

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 APP (Alat Pengukur dan Pembatas)¹

APP atau Alat Pengukur dan Pembatas adalah alat yang digunakan oleh pihak PLN untuk keperluan transaksi energi listrik. APP terdiri dari kWh meter, MCB dan perlengkapannya.

2.2 kWh Meter

Kilowatt hours meter atau yang biasa dikenal dengan kWh meter merupakan peralatan yang berfungsi untuk menghitung pemakaian energi listrik. Energi listrik yang dihitung oleh kWh meter adalah perhitungan daya aktif yang digunakan dikalikan waktu dalam satuan jam (*hours*) dan faktor daya.

Berikut adalah persamaan untuk menghitung energi listrik oleh kWh meter :

$$E = V I t \cos \theta \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

E = Energi listrik yang terukur oleh kWh meter (kWh)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

t = Waktu pemakaian (Jam)

Cos θ = Faktor daya

Pada persamaan 2.1 dapat diketahui bahwa besar pengukuran energi listrik oleh kWh meter berbanding lurus dengan tegangan, arus, waktu pemakaian dan faktor daya. Sehingga semakin tinggi nilai keempat besaran tersebut maka energi listrik yang digunakan akan semakin besar. Begitupun sebaliknya, ketika nilai ketiga besaran tersebut semakin rendah maka energi listrik yang terbaca oleh kWh meter juga akan semakin kecil.

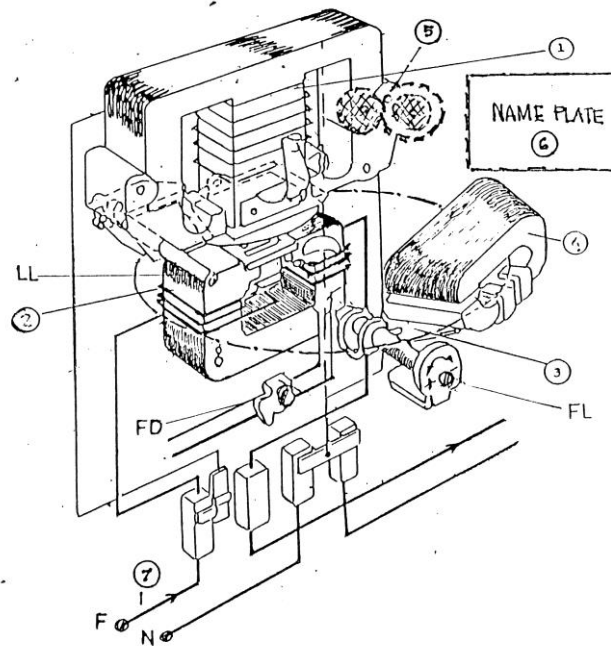
¹ Binnaro, Hutahean. 2018. Diakses Mei 2021
<https://id.scribd.com/document/393154156/APPlengkap-Modul-1-KB4-newpdf>

2.2.1 Jenis-jenis Kwh Meter ⁷

Apabila dilihat dari cara kerjanya, kWh Meter dibedakan menjadi :

1. Kwh Meter Analog⁴

kWh meter analog merupakan kWh meter yang biasa dipakai pada tarif listrik reguler/pascabayar. Konstanta putarannya dihitung menurut perputaran piringan yang berbanding lurus dengan satu kilo watt-jam. Adapun bagian-bagian utama dari sebuah kWh meter Analog antara lain, sebagai berikut :



Gambar 2.1 Bagian-bagian kWh meter analog⁴

1. Kumbaran Tegangan

Kumbaran Tegangan terdiri dari :

- Pada kWh meter 1 fasa kumbaran tegangan 1 Set
- Pada kWh meter 3 fasa 3 kawat kumbaran tegangan 2 set
- Pada kWh meter 3 fasa 4 kawat kumbaran tegangan 3 Set

⁷ Tim Penyusun. 2010. *Buku 2 Standar Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik*. PT.PLN (Persero): Jakarta Selatan

⁴ PT.PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan. *Teori Dasar kWh meter*

2. Kumparan arus

Kumparan arus terdiri dari :

