

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Alat Ukur dan Pembatas

Pengertian alat ukur disini adalah alat yang dipergunakan untuk mengukur besaran listrik, seperti : ampere meter, volt meter, ohm meter, $\cos \phi$ meter. Watt meter dan lain-lain. Pengertian dari alat pembatas adalah alat yang dipergunakan untuk membatasi arus listrik yang mengalir ke consume seperti MCB yang fungsi lainnya adalah sebagai proteksi dari peralatan listrik di konsumen.

2.5.1 Satuan Listrik Dalam TDL

A	adalah	ampere
V	adalah	volt
VA	adalah	volt ampere
KVA	adalah	kilo volt ampere
KW	adalah	kilo watt
W	adalah	watt
KWH	adalah	kilo watt hour
KVARH	adalah	kilo volt ampere reactive hour

2.2 Alat Ukur Listrik Yang Dipergunakan Pada Konsumen

a. KWH Meter



Gambar 2.1 KWH Meter

Kwh meter digunakan untuk mengukur energy arus bolak balik ataupun kwh meter adalah alat atau instrument ukur sebagai penjumlahan dan pemakaian energy aktif, merupakan alat ukur yang sangat penting, untuk kwh yang diproduksi disalurkan ataupun kwh yang dipakai konsumen-konsumen listrik. Energy aktif merupakan hasil rumus :

$$\begin{aligned} &\text{Hasil perkalian daya aktif dengan waktu} \\ \text{Hasil aktif (wa)} &= P \text{ (watt) } \times t \text{ (jam)} \end{aligned}$$

Atau

$$\begin{aligned} &\text{Hasil perkalian tegangan, arus, factor daya dan waktu} \\ \text{Energy aktif } W_a &= V \text{ (volt) } \times I \text{ (arus) } \times \cos \phi \times t \text{ (jam)}. \end{aligned}$$

Alat ukur ini sangat populer dikalangan masyarakat umum, karena banyak terpasang pada rumah – rumah penduduk (konsumen listrik A) dan menentukan besar kecilnya rekening listrik si pemakai

b. KVARH Meter

Kvarh meter (meter energy reaktif) adalah instrument ukur listrik integrasi yang mengukur energy reaktif dalam satuan var jam kelipatan, adapun rumus energy reaktif merupakan hasil perkalian daya reaktif dan waktu energy reaktif Q (VAR) $\times t$ (jam) atau hasil perkalian tegangan, arus, $\sin \phi$ dan waktu energy reaktif V (volt) $\times I$ (ampere) $\times \sin \phi \times t$ (jam). Prinsip kerja KVARH meter pada dasarnya cara kerja KVARH meter sama dengan KWH Meter, tetapi karena rekayasa tertentu yaitu merubah perbedaan sudut antara kumparan arus dan tegangan. Energy reaktif merupakan energy yang terbentuk medan, sehingga tidak dapat menimbulkan kopel gerak, yang dapat menimbulkan kopel gerak adalah energy reaktif. KVARH Meter sebenarnya adalah kwh meter dimana nilai energy aktif (KWH) yang terukur sama dengan besar energy reaktif (KVARH) yang diukur dari beban

Table 2.1 Besaran Ukuran

Nama alat Ukur	Besaran yang diukur	Tanda satuan	Rangkaian penggunaan	keterangan
Ampere meter	Arus	A	AC & DC	U
volt meter	Tegangan	E	AC & DC	I.R
Watt meter	Daya	W	AC & DC	U.R
Kwh meter	Energy	KWH	AC & DC	U.I.t
Kvarh meter	Energy	KVARH	AC & DC	U.I.t
Frekuensi	Getaran/detik	Hz	AC	-

2.3 Alat – alat ukur yang dipakai untuk mengukur besaran :

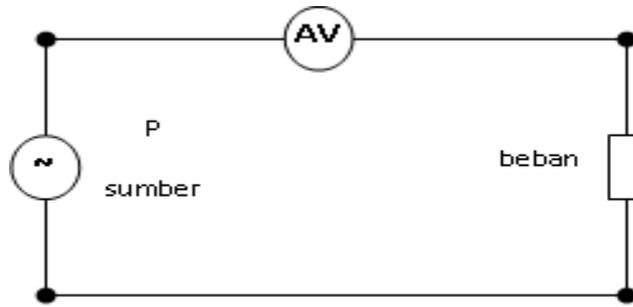
1. Ampere meter
2. Volt meter
3. Cosphi meter
4. Frekuensi meter
5. Watt meter
6. Megger
7. Phasa sequence

2.5.1 Ampere meter

alat ukur ini digunakan untuk mengetahui besarnya arus/aliran listrik baik berupa :

- Arus listrik yang diproduksi mesin pembangkit
- Arus listrik yang didistribusikan ke jaringan distribusi

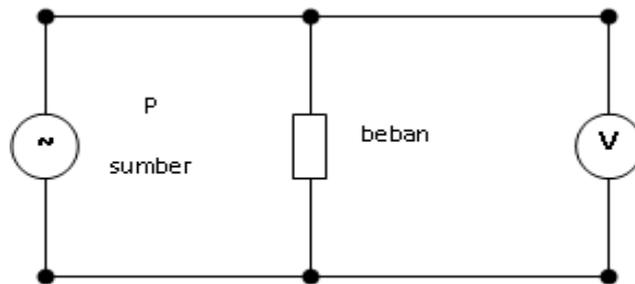
Cara penyambungan dari ampere adalah dengan menghubungkan seri dengan sumber daya listrik (power supply)



Gambar 2.2 penyambungan ampere meter

2.5.2 Volt Meter

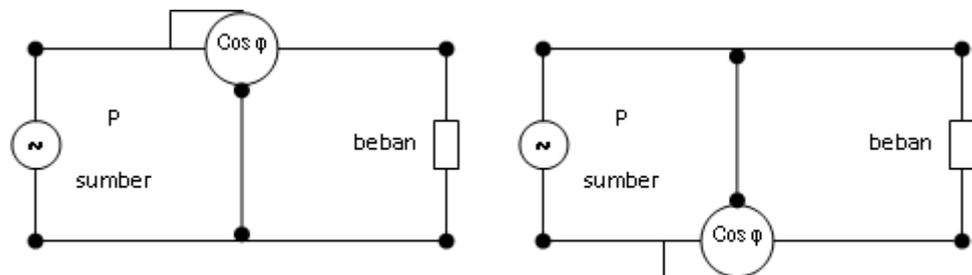
Alat ukur ini digunakan untuk mengetahui besarnya tegangan. Cara penyambungan dari volt meter adalah dengan menghubungkan paralel dengan sumber daya listrik (power source)



