

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 APP (Alat Pengukur dan Pembatas)

##### 2.1.1 Pengertian APP<sup>1</sup>

APP merupakan singkatan dari Alat Pengukur dan Pembatas, adalah alat yang digunakan untuk keperluan transaksi energi listrik. Pengukuran ialah untuk menentukan besarnya pemakaian daya dan energi listrik. Contoh dari alat pengukur merupakan kWh meter, kVarh meter, kVa meter maksimum, meter arus, dan meter tegangan. Sistem pengukuran dibagi menjadi dua macam yaitu:

a. Pengukuran Primer (Pengukuran secara langsung)

Pengukuran Primer terjadi dari pengukuran primer 1 fasa untuk pelanggan dengan daya diatas 6600 VA pada tegangan 220V/380V dan pengukuran primer tiga fasa untuk pelanggan dengan daya diatas 6600 VA sampai dengan 33000 VA pada tegangan 220 V/380 V.

b. Pengukuran Sekunder Tiga Fasa (Pengukuran tidak langsung)

Pengukuran sekunder memerlukan trafo arus biasanya digunakan untuk pelanggan dengan daya 53 KVA sampai dengan 197 KVA.<sup>2</sup>

Sementara yang dimaksud dengan pembatasan ialah untuk menentukan batas pemakaian daya sesuai daya tersambung, yang termasuk alat pembatas ialah MCB, MCCB, NFB, Fuse , dan OCR + PMT. Pembatasan didasarkan pada arus yang besarnya adalah<sup>3</sup>:

---

<sup>1</sup> PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan, *Pengenalan APP*, hlm 1-14

<sup>2</sup> Binnaro, Hutahean. *APP Modul 1*. Jakarta : Sumi Aksara, 2018, hlm 1

<sup>3</sup> PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan. Loc. Cit.



Untuk daya 1 fasa :

$$I_n = \frac{S}{E} \text{ (Ampere) .....2.1}$$

Untuk daya 3 fasa :

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{2} \cdot E_{f-f}} \text{ (Ampere).....2.2}$$

Dimana :

$I_n$  = Arus nominal (A)

$S$  = Daya pelanggan (VA)

$E$  = Tegangan fasa-netral (V)

$E_{f-f}$  = Tegangan antar fasa (V)

### 2.1.2 Perlengkapan APP

Yang dimaksud dengan perlengkapan ialah barang-barang yang memungkinkan dipasangnya alat pengukur dan pembatas, sehingga dapat berfungsi sesuai dengan yang disyaratkan.

- Perlengkapan APP: kotak/lemari APP, trafo arus (ct), trafo tegangan (pt) meter arus, meter tegangan dan saklar waktu
- Kotak/lemari APP: adalah suatu kotak atau lemari dengan ukuran/ukuran tertentu yang didalamnya berisi APP dan perlengkapannya
- Segel berfungsi sebagai pelindung untuk mencegah agar alat/komponen yang dilindungi tidak dibuka oleh orang yang tidak berwenang.



### 2.1.3 Klasifikasi Sambungan Listrik

Berdasarkan golongan tarif cara penyambungan listrik diklasifikasikan dalam 3 (tiga) golongan:

#### a. Sambungan Tegangan Rendah

- Penyambungan dari jaringan distribusi tegangan rendah
- Pembatasan daya tersambung dilakukan dengan pemutus arus
- Pengukuran dilakukan dengan salah satu cara :
  - Meter kWh tarif tunggal
  - Meter kWh tarif tunggal atau ganda dan kvarh
  - Meter kWh tarif ganda, kvarh dan kW maksimum atau kva maksimum
- Meter kWh tarif ganda diukur energi (kWh) selama waktu beban puncak (WBP) dan luar waktu beban puncak (LWBP)
- Pengukuran arus 100 A ke atas dilakukan dengan menggunakan trafo arus (CT)

#### b. Sambungan tegangan menengah

- Penyambungan dari jaringan distribusi tegangan rendah.
- Pembatasan daya dan energi melalui trafo arus dan trafo tegangan dilakukan dengan :
  - Meter kWh tarif tunggal
  - Meter kWh tarif ganda
  - Meter kVA maksimum atau kW maksimum
  - Meter kVARH
- Untuk sistem tegangan menengah yang tidak dibumikan / resistansi tinggi, pengukuran daya dan energi menggunakan 2 buah trafo arus dan 2 buah trafo tegangan (fasa-fasa).



