

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1. Alat Pembatas dan Pengukur kWh Meter**

APP merupakan singkatan dari Alat Pengukur dan Pembatas adalah alat yang digunakan untuk keperluan transaksi energi listrik. Fungsi dari alat pembatas dan pengukur adalah pembatas daya yang digunakan oleh pelanggan sesuai dengan kontrak pemasangan, mencatat daya yang dipakai oleh pelanggan, sebagai saklar utama pemutus aliran listrik bila terjadi kelebihan pemakaian daya oleh pelanggan dan sebagai pengaman bila terjadi hubung singkat dalam instalasi rumah.

##### **1. Pembatasan kWh Meter**

Batas pemakaian daya sesuai daya tersambung yang mempergunakan alat pembatas yang meliputi untuk sambungan Tegangan Rendah (TR) mempergunakan MCB, sambungan Tegangan Menengah (TM) dan Tegangan Tinggi (TT) mempergunakan OLR (*Over Load Relay*).

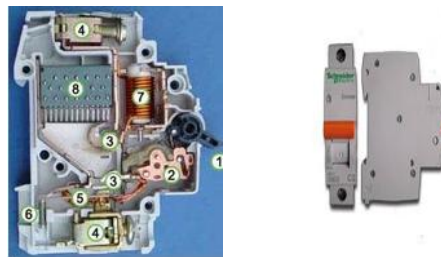
Alat pembatas antara lain:

##### **a. *Miniature Circuit Breaker* (MCB).**

MCB adalah pengaman pada sistem tenaga listrik, yang sering dipergunakan pada tegangan rendah, baik terpasang di Papan Hubung Bagi (PHB) atau dipergunakan sebagai pembatas yang terpasang pada kotak kWh meter.

Prinsip kerjanya : didasarkan pada karakteristik *thermal* dimana arus besar yang melewati MCB, akan memanaskan *bimetallic trip*. Kontak – kontak skelarnya dan ruang pemadam busur apinya memiliki konstruksi khusus. Karena itu jenis otomat ini dapat memutuskan arus singkat yang besar, yaitu hingga 1500 ampere.

#### Penjelasan Tentang MCB



Gambar 3.1. Konstruksi MCB

Table 3.1. Penjelasan MCB

No	Penjelasan
1	On/off <i>trip</i> dipergunakan secara manual untuk mengoperasikan atau membuka MCB, dan menandakan status MCB <i>trip</i> /operasi atau terbuka.
2	Peralatan mekanis untuk pengait, kontak ini bekerja bersamaan dengan peralatan lain.
3	Kontak, mengalirkan atau memutuskan arus ketika MCB memperoleh arus besar dari setelannya.
4	Terminal, untuk disambungkan ke peralatan yang diamankan
5	<i>Bimetallic trip</i> .
6	Penyetelan arus secara manual untuk kalibrasi di pabrikan/laboratorium.

Sesuai standar international IEC 60898-1 dan Standar *European EN 60898-1* Arus Nominal In (*rated current*) I dari MCB pada *temperature ambient* 30 c adalah : 2A, 4A, 6A, 10A, 13A, 16A, 20A, 25A, 32A, 40A, 50A, 63A, 80A, dan 100A.

Table 3.2. Beberapa tipe MCB

Tipe	<i>Instantaneous tripping current</i>
B	Diatas 3 /n sampai dengan 5 /n
C	Diatas 5 /n sampai dengan 10 /n
D	Diatas 10 /n sampaidengan 20 /n
K	Diatas 8 /n sampai dengan 12 /n untukjenis MCB ini mempunyai waktutrip 400 ms s/d 2 detik pada arus puncak.
Z	Diatas 2 /n sampai dengan 3 /n mempunyaiwaktutrip 10 detik. Jenis MCB ini dipergunakan untuk beban seperti peralatan yang mempergunakan <i>semiconductor</i> atauperalatan <i>instrument</i> sepertitra foarus ( <i>current transformer</i> )

Berdasarkan waktu pemutusannya, pengaman – pengaman otomatis seperti MCB dapat terbagi atas :

#### 1. Otomat-L (Untuk Hantaran)

Pada otomat jenis ini pengaman termisnya disesuaikan dengan meningkatnya suhu hantaran. Apabila terjadi beban lebih dan suhu hantarannya melebihi suatu nilai tertentu, elemen dwi logamnya akan memutuskan arusnya. Kalau terjadi hubung singkat, arusnya diputuskan oleh pengaman elektromagnetiknya. Untuk

arus bolak – balik yang sama dengan 4xln s/d 6xln dan arus searah yang sama dengan 8xln pemutusan arusnya berlangsung dalam waktu 0.2 detik.

## 2. Otomat-H (Untuk Instalasi Rumah)

Secara teknis jenis ini sama dengan otomat-L. tetapi pengaman elektromagnetiknya memutuskan dalam waktu 0,2 detik, jika arusnya sama dengan 2,5xln s/d kurang lebih 3xln untuk arus bolak – balik atau sama dengan 4xln untuk arus searah. Jenis otomat ini dapat dipergunakan untuk instalasi rumah. Pada instalasi rumah, arus gangguan yang rendah pun harus diputusan dengan cepat. Sehingga jika terjadi gangguan tanah, bagian – bagian yang terbuat dari logam tidak akan lama bertegangan.

## 3. Otomat-G

Jenis otomat ini digunakan untuk mengamankan motor – motor listrik kecil untuk arus bolak – balik atau arus searah, alat – alat listrik dan juga rangkaian akhir besar untuk penerangan, misalnya penerangan pabrik. Pengaman elektromagnetiknya berfungsi pada 8xln s/d 11xln untuk arus bolak – balik atau pada 14xln untuk arus searah dalam waktu  $t = 0,2$  detik.

b. *Over Load Relay*

*Over load relay* (OLR) adalah pengaman dan pembatas yang terpasang pada sisi tegangan menengah 20 kV. Dipergunakan untuk pelanggan yang berlangganan TM.

Karakteristik OLR sama dengan karakteristik pada MCB tipe CL pada tegangan rendah. Dimana:

- 1) Sebagai pembatas mempergunakan karakteristik *thermal*
- 2) Sebagai pengaman mempergunakan karakteristik *instant/moment* (cepat), dengan mempergunakan pengaman *over current relay*.

## 2. Pengukur

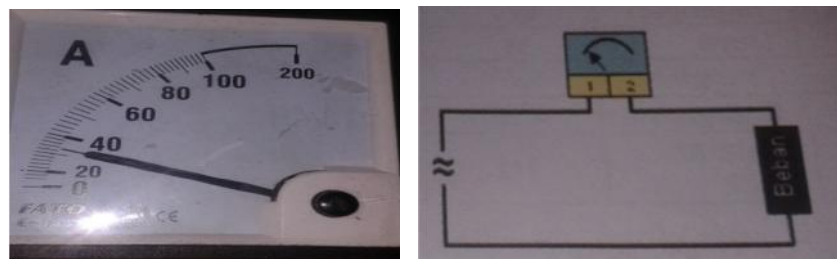
Pengukuran adalah untuk menentukan pemakaian daya dan energi listrik.

Dalam pengukuran ini alat meliputi meter kWh, meter kVAh, meter kVA maksimum, meter arus dan meter tegangan.

