yang melalui alat ukur KWH meter tersebut dapat diketahui dan suatu daya yang mungkin dalam waktu tertentu juga dapat kita tentukan energi yang ditimbulkannya. Maka, apabila alat ukur KWH meter yang ditera tidak mempunyai kesalahan terhadap alat ukur KWH meter standard, maka energi yang dicatat kedua alat ukur KWH meter tersebut adalah sama, yaitu :

$$W = P \cdot t = \frac{n}{k} (Put / KWH)$$

Dimana P . t dicatat oleh alat ukur KWH meter standard (KWH meter induk), serta lamanya "t" ditentukan oleh lamanya putaran piringan dari alat

ukur KWH meter yang ditera dan $\frac{n}{k}$ dicatat oleh KWH meter yang ditera tanpa suatu kesalahan.

Kesalahan dari alat ukur KWH meter yang ditera dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Persentase Kesalahan} = \frac{W_0 - W}{W} \times 100\%$$

Di mana :

W_0 = Energi yang dihitung berdasarkan konstanta dan jumlah putaran alat ukur KWH meter yang ditera (joule).

W = Energi yang dicatat oleh alat ukur KWH meter standard (joule)

Apabila keadaan KWH meter tidak standard maka menyebabkan energi yang terbaca tidak sama dengan yang ditera, meskipun arus dan tegangan yang diukur adalah tetap maka pengukuran yang berlaku secara berulang kali akan menyebabkan harga yang berbeda. Pengaturan dilakukan pada beban I_n dan $\text{Cos } \varphi = 1,0$ dengan kesalahan dibawah kelasnya (minimum).

V. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian–uraian yang telah dibahas, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengukuran di dalam ilmu kelistrikan adalah merupakan suatu proses mengukur yang dilakukan terhadap besaran – besaran listrik seperti tegangan, arus, daya, faktor kerja serta frekuensi, di mana pengukuran ini dilakukan dengan tujuan untuk menyatakan sifat suatu zat atau benda ke dalam suatu bentuk dan harga.
2. KWH Meter merupakan suatu alat ukur yang digunakan untuk menghitung banyaknya jumlah energi listrik yang terpakai pada penggunaan sistem tenaga listrik. KWH Meter bekerja berdasarkan induksi yang ditimbulkan oleh suatu medan listrik.
3. Suatu alat KWH Meter sebelum digunakan secara komersil, maka haruslah dilakukan peneraan terhadap alat ukur KWH Meter tersebut, hal ini dilakukan untuk mengetahui kebaikan kerja dari suatu alat KWH Meter tersebut ataupun untuk menentukan tingkat ketelitian dari alat ukur KWH Meter tersebut.
4. Dalam melaksanakan peneraan pada alat ukur KWH Meter, terdapat beberapa metoda yang digunakan, yaitu metoda pengukuran daya dan waktu. Pada metoda ini digunakan untuk mengetahui besarnya waktu yang dibutuhkan dan daya yang dihasilkan KWH Meter yang ditera pada saat melakukan sejumlah putaran piringan pada KWH Meter tersebut. Apabila KWH meter yang digunakan tidak standard dapat diatur dengan menambah torsi gerak yang digunakan untuk menggeser fluksi dengan cincin pada meter induksi sehingga akan memperlambat gesekan karena gesekan poros

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Cooper, William D. 1994, *Electronics Instrumentation and Measurement Technique, 2nd Edition*, England Chif NJ, USA : Privinitive-Hall Inc.
- [2.] Dr. Sapii, Soedjana. 1982, *Pengukuran dan Alat Ukur Listrik*. PT Paradnya Paramita, Jakarta.
- [3.] Ir. Soekarto,J. “*Dasar-Dasar Teknk Tenaga Listrik*”. PT. PLN (Persero) Wilayah III Cabang Pekanbaru Bagian Teknik Distribusi
- [4.] Neidle,Micheal. 1991, *Teknologi Instalasi Listrik*. Erlangga . Jakarta.
- [5.] PT. PLN (Persero) Bagian Teknik Distribusi. “*Standarisasi Tentang Peneraan*”.
- [6.] Suryatmo, F. 2003, *Teknik Pengukuran Listik dan Elektronika*”. Bumi Aksara, Jakarta.
- [7.] Suryatmo,F. 1990, *Teknik Listik Instalasi Gaya “. Tarsito, Bandung.*
- [8.] *Peraturan Umum Instalasi Listrik Indonesia (PUIL) 2000.*
- [9.] PT.PLN (Persero), *Buku Petunjuk Batasan Operasi Dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik*
- [10.] Sebayang, J.S. & Masykur, S., 2014, *Perbandingan kilowatthour meter analog dengan kilowatthour meter digital* (aplikasi pada PT. PLN (persero) cabang Medan). Singuda Ensikom, 6(1) , 7-12.
- [11.] Reza, F., Hartono, H. & Nurhadiyono, S. 2015, *Analisa deviasi kWh meter memanfaatkan aplikasi android “App Tole”*. Jurnal ITEKS Intuisi Teknologi Dan Seni. 7(3), 8-15.
- [12.] Hanafi, S. & Sjani, M., 2013, *Analisis pengaruh beban nonlinier terhadap kinerja Kwh meter induksi satu fasa*, Singuda Ensikom, 2(2), 50-51.
- [13.] Direktorat Jenderal Perdagangan Dalam Negeri, 2010, Keputusan direktur jenderal perdagangan dalam negeri no. 24/PDN/KEP/3/2010 tentang *syarat teknis meter kWh*. Jakarta: Departemen Perdagangan Dalam Negeri
- [14.] Enokela, J.A., 2007, *A comparison of performances of electronic and electromechanical energy meters*. Nigerian Journal of Technology, 26(2), 56-62.
- [15.] Sukumar, P., Sawale, B.A. & Suresh, V. 2014, *Trends in evaluation of energy meters at 21 JURNAL MATRIX, VOL. 8, NO. 1, MARET 2018 consumer premises - a case study*. International Journal of Electrical, Electronics and Computer Systems, 2(2), 23-27.