

**MENGEVALUASI KETELITIAN PENERAAN kWh-METER
PRABAYAR SATU PHASA**



SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu untuk mendapatkan gelar
Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang**

Oleh :

**WANFAHRI
13 2009 084**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2013**

**MENGEVALUASI KETELITIAN PENERAAN KWH-METER
PRABAYAR SATU PHASA**



SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu untuk mendapatkan gelar
Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang**

Oleh :

**WANFAHRI
13 2009 084**

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

Wiwin A. Oktaviani, ST.M.Sc

Pembimbing II

Ir. Dedy Hermanto, MT

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2013**

**MENGEVALUASI KETELITIAN PENERAAN kWh-METER
PRABAYAR SATU PHASA**



SKRIPSI

Oleh :

WANFAHRI

Disahkan Oleh :

Dekan Fakultas Teknik UMP

Ir. Zainul Bahri, MT

**Ketua Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik UMP**

Ir. Hj Eliza, MT

MOTTO

✚ *Raihlah ilmu, dan untuk meraih ilmu belajarlah untuk tenang dan sabar.*

(Khalifah, Umar)

✚ *Utamakan yang penting dan sesuatu yang paling penting harus diutamakan.*

(Penulis)

"... Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan." (QS. Al Mujaadilah : 11)

Kupersembahkan kepada yang tercinta :

✚ *Allah Swt, Para Nabi, Muhammad Saw, Ahlul Bait dan Sahabat Setia Nabi Muhammad Saw.*

✚ *Orang tua yang selalu berdoa & memberikan dukungan yang amat besar atas keberhasilanku serta Keluarga Besar ku.*

✚ *Saudara-saudaraku yang selalu memberi nasehat, materi, dan semangat dalam hidupku.*

✚ *Sahabat yang tak bisa disebutkan satu-persatu.*

✚ *Almamaterku.*

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, dengan judul **MENGEVALUASI KETELITIAN PENERAAN KWH-METER PRABAYAR SATU PHASA.**

Tugas Akhir ini terdiri dari lima Bab yaitu : Bab 1 Pendahuluan, Bab 2 Tinjauan Pustaka, Bab 3 Pengujian Dan Pengukuran, Bab 4 Data dan Analisis, Bab 5 Kesimpulan & Saran. Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah dalam rangka memenuhi salah satu Persyaratan Akademik Guna menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik (ST) pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, petunjuk, serta dorongan dari berbagai pihak, sehingga akhirnya penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Meskipun demikian, penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan yang mesti diperbaiki di masa mendatang, hal ini dikarenakan keterbatasan kemampuan yang dimiliki serta keterbatasan waktu, sehingga penulis tetap berharap semoga tugas ini dapat diambil manfaatnya bagi semua pihak yang memerlukannya.

Pada kesempatan ini penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada,

- Ibu Wiwin A. Oktaviani, ST.M.Sc, selaku pembimbing I
- Bapak Ir. Dedy Hermanto, MT, selaku pembimbing II

Dan tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada,

1. Bapak H.M. Idris, SE.M.Si, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
2. Bapak Ir. Zainul Bahri, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang

3. Ibu Ir.Hj. Eliza, MT, Selaku Ketua Jurusan Teknik Elktro Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang
4. Bapak dan Ibu staf Dosen pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
5. Orang tua dan saudara-saudara saya yang memberikan bantuan baik berupa materi, nasihat, doa serta motivasi hingga terselesainya Tugas Akhir ini.
6. Kakak Indra dan keluarga yang membantu saya mengukur dan membagi ilmunya untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Pak De Naryo, Sahabat Waluyo, Adek Ayu Yulyanti Dan Keluarga yang memberi semangat untuk terus berusaha tanpa putus asa.
8. Teman-teman yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat imbalan dari Allah SWT.

Akhirnya penulis berharap mudah-mudahan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi mahasiswa Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah. Dalam penulisan tugas akhir ini mungkin terdapat kekurangan-kekurangan baik dalam penulisan maupun isi dari laporan, oleh karena itu penulis menerima kritik dan saran sehingga berguna bagi kita semua.

Palembang,

Penulis

ABSTRAK

kWH-Meter Prabayar merupakan cara baru dalam pelayanan penyaluran tenaga listrik PLN sehingga pelanggan dapat mengelola dan mengendalikan sendiri atas pemakaian energi sesuai kebutuhan dan kemampuannya. Sistem prabayar ini tetap mempergunakan kWH-Meter yang sudah ada dengan sedikit modifikasi untuk memasang sensor dan unit sistem. Untuk menghindari terjadinya kesalahan pengukuran pada kWH-Meter prabayar tersebut maka diperlukan suatu ketelitian pengukuran yang masih dalam batas yang sesuai dengan standar indeks kelas meter dan batas-batas kesalahan pengukuran pada kWH-Meter Prabayar tersebut. Dalam kWH-Meter Prabayar ini menggunakan metode dengan cara pengukuran untuk mendapatkan hasil dari ketelitian pengukuran tersebut. Pada perhitungan kesalahan pengukuran mendapatkan hasil analisis pengukuran listrik satu phasa beban 45 watt yaitu 0,63 %, pada beban 79 watt yaitu sebesar 1,22 %, pada beban 125 watt yaitu sebesar 0,03 % ,pada beban 170 watt yaitu sebesar 0,47 %, dan pada beban 300 watt yaitu sebesar 1,10 % kesalahan- kesalahan tersebut masih dalam batas yang sesuai dengan standar indeks kelas meter pada kWH-Meter Prabayar yang diukur yaitu kelas 1.

Kata Kunci : kWH-Meter, sistem prabayar, ketelitian

ABSTRACT

Prepaid kWh-Meter is a new way of PLN's power delivery service so that the customer can manage and control its own over the energy consumption according to the needs and capabilities. The prepaid system still uses kWh - Meter existing with little modification to install sensors and system unit. To avoid measurement errors on prepaid kWh-Meter, we need a measurement accuracy is still within acceptable limits with the standard meter class index and the limits of measurement error on the Prepaid kWh-Meter. In this Prepaid kWh-Meter with a measurement method to get the result of the measurement accuracy. In the calculation of the measurement error to get the results of the analysis of the electrical measurements of the phase load 45 watts is -0.63 % , the load of 79 watts is equal to 1.22 % , the load of 125 watts is equal to 0.03 % , the load of 170 watts is equal to 0 , 47 % , and the load of 300 watts is equal to 1.10% of the errors are still within acceptable limits with the standard index grade kWh-Meter on Prepaid meter measured, namely class 1.

Keywords : kWh - Meter , prepaid systems , precision

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Pembahasan	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Sistematika Penulisan	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Sistem Tenaga Listrik Satu Phasa	4
2.2. Daya Pada Rangkaian Listrik Satu Phasa	5
2.2.1. Daya Aktif	5
2.2.2. Daya Reaktif	6
2.2.3. Daya Semu	6
2.2.4. Segitiga Daya	6
2.2.5. Faktor Daya	7
2.3. Jenis-jenis Alat Ukur Listrik	7
2.3.1. Alat Ukur Kumparan Putar	7
2.3.2. Alat Ukur Besi Putar	7
2.3.3. Alat Ukur Elektrodinamis	8

2.3.4. Alat Ukur Elektrostatik	8
2.4. Kesalahan Ukur	8
2.4.1. Kesalahan-kesalahan Umum (gross-errors)	9
2.4.2. Kesalahan-kesalahan Sistematis (Systematic Errors)	9
2.4.3. Kesalahan Acak yang tak Disengaja (Random Errors)	10
2.5. Batas Kesalahan Alat Ukur	10
2.5.1. Alat-alat Ukur dari Kelas 0,05, 0,1 dan 0,2	11
2.5.2. Alat Ukur dari Kelas 0,5	11
2.5.3. Alat Ukur dari Kelas 1,0	11
2.5.4. Alat-alat Ukur Kelas 1,5, 2,5 dan 5	11
2.6. Sebab-sebab Kesalahan Alat Ukur Dalam Pemakaian	12
2.6.1. Medan Magnet Luar	12
2.6.2. Temperatur Keliling atau Kelembaban	12
2.6.3. Pemanasan Sendiri	12
2.6.4. Pergeseran pada Titik Nol	12
2.6.5. Gesekan-gesekan	12
2.6.6. Umur Alat itu Sendiri	13
2.6.7. Letak dari Alat Ukur	13
2.7. Yang Perlu Diperhatikan dalam Pembacaan Alat Ukur	13
2.8. Kesalahan-kesalahan dan Cara Kompensasinya	13
2.8.1. Penyesuaian Phasa	14
2.8.2. Mengatasi Putaran pada Beban Kosong	14
2.8.3. Konstanta kWh-Meter	14
2.9. Kalibrasi	15
2.9.1. Teori Kalibrasi (Peneraan)	15
2.9.2. Kalibrasi kWh-Meter dengan Metoda Pengukuran Daya dan Waktu (Power Time Measurements)	16
2.9.3. Kalibrasi kWh-Meter dengan Metoda Sub-Rotating Standard (Perbandingan Putaran)	17
2.10. kWh-Meter Prabayar	18
2.10.1. Sensor	20

2.10.2. Relay	21
2.10.3. Mikrokontroler	22
BAB 3 PENGUJIAN DAN PENGUKURAN	
3.1. Pengujian	24
3.2. Peralatan Pengujian	26
3.2.1. Voltmeter Analog	26
3.2.2. Tang Ampere	27
3.2.3. Cos ϕ Meter Analog	29
3.3. Pengkawatan kWh-Meter Prabayar	30
3.4. Prosedur Pengukuran	30
BAB 4 DATA DAN ANALISIS	
4.1. Data Beban Pengukuran	32
4.2. Hasil Pengukuran dan Perhitungan	32
4.2.1. Beban 45 Watt	32
4.3. Analisis dari Hasil Pengukuran dan Perhitungan	35
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	37
5.2. Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Bagan penyampaian listrik ke pelanggan	4
2.2. Arah aliran arus listrik	5
2.3. Diagram faktor daya	7
2.4. Prinsip pengatur fasa	14
2.5. Cara kerja kWh-Meter	19
2.6. Blok diagram sistem kWh-Meter Prabayar	20
2.7. Simbol Relay	21
3.1. kWh-Meter Prabayar	24
3.2. Voltmeter Analog	26
3.3. Tang Ampere	27
3.4. Cos ϕ Meter	29
3.5. Pengawatan kWh-Meter Prabayar	30
4.1. Grafik error pada kWh-Meter	35

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Kelas ketelitian alat ukur dan penggunaannya	11
2.2. Letak suatu alat ukur pada waktu pemakaian	13
3.1. Spesifikasi beban listrik satu phasa	24
3.2. Spesifikasi kWh-Meter Prabayar	25
3.3. Spesifikasi voltmeter	26
3.4. Spesifikasi Tang Ampere DCM2000AD	28
3.5. Spesifikasi Cos ϕ Meter	29
4.1. Data hasil pengukuran listrik dengan beban satu phasa	32
4.2. Data hasil pengukuran dan perhitungan	34
4.3. Persentase kesalahan pengukuran pada kWh-Meter Prabayar	35

BAB 1

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Teknologi semakin canggih dan perkembangan zaman pun semakin maju pesat, salah satunya di bidang elektronika dan komputer. Semakin lama peralatan-peralatan konvensional yang bekerja dengan sistem manual yang digerakan atau dijalankan oleh tangan manusia, telah berganti dengan sistem serba otomatis yang tidak perlu oleh tangan manusia lagi, tetapi dengan menggunakan peralatan elektronik tersebut.