Peralatan ukur antara lain adalah:

a. Meter Arus ( Amper Meter)

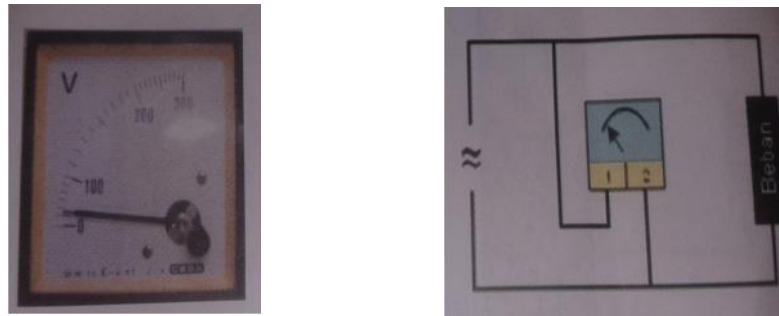
Cara penyambungan dari meter arus adalah dengan menghubungkan seri dengan sumber daya listrik (*power source*).



Gambar 3.2. Alat dan Pengawatan Amper Meter

b. Meter Tegangan (Volt Meter)

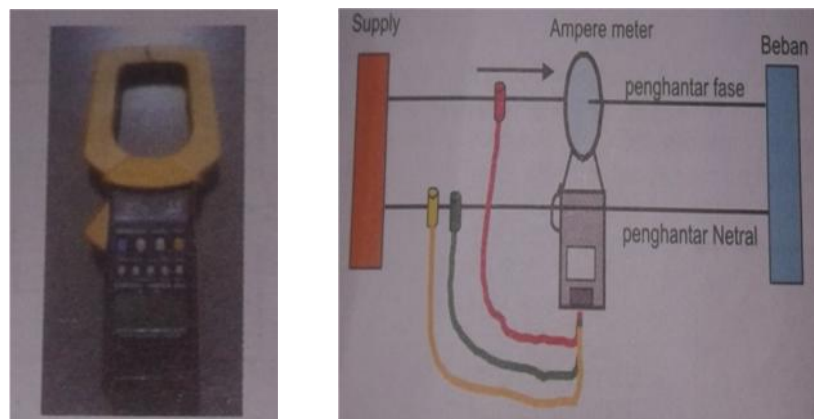
Cara penyambungan dari meter tegangan adalah dengan menghubungkan paralel dengan beban/sumber listrik (*power source*).



Gambar 3.3. Alat dan Pengawatan Volt Meter

c. Meter Cos Q

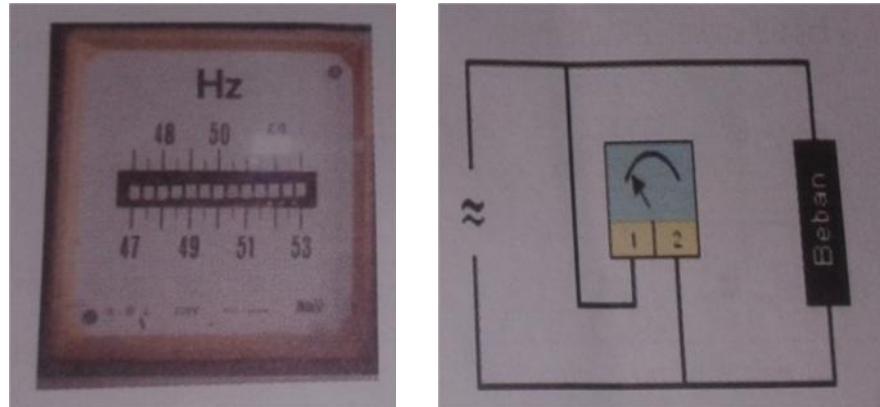
Alat ini digunakan untuk mengetahui, besarnya faktor kerja yang merupakan beda fasa antara tegangan dengan arus. Untuk pengukuran *power factor* seperti dibawah mempergunakan peralatan ukur merek hioki.



Gambar 3.4. Alat dan Pengawatan Meter Cos q

#### d. Frekwensi Meter

Frekwensi meter digunakan untuk mengetahui gelombang sinusoidal arus bolak – balik, yang merupakan jumlah siklus gelombang sinusoidal perdetik (*cycle/second*).



Gambar 3.5. Alat dan Pengawatan Frekwensi Meter

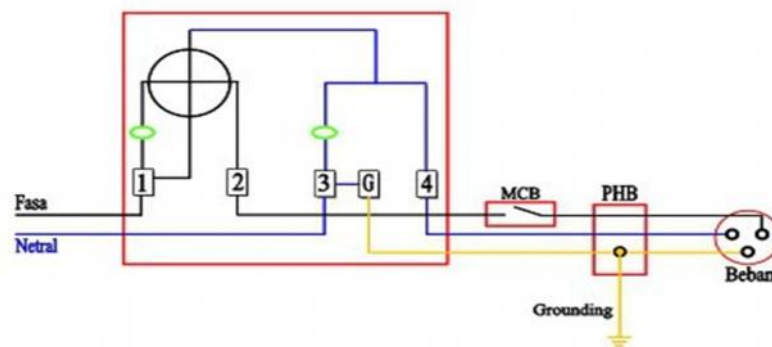
### 3.2. kWh Meter

kWh meter adalah alat penghitung pemakaian energi listrik. Alat ini bekerja menggunakan metode medan magnet dimana medan magnet tersebut menggerakkan piringan yang terbuat aluminium. Pengukur watt atau kilowatt, yang pada umumnya disebut watt – meter/kilowatt meter disusun sedemikian rupa, sehingga kumparan tegangan dapat berputar dengan bebasnya, dengan jalan demikian tenaga listrik dapat diukur, baik dalam satuan Wh (watt – jam) ataupun kWh (*kilowatt hour*).

kWh meter adalah Alat ukur listrik integrasi yang digunakan untuk mengukur besarnya energi aktif, pada kWh meter terdapat *spoel*/belitan arus

dan belitan tegangan, sehingga cara penyambungan meter pada umumnya merupakan kombinasi cara penyambungan volt meter dan amper meter.

Diagram pengawatan kWh meter satu fasa.



Gambar 3.6. Diagram Pengawatan kWh Meter

(Sumber: [http://www.scribd.com/document\\_downloads](http://www.scribd.com/document_downloads))

Jenis – jenis kWh meter yang dikeluarkan oleh PT. PLN (Persero) antara lain:

### 1. kWh Meter Analog/Pascabayar

Adapun bagian – bagian utama dari sebuah kWh meter analog antara lain, sebagai berikut:

#### a. Kumbaran tegangan

Sifat – sifat kumbaran tegangan :

- 1) Kumbaran ini dihubungkan secara paralel dengan beban.

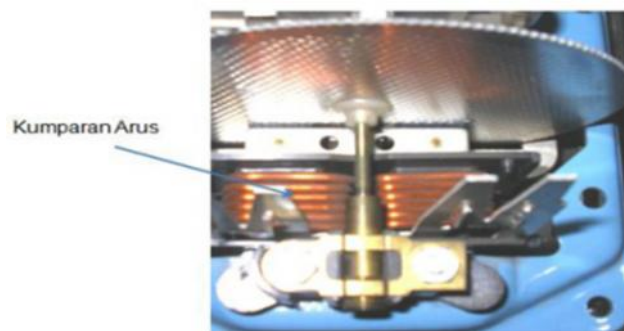


2) Kumparan ini berbentuk U. Pada kumparan ini juga terjadi fluks magnet yang ditimbulkan karena adanya medan magnet, jika diberi tegangan.

b. Kumparan arus

Sifat – sifat kumparan arus :

- 1) Kumparan ini dihubungkan secara seri dengan beban.
- 2) Jika pada kumparan ini dialiri arus (ada beban), maka terbentuk medan magnet. Adanya medan magnet tersebut akan menimbulkan fluks magnet.