Gambar 2.3 Penyambungan Volt meter

2.5.3 Cosphi meter

Alat ini digunakan untuk mengetahui, besarnya factor kerja (power factor) yang merupakan beda fase antara tegangan dan arus, cara penyambungan adalah tidak dengan watt meter sebagaimana gambar dibawah ini :



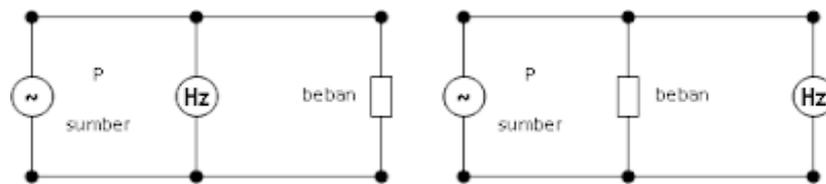
Gambar 2.4 penyambungan cos phi meter

Cos phi meter banyak digunakan dan terpasang pada :

- Panel pengukuran mesin pembangkit
- Panel gardu hubung gardu induk
- Alat pengujian, alat penerangan dan lain-lain

2.5.4 Frekuensi Meter

Frekuensi meter digunakan untuk mengetahui frekuensi (berulang) gelombang sinusoidal arus boalk-balik yang merupakan jumlah siklus sinusoidal tersebut perdetiknya (cycle/second). Cara penyambungannya adalah sebagai berikut :

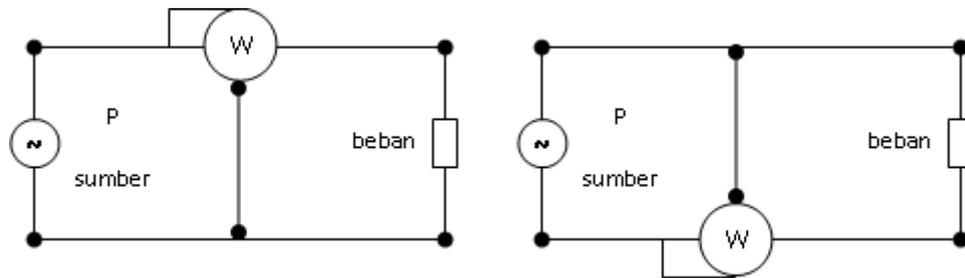


Gambar 2.5 penyambungan frekuensi meter

Frekwensi meter mempunyai peranan cukup penting khususnya dalam mensinkronisasikan (memparalelkan) 2 unit mesin pembangkit dan stabilnya frekwensi merupakan petunjuk kestabilan mesin pembangkit.

2.5.5 Watt meter

Alat ukur ini untuk mengetahui besarnya daya nyata (daya aktif). Pada watt meter terdapat spoel/belitan arus dan spoel / belitan tegangan, sehingga cara penyambungan watt pada umumnya merupakan kombinasi cara penyambungan volt meter dan ampere meter sebagaimana pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.6 penyambungan watt meter

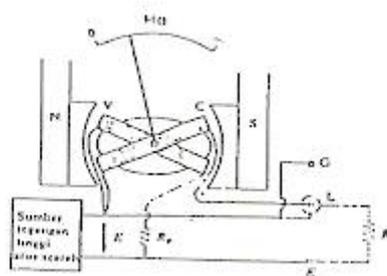
jenis lain dari watt meter berdasarkan besarnya adalah :

- KW – meter (kilo watt meter)
- MW – meter (mega watt meter)

2.5.6 Megger

Megger dipergunakan untuk mengukur tahanan isolasi dari alat-alat listrik maupun instalasi-intalasi, output dari alat ukur ini umumnya adalah tegangan tinggi arus searah, yang diputar oleh tangan. Besar tegangan tersebut pada umumnya adalah : 500, 1000, 2000 atau 5000 volt dan batas pengukuran dapat bervariasi antara 0,02 sampai 20 meter ohm dan 5 sampai 5000 meter ohm dan lain-lain sesuai dengan sumber tegangan dari megger tersebut. Dengan demikian, maka sumber tegangan megger yang dipilih tidak hanya tergantung dari batas pengukur, akan tetapi juga terhadap tegangan kerja (system tegangan) dari peralatan ataupun instansi yang akan diuji isolasinya ini telah banyak pula megger yang mengeluarkan tegangan tinggi, yang diduplikatnya dari baterai sebesar 8 – 12 volt (megger dengan sistem elektronis). Megger dengan baterai umumnya membangkitkan tegangan tinggi yang jauh lebih stabil dibanding megger dengan generator yang diputar dengan tangan.

Gambar rangkaian dasar megger adalah sebagaimana dibawah ini :



Gambar 2.7 konstruksi bagian dalam megger

Megger ini banyak digunakan petugas dalam mengukur tahanan isolasi pada :

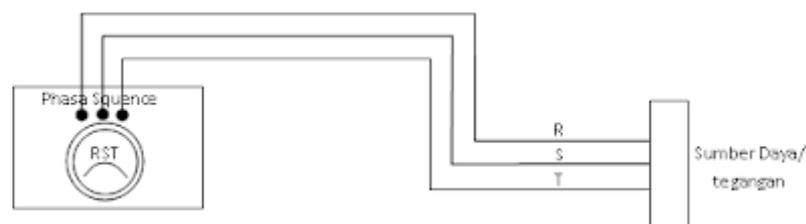
- Kabel instalasi pada rumah-rumah / bangunan
- Kabel tegangan rendah
- Kabel tegangan tinggi
- Transformator, OCB dan peralatan listrik lainnya.

2.5.7 Phasa Squence

Alat ukur ini digunakan untuk mengetahui benar/tidaknya urutan phasa system tegangan listrik-3 phasa. Alat ini sangat penting arti khususnya dalam melaksanakan penyambungan gardu-gardu ataupun konsumen listrik, karena kesalahan urutan phasa dapat menimbulkan :

- Kerusakan pada peralatan/mesin antara lain putaran motor listrik terbalik
- Putaran piringan Kwh meter menjadi lambat ataupun terhenti sama sekali, dll

Cara penyambungannya adalah sebagaimana terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.8 Penyambungan Phasa Squence

Sesuai dengan keterangan diatas alat ukur ini sangat diperlukan petugas dalam melaksanakan penyambungan listrik pada

- Pusat-pusat pembangkit, gardu hubung, Gardu induk, gardu distribusi, konsumen listrik lainnya.

2.4 Macam - Macam Alat Ukur Keperluan Pemeliharaan

Berdasarkan fungsinya pada kegiatan pemeliharaan distribusi alat ukur yang digunakan antara lain :

- 1 Multi Tester
- 2 Meter Tahanan Isolasi
- 3 Meter Tahanan Pentanahan
- 4 Meter Tahanan Kontak
- 5 Meter Urutan Fasa

2.5.1 Multi Tester

Multi tester biasa disebut juga dengan AVO meter digunakan :

- Untuk mengukur tegangan sumber arus searah alat kontrol, proteksi, kumparan pembuka /penutup alat hubung
- untuk mengukur sumber arus bolak – balik tegangan rendah untuk pemanas
- Untuk mengukur kontinuitas sambungan kabel – kabel kontrol.