- Untuk sistem tegangan menengah yang dibumikan langsung / resistansi rendah, menggunakan daya dan energi menggunakan 3 buah trafo arus dan 3 buah trafo tegangan.
- Sambungan tegangan menengah dimungkinkan juga kegunaan alat ukur di sisi tegangan rendah dengan arus maksimum 1.000A.

c. **Sambungan tegangan tinggi**

- Penyambungan jaringan tegangan tinggi.
- Pembatasan daya tersambung dilakukan dengan pemutus tenaga tegangan tinggi yang dilengkapi dengan 3 (tiga) buah relay skunder.
- Pengukuran daya dan energi melalui 3 (tiga) buah trafo arus dan 3 (tiga) buah trafo tegangan dilakukan dengan :
  - Meter kWh tarif tunggal
  - Meter kWh tarif ganda
  - Meter kVA maksimum atau kW maksimum
  - Meter kVARH

#### 2.1.4 **Ketentuan Peralatan**

a. **Meter kWh**

- Pada sambungan tegangan rendah
  - Meter kWh fase satu 2 kawat atau fase tiga 4 kawat.
  - Kelas 2 untuk pengukuran langsung.
  - Kelas 1 untuk pengukuran menggunakan trafo arus.
- Pada sambungan tegangan menengah
  - Meter kWh fase tiga 3 kawat untuk jtm fase tiga 3 kawat.
  - Meter kWh fase tiga 4 kawat untuk jtm fase tiga 4 kawat.
  - Kelas 1 atau yang lebih teliti.
- Pada sambungan tegangan tinggi
  - Meter kWh fase tiga 3 kawat.
  - Kelas 1 atau yang lebih teliti.



**b. Kotak atau Lemari APP**

Harus tahan keausan mekanik dan tahan panas. Macam-macam kotak atau lemari APP:

- Tipe I untuk sambungan TR fase-satu
- Tipe III untuk sambungan TR fase-tiga
- Tipe I khusus sambungan TR mengukur TR dan sambungan TM pengukuran TR menggunakan CT-TR pasangan luar atau dalam
- Tipe II khusus untuk sambungan TT atau TM pengukuran TT dan TM menggunakan CT / PT pada sambungan TT atau TM pasangan luar dan dalam

**c. Blok Terminal**

- Jumlah terminal 4 untuk tipe 1
- Jumlah terminal 8 untuk tipe 3 dengan kumparan arus 25 A, 60 A dan 100 A, diameter lubang 4, 5 dan 6 mm
- Jumlah terminal 16 untuk tipe 1 khusus dengan kumparan arus 5A
- Jumlah terminal 26 untuk tipe 2 khusus dengan kumparan arus 5A

**d. Tutup Pelindung APP**

- APP tipe I dan III

APP tipe I dan III dari bahan plastik transparan, tahan cuaca, tahan benturan, tidak mudah terbakar, tidak mudah berubah warna. Hanya dapat dilepas dengan merusak segel. Dilengkapi jendela transparan yang dapat dibuka/ditutup menggunakan gembok/kunci.

- APP tipe I dan II khusus

Dari bahan metal tahan benturan dan tahan karat. Dilengkapi jendela transparan. Dilengkapi gembok/kunci dengan anak kunci yang tidak bisa dipalsu.



**e. Segel**

Terbuat dari bahan logam, plastik, atau campuran keduanya. Harus ada lambang pln, nomor registrasi dan tidak dapat dipakai ulang. Yang harus disegel adalah: Terminal ct, pt, meter, blok terminal, kotak atau lemari, dan tutup pelindung

**2.2 Kwh Meter**

**2.2.1. Pengertian Kwh Meter<sup>4</sup>**

Kwh meter adalah alat pengukur energi listrik yang mengukur secara langsung hasil kali tegangan, arus factor kerja,kali waktu yang tertentu ( $V \times I \times \text{Cos}\phi \times t$ ) yang bekerja padanya selama jangka waktu tertentu tersebut. 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 :

$$E = V \times I \times t \times \cos \theta \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana :

- E = Energi listrik yang terukur oleh kWh meter ( kWh)
- V = Tegangan (V)
- I = Arus (A)
- T = Waktu pemakaian (Jam)
- Cos  $\theta$  = Faktor daya

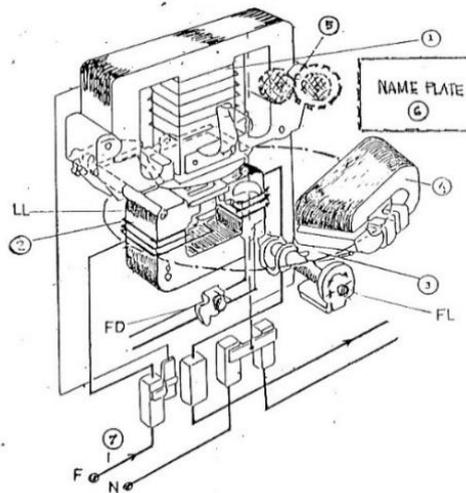
Pada persamaan diatas dapat diketahui bahwa besar pengukuran energi listrik oleh kWh meter berbanding lurus dengan tegangan, arus, waktu pemakaian dan faktor daya. Sehingga semakin tinggi nilai keempat besaran tersebut maka energi listrik yang digunakan akan semakin besar. Begitupun sebaliknya, ketika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

<sup>4</sup> PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan, *Teori Dasar Kwh*, hlm 46-47

