

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam sebuah penelitian, tidak terlepas dari penelitian-penelitian terdahulu. Dari penelitian terdahulu tersebut dapat diketahui hasilnya untuk kemudian dapat disempurnakan dalam penelitian-penelitian selanjutnya. Penelitian terdahulu lebih disebut sebagai penelitian yang relevan. Di dalam penelitian ini terdapat beberapa penelitian yang relevan, diantaranya sebagai berikut.

1. Analisa Grounding Pada KWHmeter Prabayar, yang sekaligus merupakan persamaan dalam penelitian ini. Terkait perbedaan, adalah dari subjek penelitian, yaitu pada penelitian ini subjeknya adalah KWHmeter paska-bayar, sedangkan pada penelitian terdahulu subjeknya adalah KWHmeter Prabayar [2].
2. Analisis pengaruh kondisi *tampering* akibat kesalahan pengawatan dalam instalasi listrik milik pelanggan terhadap pengukuran daya pada KWHmeter Prabayar Digital Pelanggan PT. PLN. Kondisi yang diteliti pada penelitian tersebut adalah kondisi *tampering* atau kelainan yang ada pada instalasi milik pelanggan, sedangkan pada penelitian ini meneliti tentang pengaruh jenis pembumian pada instalasi milik pelanggan. Dari sisi persamaan, baik penelitian ini maupun penelitian terdahulu terletak pada perbandingan antara nilai arus yang melalui sensor arus pada kawat fasa dan netral [3].
3. Analisis hubungan arus bocor dan penyebabnya terhadap kerugian pembayaran rekening bulanan konsumen instalasi rumah tangga pada PT. PLN

(Persero) Cabang Merauke. Pada penelitiannya perbedaan mendasar terletak pada kajian yang dibahas. Dalam penelitian ini membahas tentang ketidakseimbangan arus yang menyebabkan *error* KWHmeter paskabayar *dual sensing*, sedangkan pada penelitian terdahulu lebih mengarah pada umur instalasi yang sudah tua sehingga menyebabkan kekuatan dielektrik kabel menurun serta dapat pula disebabkan karena penggunaan beban listrik seperti PC, kulkas maupun pompa air. Dari sisi persamaan, baik pada penelitian ini maupun penelitian terdahulu, sama-sama menggunakan arus bocor sebagai *variable* utama dalam menentukan *error* KWHmeter [4].

## 2.2 KWHmeter

KWHmeter adalah alat penghitung pemakaian energi listrik. Alat ini bekerja menggunakan metode induksi medan magnet dimana medan magnet tersebut menggerakkan piringan yang terbuat dari aluminium. Pengukur *Watt* atau *kWatt*, yang pada umumnya disebut *Watt-meter/kWatt* 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 dalam kWh (*kilowatt Hour*). Pemakaian energi listrik di industri maupun rumah tangga menggunakan satuan *kilo-watt- hour* (kWh). Karena itulah alat yang digunakan untuk mengukur energi pada industri dan rumah tangga dikenal dengan *watthourmeters*. Besar tagihan listrik biasanya berdasarkan pada angka-angka yang tertera pada KWHmeter setiap bulannya. KWHmeter paskabayar 1 fasa dibagi menjadi

2 (dua) jenis yaitu KWHmeter Analog/Konvensional (Mekanik) dan KWHmeter Digital.