Gambar 2.9 Alat Multi Tester

2.5.2 Meter Tahanan Isolasi

Meter tahanan isolasi disebut Megger, megger untuk mengukur tahanan isolasi instalasi tegangan menengah maupun tegangan rendah. Untuk

instalasi tegangan menengah digunakan Meger dengan batas ukur Mega sampai Giga Ohm dan tegangan alat ukur antara 5.000 sampai dengan 10.000 Volt arus searah. Untuk instalasi tegangan rendah digunakan Meger dengan batas ukur sampai Mega Ohm dan tegangan alat ukur antara 500 sampai 1.000 Volt arus searah. Ketelitian hasil ukur dari meger juga ditentukan oleh cukup tegangan batere yang dipasang pada alat ukur tersebut



Gambar 2.10 Alat Megger

2.5.3 Meter Tahanan Pentanahan

Biasa disebut dengan megger tanah atau Earth Tester, digunakan untuk mengukur tahanan pentanahan kerangka kubikel dan pentanahan kabel. Terminal alat ukur terdiri dari 3 (tiga) buah, 1 (satu) dihubungkan dengan elektroda yang akan diukur nilai tahanan pentanahannya dan 2 (dua) dihubungkan dengan elektroda bantu yang merupakan bagian dari alat ukurnya. Ketelitian hasil tergantung dari cukupnya energi yang ada pada batere.



Gambar 2.11 Alat Eart Tester

2.5.4 Meter Tahanan Kontak

Biasa disebut dengan Micro Ohm meter dan digunakan untuk mengukur tahanan antara terminal masuk dan terminal keluar pada alat hubung

utama kubikel. Nilai yang dihasilkan adalah dalam besaran micro atau sepersatu juta ohm. Dua terminal alat ukur yang dihubungkan ke terminal masuk dan keluar akan mengalirkan arus searah dengan nilai minimal 200 Amper. Sebenarnya yang terukur pada alat ukurnya adalah jatuh tegangan antara 2 (dua) terminal yang terhubung dengan alat ukur, tetapi kemudian nilainya dikalibrasikan menjadi satuan micro ohm.



Gambar 2.12 Micro Ohm Meter

2.5.5 Meter Urutan Fasa

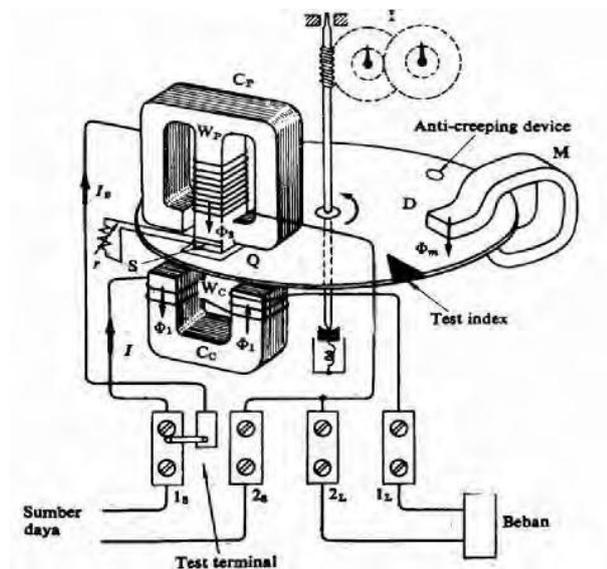
Banyak nama yang dipakai untuk menyebutkan alat ini, misalnya : Phase Sequence Indicator, Drivelt meter, meter medan putar. Gunanya untuk memeriksa urutan fasa pada saat tegangan sudah masuk ke kubikel. Ada 3 (tiga) terminal yang masing dihubungkan ke terminal kontrol tegangan yang biasanya menjadi satu dengan lampu indikator.



Gambar 2.13 Phase Sequence Indikator

2.5 Prinsip kerja

Alat ini (KWH Meter) seperti yang kita ketahui bahwa KWH Meter mempunyai prinsip kerja induksi yang disebabkan oleh adanya flux dan arus pusar tertentu yang menyebabkan piring dapat bergerak. KWH Meter mempunyai sepasang kumparan yang bebas antara satu dengan yang lain yaitu kumparan arus (w_c) yang akan menimbulkan fluksi maknetis (ϕ_1) dan kumparan tegangan (w_p) yang akan menimbulkan (ϕ_2). Kedua fluksi ini membentuk gelombang sinus dengan frekuensi yang sama dan masuk ke piringan (D) sehingga terjadilah arus pusar pada piringan tersebut. Kedua arus akan memotong fluksi magnet (ϕ_1) dan (ϕ_2), akibatnya piringan mendapat momen gerak sehingga piringan akan berputar



Gambar 2.14 Susunan Elemen Penggerak dan Arah Fluks

Dengan memperhatikan penjelasan dan gambar diatas maka besarnya momen gerak (T_d) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} T_d &= k \times (\phi_1) \times (\phi_2) \\ &= k_d \times V \times I \times \cos \phi \dots\dots\dots (2.1) \end{aligned}$$

Dimana :

T_d = momen gerak

k_d = demand factor (suatu koefisien yang menyatakan ketidak
Bersamaan waktu operasi)



- ϕ_1 = fluksi magnetis pada kumparan arus
- ϕ_2 = fluksi magnetis pada kumparan tegangan
- V = tegangan beban
- I = arus beban
- K = konstanta alat ukur
- $\text{Cos } \varphi$ = factor kerja

Agar momen gerak (Td) berbanding lurus terhadap beban maka fluksi magnet pada kumparan tegangan (ϕ_2) dibuat tertinggal (legging) terhadap tegangan sebesar permanen sebagai moemn lawan (Tc) yang mempunyai fluksi magnetis (ϕ_m), dimana $T_c = K_c \times n \times \phi_m$. maka dalam keadaan seimbang terjadi :

$$K_d \times V \times I \times \text{Cos } \phi_i = K_c \times n \times (\phi_m)$$

$$= K \times V \times I \times \text{Cos } \phi_i \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- Td = momen gerak
- Kc = factor jarak kumparan
- n = putaran piringan
- V = tegangan beban
- I = arus beban
- K = konstanta alat ukur
- $\text{Cos } \varphi$ = factor kerja