Salah satunya peralatan elektronik, yang dengan perangkat lunak dan kecil yang di desain dan dirancang sedemikian rupa sehingga sangat mudah untuk dioperasikan atau pun memberikan informasi yang akurat. Semua peralatan elektronik atau pun peralatan konvensional sudah digeneralisir untuk kemudahan pemakaian. Hampir di setiap sudut rumah dilingkungan kita menggunakan sistem elektronik dan dipergunakan untuk kemudahan kita. Salah satu contohnya adalah hadirnya kWh-Meter Prabayar dengan sistem pengisian menggunakan pulsa seperti layaknya handphone.

kWh-Meter Prabayar merupakan cara baru dalam pelayanan penyaluran listrik sehingga dapat mengelola dan mengendalikan sendiri atas pemakaian energi listrik sesuai kebutuhan dan kemampuannya. Adapun materi yang dipelajari dalam laporan akhir mengenai pemasangan alat ukur pembatas yang merupakan instrument paling penting bagi konsumen PT. PLN (Persero) sebagai alat ukur besarnya daya listrik yang digunakan. Maka sebelum di produksi ke konsumen alat pengukur dan pembatas harus dilewati pengujian atau kalibrasi yang sesuai dengan standar PT. PLN Melihat pentingnya alat pengukur dan pembatas bagi konsumen, hal inilah yang mendorong penulis membuat tugas

akhir dengan judul **“MENGEVALUASI KETELITIAN PENERAAN kWh-METER PRABAYAR SATU PHASA”**

2. Tujuan Pembahasan

Adapun tujuan dalam pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui kemungkinan terjadinya kurang akuratan pengukuran pada kWh-Meter Prabayar satu phasa.
2. Mengetahui penyebab terjadinya kurang akuratan pengukuran pada kWh-Meter Prabayar satu phasa.

3. Batasan Masalah

Agar pembahasan yang akan dilakukan lebih terarah serta tidak menyimpang dari permasalahan yang ada sehingga mencapai kesimpulan yang tepat, maka penulisan hanya pada satu produk kWh-Meter Prabayar satu phasa saja

4. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam pembahasan masalah dan memahami isi skripsi ini secara keseluruhan, maka dalam hal ini dikemukakan sistem penulisan yang menguraikan secara singkat pokok-pokok permasalahan yang akan dibahas pada masing-masing bab. Adapun bab-bab yang dimaksud tersebut adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisi tentang latar belakang, tujuan pembahasan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini akan menjelaskan tentang semua landasan teori yang berhubungan dengan kWh-Meter Prabayar satu phasa.

BAB 3 PENGUJIAN DAN PENGUKURAN

Dalam bab ini akan dibahas tentang bahan yang digunakan, peralatan pengujian, pengkawatan dan pengukuran pada kWh-Meter Prabayar satu phasa.

BAB 4 DATA DAN ANALISIS

Dalam bab ini akan dibahas tentang data pengukuran, pengolahan data dan analisis.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

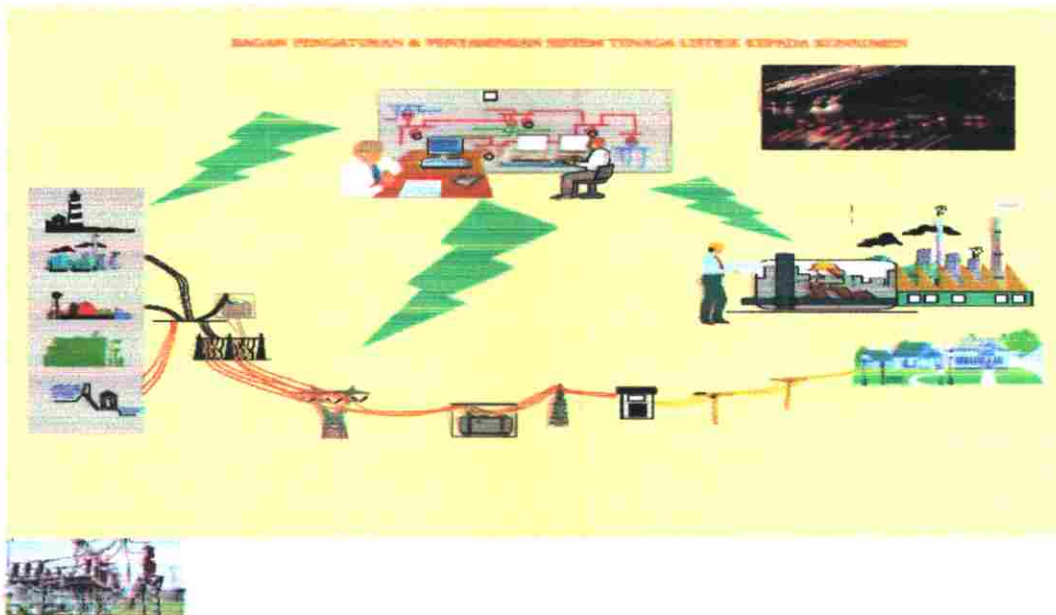
Pada bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran yang merupakan hasil dari semua pembahasan dari bab-bab sebelumnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Tenaga Listrik Satu Phasa

Sistem jaringan listrik yang terpasang di Indonesia merupakan jaringan listrik tiga phasa yang disalurkan oleh produsen listrik, dalam hal ini PLN, kekonsumen listrik yakni rumah tangga dan industri. Secara umum sistem tenaga listrik terbagi ke dalam beberapa bagian yakni pembangkitan, penyaluran (transmisi) dan beban. Berikut bagan penyampaian listrik ke pelanggan.



Gambar 2.1. Bagan penyampaian listrik ke pelanggan

Generator akan membangkitkan daya listrik yang akan disalurkan, Daya yang dibangkitkan adalah daya listrik tiga phasa. Pada sistem transmisi dibutuhkan daya yang besar, karena pada sistem transmisi ada kerugian daya yang disebabkan oleh faktor jarak. Karena itu, untuk mengurangi kerugian daya tersebut, tegangan akan dinaikkan menggunakan trafo step-up menjadi tegangan tinggi atau extra tinggi. Agar dapat digunakan oleh konsumen, sebelum didistribusikan, tegangan kembali diturunkan menjadi 380/220 V menggunakan

trafo step-down. Daya yang diterima oleh konsumen adalah daya listrik arus bolak-balik tiga fasa. Untuk industri, daya yang digunakan adalah daya listrik tiga fasa, sedangkan untuk rumah tangga daya yang digunakan adalah daya listrik satu fasa.

2.2. Daya Listrik

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya listrik biasanya dinyatakan dalam satuan Watt atau *Horsepower* (HP), *Horsepower* merupakan satuan daya listrik dimana 1 HP setara 746 Watt atau = lbf/second. Sedangkan Watt merupakan unit daya listrik dimana 1 Watt memiliki daya setara dengan daya yang dihasilkan oleh perkalian arus 1 Ampere dan tegangan 1 Volt. Daya dinyatakan dalam P, Tegangan dinyatakan dalam V dan Arus dinyatakan dalam I, sehingga besarnya daya dinyatakan :

$$P = V \times I \quad (2-1)$$

$$P = \text{Volt} \times \text{Ampere} \times \text{Cos } \phi \quad (2-2)$$

$$P = \text{Watt} \quad (2-3)$$



Gambar 2.2. Arah aliran arus listrik

2.2.1. Daya Aktif

Daya aktif (*Active Power*) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya . Satuan daya aktif adalah Watt. Misalnya energi panas, cahaya, mekanik dan lain-lain.

$$P = V \cdot I \cdot \text{Cos } \phi \text{ (Watt)} \quad (2-4)$$

2.2.2. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk *fluks* medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain-lain. Satuan daya reaktif adalah Var.

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \text{ (Var)} \quad (2-5)$$

2.2.3. Daya Semu

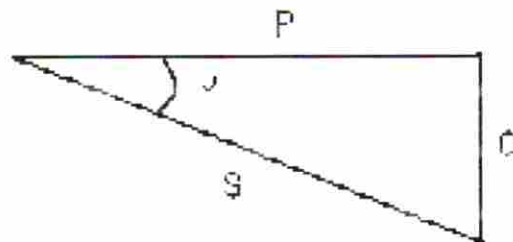
Kedua komponen P dan Q dari daya mempunyai satuan yang berbeda dan tidak boleh dijumlahkan. Namun P dan Q dapat dengan mudah disatukan dalam bentuk kuantitas vektor yang dinamakan daya kompleks S dan didefinisikan oleh $S = P + jQ$.

$$S = V \cdot I \text{ (VA)} \quad (2-6)$$

Daya semu (*Apparent Power*) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan rms dan arus rms dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya semu adalah VA.

2.2.4. Segitiga Daya

Segitiga daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan matematika antara tipe-tipe daya yang berbeda (*Apparent Power*, *Active Power* dan *Reactive Power*) berdasarkan prinsip trigonometri.