Gambar 3.7. Kumparan Tegangan

(Sumber: [http://www.scribd.com/document\\_downloads](http://www.scribd.com/document_downloads))

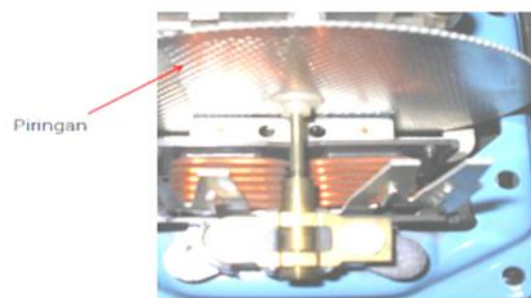
c. Piringan alumunium

Elemen putar ini berupa piringan yang bentuknya terdapat lekukan – lekukan kecil dan terdapat lubang kecil.

Adapun ciri – cirinya adalah :

- 1) Bagian ini berupa piringan yang dibuat dari bahan konduktor.

- 2) Pada bagian tengah piringan dipasangkan sebuah poros yang ditumpu oleh dua buah bantalan.
- 3) Salah satu bantalannya dapat diatur.
- 4) Pada poros tersebut ditempatkan roda gigi



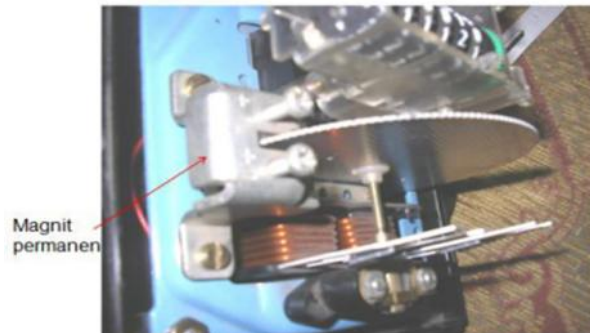
Gambar 3.8. Elemen Putar

(Sumber: [http://www.scribd.com/document\\_downloads](http://www.scribd.com/document_downloads))

- d. Magnet tetap
- e. Bendera pengereman berfungsi mengatur piringan pengujian beban nol pada tegangan normal
- f. Lidah pengereman adalah merupakan pasangan dengan bendera. Posisi lidah pengereman harus tepat sehingga :
  - 1) Pada beban nol, tegangan nominal piringan berhenti pada saat posisi mereka berdekatan.

2) Tetapi arus mula ( $0,5\%I_d$ ) piringan harus dapat berputar  $> 1$

Putaran.



Gambar 3.9. Pengerem

(Sumber: [http://www.scribd.com/document\\_downloads](http://www.scribd.com/document_downloads))

g. Penghitung

Elemen penghitung ini mempunyai ciri – ciri sebagai berikut :

- 1) Bagian merupakan seperangkat roda gigi yang disusun sedemikian rupa dan dihubungkan dengan roda gigi yang terdapat pada poros piringan
- 2) Pada bagian ini juga terdapat rol angka yang tersusun secara berderet



Gambar 3.10. Elemen Penghitung(Sumber:

[http://www.scribd.com/document\\_downloads/direct](http://www.scribd.com/document_downloads/direct))

#### h. Terminal

Terminal terdiri dari 2 bagian :

- 1) Terminal Arus
- 2) Terminal Tegangan



Gambar 3.11. Terminal Arus dan Tegangan

(Sumber: [http://www.scribd.com/document\\_downloads/direct](http://www.scribd.com/document_downloads/direct))



Gambar 3.12. Bentuk Fisik kWh Analog

(Sumber: [http://www.scribd.com/document\\_downloads/direct](http://www.scribd.com/document_downloads/direct))

## 2. kWh Meter Digital/Prabayar

kWh meter prabayar ini dirancang dengan menggunakan kWh elektrik yang baru. Sistem pembayaran atau pengisian rekening listrik adalah dengan menggunakan aplikasi *chip card*. Aplikasi ini sangat memudahkan masyarakat dan PLN dalam hal proses pengisian rekening listrik yang efektif.

*Chip card* adalah suatu jenis kartu alat pembayaran yang semakin populer seiring dengan teknologi mikro elektronika serta semakin meningkatnya tuntutan masyarakat terhadap alat pembayaran yang praktis.

Keuntungan yang diperoleh bagi pelanggan yaitu:

1. Pengendalian penggunaan listrik dapat lebih baik, karena pembayar yang dilakukan diawal dapat digunakan untuk membatasi konsumsi.
2. Perbaikan sistem pengukuran karena perangkat elektronik yang digunakan adalah elektronis dengan ketelitian dan keamanan yang lebih tinggi.
3. Mengurangi kesalahan penagihan yang disebabkan *human error*.

Fitur – fitur kWh meter prabayar

Sebelum membahas satu persatu dari bagian komponen-komponen kWh meter prabayar merek Actaris ACE9000 IBS lebih dalam lagi, harus mengetahui bagian – bagian paling luar dari kWh meter prabayar ini.

a. Fitur Standar :



Gambar 3.13. Fitur kWh Prabayar

(Sumber: <https://fathimahnurafifahwordpress.com>)

Keterangan:

- 1) Label Informasi : Informasi umum untuk mengetahui nomor meter, daya maksimal.
- 2) Indikator LED *Rate*, 1000 pulsa/kWh : Informasi untuk mengetahui ketika pulsa hampir habis,
- 3) Indikator *Contactor* ON/OFF : Informasi untuk mengetahui status *light*.
- 4) Segel Metrologi : Informasi untuk mengetahui segel tera dan segel metrologi.
- 5) LCD 7 segment untuk 8 karakter : Informasi untuk pengisian TOKEN.
- 6) *Keypad* dengan lapis karet.

b. Fitur Teknis :

- 1) Satu fasa 2 – kawat, yaitu 1 kawat fasa dan 1 kawat netral
- 2) *Range Voltage* : 230V 50Hz atau 120V 60Hz.
- 3) *Range Arus*  $I_{min}=10A$  dan  $I_{max}=60A$ .
- 4) Kualifikasi akurasi *Class* 1,

5) Indeks Proteksi IP54.

6) STS *compliant*, PLN LMK.

c. Fitur Tambahan :

1) Terdapat *temper switch*,

2) Penyimpanan token: memanggil kembali 5 token terakhir yang diterima,

3) External (*remote*) *disconnection* : via *serial port* atau POD.

d. Fitur *Programmable* :

Berikut ini *programmable* pada saat *manufacturing time* (saat pemesanan kWh meter prabayar).

1) Tamper *Switch* :

*Micro Switch* untuk merubah status saat terminal *cover* dibuka.

Tersedia Konfigurasi: Tamper *Disconnect*, Tamper *Logging*,

2) *Audible Low Credit Warning* :

*Audible Low Credit Warning* adalah fitur yang terprogram, dimana akan memberikan peringatan kepada pelanggan untuk memberitahukan sisa pulsa yang mendekati nol berupa suara “*beep*”. Tambahan juga LCD Display berkedip (*flashing*). Level Batas *low credit warning* dapat diprogram di lapangan dengan menggunakan STS TOKEN.

### 3) *Reconnection Time-Out* :

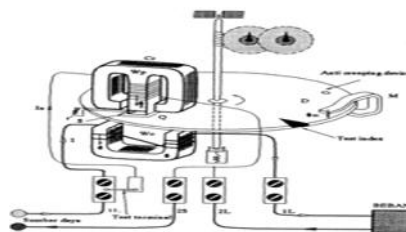
Waktu dalam detik (s) yang diperlukan oleh *Contactor* untuk *open* (memberi listrik kepelanggan) setelah *power – up*. (Default dan Minimum adalah 30s). Dapat disetting dengan kenaikan +10s.