Dari penjelasan tersebut terlihat bahwa putaran piringan KWH meter berbanding lurus dengan daya listrik yang mengalir pada alat ukur tersebut. Untuk memungkinkan pembacaan, maka jumlah putaran piringan (D) ditransformasikan melalui sistmen mekanis, yaitu r melalui kalibrasi tertentu. Jumlah putaran atau KWH tiap KWH Meter berbeda, tergantung dari jenis KWH meter tersebut, serta setiap kwh meter terdapat name plate yang tertera data arus, tegangan, daya terpasang dan jumlah putaran yang digunakan. Pada tiap kwh meter terdapat name plate yang tertera data arus, tegangan, daya terpasang dan jumlah putaran yang digunakan, missal :

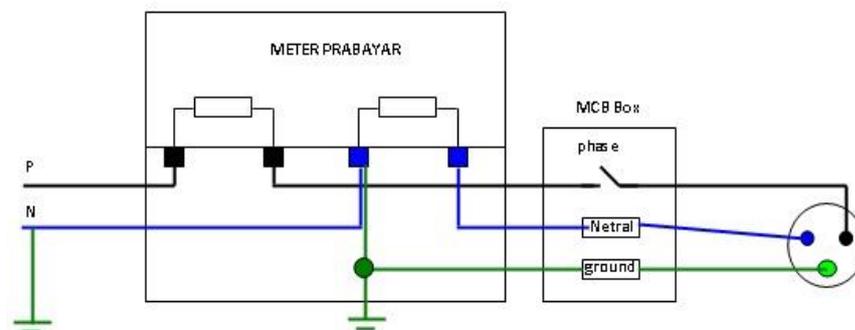
Tabel 2.2 name plate KWH meter

Data name plate	Arti
127 / 220 V	KWH meter ini mempunyai tegangan antar kawat phasa dan netral 127 V atau 220 V
5 (20) A	5 ampere adalah arus nominalnya (I_n) dan 20 ampere untuk rating arus maksimum
900 rev/kwh	dalam setiap 900 putaran sama dengan 1 kwh
750 VA	Daya terpasang

2.5.1 Pada umumnya kwh meter terbagi tiga macam yaitu

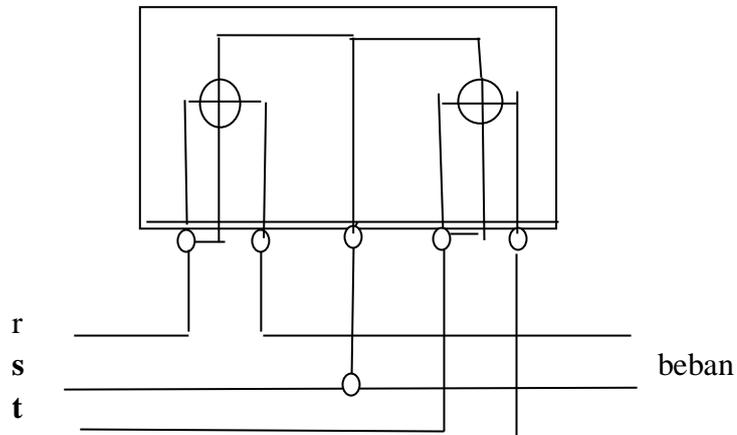
1. Kwh meter 1 phasa 2 kawat
2. Kwh meter 3 phasa 3 kawat
3. Kwh meter 3 phasa 4 kawat

2.5.1.1 Kwh Meter 1 phasa 2 kawat



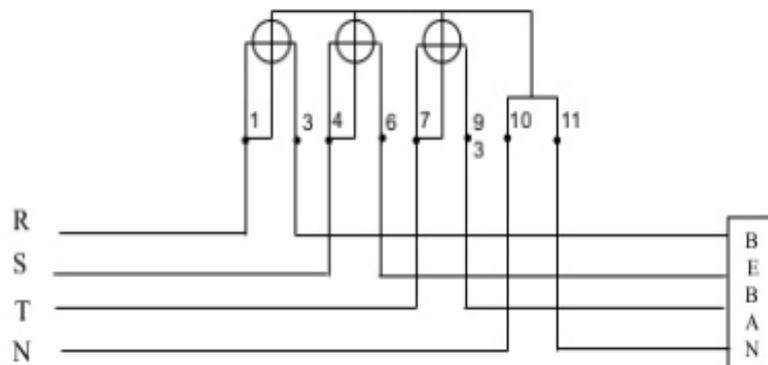
Gambar 2.16 kwh meter 1 phasa 2 kawat

2.5.2.1 Kwh Meter 3 fase 3 kawat



Gambar 2.16 kwh meter 3 fase 3 kawat

2.5.3.1 Kwh meter 3 fase 4 kawat



Gambar 2.17 kwh meter 3 fase 4 kawat

2.6 Bagian – bagian terpenting dari KWH meter

1. Magnet permanent

Magnet ini mempunyai momen lawan yang besarnya sebanding dengan kecepatannya sebanding dengan putaran piringan dan fungsinya agar kecepatan putar piring mengikuti perubahan daya yang terpakai.



2. Piring aluminium

Piringan ini terletak diantara dua kutub dari magnet permanen, piringan ini menghasilkan konsumen momen putar yang berbanding lurus dengan daya yang dipakai konsumen dalam jangka waktu tertentu berbanding lurus dengan daya yang akan diukur

3. Register

Merupakan suatu alat yang mengintegrasikan dan memperlihatkan jumlah perputaran dari piringan aluminium transformasi dari kecepatan putar biasanya diadakan sehingga roda-roda tersebut akan berputar lebih lambat dibandingkan putaran piringan aluminium sehingga register akan menunjukkan energy yang terukur dalam satuan KWH, setelah melalui kalibrasi tertentu.