Gambar 2.3. Diagram faktor daya

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2-7)$$

$$P = S \cdot \cos \phi \quad (2-8)$$

$$Q = S \cdot \sin \phi \quad (2-9)$$

2.2.5. Faktor Daya

Faktor daya (Cos ϕ) dapat didefinisikan sebagai rasio perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya semu (VA) yang digunakan dalam sirkuit AC atau beda sudut fasa antara V dan I yang biasanya dinyatakan dalam cos ϕ .

$$\text{Faktor Daya} = \text{Daya Aktif (P)} / \text{Daya Nyata (S)} \quad (2-10)$$

$$= \text{kW} / \text{kVA} \quad (2-11)$$

$$= V.I \text{ Cos } \phi / V.I \quad (2-12)$$

$$= \text{Cos } \phi \quad (2-13)$$

Faktor daya mempunyai nilai range antara 0-1 dan dapat juga dinyatakan dalam persen. Faktor daya yang bagus apabila bernilai mendekati satu.

$$\text{Tan } \phi = \text{Daya Reaktif (Q)} / \text{Daya Aktif (P)} = \text{kVAR} / \text{kW} \quad (2-14)$$

karena komponen daya aktif umumnya konstan (komponen kVA dan kVAR berubah sesuai dengan faktor daya), maka dapat ditulis seperti berikut :

$$\text{Daya Reaktif (Q)} = \text{Daya Aktif (P)} \cdot \text{Tan } \phi \quad (2-14)$$

2.3. Jenis-jenis Alat Ukur Listrik

Ada banyak jenis-jenis alat ukur listrik, yaitu alat ukur kumparan putar, besi putar, elektrodinamis, dan elektrostatik.

2.3.1. Alat Ukur Kumparan Putar

Alat ukur kumparan putar adalah alat ukur yang bekerja atas dasar prinsip kumparan listrik yang ditempatkan dalam medan magnet yang berasal dari magnet permanen. Alat ukur jenis ini tidak terpengaruh magnet luar, karena telah memiliki medan magnet yang kuat terbuat dari logam alnico yang berbentuk U. Prinsip kerja alat ukur kumparan putar menggunakan dasar percobaan Lorentz.

2.3.2. Alat Ukur Besi Putar

Alat ukur tipe besi putar adalah alat ukur yang sederhana dan kuat dalam konstruksi. Alat ukur ini digunakan sebagai alat ukur arus dan tegangan pada frekuensi-frekuensi yang dipakai pada jaringan distribusi. Instrumen ini pada dasarnya ada dua buah bentuk yaitu tipe tarikan (*attraction*) dan tipe tolakan (*repulsion*). Cara kerja tipe tarikan tergantung pada gerakan dari sebuah besi lunak di dalam medan magnet, sedang tipe tolakan tergantung pada gaya tolak

antara dua buah lembaran besi lunak yang telah termagnetisasi oleh medan magnet yang sama.

2.3.3. Alat Ukur Elektrodinamis

Alat ukur elektrodinamis adalah sebuah alat ukur kumparan putar, medan magnet yang dihasilkan bukan dari magnet permanen, tetapi oleh kumparan tetap atau berupa kumparan diam di dalamnya. Alat ukur elektrodinamis dapat dipergunakan untuk arus bolak-balik maupun arus searah, kelemahannya alat ukur tersebut menggunakan daya yang cukup tinggi sebagai akibat langsung dari konstruksinya. Karena arus yang diukur tidak hanya arus yang mengalir melalui kumparan putar, tetapi juga menghasilkan fluksi medan. Untuk menghasilkan suatu medan magnet yang cukup kuat diperlukan gaya gerak magnet yang tinggi, dengan demikian diperlukan sumber yang mengalirkan arus dan daya yang besar pula.

2.3.4. Alat Ukur Elektrostatis

Alat ukur elektrostatis banyak dipergunakan sebagai alat ukur tegangan (voltmeter) untuk arus bolak-balik maupun arus searah, khususnya dipergunakan pada alat ukur tegangan tinggi. Pada dasarnya kerja alat ukur ini adalah gaya tarik antara muatan-muatan listrik dari dua buah pelat dengan beda tegangan yang tetap. Gaya ini akan menimbulkan momen penyimpang, bila beda tegangan ini kecil, maka gaya ini akan kecil sekali. Mekanisme dari alat ukur elektrostatis ini mirip dengan sebuah kapasitor variabel yang mana tingkah lakunya bergantung pada reaksi antara dua benda bermuatan listrik (hukum coulomb).

2.4. Kesalahan Ukur

Saat melakukan pengukuran besaran listrik tidak ada yang menghasilkan ketelitian dengan sempurna. Perlu diketahui ketelitian yang sebenarnya dan sebab terjadinya kesalahan pengukuran. Kesalahan-kesalahan dalam pengukuran dapat digolongkan menjadi beberapa jenis.

2.4.1. Kesalahan-kesalahan Umum (*gross-errors*)

Kesalahan ini kebanyakan disebabkan oleh kesalahan manusia. Diantaranya adalah kesalahan pembacaan alat ukur, penyetulan yang tidak tepat dan pemakaian instrumen yang tidak sesuai dan kesalahan penaksiran. Kesalahan ini tidak dapat dihindari, tetapi harus dicegah dan perlu diperbaiki. Ini terjadi karena keteledoran atau kebiasaan-kebiasaan yang buruk, seperti : pembacaan yang tidak teliti, pencatatan yang berbeda dari pembacaannya, penyetulan instrumen yang tidak tepat. Agar mendapatkan hasil yang optimal, maka diperlukan pembacaan lebih dari satu kali. Bisa dilakukan tiga kali, kemudian dirata-rata. Jika mungkin dengan pengamat yang berbeda.

2.4.2. Kesalahan-kesalahan Sistematis (*Systematic Errors*)

Kesalahan ini disebabkan oleh kekurangan-kekurangan pada instrumen sendiri. Seperti kerusakan atau adanya bagian-bagian yang aus dan pengaruh lingkungan terhadap peralatan atau pemakai. Kesalahan ini merupakan kesalahan yang tidak dapat dihindari dari instrumen, karena struktur mekanisnya. Contoh : gesekan beberapa komponen yang bergerak terhadap bantalan dapat menimbulkan pembacaan yang tidak tepat. Tarikan pegas (*hairspring*) yang tidak teratur, perpendekan pegas, berkurangnya tarikan karena penanganan yang tidak tepat atau pembebanan instrumen yang berlebihan. Ini semua akan mengakibatkan kesalahan-kesalahan. Selain dari beberapa hal yang sudah disinggung di atas masih ada lagi yaitu kesalahan kalibrasi yang bisa mengakibatkan pembacaan instrumen terlalu tinggi atau terlalu rendah dari yang seharusnya.

Cara yang paling tepat untuk mengetahui instrument tersebut mempunyai kesalahan atau tidak yaitu dengan membandingkan dengan instrumen lain yang memiliki karakteristik yang sama atau terhadap instrumen lain yang akurasinya lebih tinggi. Untuk menghindari kesalahan-kesalahan tersebut dengan cara :

1. Memilih instrumen yang tepat dalam pemakaian tertentu
2. Menggunakan faktor-faktor koreksi setelah mengetahui banyaknya kesalahan
3. Mengkalibrasi instrumen tersebut terhadap instrumen standar

Pada kesalahan-kesalahan yang disebabkan lingkungan, seperti : efek perubahan temperatur, kelembaban, tahanan udara luar, medan-medan maknetik, dan sebagainya dapat dihindari dengan membuat pengkondisian udara (AC), penyegelan komponen-komponen instrument tertentu dengan rapat, pemakaian pelindung maknetik dan sebagainya.

2.4.3. Kesalahan Acak Yang Tak Disengaja (*Random Errors*)

Kesalahan ini diakibatkan oleh penyebab yang tidak dapat langsung diketahui. Antara lain sebab perubahan-perubahan parameter atau sistem pengukuran terjadi secara acak. Pada pengukuran yang sudah direncanakan kesalahan - kesalahan ini biasanya hanya kecil. Tetapi untuk pekerjaan - pekerjaan yang memerlukan ketelitian tinggi akan berpengaruh. Contoh misal suatu tegangan diukur dengan voltmeter dibaca setiap jam, walaupun instrument yang digunakan sudah dikalibrasi dan kondisi lingkungan sudah diset sedemikian rupa, tetapi hasil pembacaan akan terjadi perbedaan selama periode pengamatan.

Untuk mengatasi kesalahan ini dengan menambah jumlah pembacaan dan menggunakan cara-cara statistik untuk mendapatkan hasil yang akurat. Alat ukur listrik sebelum digunakan untuk mengukur perlu diperhatikan penempatannya atau peletakannya. Ini penting karena posisi pada bagian yang bergerak yang menunjukkan besarannya akan dipengaruhi oleh titik berat bagian yang bergerak dari suatu alat ukur tersebut.

2.5. Batas Kesalahan Alat Ukur

Untuk mengetahui kebaikan kerja dari salah satu alat ukur maka kesalahan menjadi salah satu ukuran yang sangat penting. Standar IEC No 13 B-23 menspesifikasikan bahwa ketelitian-ketelitian dari alat ukur penunjuk termasuk alat ukur kumparan putar harus diberikan menurut kelompoknya dalam 8 kelas, kelas tersebut adalah :

Tabel 2.1. Kelas ketelitian alat ukur dan penggunaannya

Kelas	Kesalahan yang diizinkan % (Relatif harga maksimum)	Penggunaan	Keterangan
0.05	$\pm 0,05$	Laboratorium	Presisi
0,1	$\pm 0,1$	Laboratorium	Presisi
0,2	$\pm 0,2$	Laboratorium	Presisi
0,5	$\pm 0,5$	Industri	Menengah
1	± 1	Industri	Menengah
1,5	$\pm 1,5$	Industri	Menengah
2,5	$\pm 2,5$	Hanya untuk cek	Rendah
5	± 5	Hanya untuk cek	Rendah

Dalam pemilihan alat ukur untuk kepentingan pengukuran atau peralatan, ataupun perencanaan dalam penggunaan peralatan, maka akan memudahkan sekali bila kelompok-kelompok tersebut digolongkan dalam 4 golongan sesuai dengan pemakaiannya yang lazim digunakan.

2.5.1. Alat-alat ukur dari kelas 0,05, 0,1 dan 0,2

Alat ukur tersebut termasuk golongan alat ukur dengan ketelitian atau presisi yang tinggi dari pada alat ukur. Alat ukur tersebut biasanya ditempatkan secara stationer di dalam laboratorium atau dalam ruangan standard dan dipergunakan dalam pengukuran sub-standard pada eksperimen-eksperimen yang memerlukan presisi yang tinggi, atau pada pengujian alat ukur lainnya.