## 2.2.2. Jenis Kwh Meter

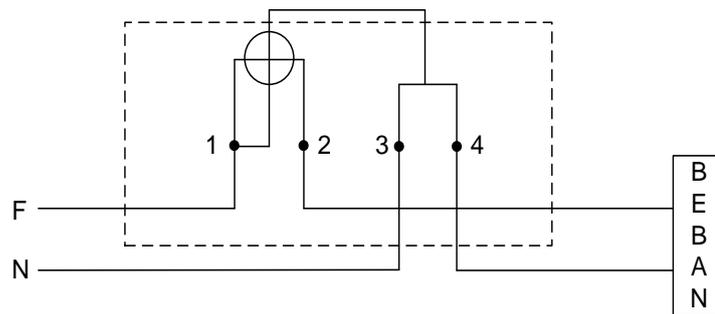
### a. Kwh Analog

Kwh meter analog merupakan kWh yang biasa digunakan pada tarif listrik pascabayar bekerja dengan memanfaatkan medan magnet yang memutar piringan aluminium, kecepatan putaran dipengaruhi oleh besar kecilnya arus listrik. Pada piringan aluminium yang dipasangkan di kWh meter Analog terdapat poros yang mana poros tersebut akan menggerakkan counter digit sebagai tampilan jumlah kWh-nya. Selain itu, pada piringan aluminium kWh meter analog terdapat lubang atau garis penanda yang digunakan sebagai indikator putaran piringan aluminium. Untuk 1 kWh biasanya setara dengan 900 putaran (ada juga 450 putaran tiap kWh). Adapun bagian-bagian utama pada kWh meter antara lain, sebagai berikut:

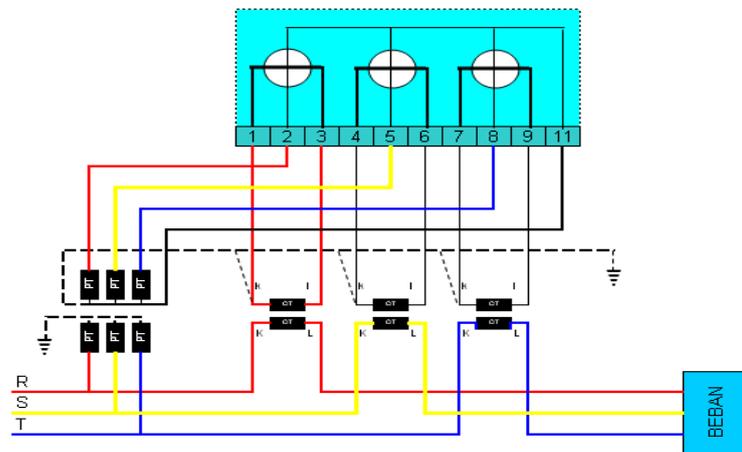


Gambar 2.1 Bagian-Bagian Kwh Meter Analog<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Ibid.



Gambar 2.2 Rangkaian Kwh Meter Analog 1 Phase<sup>6</sup>



Gambar 2.3 Rangkaian Kwh Meter Pascabayar Analog 3 Phase<sup>7</sup>



Gambar 2.4 Kwh Meter Pascabayar Analog

<sup>6</sup> PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan, *Diagram Pengawatan*

<sup>7</sup> PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan, *Teori Dasar Kwh*. Op. Cit. hlm 52



1. Kumparan Tegangan terdiri dari :

- a. Pada kWh meter 1 phasa ..... 1 set
- b. Pada kWh meter 3 phasa 3 kawat ..... 2 set
- c. Pada kWh meter 3 phasa 4 kawat ..... 3 set

2. Kumparan arus terdiri dari :

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

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

3. 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 adalah terbuat dari magnit permanen, mempunyai satu pasang kutub (Utara dan selatan) yang gunanya untuk :

Mengatasi akibat adanya gaya berat dari piringan kWh meter

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. Nameplate

Nameplate digunakan untuk mencantumkan informasi mengenai kWh meter.

Berikut merupakan data-data yang tercantum pada nameplate kWh meter :

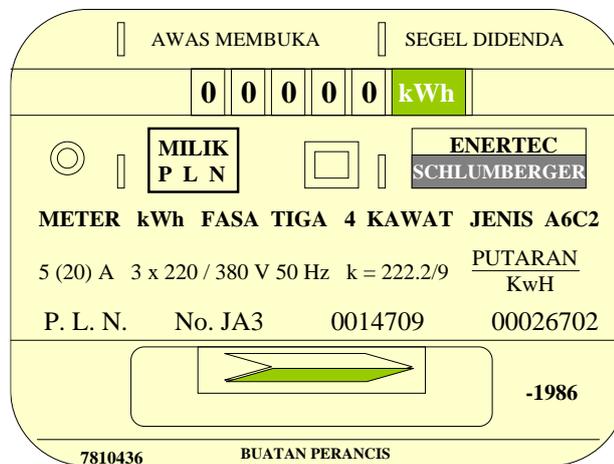
- Nama alat / merek pabrik
- Tipe atau jenis meter

- Cara pengawatan :
  - a. satu fasa, 2 kawat
  - b. tiga fasa, 3 kawat
  - c. tiga fasa, 4 kawat
- Tegangan
- Arus
- Frekuensi
- Konstanta meter
- Kelas
- Satuan energi listrik