### 2.3 Jenis – Jenis KWHmeter Paskabayar 1 Phasa

Berdasarkan jenisnya, KWHmeter paskabayar 1 phasa dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. KWHmeter Analog
2. KWHmeter Semi *Elektronik*

#### 2.3.1 KWHmeter Analog

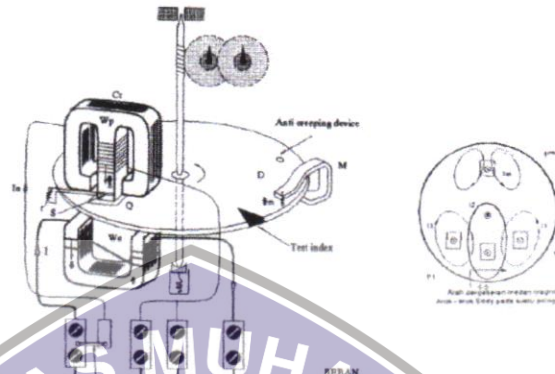
Ini adalah jenis meteran energi kuno yang terkenal dan paling umum. Ini terdiri dari cakram aluminium berputar yang ditempatkan pada poros di antara dua elektromagnet. Kecepatan rotasi *disk* sebanding dengan daya, dan daya ini terintegrasi dengan penggunaan gir dan mekanisme penghitung. Itu terbuat dari dua baja silikon dilaminasi elektromagnet: magnet *shunt* dan seri.

Seri magnet membawa kumparan yang terdiri dari beberapa putaran kawat tebal yang dihubungkan seri dengan garis; sedangkan magnet *shunt* membawa sebuah kumparan dengan banyak putaran kawat tipis yang terhubung di seluruh *supply*.

Magnet pengereman adalah sejenis magnet permanen yang menerapkan gaya yang berlawanan dengan rotasi *disk* normal untuk menggerakkan *disk* tersebut ke posisi yang seimbang dan menghentikan *disk* saat listrik mati.

Magnet Seri menghasilkan fluks yang sebanding dengan arus yang mengalir, dan magnet *shunt* menghasilkan fluks yang sebanding dengan te-

gangan. Kedua fluks ini tertinggal pada 90 derajat karena sifat induktif. Antarmuka kedua bidang ini menghasilkan arus *eddy* dalam *disk*, menggunakan gaya, yang sebanding dengan hasil dari tegangan sesaat, arus dan sudut fasa di antara mereka.



Gambar 2.1 Komponen KWHmeter analog [5]

Magnet pengereman ditempatkan di satu sisi cakram, yang menghasilkan torsi pengereman pada cakram dengan medan konstan yang disediakan dengan menggunakan magnet permanen. Setiap kali torsi pengereman dan penggerak sama, kecepatan cakram menjadi mantap.

Batang atau poros vertikal dari cakram aluminium dikaitkan dengan susunan roda gigi yang mencatat jumlah yang sebanding dengan putaran cakram. Susunan roda gigi ini menetapkan angka dalam serangkaian putaran dan menunjukkan energi yang dikonsumsi dari waktu ke waktu.



Gambar 2.2 KWHmeter analog [6]

### 2.3.2 KWHmeter Semi *Elektronik*

KWHmeter semi *Elektronik* tidak memiliki piringan, komponen yang menggantikan piringan pada meter KWH ini yaitu adanya LED. Satu putaran piringan sama dengan satu kedip LED yang sering di sebut dengan *pulse*. Tampilan meter KWH semi *Elektronik* menggunakan register berupa roda gigi yang bekerja secara mekanik. KWHmeter semi *Elektronik* dilengkapi dengan 3 lampu indikator yang memiliki fungsi berbeda-beda. Warna hijau menandakan KWHmeter telah teraliri tegangan, warna kuning merupakan indikator *tamper* adanya kerusakan atau kelaianan pada instalasi milik pelanggan di dalam rumah/bangunan, dan warna merah menjadi indikator penggunaan listrik menggantikan piringan putar pada KWHmeter analog.

