



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 kWh Meter

Kilowatt *hours* meter atau yang biasa dikenal dengan kWh meter. kWh meter adalah alat pengukur energi listrik yang mengukur secara langsung hasil kali tegangan, arus, faktor kerja, kali waktu yang tertentu ($UI \cos \phi t$) yang bekerja padanya selama jangka waktu tertentu tersebut.¹

1.1 Fungsi Utama kWh Meter

Beberapa fungsi utama dari kWh meter antara lain:

- Menghitung seberapa banyak energi listrik yang digunakan dalam periode tertentu.
- Menjadi pembatas daya listrik yang dipakai oleh pelanggan berdasarkan kontrak pemasangannya.
- Menjadi saklar untuk memutus aliran listrik yang dapat disebabkan oleh pelanggan terdeteksi melakukan pemakaian di luar batas wajar, terjadinya korsleting atau saat akan dilakukan perbaikan saluran listrik sehingga memang arusnya harus dimatikan.
- Mengubah sinyal analog dari token listrik yang masukan melalui keypad karet menjadi angka digital yang ditampilkan pada layar.
- Mendeteksi tabungan pulsa listrik secara real-time sehingga apabila sudah habis dan belum mengisi ulang, maka aliran listrik akan diputus secara otomatis.

¹ PT PLN (Persero), *Teori Dasar kWh Meter* (Jasa Pendidikan dan Pelatihan, 2006), hlm. 1.

1.2 Jenis - Jenis kWh Meter

Apabila dilihat dari cara kerjanya, kWh Meter dibedakan menjadi:

- kWh Meter Analog
- kWh Meter Digital

2.3.1 kWh Meter Analog

kWh Meter Analog merupakan alat ukur energi listrik yang bekerja berdasarkan sinyal analog dengan menggunakan prinsip induksi medan magnet. Berikut ini adalah gambar kWh Meter Analog:

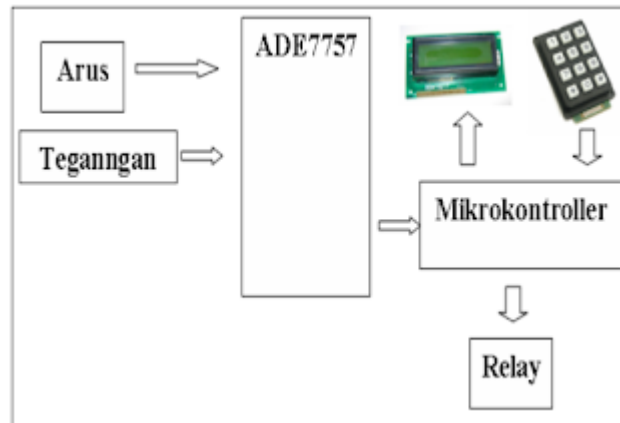


Gambar 2. 1 kWh Meter Analog

Jenis kWh meter ini sangat umum di masyarakat. Komponen utama kWh meter analog adalah kumparan tegangan, kumparan arus, piringan aluminium, dan magnet permanen yang berfungsi menetralkan piringan aluminium dari induksi medan magnet, dan roda gigi mekanik yang mencatat jumlah putaran piringan aluminium. Alat ini bekerja menggunakan metode induksi medan magnet, dimana medan magnet menggerakkan piringan aluminium. Rotasi pelat akan menampilkan jumlah penghitung gerakan sebagai jumlah kilowatt jam.

2.3.2 kWh Meter Digital

kWh Meter Digital/elektronik merupakan suatu alat ukur besaran listrik yang bekerja berdasarkan prinsip elektronik (pulsa). Prinsip kerja kWh Meter Digital/Elektronik seperti ditunjukkan Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2. 2 Rangkaian Sederhana kWh Meter Digital