2.5.2. Alat ukur dari kelas 0,5

Alat ukur ini mempunyai ketelitian dan presisi pada tingkat berikutnya dari kelas 0,2 dan dipergunakan untuk pengukuran-pengukuran presisi. Pada umumnya alat-alat ukur yang portable termasuk dalam kelas ini.

2.5.3. Alat ukur dari kelas 1,0

Alat ukur dari kelas ini mempunyai presisi dan ketelitian pada tingkat yang lebih rendah dari alat ukur-ukur dari kelas 0,5 dan dipergunakan pada alat-alat ukur yang ditempatkan pada panel yang besar.

2.5.4. Alat-alat ukur kelas 1,5, 2,5 dan 5

Alat-alat ukur ini dipergunakan pada panel-panel, dimana presisi serta ketelitian dari pada alat ukur ini tidak begitu penting.

2.6. Sebab-sebab Kesalahan Alat Ukur Dalam Pemakaian

Setiap alat ukur yang terdapat dipasaran telah direncanakan, sehingga batas kesalahan terdapat batas-batas yang diperkenankan, sesuai dengan kelas dari pada kelas alat ukur tersebut. Akan tetapi dalam pemakaiannya banyak hal yang perlu diperhatikan seperti hal-hal berikut ini :

2.6.1. Medan Magnet Luar

Bila suatu alat ukur dipergunakan didekat penghantar yang dilalui arus besar atau di sekitar magnet yang sangat besar atau kuat maka medan magnet yang terdapat dalam celah udara pada sirkit magnet dari pada alat ukur bisa terpengaruh.

2.6.2. Temperatur Keliling atau Kelembaban

Bila keadaan temperatur keliling dan kelembaban jauh berbeda dari persyaratan yang ditentukan, maka kesalahan-kesalahan tidak dapat diabaikan. dan mungkin memerlukan koreksi-koreksi.

2.6.3. Pemanasan Sendiri

Bila saat pertama alat ukur digunakan temperatur dari komponen-komponennya akan naik, dan menyebabkan penunjukan berubah. Penunjukan ini tidak akan stabil sebelum temperatur dari komponen-komponen tersebut menjadi konstan. Hal ini akan konstan setelah beberapa saat lamanya.

2.6.4. Pergeseran Pada Titik Nol

Kedudukan jarum penunjuk alat ukur pada saat tidak ada kebesaran listrik disebut titik nol (zero). Setelah digunakan lama kemungkinan titik nol tersebut akan berubah atau bergerak yang disebabkan oleh faktor kelelahan dari pegas-pegas pengontrol. Pergeseran dari titik nol ini dapat dikoreksikan dengan pergeseran-pergeseran secara mekanis. Dengan cara-cara pengaturan titik nol dari luar (zero adjusment).

2.6.5. Gesekan-gesekan

Alat ukur yang dibuat dengan kontruksi sumbu dari bantalan, pengukuran yang berulang kali memungkinkan hasil yang berbeda, meskipun besaran yang diukur tetap. Hal ini mungkin terjadi bila gesekan antara sumbu dan bantalan besar.



2.6.6. Umur Alat Itu Sendiri

Setelah jangka waktu dari mulai alat ukur ini dibuat sampai berlaku, maka berbagai komponen dan elemen dari pada alat ukur ini mungkin berubah didalam keabaian kerjanya, dan akan menghasilkan kesalahan penunjukan dari alat ukur. Agar alat ukur ini tetap siap untuk pengukuran-pengukuran yang teliti, maka sebaiknya dilakukan kalibrasi secara berkala, dalam interval waktu antara setengah sampai setahun.

2.6.7. Letak Dari Alat Ukur

Meletakkan alat ukur harus sesuai dengan yang telah ditentukan. Kesalahan dalam meletakkan alat ukur tersebut akan menghasilkan kesalahan. Ketentuan letak penggunaan alat ukur tersebut dinyatakan pada papan skala suatu alat ukur dengan menggunakan simbol-simbol tertentu. Yang tidak ada keterangan atau simbolnya alat ukur dapat diletakkan secara bebas atau sembarang.

Tabel 2.2. Letak suatu alat ukur pada waktu pemakaian

Letak	Tanda
Tegak	
Datar	
Miring (misal dengan sudut 60°)	$<60^\circ$

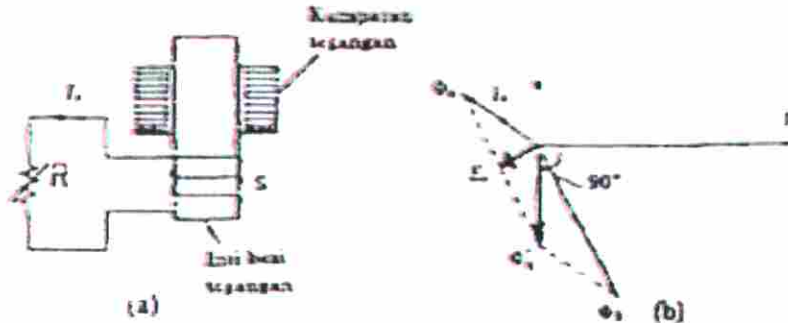
2.7. Yang perlu Diperhatikan dalam Pembacaan Alat Ukur

1. Pembacaan jarum penunjuk, register, angka-angka mudah dilakukan.
Data dicantumkan pada alat ukur tersebut.
2. Alat ukur harus terlindungi dari debu atau pengaruh dari luar.
3. Tanda dari alat ukur harus jelas, dan data-data papan nama harus lengkap.
4. Memudahkan petugas memeriksa dan membaca.
5. Sesuai dengan intruksi atau ketentuan-ketentuan yang ada.

2.8. Kesalahan-kesalahan dan Cara Kompensasinya

Adapun kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi pada kWh-Meter diantaranya adalah :

2.8.1. Penyesuaian Fasa



Gambar 2.4. Prinsip pengatur fasa

Penyesuaian fasa dimaksudkan adalah agar momen yang diberikan terhadap kepingan D dari kWh-Meter berbanding lurus dengan daya beban atau untuk mendapatkan Q_2 tertinggi (lagging) fasanya terhadap tegangan V dengan sudut 90° . Tapi dalam prakteknya tidak mungkin tepat, sebab adanya suatu kerugian-kerugian dari pada tahanan dan inti besi dari kumparan tegangan W_p .

Untuk menghindari hal tersebut diatas, maka pada kumparan tegangan (inti besinya) kita berikan beberapa lilitan dan kita hubungkan dengan suatu tahanan R, tahanan ini adalah tahanan geser.

2.8.2. Mengatasi Putaran Pada Beban Kosong

Piringan kWh-Meter D, tidak boleh berputar lebih dari satu putaran sewaktu tidak berbeban, apabila hal ini terjadi maka cara untuk mengatasi adalah sebagai berikut : Buat lubang kecil pada piringan kWh-Meter tersebut, apabila lubang kecil ini sampai pada inti kumparan tegangan (W_p) maka jalan dari pada arus putar yang terjadi pada piringan akan terganggu, mengakibatkan momen pada beban ringan akan berkurang yang mengakibatkan piringan kWh-Meter berhenti pada posisi yang tepat.

2.8.3. Konstanta kWh-Meter

Konstanta kWh-Meter adalah, suatu bilangan yang menyatakan banyaknya putaran yang dilakukan piringan kWh-Meter dalam waktu 1 jam, apabila dialiri energi listrik sebesar 1 kW.

Dengan rumus :

$$K = \frac{\text{Putaran}}{\text{kW.Jam}} \quad (2-15)$$

Dimana,

K = Konstanta kWh-Meter

Didalam pengujian sebuah kWh-Meter, rumusnya berlaku sebagai berikut :

$$\text{kW} = \frac{3600.n}{K.t} \quad (2-16)$$

Dimana,

t = Waktu dalam detik

n = Jumlah putaran piringan kWh-Meter

2.9. Kalibrasi

Setiap sistem pengukuran harus dapat dibuktikan keandalannya dalam mengukur, prosedur pembuktian ini disebut kalibrasi. kalibrasi atau peneraan bagi pemakai alat ukur sangat penting. Kalibrasi dapat mengurangi kesalahan meningkatkan ketelitian pengukuran. Langkah prosedur kalibrasi menggunakan perbandingan instrumen yang akan dikalibrasi dengan instrument standar.

2.9.1. Teori Kalibrasi (Peneraan)

Kalibrasi adalah membandingkan suatu alat ukur dengan alat lain yang sejenisnya tetapi lebih saksama atau lebih teliti dalam kondisi-kondisi tertentu. Dan alat yang lebih saksama ini merupakan standard bagi pengkalibrasian itu. Adapun guna pengkalibrasian itu adalah untuk mengetahui apakah alat tersebut masih bekerja dengan baik, apakah pencacatan atau penunjukan standardnya masih dalam batas-batas yang di izinkan.

Kalibrasi sangat penting dilaksanakan mengingat alat ini merupakan indikasi besarnya energi listrik yang digunakan sehingga transaksi jual beli energi listrik dapat berjalan dengan wajar. Bila suatu kWh-Meter mempunyai kesalahan yang lebih besar kearah negatif berarti arah penunjukan dan pencatatan kWh-Meter tersebut lebih kecil dari yang sebenarnya, ini berarti merugikan pihak penjual energi listrik tersebut (PLN). Tetapi bila suatu kWh mempunyai kesalahan yang lebih besar kearah positif maka pencatatan atau penunjukan kWh-Meter atau lebih besar dari pada energi listrik yang sebenarnya dipakai, ini berarti

merugikan pihak pembeli energi listrik tersebut disinilah perlu diadakan peneraan terhadap kWh-Meter tersebut. Untuk mengkalibrasi atau menera kWh-Meter dapat dilaksanakan dengan beberapa metoda pengukuran antara metoda pengukuran daya dan waktu, metoda sub-rotating standard (perbandingan putaran) dan metoda perbandingan energi.