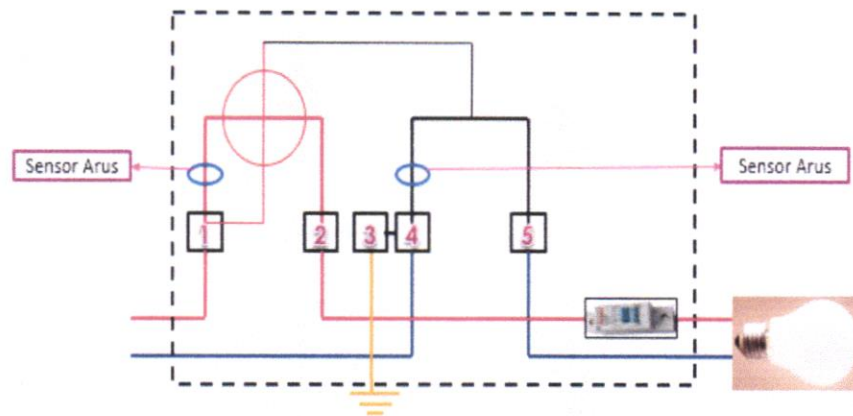


Gambar 2.3 KWHmeter semi elektronik [7]

KWHmeter semi *Elektronik* juga dilengkapi dengan kemampuan deteksi penyalahgunaan pemakaian energi sesuai SPLN D3.005-1:2008, *dual sensing*, menurunkan *losses*, menghitung daya harmonisa, anti magnet. Fitur *dual sensing* disematkan sebagai penyempurna dalam penghitungan energi yang terpakai oleh pelanggan. Fitur ini menghitung menggunakan nilai arus terbesar dari hasil pengukuran sensor arus pada fasa dan netral sebagai acuan untuk perhitungan pemakaian KWH.

#### 2.4 Sistem Dual Sensing

Sistem *dual sensing* merupakan fitur baru pada KWHmeter milik PLN. Dalam penerapannya, sistem *dual sensing* ini mengacu pada SPLN D3.005-1:2008 dimana terdapat dua sensor arus didalamnya. Sensor arus tersebut terletak pada kumparan arus *input* tegangan KWHmeter dan kumparan arus *input* netral KWHmeter. Dengan adanya dual sensing ini, kemampuan menghitung KWHmeter dapat dimaksimalkan.



Gambar 2.4 Pengawatan dalam KWHmeter [5]

Selain bermanfaat dalam pengukuran pemakaian energi listrik pelanggan, *dual sensing* memiliki manfaat antara lain :

1. Mempunyai lampu indikasi bila terjadi salah pengawatan
2. Dapat mengukur beban baik disisi fasa maupun netral.
3. Meter akan mengukur meskipun fasa masuk dan keluaran di hubung langsung.

## 2.5 Penumbumian

Penumbumian adalah suatu rangkaian yang mempunyai titik awal dari kutub pennumbumian / elektroda, hantaran pennumbumian / konduktor hingga terminal pennumbumian yang terdapat pada PHB / Peralatan. Sistem pennumbumian berfungsi untuk menyalurkan arus lebih ke bumi, sehingga dapat memberikan proteksi terhadap manusia dari sengatan listrik akibat terjadi kebocoran isolasi, dan mengamankan komponen-komponen instalasi agar dapat terhindar dari bahaya arus dan tegangan asing. Tujuan pennumbumian pada suatu sistem tenaga listrik secara umum adalah :

1. Memberikan perlindungan terhadap bahaya listrik bagi pemanfaat listrik dan lingkungannya

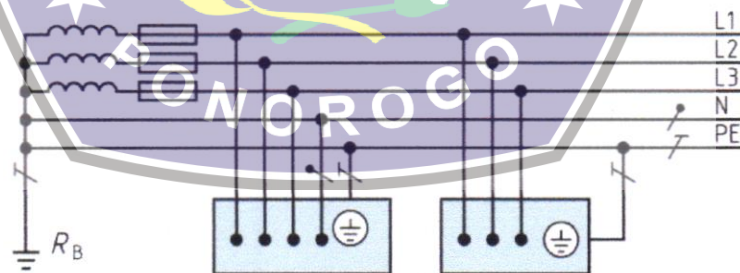
2. Mendapatkan keandalan penyaluran pada sistem baik dari segi kualitas, keandalan ataupun kontinuitas penyaluran tenaga listrik
3. Membatasi kenaikan tegangan pada fasa yang tidak terhubung tanah dan nilai tegangan kerja minimal..