- a. Pada kWh meter 1 fasa kumparan arus 1 set
- b. Pada kWh meter 3 fasa 3 kawat kumparan arus 2 set
- c. Pada kWh meter 3 fasa 4 kawat kumparan 3 set

Pada kumparan arus dilengkapi dengan kawat tahanan atau lempengan besi yang berfungsi sebagai pengatur Cosinus phi (factor kerja)

3. Elemen Penggerak/Piringan

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

4. Rem Magnit

Rem magnit terbuat dari magnet permanen, mempunyai satu pasang kutub (Utara dan Selatan) yang gunanya untuk :

- a. Mengatasi akibat adanya gaya berat dari piringan kWh meter
- b. Menghilangkan/meredam ayunan perputaran piringan serta alat kalibrasi semua batas arus.

5. Roda gigi dan Alat Pencatat (*register*)

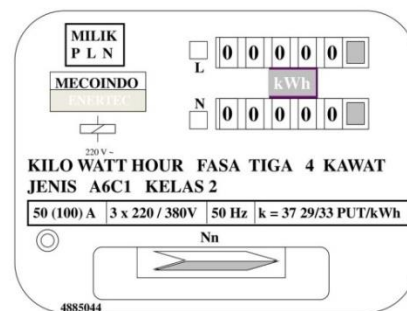
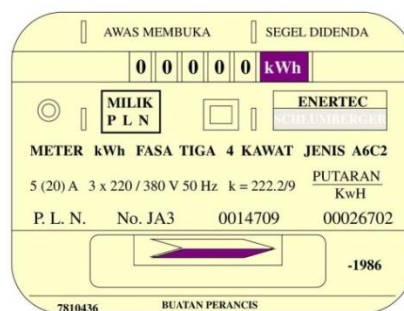
Sebagai transmisi perputaran piringan, sehingga alat pencatat merasakan adanya perputaran, untuk mencatat jumlah energi yang diukur oleh kWh meter tersebut dan mempunyai satuan, puluhan, ratusan, ribuan dan puluh ribuan

6. Papan nama atau *name plate* digunakan untuk mencantumkan informasi dasar yang terdapat pada kWh meter.

Pada papan nama dari meter energi tercantum data sebagai berikut :

- a. Nama alat / merek pabrik
- b. Tipe atau jenis meter
- c. Cara pengawatan :
 - a. satu fasa, 2 kawat
 - b. tiga fasa, 3 kawat

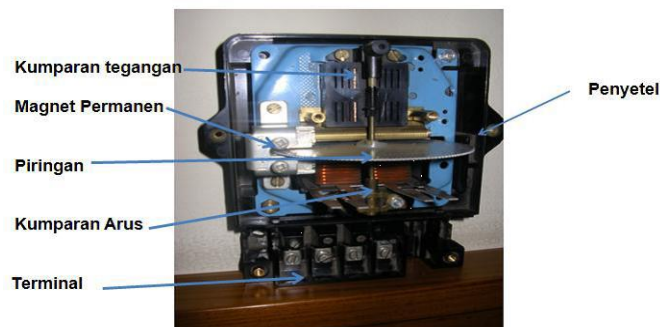
- c. tiga fasa, 4 kawat
- d. Tegangan
- e. Arus
- f. Frekuensi
- g. Konstanta meter
- h. Kelas
- i. Satuan energi listrik



- (a) Papan nama meter tarif tunggal (b) Papan nama meter tarif ganda

Gambar 2.2 Contoh papan nama meter tarif tunggal dan ganda¹

7. Terminal Klemp / Terminal Blok yang merupakan tempat penyambungan pengawatan sumber tegangan dan beban ke kumparan arus dan kumparan tegangan.



¹ Binnaro, Hutahean. 2018. Diakses Mei 2021
<https://id.scribd.com/document/393154156/APPlengkap-Modul-1-KB4-newpdf>

Gambar 2.3 Konstruksi kWh meter analog³

Gambar 2.4 Kwh meter analog

2. Kwh Meter Digital⁶

Kwh Meter digital merupakan jenis kWh meter yang menggunakan sistem komputer dalam operasinya dengan sistem pengisian menggunakan pulsa. Kwh meter ini dibuat untuk mengatasi kelemahan dari kWh meter analog. Kwh meter digital sendiri tampilannya dalam bentuk LCD dan untuk konstanta dalam bentuk impuls/kedipan, misalkan dalam papan nama terdapat keterangan konstanta 800 imp/kWh artinya 1 kWh baru terhitung setelah 800 kedipan.