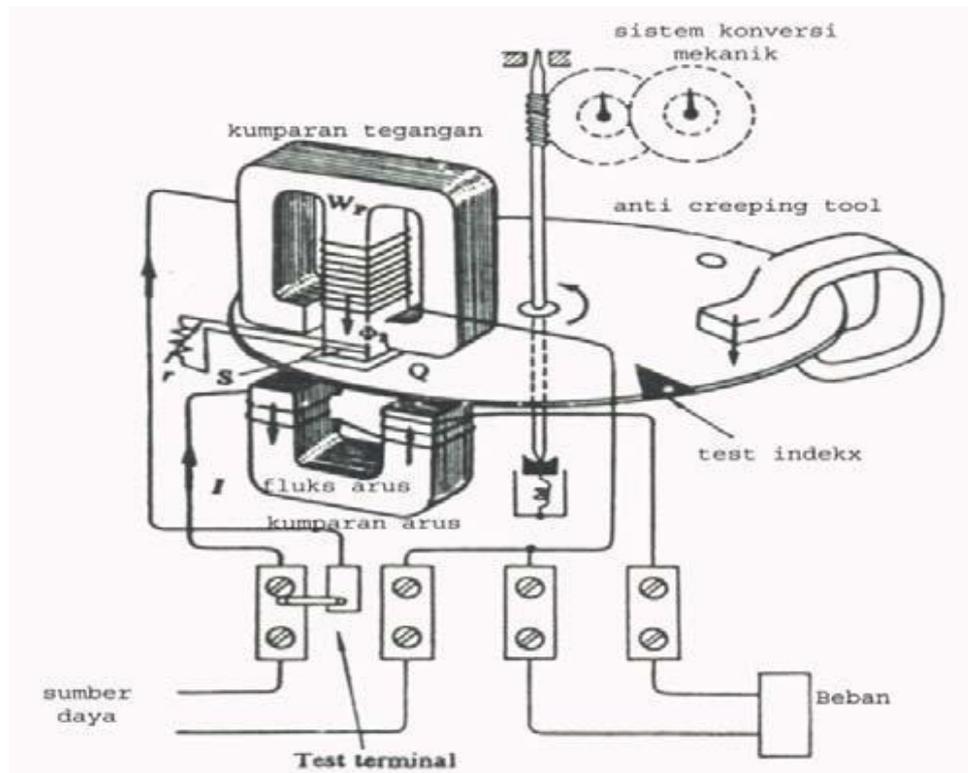
4. Kumputan tegangan

Kumputan ini mempunyai jumlah lilitan yang banyak tetapi penampang kawatnya kecil dan dianggap mempunyai reaktansi murni, sehingga arus yang mengalir melalui kumputan tersebut akan tertinggal terhadap tegangan beban dengan sudut 90 derajat, hal ini menimbulkan fluksi magnet akibat beda fasa itu.

5. Kumputan arus

Arus yang mengalir dari jala – jala beban melalui kumputan ini menyebabkan timbulnya fluksi magnet, kumputan arus mempunyai jumlah lilitan yang sedikit dibandingkan dengan kumputan tegangan dan kumputan arus ini mempunyai luas penampang kawatnya yang besar, sehingga memungkinkan arus yang lewat pada kumputan ini akan tersalurkan ke beban

2.7 Konstruksi KWH Meter



Gambar 2.18 skema bagian dalam kwh meter

Keterangan :

1. Poros
2. Roda gigi pemutar alat hitung
3. Kumparan tegangan
4. Piringan
5. Kumparan arus
6. Terminal blok

Keterangan mengenai masing – masing fungsi peralatan diatas sebagai berikut :

1. Inti besi kumparan arus, dibuat dari besi plat tipis berisolasi satu sama lain
2. Inti besi kumparan tegangan, sama seperti diatas.
3. Kumparan arus, terbuat dari beberapa lilitan kawat tembaga berisolasi dengan diameter tebal, dialiri arus beban / pemakaian, ketebalan diameter kawat tembaga tergantung dari rencana pembuatannya, ada yang didesain arus pada 5A, 10A dan seterusnya
4. Kumparan tegangan terbuat dari kawat tembaga berisolasi diameter halus, kumparan dialiri arus Iv
5. Kumparan untuk alat pengukur phasa, kumparan ini dililitkan pada titik kumparan arus
6. Kawat tahanan (resistansi) dihubungkan pada kumparan untuk pengatur phasa (5) dimana disediakan alat untuk menggeser hubungan kawat tahanan tersebut, penggeseran ini dilakukan pada waktu menera pada beban dengan $\cos \phi$
7. Piringan putar terbuat dari plat aluminium (yang homogen) ringan dan kepadatannya diinduksikan tegangan dan timbul arus edy yang akibat interaksinya dengan fluks – fluks kumparan arus dan tegangan menimbulkan torsi gerak rotor atau piringan
8. Bendera pengeremen, gunanya untuk pengaturan putaran piringan pengujian beban nol pada tegangan normal
9. Lidah pengereman adalah merupakan pasangan dengan bendera pengereman (8), posisi lidah pengereman dan bendera pengereman harus tepat sehingga :
 - Pada beban nol, tegangan nominal piringan berhenti pada saat posisi mereka berdekataan
 - Tetapi arus mula (0...% Id) piringan harus dapat berputar besar dari 1 putaran.

Sementara kwh meter yang lain, pencegahannya piringan putar besar dari 1 putaran pada beban nol tegangan nominal tidak menggunakan teknik lobang kecil pada piringan. Bila lobang berada dibawah kumparan tegangan, rotor berhenti.

10. Rem magnet berfungsi mengerem rotor. Besarnya pengeremen sebanding lurus dengan kecepatan rotor. Biasanya dibuat pabrik dengan bahan ALNIKO. Kekuatan magnetnya praktis tetap sehingga penting untuk pengaturan beban besar pada saat peneraan. Selain itu menjaga agar supaya KWH Meter pada waktu tidak mengukur energy, piringan tetap tidak bergerak. Demikian pula pada waktu pemakaian tiba – tiba berhenti, maka piringan pun segera berhenti berputar, tidak bergerak lebih lanjut
11. Skrup pengaturan beban besar / tinggi prinsipnya kuat pengereman pada rotor oleh magnet tetap (10) dapat mengatur dengan menggeser posisi rem magnet terhadap sumbu rotor dengan cara memutar skrup ini maka makin sumbu pengereman makin kuat untuk luas yang terobos medan / garis – garis gaya magnet yang sama
12. Skrup pengaturan beban rendah, kerugian karena gesekan mekanis antara sumbu dan bantalan, pada roda – roda gigi dapat di kompensasi oleh pengetur beban rendah ini dengan memutar skrup ini
13. Pengatur untuk beban dengan cos phi pada peneraan kwh meter dengan beban 100% cos phi ½, pengaturan ini perlu disetel bila nilai kesalahannya diluar batas toleransinya.

Elemen ukur atau penggerak dipasang dengan kokoh pada yug atau tempat dudukannya. Pemasangan register harus sedemikian rupa, tidak boleh terlalu menekan ataupun longgar, sehingga terhindar dari macetnya register ataupun lolosnya roda gigi register dari roda ulirnya. Kumparan arus, kumparan tegangan berikut masing – masing alat pengaturannya biasanya disebut elemen ukur.