## 2.6 Tipe – Tipe Sistem Pembumian

### 2.6.1 Sistem T-N

Sistem daya TN mempunyai satu titik yang dibumikan langsung pada sumber, Bagian Konduktif Terbuka instalasi dihubungkan ke titik tersebut melalui konduktor proteksi. Tiga jenis sistem TN dipertimbangkan sesuai susunan konduktor netral dan proteksi, sebagai berikut:

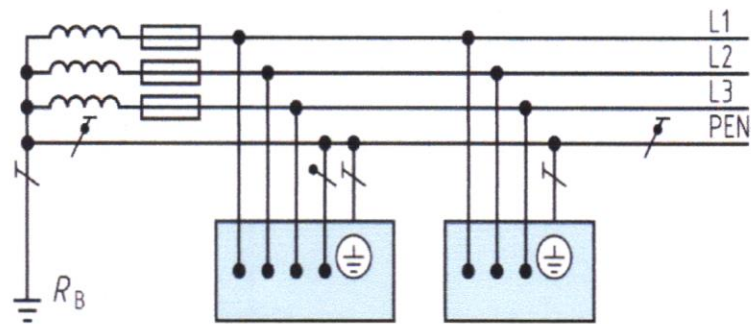
- a. TN – S, Sistem pembumian tipe TN-S adalah sistem pembumian dimana bagian netral sumber energi listrik terhubung dengan bumi pada satu titik saja dan bagian pembumian dipisahkan {walaupun sebenarnya digabung pada sumber energi listrik}, sistem ini menggunakan penghantar proteksi terpisah diseluruh sistem.



Gambar 2.5 Sistem pembumian TN – S [8]

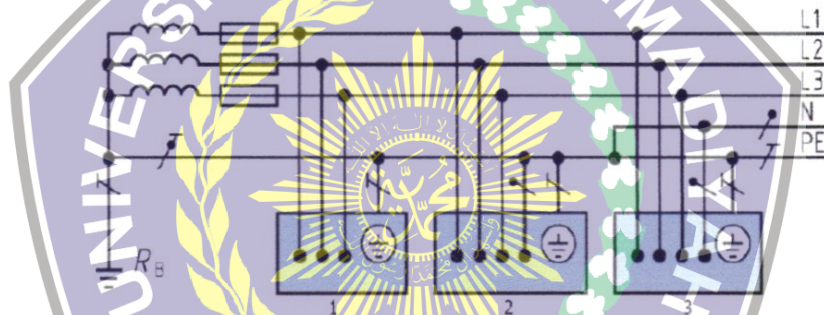
- b. TN – C, Sistem pembumian tipe TN-C adalah sistem pembumian dimana bagian netral dan pembumian digabung di jaringan, di sistem ini fungsi netral dan fungsi proteksi tergabung dalam penghantar tunggal di seluruh sistem.





Gambar 2.6 Sistem pembumian TN-C [8]

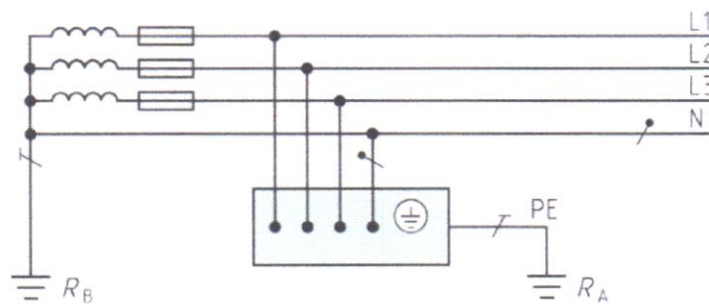
- c. TN – C – S, Sistem pembumian tipe TN-C-S adalah sistem pembumian campuran dari sistem pembumian TN-S dan TN-C, di sistem ini fungsi netral dan fungsi proteksi tergabung dalam penghantar tunggal di sebagian sistem.