## 3.3. Prinsip Kerja kWh Meter

kWh meter analog dan digital hampir sama cara kerjanya, namun yang membedakan adalah komponen, hasil tampilan register dan pengisian rekening listriknya. Adapun prinsip kerja kWh meter yaitu :

### 1. Prinsip kerja kWh Meter Analog/Pascabayar

Dalam alat ukur energi, kumparan – kumparan arus dan tegangan merupakan suatu belitan pada dua buah magnet. Kumparan arus akan membangkitkan fluks magnet dengan nilai berbanding lurus dengan besar arus. Terjadinya perputaran dari piringan aluminium karena interaksi dari kedua medan magnet ini. Kemudian putaran piringan di transfer pada roda – roda pencatat. Pada transfer mati nilai putaran keping Aluminium ke roda – roda pencatat dilakukan kalibrasi untuk memperoleh nilai energi terukur dalam besaran kWh (Kilo Watt Hours ).



Gambar 3.14. Skema kWh Meter Analog(Sumber: <http://bahrulibnu.blogspot.co.id/kWh-meter-analog/>)



Keterangan :

- a)  $C_p$  = Inti besi kumparan tegangan
- b)  $C_c$  = Inti besi kumparan arus
- c)  $W_p$  = Kumparan tegangan
- d)  $W_c$  = Kumparan arus
- e)  $D$  = Kepingan roda Aluminium
- f)  $J$  = Roda – roda pencatat ( register )
- g)  $M$  = Magnet permanen sebagai pengerem keping aluminium,  
saat beban kosong
- h)  $S$  = Kumparan penyesuai beda fase arus dan tegangan

Pada saat arus beban mengalir pada kumparan, arus akan menimbulkan fluks magnet  $\Phi_1$ , sedangkan pada kumparan tegangan terjadi perbedaan fase antara arus dan tegangan sebesar  $90^\circ$ , hal ini karena kumparan tegangan bersifat induktor. Arus yang melalui kumparan tegangan akan menimbulkan flux magnet  $\Phi_2$  yang berbeda fasa  $90^\circ$  dengan  $\Phi_1$ . Namun Fluks magnetik akan membangkitkan arus Eddy pada piringan yang akan menghasilkan gaya yang melawan arah putaran piringan. (kelemahan 1).

Pada saat beban berat  $\Phi_1$  akan bertambah besar, penambahan ini mengakibatkan arus pusar ( arus eddy ) pada kepingan. Aluminium juga bertambah besar, sedang arus eddy ini menimbulkan momen lawan pada keping Aluminium, dan akan menghambat putaran keping Aluminium. Untuk mengatasinya pada kumparan arus dipasang shunt magnetis

dimana pada saat beban penuh/berat fluks tidak sepenuhnya dapat menimbulkan momen lawan. Pada kenyataanya beda fase antara 1 dan 2 tidak bisa betul – betul  $90^\circ$ , karena adanya kerugian inti dan tekanan pada kumparan tegangan. Untuk mengatasi ini caranya adalah dengan memasang kumparan penyesuai fasa pada inti kumparan tegangan (kelemahan 2).

## 2. Prinsip Kerja kWh Meter Digital/Prabayar

*Chip card* dapat digunakan sebagai alat pembayaran rekening listrik dengan mengembangkan kWh meter elektronik digital yang dilengkapi dengan perangkat pembaca kartu serta perangkat transaksi lunak berbasis *smart card*. kWh meter akan beroperasi berdasarkan nilai kredit yang dimasukkan (*download*) dari *chip card* kedalam *register* kWh, dan selanjutnya nilai kredit tersebut dijadikan acuan untuk mengontrol bekerjanya kWh meter. Nilai kredit didalam *register* akan dikurangi secara bertahap sebanding dengan nilai energi listrik yang telah dikonsumsi (digunakan).

Jika isi *register* telah habis maka kWh meter harus diisi kembali (*register* sisa pulsa sama dengan 10%) maka ada *alarm (LED ON)*, dan jika setelah jangka waktu yang telah ditetapkan belum juga diisi nilai kreditnya maka kWh meter akan memutus saklar pemutus atau internal kontaktor sehingga *supply* daya terputus.

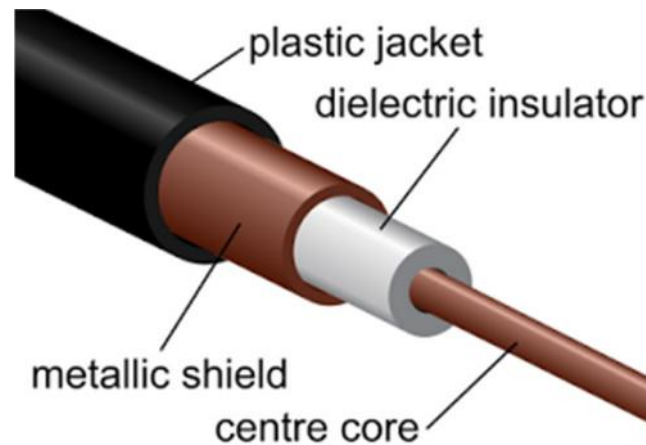
Pengisian pulsa listrik kedalam *smart card* menggunakan *portable terminal* yang koneksi dengan perangkat lunak sinkronisasi dan *billing system* yang telah diinstal dikomputer (*master station*).

Perbedaan kWh meter Prabayar rakitan dengan kWh meter Prabayar PLN adalah

- a. kWh Prabayar rakitan menggunakan kWh meter analog, sedangkan kWh Prabayar PLN menggunakan kWh Elektronik.
- b. kWh Prabayar rakitan menggunakan sensor *optocoupler* untuk menghitung daya beban pemakaian, sedangkan kWh Prabayar PLN langsung menggunakan rangkaian otomatis yang sudah digabungkan dengan kWh elektronik.
- c. kWh Prabayar rakitan menggunakan *keypad* 4x4 sebagai *interface* untuk pengisian *voucher* listrik, sedangkan pada kWh Prabayar PLN menggunakan perangkat pembaca kartu (*chip card reader*) dan ada juga yang menggunakan *keypad* 4x4 sebagai *interfacenya*.

### **3.4 Kabel**

Kabel listrik adalah media untuk menyalurkan energi listrik. Sebuah kabel listrik terdiri dari isolator dan konduktor. Isolator adalah bahan pembungkus kabel yang biasanya terbuat dari karet atau plastik, sedangkan konduktor terbuat dari serabut tembaga atau tembaga pejal.



Gambar 3.15. Kabel Listrik.

Kemampuan hantar sebuah kabel listrik ditentukan oleh KHA (kemampuan hantar arus) yang dimilikinya dalam satuan Ampere. Kemampuan hantar arus ditentukan oleh luas penampang konduktor yang berada dalam kabel listrik. Sedangkan tegangan listrik dinyatakan dalam Volt, besar daya yang diterima dinyatakan dalam satuan Watt, yang merupakan perkalian dari : “Ampere x Volt = Watt”

Pada tegangan 220 Volt dan KHA 10 Ampere, sebuah kabel listrik dapat menyalurkan daya sebesar  $220V \times 10A = 2200 \text{ Watt}$ .

Jenis-jenis kabel yang terdapat dipasaran adalah sebagai berikut.

#### 1. KABEL N.Y.A

Di masyarakat, kabel ini dikenal dengan istilah kabel engkel. Biasanya digunakan untuk instalasi rumah dan sistem tenaga. Dalam instalasi rumah, digunakan ukuran 1,5 mm<sup>2</sup> dan 2,5 mm<sup>2</sup>. Berinti tunggal, berlapis bahan isolasi PVC, dan seringnya untuk instalasi kabel udara. Kode warna isolasi ada warna merah, kuning, biru dan hitam. Kabel tipe ini umum dipergunakan di perumahan karena harganya yang

relatif murah. Lapisan isolasinya hanya 1 lapis sehingga mudah cacat, tidak tahan air dan mudah digigit tikus.