2.8 Kegunaan KWH

a. Kwh meter biasa

Kwh meter ini mempunyai hanya satu buah register yang berfungsi untuk menghitung banyaknya energy listrik yang terpakai oleh konsumen, sebagaimana pengukuran energy listrik biasanya

b. Kwh meter khusus

Kwh meter ini mempunyai register ganda, dimana register ini mempunyai masing – masing fungsi yaitu untuk register bagian atas untuk menghitung banyaknya energy listrik pada saat beban puncak dan register bagian bawah untuk menghitung banyaknya energy listrik diluar waktu beban puncak

c. Jenis – jenis pengukuran KWH meter

Jenis pengukuran kwh meter ada tiga yaitu :

1. Cara langsung (direct)

Terdiri dari pengukuran KWH meter satu phasa dan pengukuran KWH meter tiga phasa empat kawat. Pengukuran KWH Meter tiga phasa empat kawat digunakan pada batas ukur 80 ampere, dimana besarnya beban yang dipakai sama dengan pembacaan pada kwh meter (counter)

2. Cara setengah langsung (semi direct)

Cara setengah langsung yaitu pengukuran KWH Meter tiga phasa empat kawat dengan menggunakan trafo arus (CT), Besarnya arus yang mengalir pada beban 80 – 600 ampere, dimana besarnya energy yang dipakai adalah sama dengan pembacaan counter x ratio CT.

3. Cara tidak langsung (indirect)

Cara tidak langsung yaitu pengukuran dengan arus dan trafo tegangan, besarnya arus beban yang mengalir lebih dari 600 ampere, sedangkan besarnya energy yang dipakai adalah sama dengan pembacaan meter (counter) x ratio trafo arus x ratio trafo tegangan.

d. Berdasarkan tarif kwh meter dibagi

- Kwh meter tariff tunggal
- Kwh meter tariff ganda

e. Adapun pembagian dari pada kwh meter 3 phase antara lain

1. Kwh meter 3 phase (tiga kawat) pengukuran tidak langsung dengan tarif ganda. Kwh meter ini mempunyai dua kumparan arus dan dua kumparan tegangan, dalam melakukan pengukuran menggunakan dua trafo arus dan dua trafo tegangan
2. Kwh meter 3 phasa (empat kawat) pengukuran langsung dengan tarif tunggal. Kwh meter ini mempunyai tiga kumparan arus dan tiga kumparan tegangan sedangkan untuk piringan aluminium dan magnet permanen ada yang tiga dan ada yang satu.
3. Kwh meter 3 phasa (empat kawat) pengukuran langsung dengan tarif ganda. Kwh meter ini mempunyai 3 kumparan arus dan 3 kumparan tegangan pada kwh meter jenis ini ada tariff untuk saat beban puncak.
4. Kwh meter 3 phasa (empat kawat) pengukuran semi langung dengan tarif ganda. Kwh meter ini mempunyai tiga kumparan arus dan tiga kumparan tegangan serta mempunyai tarif untuk saat beban puncak, pada jenis ini juga untuk melakukan pengukuran digunakan trafo arus.
5. Kwh meter 3 phasa (empat kawat) pengukuran tidak langsung dengan tariff ganda. Kwh meter ini mempunyai tiga kumparan arus dan tiga kumparan tegangan serta mempunyai tarif saat beban puncak, pada kwh meter jenis ini untuk melakukan pengukuran menggunakan tarfo arus dan tarfo tegangan. Kwh tarif tunggal hanya mempunyai satu pengukuran dan biasanya dipakai untuk konsumen biasa. Kwh meter tarif ganda pada

umumnya digunakan untuk pengukuran konsumen dengan tariff industry yang energy listriknya dipergunakan siang dan malam. Kwh meter jenis ini mengukur pemakain waktu beban puncak (WBP) yaitu dari jam 18.00 sampai 22.00 dan mengukur pemakaian lewat waktu beban puncak yang dibantu dengan pemakaian saklar waktu (time switch)

2.9 Ketentuan Pemasangan KWH Meter

Dalam melakukan pemasangan kwh meter harus diperhatikan ketentuan pemasangan kwh meter tersebut yaitu :

1. Kwh meter harus dipasang pada tempat yang terang agar mudah terbaca.
2. Tempat pemasangannya harus kering dan terbebas dari debu.
3. Dipasang setinggi mata orang dewasa agar mudah dalam melakukan pembacaan dan pemeriksaan.
4. Kwh meter harus dipasang pada permukaan dinding yang rata dengan posisi vertical.
5. Kwh meter harus dilindungi dengan penutup yang baik dan tidak boleh dipasang pada tempat yang terbuka tanpa ada pelindung yang khusus.

Kwh meter harus diberi plat nama agar mudah dalam melakukan pengecekan, plat nama tersebut tidak boleh dirusak oleh konsumen karna telah disegel.

2.10 Macam – macam Daya Listrik

Pada umumnya system tenaga listrik terdiri dari tiga elemen yaitu pusat pembangkit, transmisi dan pusat beban. Seperti yang telah diketahui daya listrik dibagi dalam tiga macam daya sebagai berikut :

- **Daya Nyata**

Daya nyata merupakan daya listrik yang digunakan untuk keperluan menggerakkan mesin – mesin listrik atau peralatan lainnya

- **Daya Semu**

Daya semu merupakan daya listrik yang melalui suatu penghantar transmisi atau distribusi. Daya ini merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus yang melalui penghantar

- **Daya Reaktif**

Daya reaktif merupakan selisih antara daya semu yang masuk pada penghantar dengan daya aktif pada penghantar itu sendiri, dimana daya ini terpakai untuk daya mekanik dan panas. Daya reaktif ini adalah hasil kali antara besarnya arus dan tegangan yang dipengaruhi oleh factor daya.

2.11 Sambungan Konsumen

Sambungan konsumen berfungsi menghubungkan antara tiang tegangan rendah dengan rumah pelanggan. Pemilihan macam sambungan ini dilihat dari keadaan lokasi dengan pertimbangan ekonomi dan keamanan. Untuk konsumen yang besar disambung dengan system tiga fasa dan konsumen yang kecil disambung dengan system satu fasa. Didalam penyambungan ini dapat dipakai penghantar saluran udara maupun saluran bawah tanah sesuai dengan keadaan dan kondisi para konsumen.

2.12 P2TL (Penertiban Penyaluran Tenaga Listrik)

Diatur dalam surat keputusan direksi no.234 adapun jenis pelanggaran pencurian yang dilakukan oleh konsumen ada 3 yaitu :

1. P1

adalah Pelanggaran menggunakan listrik tidak sesuai ijinnya. Misalkan ijin 450 VA pelanggaran merubah MCB nya untuk pemakaian menggunakan MCB A ampere dirubah menjadi MCB 6 ampere dan disebut juga pembesaran daya.



2. P2

Pelanggan mempengaruhi/merubah putaran KWH Meter. Misalkan modulusnya pelanggan merusak Segel KWH Meter lalu KWH Meter itu dimodifikasinya sehingga terjadi putaran KWH Meter menjadi lambat dengan cara mengendorkan mur yang berada didalam KWH Meter.

3. Adapun yang ini kombinasi antara P1 dan P2 Yaitu dengan cara membesarkan daya dan melakukan perlambatan putar pada KWH Meter.