Gambar 2.7 Sistem pembumian TN-C-S [8]

### 2.6.2 Sistem T-T

Sistem TT hanya mempunyai satu titik yang dibumikan langsung dan Bagian Konduktif Terbuka instalasi dihubungkan ke elektrode bumi yang independen secara listrik dari elektroda bumi sistem suplai.



Gambar 2.8 Sistem pembumian TT [8]

### 2.6.3 Sistem I-T

Sistem daya IT mempunyai semua bagian aktif diisolasi dari bumi atau satu titik dihubungkan ke bumi melalui *impedans*. BKT instalasi listrik dibumikan secara independen atau secara kolektif atau ke pembumian sistem.



Gambar 2.9 Sistem pembumian IT [8]

### 2.7 Arus Listrik

Arus listrik adalah sebuah aliran yang terjadi akibat jumlah muatan listrik yang mengalir dari satu titik ke titik lain dalam suatu rangkaian tiap satuan waktu. Muatan listrik pada dasarnya dibawa oleh *Elektron* dan *Proton* di dalam sebuah atom. *Proton* memiliki muatan positif, sedangkan *Elektron* memiliki muatan negatif. Tugas untuk membawa muatan dari satu tempat ke tempat lainnya ini ditangani oleh *Elektron*. Hal ini dikarenakan *Elektron* dalam bahan konduktor seperti logam sebagian besar bebas bergerak dari satu atom ke atom

lainnya. Arus listrik juga terjadi akibat adanya beda potensial atau tegangan pada media penghantar antara dua titik. Semakin besar nilai tegangan antara kedua titik tersebut, maka akan semakin besar pula nilai arus yang mengalir pada kedua titik tersebut. Satuan arus listrik dalam internasional yaitu *A* (*ampere*), yang dimana dalam penulisan rumus arus listrik ditulis dalam simbol *I* (*current*).

Besarnya arus listrik (disebut kuat arus listrik) sebanding dengan banyaknya muatan listrik yang mengalir. Kuat arus listrik adalah suatu kecepatan aliran muatan listrik. Dengan demikian, yang dimaksud dengan kuat arus listrik ialah jumlah muatan listrik yang melalui penampang suatu penghantar setiap satuan waktu. Jika jumlah muatan *q* melalui penampang penghantar dalam waktu *t*, maka kuat arus *I* secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$I = \frac{q}{t} \text{ atau } q = I \cdot t \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

*I* : kuat arus listrik (A)

*q* : muatan listrik yang mengalir (C)

*t* : waktu yang diperlukan (s)

Beberapa sifat dari arus listrik, antara lain sebagai berikut:

- a. Arus listrik mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah.
- b. Arus listrik mengalir dari kutub positif ke kutub negatif.
- c. Arus listrik hanya dapat mengalir pada rangkaian listrik tertutup.

Alat yang dapat digunakan untuk mengetahui kuat arus listrik adalah *amperemeter*. Pada pengukuran kuat arus listrik, *amperemeter* disusun seri pada

rangkaian listrik sehingga kuat arus yang mengalir melalui *amperemeter* sama dengan kuat arus yang mengalir pada penghantar.

## 2.8 Tegangan Listrik

Tegangan Listrik adalah jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan unit muatan listrik dari satu tempat ke tempat lainnya. Tegangan juga sering disebut dengan beda potensial listrik karena pada dasarnya tegangan listrik adalah ukuran perbedaan potensial antara dua titik dalam rangkaian listrik. Suatu benda dikatakan memiliki potensial listrik lebih tinggi daripada benda lain karena benda tersebut memiliki jumlah muatan positif yang lebih banyak jika dibandingkan dengan jumlah muatan positif pada benda lainnya. Sedangkan yang dimaksud dengan Potensial listrik itu sendiri adalah banyaknya muatan yang terdapat dalam suatu benda. Tegangan listrik dinyatakan dengan satuan *Volt* (V).