Agar aman memakai kabel tipe ini, kabel harus dipasang dalam pipa/conduit jenis PVC atau saluran tertutup, sehingga tidak mudah menjadi sasaran gigitan tikus, dan apabila ada isolasi yang terkelupas tidak tersentuh langsung oleh orang.

Berbicara mengenai conduit, pengertiannya adalah suatu selubung pelindung. Ada yang berupa pipa besi, tetapi yang paling umum digunakan adalah pipa PVC/paralon (tetapi berbeda dengan pipa PVC untuk air). Conduit ini selain bertujuan melindungi kabel dari gangguan luar, juga untuk memudahkan dalam hal pekerjaan penggantian atau penambahan kabel, karena hanya tinggal ditarik atau didorong saja. Bandingkan bila kabel tersebut ditanam dalam tembok tanpa conduit, tentu akan butuh pekerjaan tambahan berupa pembongkaran tembok.

Karena itu, sesuai tujuannya penggunaan conduit sebenarnya tidak terbatas pada jenis kabel NYA saja, tetapi bisa dipakai untuk kabel NYM atau NYY.



Gambar 3.16. Kabel N.Y.A.

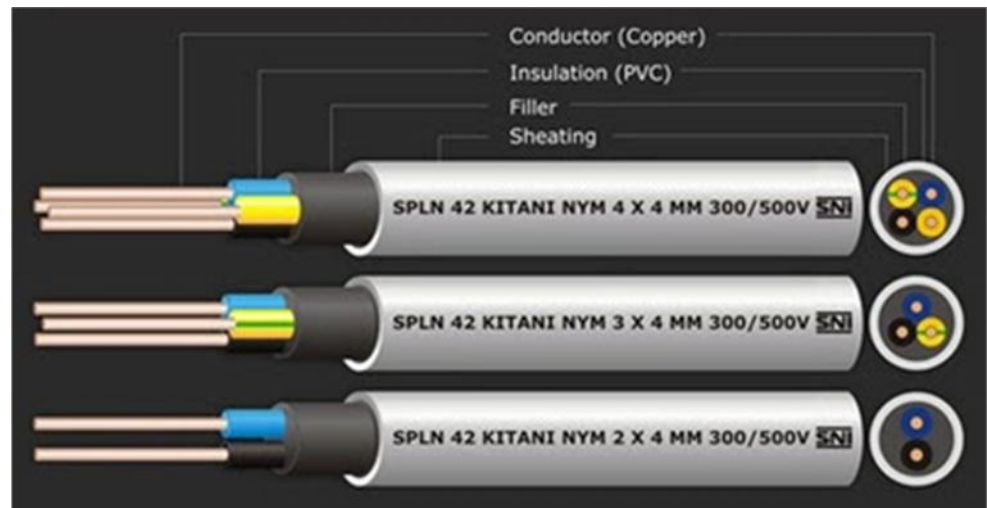
## 2. KABEL N.Y.M

Digunakan untuk kabel instalasi listrik rumah atau gedung dan sistem tenaga. Kabel NYM berinti lebih dari 1, memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna putih atau abu-abu), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Jadi seperti beberapa kabel NYA yang dijadikan satu dan ditambahkan isolasi putih dan selubung karet.

Kabel NYM memiliki lapisan isolasi dua lapis (isolasi PVC dan selubung karet), sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA (harganya lebih mahal dari NYA) dan lebih kuat. Kabel ini dapat dipergunakan dilingkungan yang kering dan basah, namun tidak boleh ditanam.

Pemasangannya pada instalasi listrik dalam rumah bisa tanpa conduit (kecuali dalam tembok sebaiknya menggunakan conduit seperti yang dijelaskan sebelumnya). Kabel ini dirancang bukan untuk penggunaan di bagian luar (*outdoor*). Tetapi penggunaan conduit sebagai

pelindung bisa juga dipertimbangkan bila ingin dipasang di luar ruangan. Harganya yang jelas lebih mahal dari tipe kabel NYA.

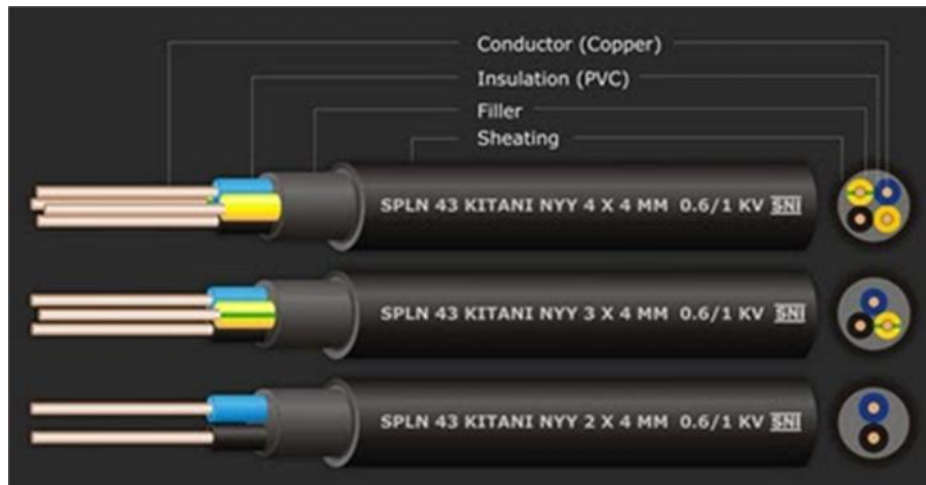


Gambar 3.17. Kabel N.Y.M.

### 3. KABEL N.Y.Y

Memiliki lapisan isolasi PVC ganda (biasanya warna hitam), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYY dipergunakan untuk instalasi tertanam (kabel tanah), dan memiliki lapisan isolasi yang lebih kuat dari kabel NYM (harganya lebih mahal dari NYM). Kabel NYY memiliki isolasi yang terbuat dari bahan yang tidak disukai tikus.

Karena lebih kuat dari tekanan gencetan dan air, pemasangannya bisa untuk *outdoor*, termasuk ditanam dalam tanah. Kabel untuk lampu taman dan di luar rumah sebaiknya menggunakan kabel jenis ini. Harganya tentu lebih mahal dibanding dua jenis kabel sebelumnya.



Gambar 3.18. Kabel N.Y.M.

**a. Kuat Hantar Arus (KHA)**

Kabel listrik mempunyai ukuran luas penampang inti kabel yang berhubungan dengan kapasitas penghantaran arus listriknya. Dalam istilah PUIL, besarnya kapasitas hantaran kabel dinamakan dengan Kuat Hantar Arus (KHA).

Ukuran kabel dan KHA-nya sebaiknya kita pahami dengan baik untuk menentukan pemilihan kabel yang sesuai dengan kapasitas instalasi listrik rumah kita. Besar kapasitas daya listrik dalam suatu instalasi listrik rumah berhubungan dari berapa besar langganan listrik dari PLN. Dalam hal ini adalah berapa besar rating MCB yang terpasang di kWh meter. Besarnya KHA kabel harus lebih besar dari rating MCB, karena prinsipnya adalah MCB harus trip sebelum kabelnya terkena masalah.



Arus listrik yang melebihi KHA dari suatu kabel akan menyebabkan kabel tersebut menjadi panas dan bila melebihi daya tahan isolasinya, maka dapat menyebabkan rusaknya isolasi. Kerusakan isolasi bisa menyebabkan kebocoran arus listrik dan akibatnya bisa fatal seperti kesetrum pada manusia atau bahkan mengakibatkan terjadinya kebakaran.