#### 7. Terminal Klemp

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

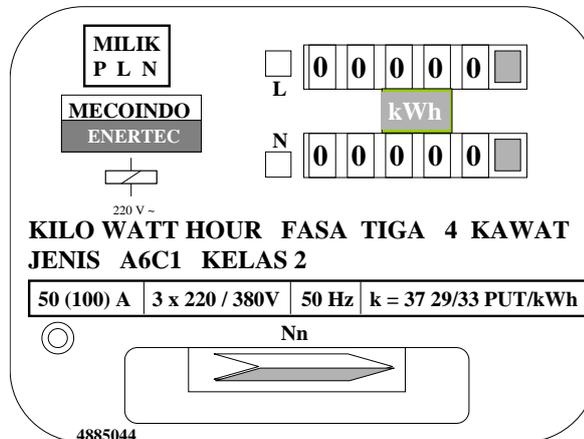
#### Contoh Papan nama Meter tarif tunggal



Gambar 2.5 Papan Nama Meter Tarif Tunggal<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Binnaro, Hutahean. Op. Cit., hlm 14

Contoh Papan nama Meter tarif Ganda



Gambar 2.6 Papan Nama Meter Tarif Ganda<sup>9</sup>

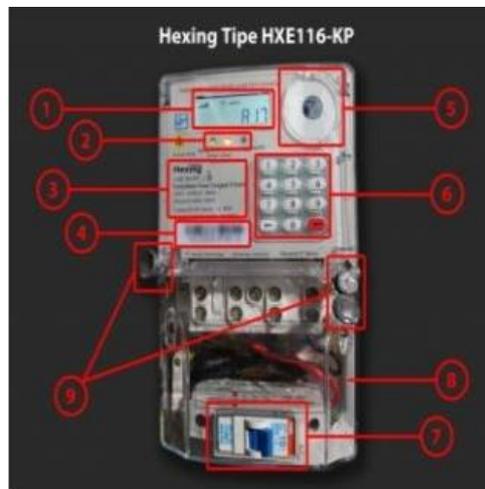
b. Kwh Digital<sup>10</sup>

Kwh meter pascabayar digital merupakan kWh meter yang hampir menyerupai kWh meter prabayar namun tampilannya masih dalam bentuk register dan konstanta sudah dalam bentuk kedipan. Perbedaannya dengan kWh meter digital adalah kWh meter digital tampilannya dalam bentuk LCD dan konstanta dalam bentuk kedipan. Kwh meter pascabayar digital yang sering digunakan saat ini adalah smart meter. Listrik Pra Bayar merupakan bentuk pelayanan PLN dalam menjual energi listrik dengan cara pelanggan membayar dimuka. Mudahnya, sebelum menggunakan listrik dari PLN, pelanggan terlebih dahulu membeli sejumlah nominal energi listrik, sesuai yang dibutuhkan. Berikut merupakan bagian-bagian paling luar dari KWh meter digital.

<sup>9</sup> Ibid.

<sup>10</sup> PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan, *Alat Pengukur dan Pembatas*

Fitur Standar :



Gambar 2.7 Kwh Meter Prabayar Digital<sup>11</sup>

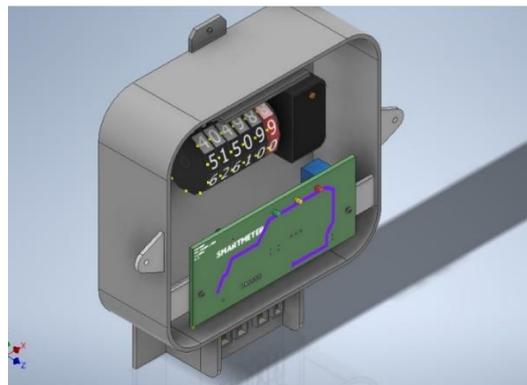
Keterangan:

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 metrology,
5. LCD 7 segment untuk 8 karakter : Informasi untuk pengisian TOKEN,
6. Keypad dengan lapis karet

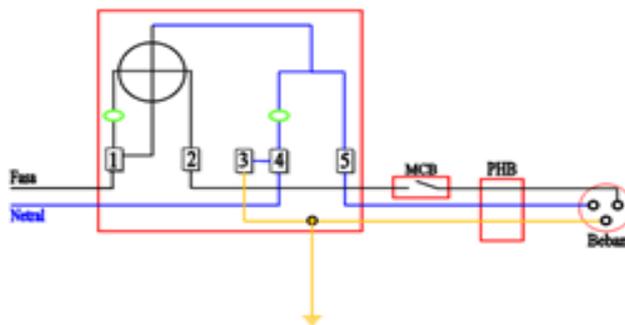
<sup>11</sup> Nuranita, Silmi., *ANALISA PERBANDINGAN KWH METER PRABAYAR DENGAN NONPRABAYAR DILIHAT DARI SISI KEEKONOMISANNYA DI PT. PLN (Persero)*. Medan :Sekolah Tinggi Teknik Harapan, 2013, hlm 3