Sumber tegangan atau beda potensial mempunyai simbol *V*, dengan satuan *Volt*. Secara matematik mempunyai rumus beda potensial listrik dinamis adalah:

$$V = \frac{W}{Q} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

*V* = beda potensial listrik (satuan *Volt*, V)

*W* = energi listrik (satuan *Joule*, J)

*Q* = muatan listrik (satuan *Coulomb*, C)

Alat yang dapat digunakan untuk mengetahui beda potensial listrik adalah *Voltmeter*. Pada pengukuran beda potensial listrik, *Voltmeter* disusun paralel pada rangkaian listrik yang jatuh pada kedua titik tertentu pada rangkaian.

## 2.9 Energi Listrik

Energi listrik merupakan suatu energi utama yang sangat dibutuhkan peranannya untuk peralatan listrik atau pun energi yang disimpan di dalam arus listrik dengan satuan *ampere* (A) dan juga tegangan listrik yang diukur dengan satuan *Volt* (V), sementara itu ketentuan kebutuhan konsumsi daya listrik disebut dengan satuan *watt* (W).

Besarnya energi ini dapat ditulis dalam persamaan sebagai berikut :

$$W = Q \cdot V \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

$W$  = energi (*Joule*)

$Q$  = besar muatan yang dipindahkan (*Coulomb*)

$V$  = beda potensial (V)

Jika beda potensial ditulis  $V$ , kuat arus  $I$ , dan waktunya  $t$  maka energi yang dilepaskan oleh alat dan diubah menjadi energi kalor  $W$  adalah :

$$W = V \cdot I \cdot t \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan,

$V$  = beda potensial (*Volt*)

$I$  = kuat arus (*ampere*)

$t$  = waktu (sekon)

$W$  = energi yang dilepaskan oleh sumber tegangan (*Joule*)

Satuan energi dalam SI memang *Joule*. Namun untuk energi kalor sering digunakan satuan lain, yaitu kalori (kal) atau kilokalori (kkal). Hubungan antara satuan kalori dengan *Joule* adalah  $1 \text{ kal} = 0,24 \text{ Joule}$ .

## 2.10 Daya Listrik

Daya merupakan energi yang diperlukan untuk melakukan usaha/kerja. Daya listrik merupakan tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Daya listrik menyatakan banyaknya energi listrik yang terpakai setiap detiknya. Satuan daya listrik adalah *Watt*. Sedanglam 1 *Watt* = 1 *Joule*/detik. Sedangkan berdasarkan pada konsep usaha, yang dimaksud dengan daya listrik yaitu besarnya usaha dalam memindahkan muatan per satuan waktu atau lebih singkatnya yaitu Jumlah Energi Listrik yang digunakan tiap detik. Berdasarkan dengan definisi tersebut, perumusan daya listrik yaitu sebagai berikut :

$$P = \frac{E}{t} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

$P$  = Daya Listrik

$E$  = Energi dengan satuan *Joule*

$t$  = waktu dengan satuan detik

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung daya listrik dalam sebuah rangkaian listrik adalah sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

$P$  = Daya Listrik dengan satuan *Watt* (W)

$V$  = Tegangan Listrik dengan Satuan *Volt* (V)