Faktor lain dalam menentukan pemilihan kabel dengan KHA-nya adalah mengenai peningkatan kebutuhan daya listrik di masa depan. Bila dalam beberapa tahun ke depan ternyata ada penambahan daya listrik langganan PLN, tentu lebih baik sedari awal dipersiapkan kabel dengan ukuran yang sedikit lebih besar untuk mengakomodasi peningkatan kebutuhan daya listrik ini sehingga menghindari pekerjaan penggantian kabel. Tetapi perlu diperhatikan juga bila umur kabel ternyata sudah melewati 10 tahun. Pada kasus ini, pemeriksaan kondisi kabel dengan lebih teliti sebaiknya dilakukan untuk memastikan kabel masih dalam kondisi baik.

PUIL 2000 memberikan ketentuan mengenai besarnya diameter dari penghantar kabel dan maksimum KHA terus-menerus yang diperbolehkan pada kabel tipe NYA, NYM dan NYY.

BESARAN DAYA YG TERSEDIA			Watt	GOL	MCB / MCCB		V	Type Kabel Toefoer	Besar Kabel by AKLI
VA	rounded (VA)	kVA	@ PF = 0.8		A	Fasa			
450		0,45	360	TR	2	1 $\phi$	220 V	NYN / NYM	3 x 2.5 mm <sup>2</sup>
900		0,9	720	TR	4	1 $\phi$	220 V	NYN / NYM	3 x 2.5 mm <sup>2</sup>
1.300		1,3	1.040	TR	6	1 $\phi$	220 V	NYN / NYM	3 x 4 mm <sup>2</sup>
2.200		2,2	1.760	TR	10	1 $\phi$	220 V	NYN / NYM	3 x 4 mm <sup>2</sup>
3.500		3,5	2.800	TR	16	1 $\phi$	220 V	NYN / NYM	3 x 4 mm <sup>2</sup>
4.400		4,4	3.520	TR	20	1 $\phi$	220 V	NYN / NYM	3 x 4 mm <sup>2</sup>
5.500		5,5	4.400	TR	25	1 $\phi$	220 V	NYN / NYM	3 x 4 mm <sup>2</sup>
7.700		7,7	6.160	TR	35	1 $\phi$	220 V	NYN / NYM	3 x 6 mm <sup>2</sup>
11.000		11	8.800	TR	50	1 $\phi$	220 V	NYN / NYM	3 x 6 mm <sup>2</sup>
13.900		13,9	11.120	TR	63	1 $\phi$	220 V	NYN / NYM	3 x 10 mm <sup>2</sup>
3.949	3.900	3,9	3.159	TR	6	3 $\phi$	380 V	NYN / NYFGBY	4 x 4 mm <sup>2</sup>
6.582	6.600	6,6	5.265	TR	10	3 $\phi$	380 V	NYN / NYFGBY	4 x 4 mm <sup>2</sup>
10.531	10.600	10,6	8.425	TR	16	3 $\phi$	380 V	NYN / NYFGBY	4 x 6 mm <sup>2</sup>
13.164	13.200	13,2	10.531	TR	20	3 $\phi$	380 V	NYN / NYFGBY	4 x 10 mm <sup>2</sup>

Gambar 3.19. Tabel Ukuran Kabel.

Besar kabel di atas dalam ukuran mm<sup>2</sup>, jadi itu adalah luas penampang, bukan diameter. Untuk mencari diameter kabel, harus menggunakan rumus matematika. Misalnya untuk luas penampang 4 mm<sup>2</sup>, maka diameternya sebesar 2,25mm. Sedang untuk luas penampang 10 mm<sup>2</sup>, maka diameternya sekitar 3,5 mm.

### 3.5. Pengukuran

Yang dimaksud dengan pengukuran ialah pengukuran untuk menentukan besarnya pemakaian daya dan energi listrik. Sebelum melakukan kegiatan pengukuran ada beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya mempelajari terlebih dahulu peralatan ukur tersebut. Ini dapat dilakukan dengan memilih dan menggunakan alat ukur dengan metode yang benar, sehingga pada pelaksanaan pengukuran tidak terjadi suatu kesalahan dan akan diperoleh suatu hasil ukur dengan akurasi dan optimasi yang tinggi.

Untuk mengenal dan mendapatkan hasil ukur sesuai dengan yang dibutuhkan, berikut dijelaskan tentang alat ukur tersebut.

1. Menurut macam arus :

- a. Arus searah
- b. Arus bolak-balik
- c. Arus searah dan arus boalk-balik

2. Menurut tipe / jenis penunjukannya :

- a. Tipe jarum penunjuk

Harga yang terbaca adalah yang ditunjuk oleh jarum penunjuk, harga tersebut adalah sesaat pada waktu meter tersebut dialiri arus listrik.

- b. Tipe *recorder*

Harga yang terbaca adalah harga yang ditulis / dicatat pada kertas, pencatatan ini dilakukan secara otomatis dan terus menerus selama meter tersebut dialiri listrik.

- c. Tipe *digital*

Harga yang terbaca adalah harga sesaat.

3. Menurut sifat penggunaannya

- a. *Portable*

Alat ukur jenis ini mudah dipegunakan dan dapat dibawa kemana-mana dalam pengukuran.

- b. Papan hubung / panel

Alat ukur ini dipasang pada panel secara permanen atau tempat-tempat tertentu, sehingga tidak dapat dibawa pergi untuk mengukur ditempat lain

#### 4. Klasifikasi alat ukur

Menurut kecermatannya alat ukur dibedakan menjadi tiga golongan :

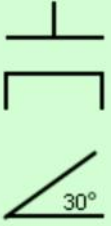
- a. Alat ukur dengan ketelitian tinggi (presisi)
- b. Alat ukur dengan ketelitian menengah
- c. Alat ukur dengan ketelitian rendah

Tabel 3.3. Klasifikasi Alat Ukur



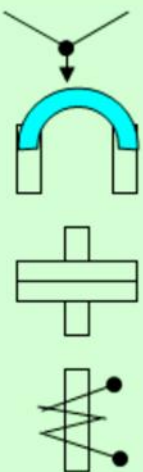
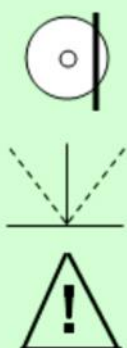
Kelas	Tingkat ketelitian	Penggunaan
0.1	Presisi tinggi	Laboratorium
0.2	Presisi tinggi	Laboratorium
0.5	Menengah	Laboratorium
1.0	Menengah	Industri
1.5	Menengah	Industri
2.0	Menengah	Industri
2.5	Menengah	Industri
3.0	Rendah	Monitoring
5.0	Rendah	Monitoring

## 5. Kode simbol alat ukur

Tabel 3.4. Kode Simbol Alat Ukur

NO	SYMBOL	KETERANGAN
1		Posisi Tegak Lurus Posisi Mendatar Posisi miring 30°

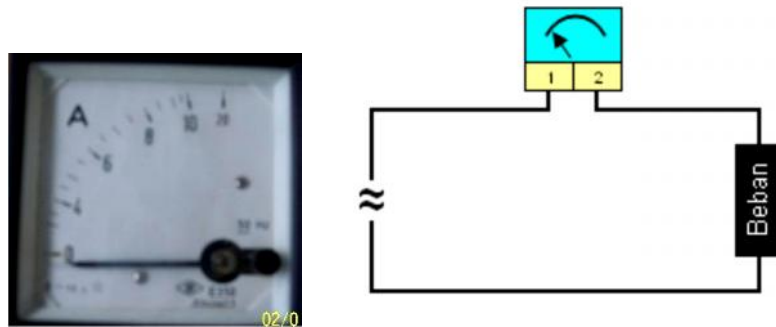
Tabel 3.4. (Lanjutan 1) Kode Simbol Alat Ukur