Gambar 2.8 Kwh Meter Pascabayar Digital



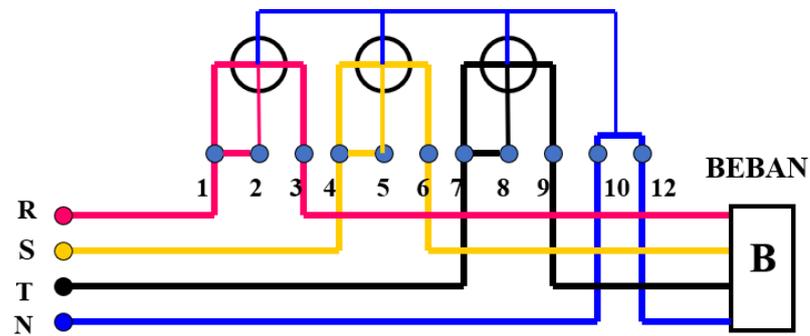
Gambar 2.9 Rangkaian Dalam Kwh Meter Pascabayar<sup>12</sup>



Gambar 2.10 Rangkaian Kwh Meter Pascabayar Digital 1 Phase<sup>13</sup>

<sup>12</sup> PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan, *Diagram Pengawatan*.  
Op.Cit

<sup>13</sup> Ibid.



Gambar 2.11 Rangkaian Kwh Meter Pascabayar Digital 3 Phase<sup>14</sup>

Kelebihan pada kWh meter pascabayar digital:

1. Mampu berkerja sampai tegangan 80V dengan nilai akurasi meter tetap di kelas.
2. Anti pencurian
3. Mempunyai 1 terminal khusus grounding, untuk meminimalisir kesalahan pemasangan grounding di lapangan.
4. Sistem pembautan dari depan & belakang, meminimalisir modus pencurian buka cover dan memodifikasi rangkaian meter.
5. Register lebih jelas dan mudah dilihat saat pembacaan stan meter di lapangan

<sup>14</sup>PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan, *Pengenalan APP*, Op. Cit. hlm 18.

### 2.2.3. Kwh Meter 1 Phase



Gambar 2.12 Kwh Meter 1 Phase<sup>15</sup>

Pemakaian energi listrik baik di industri maupun dalam rumah tangga menggunakan satuan kilowatt- hour (kWh) dimana kWh sama dengan 3,6 MJ. Karena itulah alat yang digunakan untuk mengukur energi pada industri dan rumah tangga dikenal dengan watt hour meters. Besar tagihan listrik biasanya berdasarkan pada angka-angka yang tertera pada kWh meter setiap bulannya, dan tentunya sering kita lihat petugas pln mendatangi rumah-rumah untuk mencatat angka-angka kWh di setiap rumah-rumah.

Kwh meter induksi adalah satu-satunya tipe yang digunakan pada perhitungan daya listrik rumah tangga. bagian-bagian utama dari sebuah kWh meter adalah kumparan tegangan, kumparan arus, sebuah piringan aluminium, sebuah magnet tetap, dan sebuah gir mekanik yang mencatat banyaknya putaran piringan.

Jika meter dihubungkan ke daya satu phase, maka piringan mendapat torsi yang membuatnya berputar seperti motor dengan tingkat kepresisian yang tinggi. Semakin besar daya yang terpakai, mengakibatkan kecepatan piringan semakin besar, demikian pula sebaliknya. kita bisa perhatikan kwh listrik dirumah, lihat bagian piringannya dia akan berputar sesuai pemakaian tenaga listrik yang kita pakai.

<sup>15</sup> PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan, *Teori Dasar Kwh*, Loc.Cit.

#### 2.2.4. Kwh Meter 3 Phase

Pada konsumen rumah tangga digunakan kWh meter 1 phase karena daya yang digunakan daya 1 phase sedangkan pada industri, daya yang digunakan adalah daya 3 phase sehingga kWh meter yang digunakan adalah kWh meter 3 phase.



Gambar 2.13 Kwh Meter 3 Phase

#### 2.2.5. Pengawatan Kwh Meter<sup>16</sup>

Dalam melaksanakan penyambungan kWh meter perlu diperhatikan terminal-terminal yang akan disambung. Terminal input untuk arus harus dibedakan dengan terminal outputnya, demikian pula terminal untuk tegangan harus dapat dibedakan menurut ukuran fasanya. Sistem pengawatan kWh meter sebagai alat ukur energi listrik, tergantung dari cara pengukuran yang akan dilakukan, apakah pengukuran langsung atau pengukuran tidak langsung juga sekaligus tergantung dari instruksi dari kWh meter itu sendiri. Untuk beberapa pengawatan dari kWh dapat diuraikan menurut tabel berikut ini:

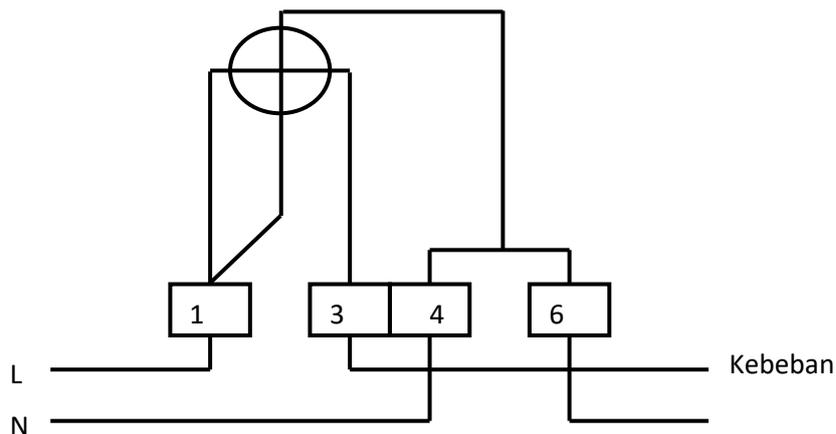
<sup>16</sup> PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan, *Diagram Pengawatan*, hlm 62