Ada beberapa kesalahan pada kwh meter yaitu :

1) Kesalahan kWh Meter

KWh meter menghitung jumlah energi yang mengalir tidak saja pada pembebanan konstan, tetapi juga pada pembebanan yang berubah. Untuk menentukan benar tidaknya penunjukan kWh meter, maka kWh meter dioperasikan pada pembebanan yang tertentu dan mengukur besarnya daya yang mengalir serta mengamati kWh meter yang sedang di test. Jika daya dijaga konstan dalam selang waktu tertentu maka jumlah energi yang mengalir dapat dihitung. Dari pengamatan kerja kWh meter dapat dihitung juga berapa

$E =$ energi (kWh) dan

$N = \omega$ penunjukan kWh meter.

a) kWh Meter Pada Pembebanan Konstan jika daya yang mengalir konstan, maka untuk suatu kWh meter dapat kita tuliskan hubungan:

$$E = P \times t = \frac{N}{C} \text{ (kwh)}$$

Dimana :

N = Jumlah putaran piringan (putaran)

ω = jumlah putaran per jam (rph = put/jam)

C = Konstanta kWh meter (Put/ kWh)



$P = \text{Daya (kW)}$

$t = \text{Waktu (detik)}$

Dari hubungan tersebut, terlihat bahwa untuk suatu harga daya tertentu, kecepatan piringan kWh meter ω tertentu juga:

$$\omega = \frac{N}{t} = CP$$

Atau untuk suatu jumlah putaran tertentu dibutuhkan waktu:

$$t = \frac{N}{CP}$$

- b) Menghitung Kesalahan kWh Meter kesalahan dalam persen dapat dinyatakan

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{E_p - E_s}{E_s} \times 100 \%$$

$$E_p = \frac{N}{C}$$

Jika untuk membuat N putaran diperlukan waktu t detik, sedangkan daya yang masuk sebesar P watt, maka jumlah energi sebenarnya E_s adalah :

$$E_s = \frac{P \times t}{3600 \times 1000}$$

Dimana :

$E_p = \text{Jumlah energi yang dicatat oleh meteran yang terpasang}$

$E_s = \text{Jumlah energi yang sebenarnya}$

Maka kesalahan dalam persen adalah:

$$\% \text{ kesalahan} = 100 \left(\frac{N \times 3600 \times 1000}{C \times P \times t} - 1 \right)$$

Persen kesalahan dapat juga dihitung dengan membandingkan kecepatan putaran, jika daya yang mengalir adalah P watt, maka kecepatan putar piringan sebenarnya adalah:

$$\omega_s = C \frac{P}{1000} \quad (\text{putaran per jam})$$

Kecepatan perputaran piring yang diukur adalah

$$\omega = \frac{N.3600}{t} \text{ (putaran per jam)}$$

Maka kesalahan dalam persen dapat dinyatakan :

$$\frac{w}{ws} - 1$$

2) Rangkaian Ekivalen

kWh Meter Satu Fasa kWh meter digunakan untuk mengukur energi arus bolak balik, alat ukur ini untuk mengetahui besarnya daya nyata (daya aktif). Pada alat ukur ini terdapat kumparan arus dan kumparan tegangan, sehingga cara penyambungan watt pada umumnya merupakan kombinasi cara penyambungan voltmeter dan amperemeter. kWh meter merupakan alat ukur yang sangat penting, untuk kWh yang diproduksi, disalurkan ataupun kWh yang dipakai konsumen-konsumen listrik.

3) Jaringan Meter Listrik

Jaringan meter listrik ini menunjukkan skema pemasangan jenis-jenis meter kWh yang dipasang baik di perumahan, institusi, ataupun tempat yang memerlukan perlakuan khusus dalam pemasangannya.

4) Perhitungan kWh Meter

kWh meter berarti Kilo Watt Hour Meter dan kalau diartikan menjadi n ribu watt dalam satu jamnya. Jika membeli sebuah kWh meter maka akan tercantum x putaran per kWh, artinya untuk mencapai 1 kWh dibutuhkan putaran sebanyak x kali putaran dalam setiap jamnya.

5) Beban

Pada sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linier dan beban nonlinier. Beban pada perumahan-perumahan atau gedung umumnya terdiri dari kombinasi beban-beban linier dan beban nonlinier.

- a. Beban Linier
- b. Beban Nonlinier

Untuk mengetahui perhitungan LWBP (Luar Waktu Beban Puncak) dengan cara yaitu :

Periode tahun / bulan sesudah pemakaian – periode Tahun/Bulan Sebelum Pemakaian = Jumlah Pemakaian

Untuk mengetahui per hitungan pemakaian per/jam KWH Meter yang terbaca pada saat posisi penyalahgunaan :

Jam = kwh / daya.....

2.13 Pengelompokan Tarif

Yang dimaksud dengan tarif tenaga listrik tegangan rendah adalah tarif yang digunakan untuk sambungan tegangan listrik dengan tegangan standar:

- a) 230 V untuk sambungan phasa tunggal.
- b) 400 V untuk sambungan phasa tiga.

Untuk sistem kelistrikan lama yang belum dilakukan perubahan tegangan, sistem tegangan rendah menggunakan standar sebagai berikut:

- a) 127 V untuk sambungan phasa tunggal
- b) 220 V untuk sambungan phasa tiga
- c) 220 V untuk sambungan phasa tunggal
- d) 380 V untuk sambungan phasa tiga

2.14 Pengelompokan KWH Meter

KWH Meter dapat dikelompokan berdasarkan jenis dan fungsinya, dan ditinjau dari segi KWH Meter terbagi menjadi dua jenis yaitu:

A. Jenis

1. Kwh Meter Satu Phasa

Digunakan untuk pelanggan satu phasa mulai dari daya 450 VA sampai dengan 22.000 VA bila perlu dengan trafo arus tegangan rendah.

2. Kwh Meter Tiga Phasa

Digunakan untuk pelanggan dengan sistem tiga phasa mulai dari daya 390 VA sampai dengan 66.000 VA, bila perlu dengan trafo arus tegangan, sedangkan dari daya 82.5000 VA sampai dengan 197.000 VA dengan menggunakan trafo arus tegangan, dan untuk daya 233.000 KVA sampai dengan 630.000 VA, menggunakan PMT dilengkapi dengan rele arus dan rele pembatas, thermis over load dengan sistem disesuaikan daya kontak.

B. Fungsi

1. KWH Meter Satu Phasa.

Berdasarkan fungsinya kwh meter satu phasa terbagi atas tarif tunggal dan tarif ganda.

2. KWH Meter Tiga Phasa

Berdasarkan fungsinya kwh meter tiga phasa terbagi atas tarif tunggal dan ganda

C. Pemakaian

Menurut pemakaian KWH Meter dapat digunakan:

- KWH Meter Satu Fasa

KWH Meter ini diperlukan untuk mengukur energi listrik dengan pemakaian yang sedikit, seperti pemakaian pada rumah-rumah.