NO	SYMBOL	KETERANGAN
2	0.2 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 	Kelas kesalahan terhadap rentang Pengukuran (%)
3		Tanpa Tegangan Test  Tegangan Test 500 Volt  Tegangan Test 2000 Volt
4		Gerakan Kawat Panas  Gerakan Kumparan Putar  Gerakan Elektro Dinamis  Gerakan Elektro Magnetis
5		Sistem Induksi  Sistem Getar  Perhatikan Intruksi Operasi

### 3.6. Penggunaan Alat Ukur Dan Pengawatannya

#### 3.5.1. Ampere Meter

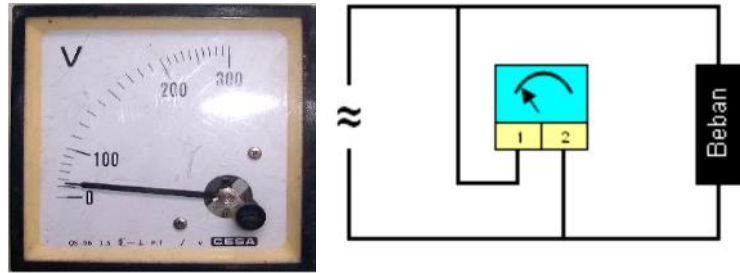
Alat ukur ini digunakan untuk mengetahui besarnya arus / aliran listrik yang ada dalam sebuah rangkaian tertutup. Cara penyambungan dari ampere meter adalah dengan menghubungkan secara seri dengan sumber daya listrik (*power source*).



Gambar 3.20. Penyambungan Ampere Meter

#### 3.5.2. Volt Meter

Adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur besaran tegangan atau beda potensial listrik. Cara penyambungan dari ampere meter adalah dengan menghubungkan secara paralel dengan sumber daya listrik (*power source*).



Gambar 3.21. Penyambungan Volt Meter

### 3.5.3. Cos Meter

Adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur faktor daya pada suatu beban listrik AC. Faktor daya adalah perbandingan antara tegangan murni dengan tegangan total (impedansi), hal ini dapat dirumuskan :

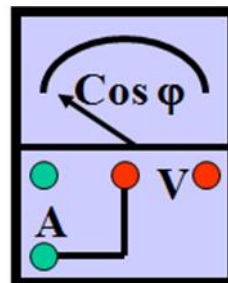
$$\text{Cos } \varphi = \frac{R}{Z}$$

Dengan pengertian : Cos : Faktor daya

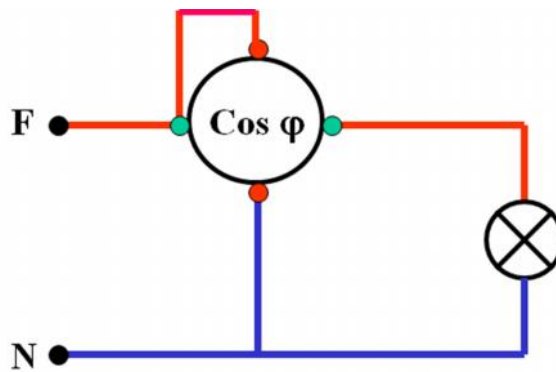
R : Tahanan murni ( )

Z : Impedansi ( )

Cara penyambungan Cos meter adalah sama dengan pengukuran watt meter.





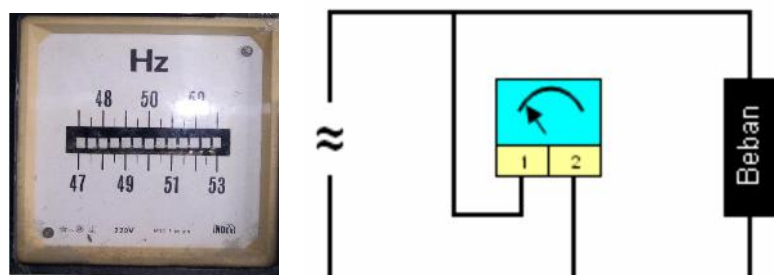


Gambar 3.22. Penyambungan Cos Meter

#### 3.5.4. frekwensi Meter

Adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur besarnya frekwensi dari sumber tegangan listrik. Frekwensi meter mempunyai peranan cukup penting khususnya dalam mensinkronisasikan (memparalelkan) dua unit mesin pembangkit dan stabilnya frekuensi merupakan petunjuk kestabilan mesin pembangkit.

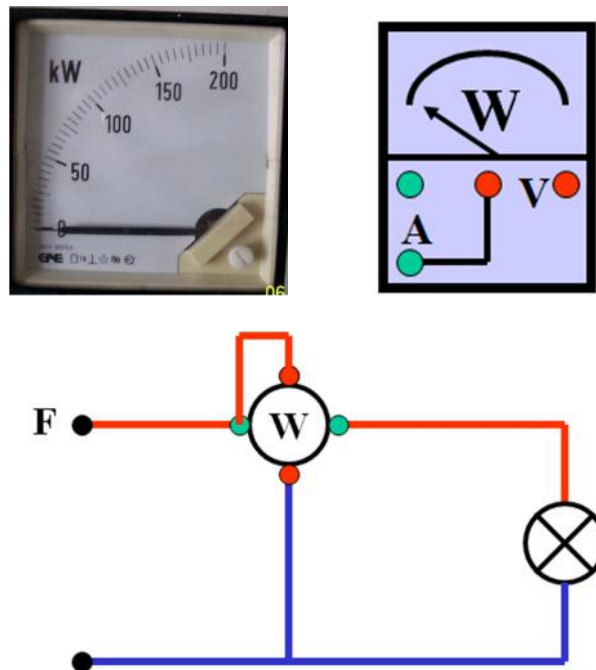
Cara penyambungan frekwensi meter adalah dengan menghubungkan kedua terminal frekwensi meter secara parallel dengan sumber tegangan AC yang akan diukur frekwensinya. Angka pengukurannya ditandai dengan bergetarnya lidah getar pada angka skala.



Gambar 3.23. Penyambungan Frekwensi Meter

### 3.5.5. Watt Meter

Adalah alat ukur yang digunakan untuk mengetahui besarnya daya nyata (daya aktif) pada suatu beban listrik. Pada watt meter terdapat belitan (*spoel*) arus dan belitan (*spoel*) tegangan, sehingga cara penyambungan watt meter pada umumnya merupakan kombinasi cara penyambungan volt meter dan ampere meter. mengukur besaran tegangan atau beda potensial listrik. Cara penyambungan dari ampere meter adalah dengan menghubungkan secara paralel dengan sumber daya listrik (*power source*).



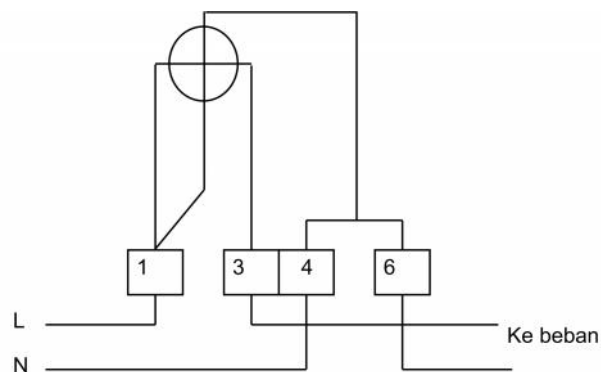
Gambar 3.24. Penyambungan Watt Meter

### 3.5.6. KWh Meter

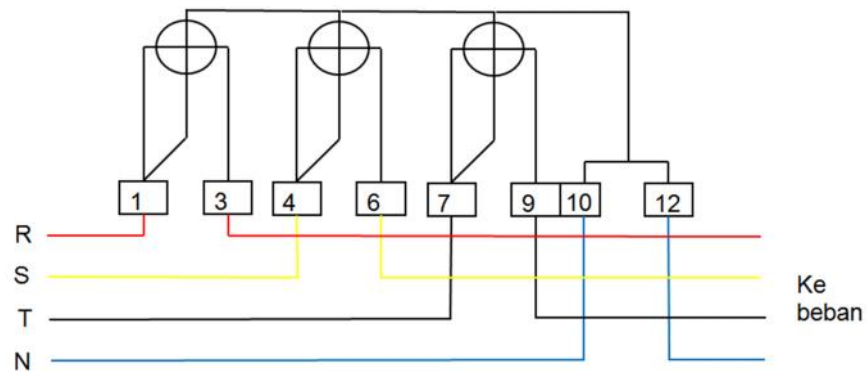
KWh meter adalah alat pengukur energi listrik yang mengukur secara langsung hasil kali tegangan, arus, faktor kerja, kali waktu yang tertentu ( $U \cdot I \cdot \cos \phi \cdot t$ ) yang bekerja padanya selama jangka waktu tertentu.