Tabel 2.1 Jenis Pengukuran Pengawatan Kwh Meter<sup>17</sup>

No.	kWh Meter	Pengukuran	
		Jenis	Tegangan
1.	1 phase 2 kawat	Langsung	Rendah
2.	3 phase 4 kawat	Langsung	Rendah
3.	3 phase 4 kawat	Tidak langsung	Rendah
4.	3 phase 3 kawat	Tidak langsung	Menengah
5.	3 phase 4 kawat	Tidak langsung	Menengah

**a. Pengawatan kWh Meter 1 Phase**

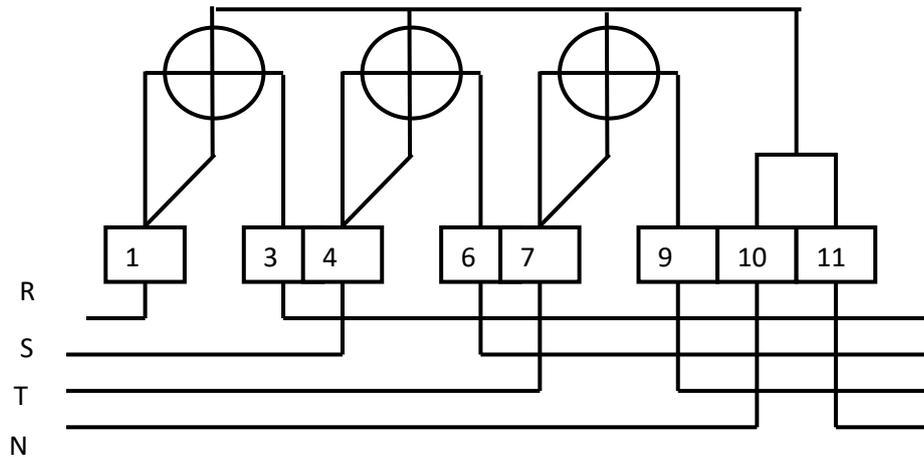
Kwh meter 1 phase biasa digunakan untuk pengukuran tegangan rendah dengan jenis pengukuran langsung.



Gambar 2.14 Diagram Penagawatan Kwh Meter 1 Phase<sup>18</sup>

<sup>17</sup> Ibid, halaman 67

<sup>18</sup> PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan, *Instalasi Pengukuran Langsung*, hlm 45

**b. Pengawatan Kwh Meter 3 Phase**Gambar 2.15 Diagram pengawatan meter kWh 3 phase<sup>19</sup>

Pengawatan kWh Meter 3 phase 4 Kawat Pengukuran Langsung Tegangan Rendah kWh meter 3 phase 4 kawat pengukuran langsung biasa digunakan untuk pengukuran energi listrik tegangan rendah dengan sistem tarif tunggal atau tarif ganda.

**2.2.6. Kelas Ketelitian kWh meter dan Batas Kesalahan.**

Pembagian kelas ketelitian dalam dunia internasional terdapat beberapa standar pembagian kelas yang berbeda, antara lain :

- Pembagian kelas pada Standar IEC (International Electrotechnical Commission), yaitu : Kelas : 0,05 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,5 ; 1,0 ; 1,5 ; 2,0 ; 2,5 ; 3,0 ; 5,0
- Pembagian kelas pada Standar JIS (Japanese Industrial Standard), yaitu : Kelas : 0,2 ; 0,5 ; 1,0 ; 1,5 ; 2,5
- Pembagian kelas pada Standar Jerman, VDE yaitu : Kelas : 0,1 ; 0,2 ; 0,5 ; 1,0 ; 1,5 ; 2,5 ; 5,0
- Pembagian kelas pada Standar Amerika, ANSI yaitu : Kelas : 0,1 ; 0,3 ; 0,5 ; 1,0 ; 1,5 ; 2,5 ; 5,0

<sup>19</sup> Ibid.



Pengertian kelas pada suatu alat ukur, misalnya kWh meter dengan kelas 0,2 artinya kWh meter tersebut dijamin oleh pabrik pembuatnya mempunyai kesalahan maksimum + 0,2% dari penunjukannya, dalam daerah pengukuran efektifnya.

Pada kWh meter, kelas menunjukkan akurasi pengukuran dalam pemakaian energi listrik yang digunakan sebagai alat ukur transaksi tenaga listrik. Pada Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik Jawa-Madura-Bali (Grid Code) yang merupakan acuan bagi sistem tenaga listrik yang terbesar di Indonesia yang di sahkan oleh Menteri Energi Sumber Daya dan Mineral, menentukan penggunaan kelas pada kWh meter sebagai berikut :

- Ketelitian meter untuk semua titik sambungan pada Generator < 10 MW menggunakan kWh meter dengan kelas ketelitian 0,5.
- Ketelitian meter untuk semua titik sambungan pada Generator > 10 MW menggunakan kWh meter dengan kelas ketelitian 0,2.