Bagian bagian dari kWh meter digital

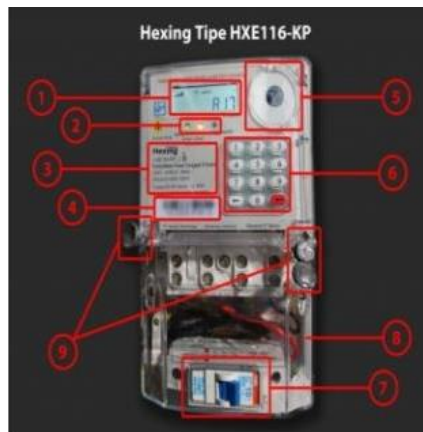
1. Layar LCD

Berfungsi untuk menampilkan berbagai informasi pada meteran

2. Lampu LED Indikator

Berfungsi sebagai indikator yang menandakan keadaan tertentu

³ Nuranita, Silmi. 2013. *ANALISA PERBANDINGAN KWH METER PRABAYAR DENGAN NONPRABAYAR DILIHAT DARI SISI KEEKONOMISANNYA DI PT. PLN (Persero)*. Sekolah Tinggi Teknik Harapan : Medan



Gambar 2.5 Bagian-bagian kWh meter digital³

3. Spesifikasi Meter

Berisi spesifikasi teknis meteran, tipe meteran dan pabrikan yang memproduksinya

4. Nomor Meter

Nomor yang digunakan untuk membeli pulsa listrik

5. *Optical Port*

Terminal komunikasi meter yang akan digunakan oleh petugas PLN untuk melakukan download data yang tersimpan di dalam memori kWh meter

6. Papan Tombol / Keypad

Tombol-tombol untuk melakukan perintah – perintah dengan masukan kode tertentu pada meteran

7. MCB (*Miniatur Circuit Breaker*)

Alat untuk membatasi daya terpasang di pelanggan dan pengamanan terhadap arus hubung singkat yang dapat menyebabkan kebakaran

8. Penutup Terminal

Penutup untuk melindungi terminal, tindakan membuka atau merusak penutup ini bisa didenda

9. Penutup Meter

³ Nuranita, Silmi. 2013. *ANALISA PERBANDINGAN KWH METER PRABAYAR DENGAN NONPRABAYAR DILIHAT DARI SISI KEEKONOMISANNYA DI PT. PLN (Persero)*. Sekolah Tinggi Teknik Harapan : Medan

Penutup meter disegel menggunakan segel khusus PLN, tindakan membuka atau meruak segel PLN bisa didenda

Adapun kelebihan dari kWh meter digital antara lain sebagai berikut :

- a. Sistem pembayarannya dengan sistem Prabayar, dengan sistem Prabayar menggantikan cara pembayaran umumnya, dengan menggunakan kartu Prabayar elektronik pengganti tagihan bulanan.
- b. kWh meter dengan tampilan digital yang menyala dan berukuran cukup besar.
- c. Akurasi perhitungan kWh, tidak adanya tunggakan pembayaran tagihan listrik, kemudahan memutus sambungan listrik pelanggan yang melakukan tunggakan tagihan dengan menggunakan alat yang bisa diatur dari jarak maksimal 200 meter.



Gambar 2.6 Kwh meter digital

3. Kwh Meter Semi Digital

Kwh meter semi digital merupakan kWh meter yang hampir menyerupai kWh meter digital namun tampilannya masih dalam bentuk register dan konstanta sudah

dalam bentuk kedipan. Sitem pembayaran untuk kWh meter semi digital ini adalah pascabayar. Perbedaannya dengan kWh meter digital adalah kWh meter digital tampilannya dalam bentuk LCD dan konstanta dalam bentuk kedipan. Kwh meter semi digital pascabayar yang sering digunakan saat ini adalah smart meter. Kwh meter semi digital pascabayar terdiri dari 1 fasa dan 3 fasa.