KWh meter digunakan untuk mengukur energi arus bolak balik, merupakan alat ukur yang sangat penting untuk kWh yang diproduksi, disalurkan ataupun kWh yang dipakai konsumen-konsumen listrik.

Alat ukur ini sangat populer dikalangan masyarakat umum, karena banyak terpasang pada rumah-rumah penduduk (konsumen listrik) dan menentukan besar kecilnya energi listrik yang dipakai oleh konsumen.



Gambar 3.25. Diagram Pengawatan kWh Meter 1 fasa

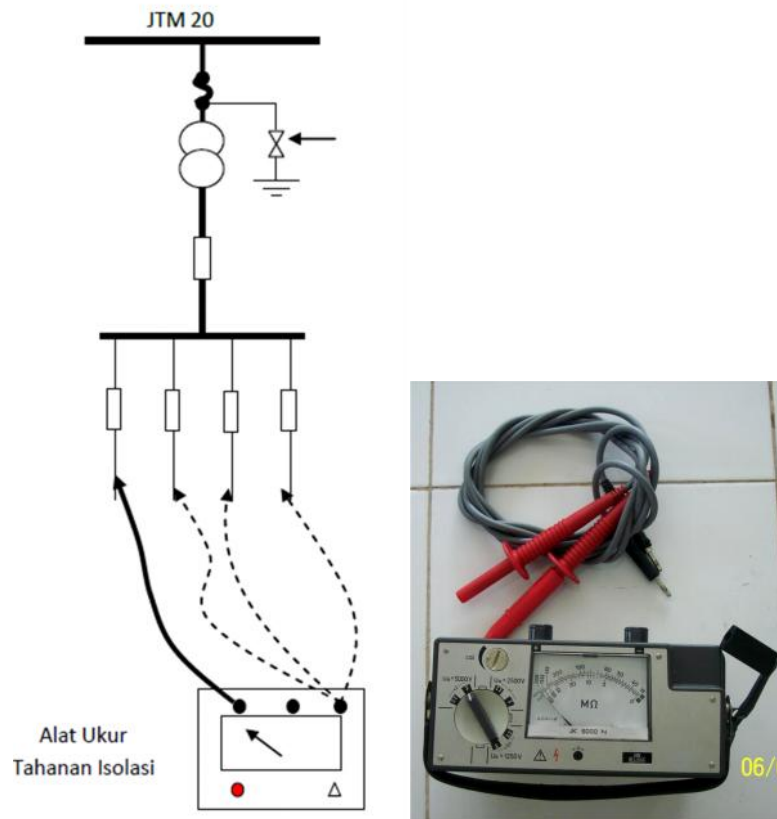


Gambar 3.26. Diagram Pengawatan kWh Meter 3 fasa

### 3.5.7. Alat Ukur Tahanan Isolasi

Adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur tahanan isolasi dari peralatan listrik maupun instalasi-instalasi listrik, output dari alat ukur ini tegangan tinggi arus searah.

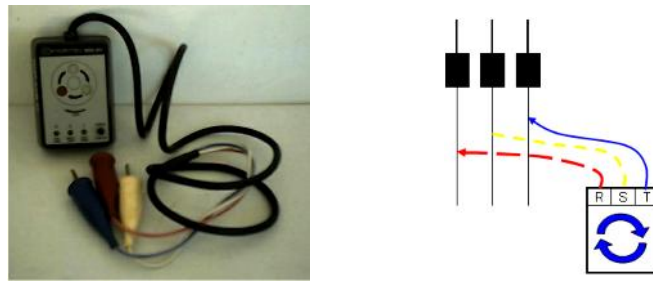
Alat ukur tahanan isolasi banyak digunakan dalam mengukur pada : kabel instalasi rumah-rumah / bangunan, kabel tegangan rendah, kabel tegangan tinggi, *transformator* dan peralatan listrik lainnya.



Gambar 3.27. Penggunaan Alat Ukur Tahanan Isolasi

### 3.5.8. Phase Sequence

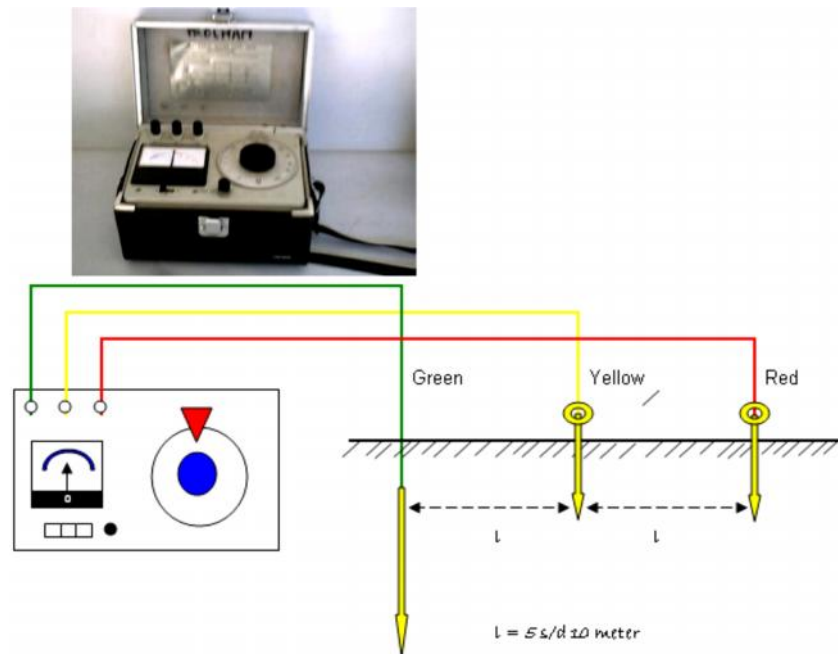
Adalah alat ukur yang digunakan untuk mengetahui benar tidaknya urutan fasa pada sistem tegangan listrik 3 fasa. Alat ini sangat penting khususnya dalam melaksanakan penyambungan pada gardu-gardu atau konsumen listrik. Karena apabila terjadi kesalan urutan fasa dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan / mesin (putaran motor listrik terbalik), putaran piringan kWh meter menjadi lambat atau berhenti sama sekali, dan lain-lain.



Gambar 3.28. Penggunaan Phase Sequence

### 3.5.9. Earth Tester

Adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur besar tahanan pentanahan pada suatu instalasi listrik penerangan maupun instalasi listrik tenaga.



Gambar 3.29. Penggunaan Earth Tester

### 3.5.10. Stop Watch

Adalah alat ukur yang digunakan untuk mengetahui waktu pada saat pekerjaan yang akan diukur, contohnya waktu yang ditempuh putaran piringan kWh meter untuk 5 putaran adalah 5 detik.



Gambar 3.30. *Stopwatch*