Sedangkan pada aturan distribusi, konsumen yang menggunakan energi listrik pada pelanggan rumah tangga menggunakan kWh meter dengan kelas ketelitian 2,0. Kelas ketelitian pada alat ukur misalnya kWh meter, berlaku hanya pada beban tertentu dari alat ukur itu sendiri dengan faktor daya 1,0 . Misalnya kWh meter kelas 0,2 dengan arus nominal 5 Ampere, maka artinya kWh meter tersebut memiliki kesalahan + 0,2% hanya pada saat pengukuran pada besaran beban tertentu sampai 5 Ampere (5 – 100% nominal kWh meter) dengan faktor daya 1,0. Apabila arus pengukuran lebih kecil dari batasan arus yang ditentukan dan faktor daya kurang dari 1,0, maka kelas akurasi tidak lagi + 0,2%. Namun demikian akurasi yang keluar dari kelas ketelitian tersebut diatur dengan batasan yang telah ditentukan seperti yang di atur dalam Standar IEC, Standar ANSI maupun Standar SPLN.

Klasifikasi kWh meter dibagi dalam 3 kelas :

- Kwh meter kelas 0,5 dipakai sebagai meter standard
- Kwh meter kelas 1 dipakai untuk pengukuran skunder (memakai trafo ukur)
- Kwh meter kelas 2 dipakai untuk pengukuran primer (tanpa trafo ukur)

Batas – batas kesalahan kWh meter yang ditentukan oleh kamar tera PLN (atas kebijaksanaan PLN Wilayah/Distribusi setempat).

Tabel 2.2 Batas-Batas Kesalahan Kwh Meter<sup>20</sup>

Arus	Faktor Kerja	Batas kesalahan kWh meter dalam %		
		K1 2	K1 1	K1 0,5
100% In	1	+ 0 ..... + 2	+ 0 ..... + 1	+0 ..... + 0,5*
100% In	0,5 (ind)	+ 0 .....+ 2	+ 0 ..... + 1	+0 .....+ 0,8*
50% In	1	+ 0 .....+ 2	+ 0 ..... + 1	+0 .....+ 0,5 +
50% In	0,5 (ind)	+ 0 .....+ 2	+ 0 ..... + 1	+0 .....+ 0,8 +
10% In	1	+ 0 .....+ 2	+ 0 ..... + 1	+0 .....+ 0,5 +
5% In	1	+ 0 .....+ 2,5	+ 0 ..... + 1,5	+0 .....+ 1

Keterangan :

Tanda \* : Titik 2 kesalahan yang biasa dirobah, bila menyimpang dari batas yang ditentukan.

Tanda + : Titik 2 kesalahan yang tidak boleh dirubah, bila menyimpang batas yang ditentukan

### 2.2.7. Susut<sup>21</sup>

Susut distribusi pada sistem kelistrikan terjadi pada alat pengukur dan pembatas (APP) yang dipergunakan dalam transaksi tenaga listrik dengan pelanggan. Susut yang terjadi pada APP ditentukan oleh akurasi APP dan akurasi pembacaan atau pengambilan data hasil pengukuran. Susut Distribusi selain susut jaringan juga diakibatkan oleh adanya Susut di titik Transaksi energi tenaga listrik. Penyebab Susut di titik transaksi/ non teknis dikelompokkan menjadi :

<sup>20</sup> PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan, *Teori Dasar Kwh*, Op. Cit., hlm 55

<sup>21</sup> PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan, *Konsep Perhitungan Losses Teknik*, hlm 9-12



- Akurasi Pengukuran
- Akurasi Pencatatan baca meter
- Pemakaian Illegal (P2TL) dan PJU Liar.

a. Akurasi Pengukuran

Susut Distribusi sebagai selisih antara kWh beli di Gardu Induk/Pusat Pembangkit dan kWh Jual di pelanggan. Besarnya kWh beli dan kWh jual ini sangat ditentukan oleh akurasi pengukuran meter energi baik di GI/Pusat pembangkit maupun di pelanggan. Sehingga Energi yang terukur sangat ditentukan oleh beberapa variable yaitu:

- Kelas akurasi dan jenis kWh meter (Elektromekanik dan Elektronik),
- Kualitas tegangan V dan Besar arus I yang masuk kWh meter,
- Perbedaan sudut phasa (Cos Q) antara Arus dan tegangan,
- Wiring terbalik atau tidak
- kWh-meter macet atau rusak.