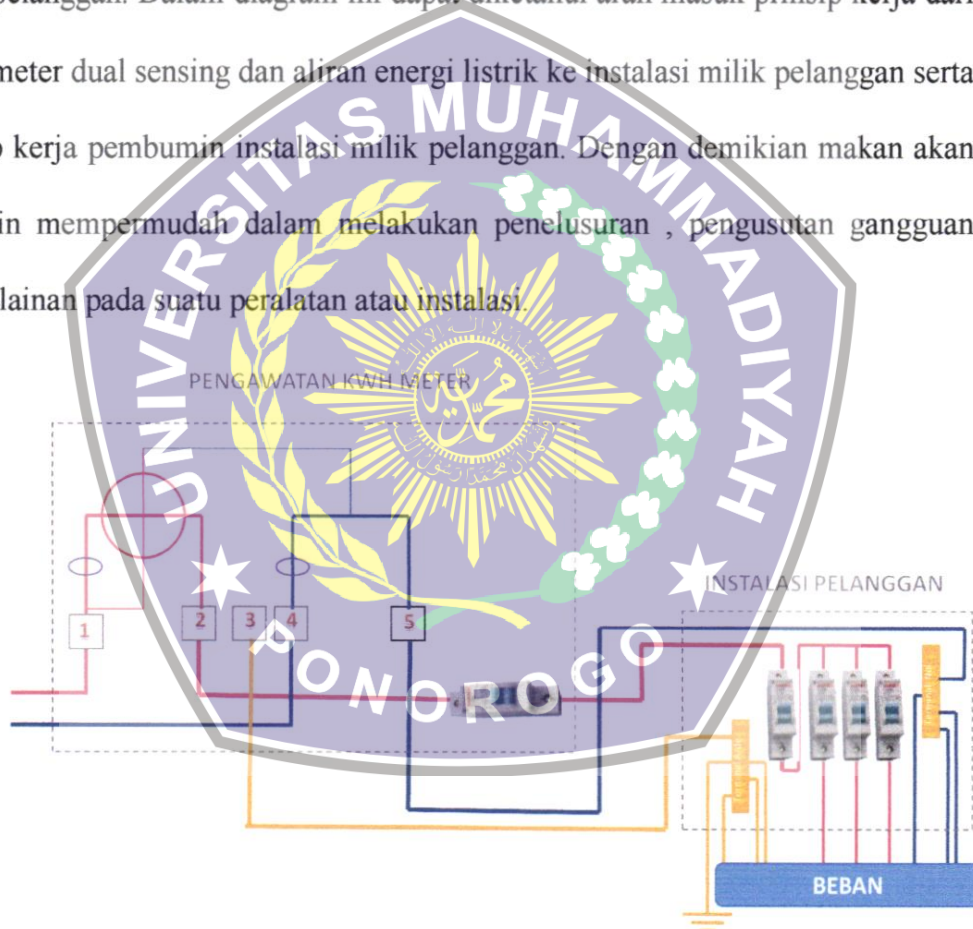
$I$  = Arus Listrik dengan satuan *Ampere* (A)

Hampir semua peralatan listrik menggunakan *Watt* sebagai satuan konsumsi daya listrik. Jika daya dinyatakan dalam kilowatt (kW) dan waktu dalam

jam, maka satuan energi adalah kilowatt jam atau kilowatt-hour (KWH) atau 1  
 $KWH = 36 \times 10^5 \text{ Joule}$ .

### 2.11 Diagram Pengawatan KWHmeter

Yang dimaksud dengan Diagram Pengawatan adalah gambar elektroteknik yang biasanya dinyatakan dengan simbol - simbol, yang menyatakan hubungan antara bagian – bagian peralatan atau suatu instalasi listrik. Diagram ini memuat bagian-bagian dari KWHmeter yang kemudian dihubungkan ke dalam instalasi milik pelanggan. Dalam diagram ini dapat diketahui arah masuk prinsip kerja dari KWHmeter dual sensing dan aliran energi listrik ke instalasi milik pelanggan serta prinsip kerja pembumih instalasi milik pelanggan. Dengan demikian akan semakin mempermudah dalam melakukan penelusuran , pengusutan gangguan dan kelainan pada suatu peralatan atau instalasi.



Gambar 2.10 Pengawatan KWHmeter dan Instalasi Milik Pelanggan  
[5]