2.9.2. Kalibrasi kWh-Meter Dengan Metoda Pengukuran Daya dan Waktu (*Power Time Measurements*)

Prinsip metoda pengukuran daya dan waktu ini adalah mengukur besaran yang diintegrasikan terhadap waktu, dimana alat yang dipergunakan untuk keperluan ini adalah pengukuran daya dan alat pengukur waktu stopwatch untuk mengetahui besarnya waktu t yang diperlukan untuk sejumlah perputaran piringan kWh-Meter yang dikalibrasi. Bila daya yang melalui kWh-Meter dalam interval waktu t_1 - t_2 tersebut adalah konstan dan besarnya diketahui, maka energi listrik yang melalui kWh-Meter dapat diketahui dengan mengalikan besarnya daya yang melalui kWh-Meter dengan jumlah waktu yang diamati bila mendapat perbedaan jumlah energi antara hasil yang diperoleh melalui perhitungan dengan hasil yang diperoleh dari penunjukan meter, maka perbedaan tersebut merupakan kesalahan penunjukan kWh-Meter yang dikalibrasi. Kalibrasi berdasarkan metoda pengukuran daya dan waktu ini mendeteksi penyimpangan kWh-Meter yang dikalibrasi dengan cara pengukuran waktu yang dibutuhkan oleh piringan kWh-Meter yang dikalibrasikan untuk sejumlah perputaran tertentu. Dimana jumlah perputaran ditentukan dengan perhitungan yang menggunakan hubungan sebagai berikut :

$$P_{\text{kWh}} = \frac{N \cdot 3600 \cdot 1000 \cdot \text{Faktor kali}}{t \cdot K} \quad (2-17)$$

Dimana,

P = Daya kWh-Meter (watt)

N = Jumlah putaran piringan kWh-Meter (put)

K = Konstanta kWh-Meter (put/kwh)

t = Waktu dalam detik

Besar kesalahan dirumuskan dibawah ini :

$$S = \frac{P_{kWH} - P_{real}}{P_{real}} \cdot 100 \% \quad (2-18)$$

Dimana :

S = Kesalahan kWh dalam persen

Jumlah perputaran tidak boleh terlalu sedikit, hal ini berdasarkan pada pertimbangan sebagai berikut :

1. Terdapatnya ketelitian alat pengukuran waktu stopwatch. Semakin sedikitnya jumlah perputaran yang ditentukan, maka waktu pengamatan yang dihasilkan makin sedikit pula.
2. Kemudian terjadinya kelambatan reaksi dari pengamatan dalam pengoperasian start-stop alat pengukur stopwatch. Untuk jumlah perputaran yang sedikit. Kesalahan yang berasal dari kelambatan reaksi pengamat semakin berarti dan tidak dapat diabaikan.

Persamaan diatas merupakan rumus kesalahan yang dipergunakan dalam kalibrasi kWh-Meter. Pada proses kalibrasi yang dilakukan dengan metoda ini diharapkan agar diperoleh hasil yang penunjukannya penelitian kWh-Meter bebas dari kesalahan.

2.9.3. Kalibrasi kWh-Meter Dengan Metoda Sub-Rotating Standard (Perbandingan Putaran)

Secara prinsip metode sub-rotating standard ini termasuk metode perbandingan. Dimana perputaran kWh-Meter yang di kalibrasi dibandingkan terhadap perputaran suatu kWh-Meter standar, dalam pelaksanaannya kWh-Meter standar dipergunakan berupa suatu alat presisi yang menyatakan perputaran piringan kWh-Meter yang dianggap sebagai referensi. kWh-Meter standar yang dipergunakan harus memiliki ketelitian yang lebih tinggi dari pada kWh-Meter yang dikalibrasi. Dengan pembebanan yang sama besarnya dengan pembebanan yang diberikan pada kWh-Meter yang dikalibrasi. Maka kWh-Meter standar tersebut akan menunjukkan jumlah perputaran yang sesuai dengan jumlah perputaran kWh-Meter yang dikalibrasi. Bila jumlah perputaran yang ditunjukkan oleh kWh-Meter standar sesuai atau terdapat penyimpangan tetapi masih dalam

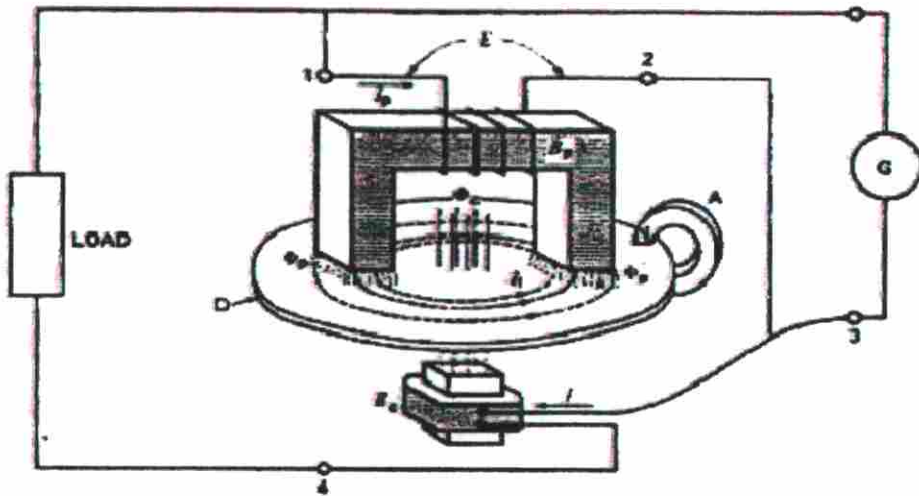
batas yang diperkenankan terhadap jumlah perputaran yang telah ditentukan, maka berarti kWh-Meter yang dikalibrasi itu memenuhi syarat. Kalibrasi dengan metode ini sangat membutuhkan kecepatan reaksi dari pengamat dalam memutuskan pembebanan sangat menentukan ketelitian hasil kalibrasi. Pemutusan pembebanan dilakukan tepat ketika kWh-Meter yang dikalibrasi telah melakukan sejumlah perputaran yang dipilih, demikian juga ketelitian pengamat.

Dalam menghitung jumlah perputaran kWh-Meter standar menentukan hasil kalibrasi. Faktor-faktor ini merupakan dasar pertimbangan dalam menentukan jumlah perputaran yang sesuai, guna menghasilkan pengukuran dengan ketelitian yang memenuhi syarat. Prosedur untuk menentukan jumlah perputaran berdasarkan metoda sub-rotating standar ini analog dengan prosedur berdasarkan metoda pengukuran daya dan waktu. Bila kWh atau Kvarh Meter yang dikalibrasi mempunyai ketelitian yang sama dengan kWh atau Kvarh standard.

2.10. kWh-Meter Prabayar

Pemakaian energi listrik di industri maupun rumah tangga menggunakan satuan kilowatt-hour (kWh), dimana 1 kWh sama dengan 3.6 MJ. Karena itulah alat yang digunakan untuk mengukur energi pada industri dan rumah tangga dikenal dengan watt-hourmeters. Besar tagihan listrik biasanya berdasarkan pada angka angka yang tertera pada kWh-Meter setiap bulannya untuk saat ini. kWh - Meter induksi adalah satu-satunya tipe yang digunakan pada perhitungan daya listrik rumah tangga.

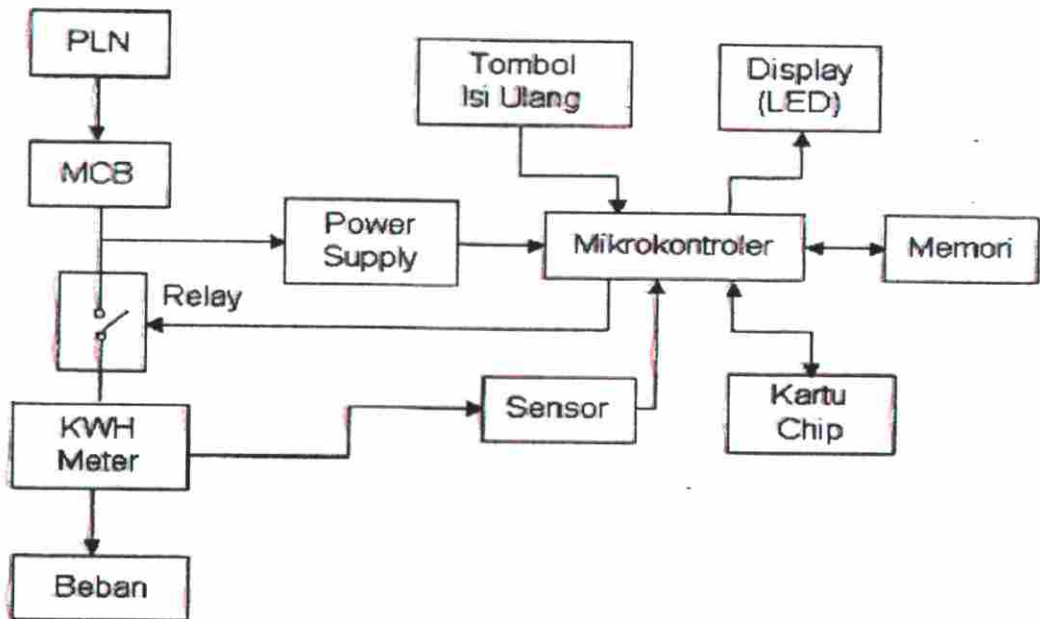
Bagian-bagian utama dari sebuah kWh-Meter adalah kumparan tegangan, kumparan arus, sebuah piringan aluminium, sebuah magnet tetap, dan sebuah gir mekanik yang mencatat banyaknya putaran piringan. Jika meter dihubungkan ke daya satu phasa" maka piringan mendapat torsi yang membuatnya berputar seperti motor dengan tingkat kepresisian yang tinggi. Semakin besar daya yang terpakai, mengakibatkan kecepatan piringan semakin besar; demikian pula sebaliknya.



Gambar 2.5. Cara kerja kWh-Meter

Pada piringan kWh-Meter terdapat suatu garis penanda (biasanya berwarna hitam atau merah). Garis ini berfungsi sebagai indikator putaran piringan. Untuk 1 kWh biasanya setara dengan 900 putaran (ada juga 450 putaran tiap kWh). Saat beban banyak memakai daya listrik, maka putaran piringan kWh ini akan semakin cepat. Hal ini tampak dari cepatnya garis penanda ini melintas. Sensor infrared dan photodiode dipakai untuk mendeteksi lewatnya garis penanda ini, sehingga mikrokontroler dapat menghitung jumlah putaran piringan kWh-Meter.