- KWH Meter Tiga Fasa

KWH Meter ini diperlukan untuk mengukur energi listrik dengan pemakaian daya yang besar, seperti pemakaian pada industri-industri besar atau pabrik.

Untuk mengetahui besar energi yang terbaca/terpakai oleh konsumen yang menyalahgunakan energi listrik pada KWH Meter tiga fasa, dapat dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu:

1. Tiga Fasa tiga kawat
2. Tiga Fasa empat kawat

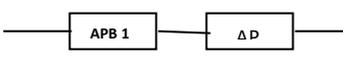
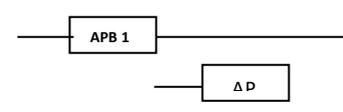
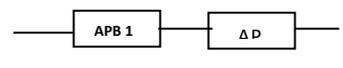
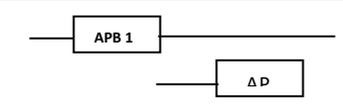
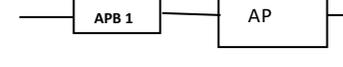
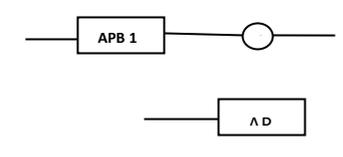
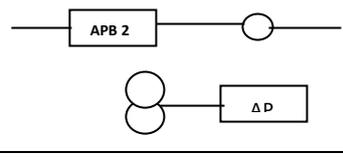
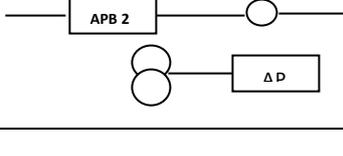
2.15 Tarif Listrik

Pemakaian tenaga listrik tidak tetap, kalau sudah larut malam, pemakaian listrik Cuma sedikit. Sebaliknya selama berjam – jam tertentu pemakaian sangat banyak. Jam – jam “sibuk” disebut beban puncak. Di Indonesia beban puncak terjadi kira – kira antara jam 18:00-22:00 ini disebabkan karena dinegara kita tenaga listrik sebagian besar masih digunakan untuk penerangan. Di negara industri, tenaga listrik sebagian besar digunakan untuk keperluan industri. Karena itu waktu beban puncaknya juga berbeda. Di negara Belanda misalnya, dalam bulan – bulan November, Desember, Januari dan Februari beban puncaknya terjadi



kira – kira antara jam 07:00-09:00 dan antara jam 16:00-18:30, antara jam 07:00-09:00 keadaan cuaca selama bulan – bulan tersebut masih gelap, sehingga masih diperlukan penerangan, sedangkan pabrik – pabrik sudah mulai bekerja. Pada sore hari lampu – lampu dirumah, toko dan kantor sudah harus dinyalakan pada waktu pabrik masih bekerja. Beban – beban yang berubah – ubah ini tidak menguntungkan bagi perusahaan listrik. Kalau pemakaian listrik sedikit, generator – generatornya harus bekerja dengan beban rendah, sehingga tidak efisien. Sebaiknya selama waktu beban puncak beban – bebannya meningkat sekali, sampai – sampai melebihi batas kemampuan generator – generatornya. Perusahaan – perusahaan listrik berusaha supaya generator – generatornya mereka dapat bekerja dengan beban yang sebanyak mungkin konstan. Tujuan ini dapat dicapai dengan membatasi pemakaian listrik selama waktu beban puncak dan menggeser sebagian dari pemakaian dari siang hari sampai malam hari, kira – kira jam 23:00. Untuk mencapai maksud ini sering ditetapkan tarif – tarif khusus. Pemakaian listrik selama waktu beban puncak dapat dikurangi dengan menetapkan tarif yang lebih tinggi. Dinegara Belanda tarif waktu beban puncak ini sampai 3 – 5 kali tarif diluar beban puncak. Pemakaian listrik selama berjam – jam “sepi” dapat dirangsang dengan menetapkan tarif yang rendah. Dinegara Belanda banyak digunakan tarif malam hari yang sangat murah dan berlaku antara jam 23:00-07:00.

Tabel 2.3 Diagram Tunggal Alat dan Pengukuran dan Pembatas

No gambar	Jenis pengukuran	Gambar diagram	Alat ukur
A	TR 1 FASA TANPA CT		KWH
B	TR 1 FASA DENGAN CT		KWH
C	TR 3 FASA TANPA CT		KWH
D	TR 3 FASA DENGAN CT		KWH
E	TR 3 FASA TANPA CT		KWH TARIF GANDA KVARH
F	TR 3 FASA DENGAN CT		KWH TARIF GANDA KVARH
G	TM 3 FASA DENGAN CT DAN PT		KWH TARIFGA NDA KVARH
H	TT 3 FASA DENGAN CT DAN PT		KWH KVARH KVAMA KS

Keterangan :

CT	:	Trafo Arus
PT	:	Trafo Tegangan
Apb1	:	Alat Pembatas; (saklar TR dengan pengaman termis, fuse)
Apb2	:	Alat Pembatas; (FCO, LBS + Fuse, PMT + rele pembatas)
FCO	:	Saklar Pemisah Dengan Pengaman Lebur (FCO)
LBS	:	Load Break Switch
PMT	:	Pemutus Tenaga
AP	:	Alat Pengukur

Pada posisi pengawatan yang sesungguhnya (normal), kumparan kwh meter tiga phasa melalui trafo arus (CT) dan mendapatkan suplai arus yang sama, begitu juga dengan kumparan yang lain sehingga energi yang dialirkan akan terbaca adalah energi positif (normal). Bilamana trafo CT atau dipakai/digunakan lagi, maka jika harus bebas tidak bisa diukur, daya KWH pengukuran langsung menggunakan:

Tegangan rendah (TR) + 220 Volt

- 5/20 A
- 20/60 A

Untuk tegangan 50/100 A, 82 A, 100 A, 200 A, sampai dengan 53.000 VA, menggunakan CT sama dengan 100/5 A atau KWH 5 A/220 Volt, sedangkan untuk pemakaian diatas 20.000 sampai dengan 1.730.000 MVA memakai atau menggunakan CT tegangan menengah (TM), 50/5 atau KWH 5 A 100 Volt, dan untuk daya lebih dari 200 KVA memakai CT dan PT. Untuk pemakaian kwh meter tiga phasa dengan menggunakan trafo arus CT, saat pemakaian posisi normal dapat dilihat dalam data tabel dibawah ini, salinan pemakaian energi listrik dari data induk pelanggan (DIL), antara daya 3.900 VA sampai dengan daya 33.000 VA