Jika salah satu variable tidak normal atau dipengaruhi, maka energi kWh yang terukur juga akan tidak normal (kecil), akibatnya susut akan semakin besar

b. Akurasi Pencatatan Baca Meter

Akurasi pencatatan baca meter juga sangat mempengaruhi besarnya kWh beli atau kWh jual yang akan mempengaruhi susut. Kekurang akurasi pencatatan baca meter disebabkan oleh :

- a) Hasil ukur kWh meter tidak dibaca atau gagal baca
- b) Kesalahan pembacaan
- c) Penulisan faktor kali keliru akibat ratio CT dan PT yang keliru pada saat baca atau sejak dari awal pemasangan.
- d) Putus rampung yang terlambat, padahal data pelanggannya sudah tidak ada



- e) Meter di lapangan masih terpakai padahal di DIL tidak ada
- f) kWh meter sudah terpasang padahal belum dibukukan dalam DIL
- g) kWh Meter rusak sehingga pencatatan nihil.

c. Pemakaian Illegal (P2TL) dan PJU Liar

Beberapa pelanggan yang menggunakan Energi listrik secara tidak sah, karena mempengaruhi salah satu atau beberapa parameter pengukuran kWh meter. Akibatnya penggunaan energi listrik sebagian tidak tercatat, hal ini mengakibatkan susut non teknik semakin tinggi. Beberapa motif pemakaian energi listrik yang illegal baik oleh pelanggan maupun non pelanggan antara lain oleh :

- a) Mempengaruhi arus yang masuk ke kWh meter
- b) Mempengaruhi tegangan
- c) Merusak fisik kWh meter
- d) Mempengaruhi register
- e) Mempengaruhi/merubah wiring.
- f) Peremajaan DIL yang terlambat
- g) Penyambungan listrik yang mendahului SPK
- h) Pemasangan multi guna (Pesta) melampaui waktu yang ditetapkan.
- i) Sambung langsung ke jaringan untuk PJU atau penggunaan sendiri.
- j) kWh meter yang tidak terdaftar di DIL

Akurasi APP ditentukan oleh<sup>22</sup> :

- Kualitas dan kelas akurasi meter energi yang mampu mengukur besaran listrik dengan benar dan mempunyai fitur sesuai kebutuhan
- Pembatas Daya berupa MCB, MCCB, pengaman lebur (Fuse), atau rele overload
- Rasio, kelas akurasi dan burden Trafo Arus dan Trafo Tegangan

---

<sup>22</sup> PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan, *Manajemen APP*, hlm 1



- Pengawatan pada Alat Pengukur dan Pembatas (APP)
- Pengamanan APP terhadap seluruh kegiatan yang mempengaruhi hasil pengukuran.

Untuk mendapatkan APP yang tepat sesuai peruntukan, akurat dan berfungsi dengan baik serta data hasil pembacaan yang benar, maka APP harus dikelola dengan baik sesuai ketentuan yang berlaku. Pengelolaan tersebut meliputi :

- Perencanaan yang sesuai kebutuhan, yaitu menentukan jenis, jumlah dan spesifikasi APP yang sesuai SPLN serta waktu ketersediaannya di gudang PLN
- Penyimpanan di gudang dalam kondisi yang sesuai dengan ketentuan atau persyaratan agar mudah diperoleh atau didapatkan pada saat diperlukan
- Transportasi dari gudang ke lokasi pemasangan untuk menghindari terjadi perubahan *performance* APP karena guncangan atau getaran yang berlebihan selama perjalanan
- Pemasangan dan pengawatannya untuk menghindari terjadinya kesalahan pengawatan yang akan mempengaruhi hasil pengukuran
- Pemeriksaan atau komisioning untuk memastikan bahwa pemasangan dan pengawatan sudah benar sesuai SPLN
- Pemeliharaan yang dilakukan secara berkala sesuai rencana atau jadwal, baik pemeliharaan preventif maupun korektif untuk memastikan bahwa APP tetap berfungsi dengan baik
- Pembacaan atau pengambilan data hasil pengukuran APP secara manual, jarak jauh atau otomatis.
- Evaluasi dan analisa terhadap pelaksanaan pengelolaan APP untuk memperoleh data tentang APP terpasang dan mengetahui tingkat kinerja APP.



Berikut merupakan cara menghitung akurasi pengukuran kWh meter ditunjukkan pada persamaan 2.4 di bawah ini.<sup>23</sup>

$$\epsilon kWh = \frac{td-t}{t} \times 100 \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan :

$\epsilon kWh$  = error pembacaan (%)

$td$  = waktu sesuai pengukuran

$t$  = waktu n putaran kWh meter (detik)

Untuk menghitung waktu sesuai pengukuran kWh meter ditunjukkan pada persamaan 2.5 di bawah ini.

$$td = \frac{n \times 3600 \times 1000}{C \times P} \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan :

$n$  = jumlah putaran

3600 = konversi dalam detik selama satu jam

1000 = satuan kilo pada kWh

$c$  = konstanta putaran kWh meter (putaran)

Kemudian untuk menghitung daya ditunjukkan pada persamaan 2.6 sebagai berikut:

$$P = V \times I \times \cos \Theta \dots\dots\dots 2.6$$

Keterangan :

$V$  = Tegangan (V)

$I$  = Arus (A)

$\cos \Theta = 0.85$

Maka dengan menggunakan rumus di atas, dapat ditentukan kWh meter yang telah memiliki tingkat error melebihi batasan kelasnya atau dapat digolongkan rusak.

<sup>23</sup> Surya Darma,dkk, "Studi Sisitem Peneraa Kwh Meter".Journal of Electrical Technology, Vol. 4, No.3,Oktober 2019, hlm 162