Sistem Prabayar ini tetap mempergunakan kWh-Meter yang sudah ada dengan sedikit modifikasi untuk memasang sensor dan unit sistem. Hal ini bertujuan untuk lebih mendayagunakan peralatan kWh-Meter yang sudah ada. Blok diagram sistem dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Blok diagram sistem kWh-Meter Prabayar

2.10.1. Sensor

Sensor infrared dan photodiode dipasang pada kWh-Meter sedemikian rupa sehingga dapat mendeteksi garis penanda pada piringan kWh-Meter. Output sensor ini dihubungkan ke mikrokontroler, supaya mikrokontroler AT89C2051 dapat menghitung jumlah putaran piringan kWh-Meter. 'Kartu Chip' dan memory yang berupa serial EEPROM dipakai untuk menyimpan informasi jumlah putaran piringan kWh-Meter yang masih diperbolehkan. Pada sistem juga dipasang LED sebagai display indikator dan tombol untuk proses isi ulang.

Sensor digunakan sebagai sarana untuk menghitung jumlah perputaran kWh-Meter. Jika sensor mengenai warna perak pada piringan yang berarti ada pemantulan cahaya ke penerima, maka arus akan mengalir. Hal ini akan menyebabkan transistor saturasi sehingga timbul logika '1' pada output sensor. Dan sebaliknya, jika sensor mengenai warna hitam pada piringan yang berarti penerima tidak mendapat cahaya, maka arus tidak akan mengalir, yang mengakibatkan timbulnya logika '0' pada output sensor.

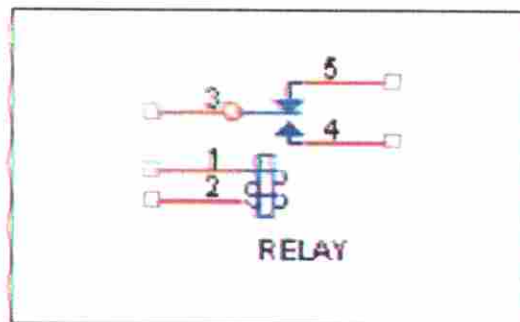
2.10.2. Relay

Relay merupakan bentuk hambatan terdiri atas titik-titik kontak bawah dengan gulungan spoolnya tidak bergerak dan titik kontak bagian atas yang bergerak. Prinsip kerja hambatan adalah menghubungkan titik-titik kontak bagian bawah dengan titik bagian atas yaitu terletak gulungan spool dialiri arus listrik yang timbul elektromagnet.

Titik kontak dibagi menjadi 2 bagian yaitu bagian kontak utama dan bagian kontak bantu, yaitu :

1. Bagian kontak utama berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan arus listrik bagian yang menuju beban/pemakai.
2. Bagian kontak bantu berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan arus listrik ke bagian yang menuju bagian pengendali.

Kontak Bantu mempunyai 2 kontak yaitu kontak hubung (NC) dan kontak putus (NO) yang menandakan masing-masing kontak dan gulungan spool.



Gambar 2.7. Simbol Relay

Relay merupakan sebuah saklar magnet yang dapat memutuskan dan menutup sirkuit dari jarak jauh. Adapun menurut jenisnya, Relay dibagi menjadi 2, yaitu :

1. Relay yang bekerja dari arus bolak-balik.
2. Relay yang bekerja dari arus rata-rata.

Relay sangat berguna dalam kinerja diskrit pada industri. Dengan prinsip elektromagnetik, coil relay akan menjadi magnet bila dikenai polaritas kerja pada kutub-kutubnya. Gaya magnet akan menarik kontak relay dan memberikan fungsi normal open dan normal close. Relay sangat luas penggunaannya khususnya dalam mengoutputkan sinyal diskrit.

3.10.3. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Cara kerja utama mikrokontroler yaitu membaca dan menulis data. Contoh, bayangkan diri Anda saat mulai belajar membaca dan menulis. Ketika Anda sudah bisa melakukan hal itu, Anda bisa membaca tulisan apapun, baik membaca buku, membaca cerpen, membaca artikel dan sebagainya serta Anda bisa menulis apapun yang anda inginkan. Apabila Anda sudah mahi membaca dan menulis data, maka Anda dapat membuat suatu program yang berfungsi sebagai sistem pengaturan otomatis menggunakan mikrokontroler sesuai dengan keinginan Anda. Mikrokontroler merupakan komputer di dalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut "pengendali kecil" dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi atau diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini.

Dengan penggunaan mikrokontroler ini maka :

1. Sistem elektronik akan menjadi lebih ringkas.
2. Rancang bangun sistem elektronik akan lebih cepat karena sebagian besar dari sistem adalah perangkat lunak yang mudah dimodifikasi.
3. Pencarian gangguan lebih mudah ditelusuri karena sistemnya yang kompak.

Namun demikian tidak sepenuhnya mikrokontroler bisa mereduksi komponen IC TTL dan CMOS yang seringkali masih diperlukan untuk aplikasi kecepatan tinggi atau sekedar menambah jumlah saluran masukan dan keluaran (I/O). Dengan kata lain, mikrokontroler adalah versi mini atau mikro dari sebuah komputer karena mikrokontroler sudah mengandung beberapa periferal yang langsung bisa dimanfaatkan, misalnya port paralel, port serial, komparator, konversi digital ke analog (DAC), konversi analog ke digital dan sebagainya hanya menggunakan sistem minimum yang tidak rumit atau kompleks.

Pada saat awal di mana unit yang tersimpan di memory masih nol, mikrokontroler AT89C2051 menunggu adanya penekanan tombol isi ulang. Bila tombol tersebut ditekan, maka unit yang ada di '*Kartu Chip*' dipindahkan ke memory (sekaligus meng-nol-kan kartu) dan relay-pun diaktifkan. Sistem siap untuk mendeteksi jumlah putaran piringan kWh-Meter. Untuk sejumlah putaran tertentu maka unit yang ada di memory akan dikurangi satu unit, hingga habis. Isi dari memory ini dapat ditambah dengan melakukan proses isi ulang. Kondisi unit nominal yang masih ada dapat dilihat melalui LED indikator. Jika unit nominal pada memory telah habis, maka mikrokontroler akan mematikan relay sehingga aliran listrik terputus. Relay akan aktif kembali jika memory tersebut telah diisi ulang.

BAB 3

PENGUJIAN DAN PENGUKURAN

3.1. Pengujian

Dalam tugas akhir ini, pengujian dilakukan disalah satu rumah penduduk dengan pengukuran pada kWh-Meter Prabayar satu fasa tipe Star DDSY23S 2S-2R dengan lima beban uji yang berbeda.

Tabel 3.1. Spesifikasi beban listrik satu fasa

Beban	Tegangan	Cos ϕ	Frekuensi	Jumlah	Daya
Lampu	220	0,8	50 Hz	1 Buah	45 Watt
TV	110-220	0,8	50-60 Hz	1 Buah	79 Watt
Pemanas Air	220	0,8	50 Hz	1 Buah	125 Watt
Kulkas	220	0,8	50 Hz	1 Buah	170 Watt
Setrika	220-240	0,8	50-60 Hz	1 Buah	300 Watt

kWh-Meter Prabayar



Gambar 3.1. kWh-Meter Prabayar

kWH-Meter Prabayar tipe DDSY23S buatan Shanzhen Star Instrument (China) ini lumayan bagus penampilannya, fasilitas visual yang adapun juga cukup lengkap mulai dari indikator sisa daya listrik, indikator kondisi abnormal, Tegangan Phasa (V), Arus Phasa (A), dan terdapat alarm yang berbunyi keras apabila terdapat masalah, Spesifikasi dari kWH-Meter Prabayar terlihat pada tabel 3.2. dibawah ini.

Tabel 3.2. Spesifikasi kWH-Meter Prabayar

Spesifikasi DDSY23S	
Tipe Meter	kWH-Meter Statis Prabayar
Indek Kelas Meter	Kelas 1
Akurasi Tipikal	$\pm 1 \%$
Jumlah Fase dan Kawat	Fase tunggal 2 Kawat
Referensi Pengujian	SPLN D3.009-1:2011
Tegangan Acuan	230 V
Arus Dasar & Maksimal	5 (60) A
Frekuensi Acuan	50 Hz
Tegangan Kerja	0,7Un-1,3Un
Konstanta Meter	1600 imp/kWH
Temperatur Kerja	-25 s/d 70° C
Kelembaban	< 95 %
Tipe Display	LCD
Kelas Proteksi	IP54
Berat Meter	800 Gram
Jangkauan Arus Terukur	10 mA-60 A
Antri-Tampering	Complete
Double Relay	220 VAC / 60 A

3.2. Peralatan Pengujian

3.2.1. Voltmeter Analog



Gambar 3.2. Voltmeter Analog

Voltmeter analog yang digunakan untuk mengukur tegangan listrik 1 fasa dan 3 fasa adalah menggunakan multimeter. Multimeter yang difungsikan sebagai voltmeter ini dipasang parallel dengan beban, sehingga tegangan dapat terbaca pada jarum penunjukkan voltmeter ini. Spesifikasi Voltmeter Merek Sunwa dapat dilihat pada tabel 3.3. dibawah ini,

Tabel 3.3. Spesifikasi voltmeter

	Range	Resolution	Accuracy
Tegangan DC	200mV	100 μ V	$\pm 0,5 \% + 2$
	2V	1mV	
	20V	10mV	
	200V	100mV	
	1000V	1V	$\pm 0,8 \% + 2$
	Range	Resolution	Accuracy
Tegangan AC	200mV	100 μ V	$\pm 0,8 \% + 3$
	2V	1mV	
	20V	10mV	
	200V	100mV	
	700V	1V	$\pm 1,2 \% + 3$

Arus DC	Range	Resolution	Accuracy
	2mA	1 μ A	
	20mA	10 μ A	$\pm 1,2\% + 2$
	200mA	100 μ A	$\pm 1,4\% + 2$
	20A	10mA	$\pm 2,0\% + 2$
Arus AC	Range	Resolution	Accuracy
	2mA	1 μ A	
	20mA	10 μ A	$\pm 1,2\% + 3$
	200mA	100 μ A	$\pm 1,8\% + 4$
	20A	10mA	$\pm 3,0\% + 7$
Resitansi	Range	Resolution	Accuracy
	200 Ω	0.1 Ω	$\pm 1,0\% + 2$
	2K Ω	1 Ω	$\pm 0,8\% + 2$
	20K Ω	10 Ω	
	200K Ω	100 Ω	
	2M Ω	1K Ω	
	20M Ω	10K Ω	$\pm 1,2\% + 2$
	200M Ω	100K Ω	$\pm 5,0\% + 10$
Kapasitansi	Range	Resolution	Accuracy
	2nF	1pF	
	20nF	10pF	
	200nF	100pF	$\pm 4,0\% + 5$
	2 μ F	1nF	
	200 μ F	100nF	

3.2.2. Tang Ampere



Gambar 3.3. Tang Ampere

Tang Ampere atau dikenal juga dengan Clamp Meter atau Ampere Meter adalah alat untuk mengukur arus listrik tanpa memutus jalur arus tersebut. Sebuah tang ampere atau clamp meter terdapat fungsi lain selain untuk ukur arus listrik adalah untuk ukur voltase atau ukur nilai tahanan.