Gambar 2.7 Kwh meter semi digital

2.2.2 Prinsip Kerja Kwh meter

1. Kwh Meter Analog⁶

Ditinjau dari segi cara kerjanya maka pengukur ini memakai prinsip azas induksi atau *azas ferraris*. Dan pada umumnya alat pengukur ini digunakan untuk mengukur daya listrik arus bolak balik. Pada alat ini dipasang sebuah cakera alumunium (*alumunium disk*) yang dapat berputar, dimuka sebuah kutub magnet listrik (*Electromagnet*).

Magnet listrik ini diperkuat oleh kumparan tegangan dan kumparan arus. Dengan adanya lapangan magnet tukar yang berubah-ubah maka cakera (*Disk*) alumunium ditimbulkan suatu arus bolak-balik, yang menyebabkan cakera tadi mulai berputar dan menggerakkan pesawat hitungnya.

⁶ Suryatmo, F. 1999. *Teknik Pengukuran Listrik dan Elektronika*.
Sumi Aksara: Jakarta

Secara umum perhitungan untuk daya listrik dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu :

$$S = V.I.....(2.2)$$

$$Q = V.I \sin \phi.....(2.3)$$

$$P = V.I \cos \phi.....(2.4)$$

Dimana :

S = Daya semu (VA)

Q = Daya reaktif (VAR)

P = Daya aktif (Watt)

Dari ketiga daya tersebut yang terukur pada kWh meter adalah daya aktif, yang dinyatakan dengan satuan *Watt*. Sedangkan daya reaktif dapat diketahui besarnya dengan menggunakan alat ukur Varmeter. Untuk pemakaian pada rumah, biasanya hanya digunakan kWh meter.

2. Kwh Meter Digital²

Adapun cara kerja dari kWh meter digital antara lain sebagai berikut :

1. Kwh Meter digital dikontrol oleh sebuah mikrokontroler dengan tipe AVR90S8515 dan menggunakan sebuah sensor digital tipe ADE7757 yang berfungsi untuk membaca tegangan dan arus serta untuk mengetahui besar energi yang digunakan pada instalasi rumah.
2. Seven Segment sebagai penampil data besaran energi listrik yang digunakan di rumah. Dari komponen-komponen tersebut dihasilkan sebuah kWh meter modern dengan tampilan digital yang dapat mengukur besaran penggunaan energi, dengan batasan maksimal beban 500 watt.

² Mayer, Tezer. 2016. Diakses Mei 2021

<https://www.scribd.com/document/319781082/pengertian-kwh-meter-jenis-jenis-dan-prinsip-kerjanya-doc>

2.3 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)⁵

MCB adalah pengaman pada sistem tenaga listrik, yang sering dipergunakan pada tegangan rendah, baik terpasang di Perlengkapan Hubung Bagi (PHB) atau dipergunakan sebagai pembatas yang terpasang kontak kWh meter. Prinsip kerjanya didasarkan pada karakteristik *thermal* dimana ketika arus lebih besar yang melewati MCB, maka akan memanaskan bimetalic trip.

MCB memainkan peranan penting dalam hal proteksi arus lebih dan juga sebagai alat *disconnect* pada jaringan listrik. Sebuah *breaker* merupakan alat yang didesain untuk mengisolasi rangkaian dari gangguan arus lebih *overload* (beban lebih) dan *short circuit* (hubung singkat).

Pada umumnya, MCB bekerja menggunakan prinsip elektromekanik (*Thermal/Magnetic*) untuk membuka kontak *breaker* ketika gangguan arus lebih terjadi. Unit *thermal trip* bekerja berdasarkan kenaikan nilai temperatur, sedangkan unit *magnetic trip* bekerja berdasarkan kenaikan nilai arus.

Pengaman MCB sebagai pembatas diatur dalam Standar PLN (SPLN) nomor 108 tahun 1992.