Untuk mengukur besarnya arus listrik ada berbagai macam alat yang digunakan, tapi alat yang paling mudah untuk digunakan yaitu menggunakan tang ampere karena kita tidak perlu melakukan pengkabelan dan fleksibel bisa di gunakan dimana saja. Spesifikasi dari Tang Ampere ini terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.4. Spesifikasi Tang Ampere DCM2000AD

DCM2000AD	Measuring range	Best Accuracy	Resolution
Arus AC	40/400/2000 A	$\pm (1,5 \% + 8)$	0,01 A
Arus DC	40/400/2000 A	$\pm (1,5 \% + 8)$	0,01 A
Tegangan AC	400 m/4/40/400/600 V	$\pm (1,2 \% + 8)$	0,1 mV
Tegangan DC	400 m/4/40/400/600 V	$\pm (1,2 \% + 8)$	0,1 mV
Resistansi	400/4k/40k/400k/4000k/40M Ω	$\pm (1,5 \% + 8)$	0,1 Ω
Frekuensi	100/1k/10k/100k/1000kHz	$\pm (1,5 \% + 8)$	0,1 Hz
Continuity	Buzzer sounds at less than approx. 40 Ω . Open voltage : approx. 1,5 V		
Bandwidth	: 50/60 Hz		
Dysplay	: 4000		
Clamp Diameter (conductor size)	: 53 mm (20x60mm)		
Withstand Voltage	: 5550 VAC		
Battery	: R03x2		
Size (mm)	: 110x80x50 (W x H x D) / approx. 400g		
Standard accessories included	: Test lead (1x-2in), Clamping nut (1x), DCM2000A Instructive manual		

3.2.3. Cos ϕ Meter Analog



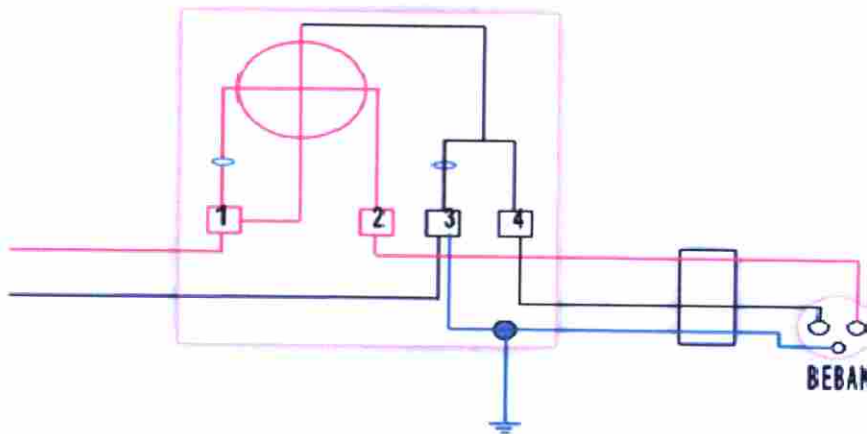
Gambar 3.4. Cos ϕ Meter

Cos ϕ meter ini digunakan untuk mengukur faktor daya listrik, sehingga daya reaktif dan daya semu juga dapat di cari. Cos ϕ meter ini hanya mampu mengukur pada kisaran tegangan maksimum 380 dan arus 5 A.

Tabel 3.5. Spesifikasi Cos ϕ Meter

Rentang Ukuran	0,5 cap. 1. 0,5 ind
Tegangan	100, 110 atau 380 V \pm 20 %
Arus	5 A
Frekuensi	50 Hz
Kelas Akurasi	1.5
Pilihan untuk CT	3 x 100V; 5A
	3 x 110V; 5A
	3 x 380V; 5A

3.3. Pengkawatan kWh-Meter Prabayar



Gambar 3.5. Pengkawatan kWh-Meter Prabayar

Pengkawatan kWh-Meter Prabayar dimulai dari memasang kabel SR (Sambungan Rumah) yaitu memasang Kabel Fasa masuk ke terminal 1 & kabel Netral masuk ke terminal 3, Output dari terminal 2 masuk ke MCB lalu ke Fasa beban & Output dari terminal 4 langsung ke Netral beban, Grounding di satukan dengan Netral dari PLN yaitu di terminal 3. Setelah selesai memasang kabel SR, menutup cover terminal sampai menekan tamper switch. dan menutup cover MCB dengan memastikan masih menekan tamper switch.

3.4. Prosedur Pengukuran

Sebelum kalibrasi (peneraan) kWh-Meter dilaksanakan terlebih dahulu diadakan persiapan-persiapan sebagai berikut :

1. kWh-Meter yang dikalibrasi terlebih dahulu diperiksa keadaan mekanisnya.
2. Pemeriksaan terhadap alat-alat ukur pembantu yang digunakan guna menghindari kesalahan yang diakibatkan oleh alat ukur tersebut, antara lain voltmeter, ampermeter, stopwatch, dan wattmeter.
3. Mencatat data teknis kWh-Meter yang dikalibrasi misalnya :
 1. Merek kWh-Meter
 2. Sistem pengawatannya
 3. Tegangan acuan
 4. Besar arus

5. Frekuensi
 6. Konstanta kWh-Meter
 7. Kelas ketelitian
 8. Nomor registrasi
4. Memasang rangkaian antara kWh-Meter yang dikalibrasi dengan alat-alat ukur yang lainnya.

Setelah semua peralatan-peralatan diatas dilakukan, maka terhadap kWh-Meter yang akan dikalibrasikan diadakan sebagai berikut seperti pemanasan awal, keseimbangan kopel untuk kWh-Meter, pengujian kesalahan ukur, pemeriksaan kopel tahanan dan pengujian arus mula.

5. Lakukan pengukuran sebagai berikut :

1. Mengukur arus dengan menggunakan tang ampere kemudian catat hasilnya.
2. Setelah itu mengukur tegangan dengan menggunakan voltmeter kemudian catat hasilnya.
3. Ukur juga faktor daya menggunakan alat ukur $\cos \phi$ meter analog dan kemudian catat hasilnya.
4. Menghitung putaran atau impuls pada kWh-Meter dan menghitung waktu (detik) dengan menggunakan stopwatch kemudian catat hasilnya.
5. Mengulangi perhitungan putaran (impuls) dan waktu sebanyak 2 kali kemudian diambil rata-rata agar hasil pengukuran sesuai dengan waktu pada putaran (impuls) tersebut.
6. Baca dan catat hasil pengukuran pada table.
7. Setelah selesai melakukan pengukuran, kemudian melakukan pengukuran kembali dengan beban yang berbeda dan mengikuti langkah 5.
8. Setelah semua pengukuran sudah dilakukan, menghitung dan menganalisa data tersebut.
9. Membandingkan hasil pengukuran dengan indeks kelas meter kWh-Meter tersebut.

BAB 4

DATA DAN ANALISIS

4.1. Data Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran daya listrik dengan menggunakan alat ukur kWh-Meter Prabayar dapat ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1. Data hasil pengukuran listrik dengan beban satu phasa

Daya	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Cos ϕ	Konstanta (imp/kwh)	Banyak putaran	Waktu (detik)
45 Watt	218,45	0,25	0,84	1600	15	731,1
79 Watt	218,81	0,46	0,801	1600	15	413,54
125 Watt	215,73	0,72	0,81	1600	17	303,91
170 Watt	219,6	1,04	0,792	1600	21	259,45
300 Watt	219,15	1,66	0,82	1600	32	238,73

4.2. Hasil Pengukuran Dan Perhitungan

4.2.1. Beban 45 Watt

Diketahui pengukuran pada alat ukur kWh-Meter Prabayar :

V	= 218,45 Volt
I	= 0,25 Ampere
Cos ϕ	= 0,84
Konstanta	= 1600 imp/kWh
Faktor kali	= 1
Putaran	= 15 putaran (impuls)
Waktu	= 731,1 detik

Jadi secara Perhitungan adalah :

$$\begin{aligned} P \text{ real} &= V \cdot I \cdot \text{Cos } \phi \\ &= 218,45 \cdot 0,25 \cdot 0,84 \\ &= 45,87 \end{aligned}$$

Kesalahan pengukuran adalah :

$$\begin{aligned}P_{\text{kWH-Meter}} &= \frac{\text{Putaran} \cdot 3600 \cdot 1000 \cdot \text{Faktor kali}}{t \cdot \text{Konstanta}} \\&= \frac{15 \cdot 3600 \cdot 1000 \cdot 1}{731,1 \cdot 1600} \\&= \frac{54000000}{1169760} \\&= 46,16\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Error}_{\text{kWH-Meter}} &= \frac{P_{\text{kWH-Preal}}}{\text{Preal}} \cdot 100 \% \\&= \frac{46,16 - 45,87}{45,87} \cdot 100 \% \\&= 0,63 \%\end{aligned}$$

Diketahui data beban listrik satu phasa 45 watt adalah :

$$\begin{aligned}\text{Daya (P)} &= 45 \text{ watt} \\ \text{Tegangan (V)} &= 220 \text{ Volt} \\ \text{Frekuensi} &= 50 \text{ Hz} \\ \text{Cos } \phi &= 0,8\end{aligned}$$

Jadi P, Q, S secara perhitungan adalah :

$$\begin{aligned}P &= V \cdot I \cdot \text{Cos } \phi \\ I &= \frac{45}{220 \cdot 0,8} \\ &= \frac{45}{176} \\ &= 0,25 \text{ A}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S &= V \cdot I \\ &= 220 \times 0,25 \\ &= 55 \text{ VA}\end{aligned}$$

$$\text{Arc Cos } \phi = \text{arc } 0,8 = 40,96^\circ$$

$$\begin{aligned} Q &= V \cdot I \cdot \text{Sin } \phi \\ &= 220 \times 0,25 \times \text{Sin } 40,96^\circ \\ &= 32,99 \text{ Var} \end{aligned}$$

Tabel 4.2. Data hasil pengukuran dan perhitungan

Beban	Metode	V	I	Cos ϕ	Daya		
					S	P	Q
					(VA)	(Watt)	(Var)
45 Watt	Pengukuran	218,45	0,25	0,84	54,61	45,87	29,49
	Perhitungan	220	0,25	0,8	55	45	32,99
	Selisih	-1,55	0	0,04	-0,39	0,87	-3,5
79 Watt	Metode	V	I	Cos ϕ	Daya		
					S	P	Q
					(VA)	(Watt)	(Var)
	Pengukuran	218,81	0,46	0,801	100,7	80,62	59,35
	Perhitungan	220	0,44	0,8	96,8	79	58,08
	Selisih	-1,19	0,02	0,001	3,85	1,62	1,27
125 Watt	Metode	V	I	Cos ϕ	Daya		
					S	P	Q
					(VA)	(Watt)	(Var)
	Pengukuran	215,73	0,72	0,81	155,3	125,81	90,38
	Perhitungan	220	0,71	0,8	156,2	125	93,72
	Selisih	-4,27	0,01	0,01	-0,88	0,81	-3,34
170 Watt	Metode	V	I	Cos ϕ	Daya		
					S	P	Q
					(VA)	(Watt)	(Var)
	Pengukuran	219,6	1,04	0,792	228,4	180,88	139,3
	Perhitungan	220	0,96	0,8	211,2	170	126,7
	Selisih	-0,4	0,08	-0,01	17,18	10,88	12,59

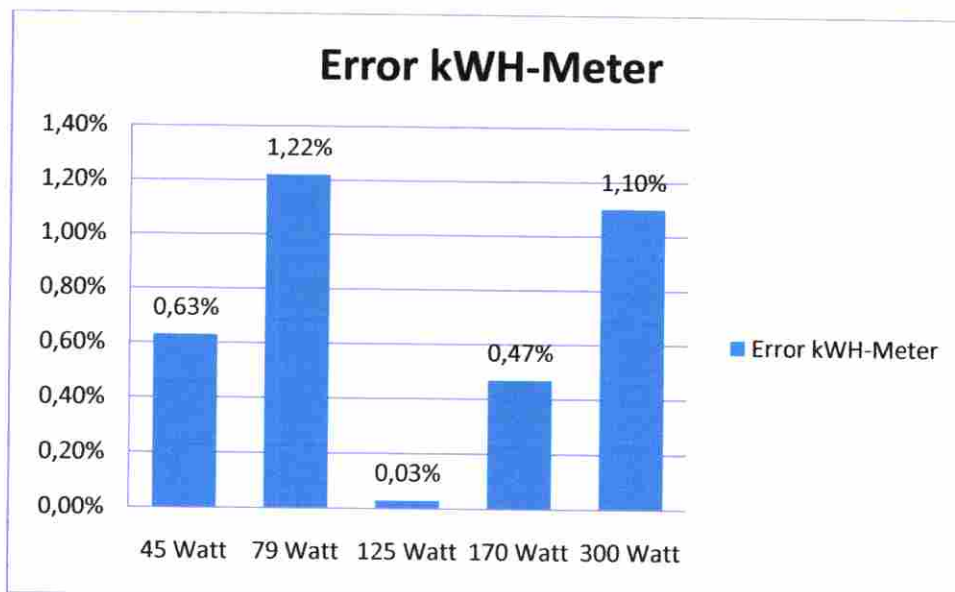
300 Watt	Metode	V	I	Cos φ	Daya		
					S	P	Q
					(VA)	(Watt)	(Var)
Pengukuran	219,15	1,66	0,82	363,8	298,3	207,4	
Perhitungan	220	1,7	0,8	374	300	224,4	
Selisih	-0,85	-0,04	0,02	-10,22	-1,7	-17,05	

Tabel 4.3. Persentase kesalahan pengukuran pada kWh-Meter Prabayar

Beban	P real	P kWh-Meter	Error kWh-Meter
45 Watt	45,87	46,16	0,63%
79 Watt	80,62	81,61	1,22%
125 Watt	125,85	125,81	0,03%
170 Watt	180,88	181,74	0,47%
300 Watt	298,3	301,59	1,10%

4.3. Analisis Dari Hasil Pengukuran Dan Perhitungan

Dari tabel 4.2. hasil perhitungan dan pengukuran listrik satu fasa diperoleh error pada kWh-Meter seperti grafik berikut :



Gambar 4.1. Grafik error pada kWh-Meter

Error-error tersebut masih dalam batas yang sesuai dengan standar indeks kelas meter pada kWh-Meter Prabayar yang diukur yaitu kelas 1 sebagai mana tercantum pada tabel 2.1. halaman 11.

Terjadi selisih antara perhitungan dan pengukuran tersebut menandakan bahwa adanya pengaruh dari ketelitian pengukuran pada kWh-Meter Prabayar dan juga bisa berpengaruh dari beban itu sendiri. Penyebab utama yang sering dilakukan dalam kesalahan pengukuran pada kWh-Meter adalah pembacaan yang tidak teliti, pencatatan yang berbeda dari pembacaannya, dan penyetelan instrumen yang tidak tepat. Namun dari hasil analisa kesalahan pengukuran kWh-Meter Prabayar, ketelitian pengukuran masih dalam batas yang sesuai dengan standar indeks kelas meter dan batas-batas kesalahan pengukuran pada kWh-Meter Prabayar tersebut.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Setelah melakukan pengukuran dan perhitungan pada kWh-Meter Prabayar diperoleh persentase kesalahan pengukuran pada kWh-Meter tersebut, dari semua kesalahan-kesalahan itu masih dalam batas yang sesuai dengan standar indeks kelas meter pada kWh-Meter Prabayar yang diukur yaitu kelas 1 sebagai mana tercantum pada tabel 2.1. halaman 11.
3. Untuk percobaan ini kesalahan yang terkecil pada beban 125 watt yaitu 0,03% dan kesalahan yang terbesar pada pembebanan 79 watt yaitu 1,22%, begitu pula dengan tingkat kesalahan kWh-Meter tidak tergantung dari besar kecilnya beban.

5.2. Saran

1. Pada penyetelan instrumen yang tidak tepat, pembacaan yang tidak teliti, dan pencatatan yang berbeda dari pembacaannya kebanyakan disebabkan oleh kesalahan manusia, kesalahan ini tidak dapat dihindari tetapi harus dicegah dan perlu diperbaiki. Ini terjadi karena keteledoran atau kebiasaan-kebiasaan yang buruk. Agar mendapatkan hasil yang optimal maka penyetelan, pembacaan dan pencatatan dilakukan lebih dari satu kali.
2. Alat ukur seperti Voltmeter, Tang Ampere, Cos ϕ dan Stopwatch untuk mengukur kWh-Meter Prabayar harus lebih presisi dari kWh-Meter tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

PT.PLN (Persero) Pengoperasian Distribusi dan APP [Buku]. - Indonesia : Keputusan Pemimpin jasa Pendidikan dan Pelatihan.

Buku Panduaan Penggunaan kWh-Meter Prabayar [Buku]. - Indonesia : PT. PLN (Persero), 2011.

Lauw Lim Un Tung Henny Oltavia Electrical Engineering Dep PETRA Christian University [Jurnal] // KWH METER DENGAN SISTEM PRABAYAR. - 2002. - hal. Surabaya.

Muhammad Ramdhani Rangkaian Listrik [Buku]. - Bandung : Erlangga, 2008.

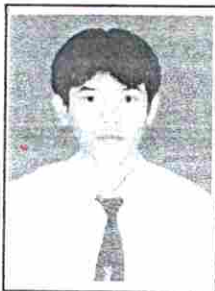
Sapiie dan Kawan kawan Pengukuran dan Alat-alat Ukur Listrik [Buku]. - Jakarta : PT. Pradnya Paramita, 2005.

Smartmeter PT. www.smartmeterindo.com [Online].

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
FAKULTAS TEKNIK, JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Jln. A.Yani 31 Ulu Palembang

KARTU BIMBININGAN TUGAS AKHIR



Nama : Wanfahri
 NRP : 13 2009 084
 Pembimbing I : Wiwin A. Oktaviani, ST.M.sc
 Pembimbing II : Ir. Dedy Hermanto, MT
 Judul Tugas Akhir : Mengevaluasi Ketelitian Peneraan kWh-Meter Prabayar Satu Phasa

No	Tgl/Bln/Thn	PEMBAHASAN	PEMBIMBING	
			I	II
1	7/5/2013 8/5/2013	Bab 1,2 dan 3 Revisi (proposal)		
2	14/5/2013	Bab 1,2 Acc, 3 Revisi		
3	5/09/2013	Bab 3 Revisi		
4	12/09/2013	Bab 3 Acc, bab 4 Revisi		
5	28/09/2013	Bab 4 Revisi		
6	1/10/2013	Bab 4 Acc		
7	8/10/2013	Revisi 1 sampai 4 (tulisan)		
8	11/10/2013	Revisi 1 sampai 4 (tulisan)		
9	18/10/2013	Acc 1 sampai 4		
10	21/10/2013	Bab 1 sampai 5 Acc		
11	4/12/2013	belajar (kennul tes)		
12				
13				
14				

Pembimbing I

Wiwin A. Oktaviani, ST.M.Sc

Palembang

Pembimbing II

Ir. Dedy Hermanto, MT

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Status terakreditasi berdasarkan keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi Depdiknas
Jalan Jendral Ahmad Yani 13 Ulu Palembang



MEMO

Palembang,

Kepada Yth,
Ketua Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang
Di-
Palembang

Assalamu'alaikum Wr. Wb
Dengan telah selesainya tugas akhir dari :

Nama : Wanfahri
Nrp : 13 2009 084
Judul Tugas Akhir : Mengevaluasi Ketelitian kWh-Meter Prabayar
Satu Phasa

Mulai Tugas Akhir :
Selesai Bimbingan :

Yang bersangkutan **Layak untuk mengikuti ujian seminar hasil penulisan skripsi dan ujian komprehensif** yang diatur oleh Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Demikian atas perhatiannya diucapkan terima kasih.
Wassalammu'alaikum Wr.Wb

Pembimbing 1



Wiwin A. Oktaviani, ST.M.Sc

Pembimbing 2



Ir. Dedy Hermanto, MT