Gambar 2.8 MCB

⁵ Sarimun, Wahyudi. 2015. *Buku Saku Pelayanan Teknik*. Garamond: Jakarta

Tabel 2.1 Tabel Pemakaian MCB 1 Phasa

| Daya yang digunakan konsumen | MCB yang digunakan |
|------------------------------|--------------------|
| 450 VA | 2 A |
| 900 VA | 4 A |
| 1300 VA | 6 A |
| 2200 VA | 10 A |
| 3500 VA | 16 A |
| 4400 VA | 20 A |
| 5500 VA | 25 A |
| 7700 VA | 35 A |
| 11 KVA | 50 A |

Bagian-bagian dari MCB :

Gambar 2.9 Kosntruksi MCB¹

1. *On-Off* trip dipergunakan secara manual untuk mengoperasikan atau membuka MCB, dan menandakan status MCB trip/operasi atau terbuka.
2. *Switch* mekanis yang membuat kontak arus listrik bekerja.
3. Kontak arus listrik sebagai penyambung dan pemutus arus listrik
4. Terminal untuk disambungkan keperalatan yang ingin diamankan

¹ Binnaro,Hutahean. 2018. Diakses Mei 2021
<https://id.scribd.com/document/393154156/APPlengkap-Modul-1-KB4-newpdf>

5. Bimetal, yang berfungsi sebagai *thermal trip*
6. Penyetelan arus secara manual untuk kalibrasi di pabrikan / laboratorium
7. Solenoid *Coil* atau lilitan yang berfungsi sebagai *magnetic trip* dan bekerja bila terjadi hubung singkat arus listrik.
8. Pemadam busur api jika terjadi percikan api saat terjadi pemutusan atau pengaliran kembali arus listrik.

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. Ketika terjadi hubung singkat, arusnya diputuskan oleh pengaman elektromagnetiknya. Untuk arus bolak-balik yang sama dengan $4xI_n$ s/d $6xI_n$ dan arus searah yang sama dengan $8xI_n$ pemutusan arusnya berlangsung dalam waktu 0,2 detik.

2. Otomat H (Untuk Instalasi Rumah)

Secara termis jenis ini sama dengan otomat-L. Tetapi pengaman elektromagnetiknya memutuskan dalam waktu 0,2 detik, jika arusnya sama dengan $2,5 x I_n$ s/d $\pm 3x I_n$ untuk arus bolak-balik atau sama dengan $4 x I_n$ untuk arus searah. Jenis otomat ini dapat dipergunakan untuk instalasi rumah, 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 $8xI_n$ s/d $11xI_n$ untuk arus bolak-balik atau pada $14xI_n$ untuk arus searah dalam waktu $t = 0,2$ detik. Kontak-kontak sakelarnya dan ruang pemadam busur apinya memiliki konstruksi khusus.

Karena itu jenis otomat ini dapat memutuskan arus hubung singkat yang besar, yaitu sehingga 1500 ampere.

Berdasarkan penggunaan dan daerah kerjanya, MCB dapat digolongkan menjadi 5 jenis ciri yaitu :

- a. Tipe Z (*rating* dan *breaking capacity* kecil) Digunakan untuk pengaman rangkaian semikonduktor dan trafo-trafo yang sensitif terhadap tegangan.
- b. Tipe K (*rating* dan *breaking capacity* kecil) Digunakan untuk mengamankan alat-alat rumah tangga.
- c. Tipe G (*rating* besar) untuk pengaman motor.
- d. Tipe L (*rating* besar) untuk pengaman kabel atau jaringan.
- e. Tipe H untuk pengaman instalasi penerangan bangunan

Menurut karakteristik tripnya, ada tiga tipe utama dari MCB, yang didefinisikan dalam IEC 60898.

- a. MCB Tipe B, adalah tipe MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 3 sampai 5 kali dari arus maksimum atau arus nominal MCB. MCB tipe B merupakan karakteristik trip tipe standar yang biasa digunakan pada bangunan domestik.
- b. MCB Tipe C, adalah tipe MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 5 sampai 10 kali arus nominal MCB. Karakteristik trip MCB tipe ini akan menguntungkan bila digunakan pada peralatan listrik dengan arus yang lebih tinggi, seperti lampu, motor dan lain sebagainya.
- c. MCB tipe D, adalah tipe MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 8 sampai 12 kali arus nominal MCB. Karakteristik trip MCB tipe D merupakan karakteristik trip yang biasa digunakan pada peralatan listrik yang dapat menghasilkan lonjakan arus kuat seperti, transformator, dan kapasitor.