Dimulai dari sensor arus dan tegangan kemudian output sensor masuk ke modul ADE7757 untuk menghitung nilai kWh yang digunakan. Setelah itu masuk ke mikrokontroler. Mikrokontroler terkoneksi ke LCD untuk menampilkan status konsumsi listrik (kWh) dan untuk menampilkan token ketika isi pulsa. Keypad dipakai untuk memasukkan token pulsa. Terakhir relay bertugas untuk memutus listrik apabila pulsa habis. Jadi prinsip kerja kWh meter digital adalah, mikrokontroler menerima perhitungan daya oleh modul ADE7757 kemudian mengurangi saldo kWh yang ada. Jika saldo kWh sudah mencapai nol, maka relay diperintahkan untuk memutus aliran listrik. Bagian utama kWh meter digital ini adalah name plate sebagai penunjuk meter seri, layar led hijau dan merah, layar lcd untuk menampilkan status kwh, keypad karet untuk menginput token listrik, label wiring, terminal block untuk menghubungkan kabel dengan meteran listrik, port MCB, dan terminal cover sebagai pelindung kabel

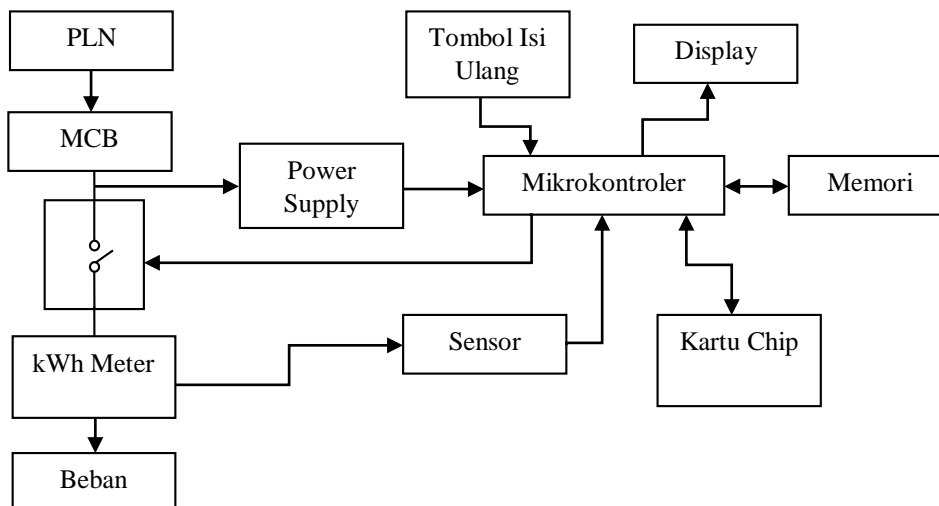
kWh Meter digital dalam penggunaannya terdapat dua jenis yaitu pascabayar dan Prabayar. Berikut penjelasannya:

1. kWh Meter Pascabayar

kWh Meter Pascabayar adalah kWh Meter yang sistem/metoda pembayarannya setiap 1 bulan sekali. kWh Meter jenis ini sulit untuk mengendalikan penggunaan listrik, karena pembayaran dilakukan setiap 1 bulan, dan sistem pada kWh Meter jenis ini dikenakan sistem 40 Jam Nyala ketika pemakaian listrik tidak mencapai pemakaian minimal, bayangkan saja jika daya yang dipakai yaitu daya besar, maka akan dikenakan biaya walaupun tidak menggunakan listrik sama sekali ataupun ketika keadaan rumah/tempat ditinggal (kosong). Biaya rekening minimum (40 jam nyala) dapat dilihat dari Tarif Dasar Listrik yang telah ditentukan oleh PT PLN (Persero).

2. kWh Meter Prabayar

kWh Meter Prabayar ini dirancang dengan menggunakan kWh Meter elektrik yang baru. Sistem pembayaran atau pengisian rekening listrik adalah dengan menggunakan aplikasi *chip card*. Aplikasi ini sangat memudahkan masyarakat dan PLN dalam hal proses pengisian rekening listrik yang efektif. *Chip Card* adalah suatu jenis kartu alat pembayaran yang semakin populer seiring dengan kemajuan teknologi mikro elektronika serta semakin meningkatnya tuntutan masyarakat terhadap alat pembayaran yang praktis. Kehadiran *Chip Card* tidak dapat dihindari dimana penggunaannya semakin luas baik volume maupun lingkup aplikasinya. Salah satu kemungkinan aplikasi *chip card* adalah sebagai alat bayar konsumsi energi listrik. Listrik Prabayar merupakan sistem pelayanan penjualan tenaga listrik dimana pelanggan membayar listrik sebelum menggunakan atau transaksi dengan pembayaran dimuka. Cara ini memberi kesempatan pada pelanggan untuk lebih mudah mengendalikan pemakaian listriknya sesuai dengan daya beli sehingga dapat mempercepat arus kas, menurunkan tunggakan, menekan biaya operasional dan menyederhanakan proses. Gambar blok diagram sistem kWh meter prabayar sebagai berikut:

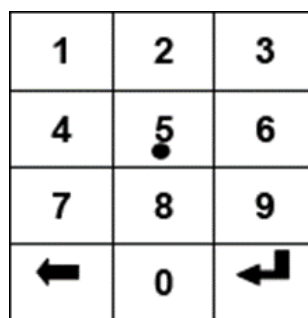


Gambar 2. 3 Blok Diagram Sistem kWh Meter Prabayar²

a. Fitur kWh Meter Prabayar

1. Fungsi Tombol Keypad pada kWh Meter Prabayar

Fungsi Tombol Keypad pada kWh Meter Prabayar adalah untuk memasukkan perintah yang berbentuk *Coding*/kode pada kWh Meter yang selanjutnya diproses oleh mikrokontroler yang telah diprogram.



Gambar 2. 4 Tombol Keypad kWh Meter Digital Prabayar³

² Lauw Lim Un Tang, Henny Octavia, *kWh Meter Dengan Sistem Prabayar*, (Surabaya: Electrical Engineering Dept PETRA Christian University, 2020), hlm. B-28

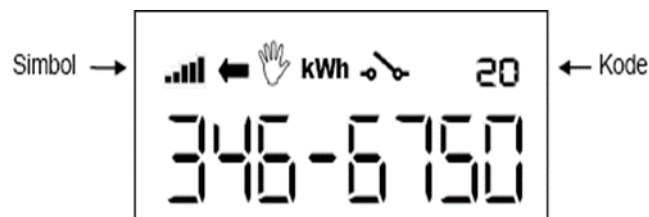
³ SPLN D3.009-1:2010, hlm.15

Keterangan gambar:

- Tombol Angka
Tombol angka 0 sampai 9 untuk mengakses menu ataupun mengisi kode token listrik isi ulang.
- Tombol *Backspace* (Hapus)
Berfungsi untuk menghapus angka terakhir yang sedang dimasukkan jika terjadi salah tekan angka, baik dalam mode pengisian pulsa listrik ataupun Ketika mengakses kode menu.
- Tombol *Enter*
Berfungsi untuk menjalankan perintah baik pada pengaksesan kode menu maupun pada proses pengisian kode token isi ulang.





2. Fungsi Layar LCD pada kWh Meter Prabayar

Fungsi Layar LCD pada kWh Meter Digital Prabayar adalah untuk menampilkan data/*output* yang telah diproses oleh mikrokontroler,



Gambar 2. 5 Tampilan Layar LCD kWh Meter Digital Prabayar⁴

Keterangan Gambar :

-  = menginformasikan tingkat pemakaian beban
-  = menginformasikan arah energi terbalik
-  = menginformasikan indikasi penyalahgunaan
- kWh** = muncul saat teks menunjukkan sisa kredit dan akumulasi energi
-  = menginformasikan status relay terbuka

⁴ SPLN D3.009-1:2010, hlm.15

Proses Penginputan *coding*/kode berhasil atau tidak akan tampil seperti data tampilan dibawah ini.

Tabel 2.1 Tampilan Teks di Layar LCD kWh Meter Prabayar⁵

No.	Kondisi	Tampilan Teks
1.	Token diterima	bEnAr
2.	Token ditolak	gAGAL
3.	Token telah terpakai	tErPAKAI
4.	Token kadaluwarsa	USAnG
5.	Daya lebih	dYLEbI h
6.	Daya lebih sebanyak 5x	tErPutuS
7.	Penyalahgunaan	PErIKSA
8.	Meter salah	Err---
9.	Data kosong	nI hI L

3. Indikator LED kWh Prabayar



Gambar 2. 6 Indikator Lampu KWh meter prabayar

⁵ Ibid, hlm.16

Adapun indikator LED yang ada pada kWh prabayar yaitu:

- **Indikator Kredit LED**
Menunjukkan status sisa pulsa listrik. Seperti yang tertera pada keterangan di bawah lampu, jika menyala hijau artinya pulsa listrik masih di atas batas minimum (cukup) dan jika menyala merah berkedip-kedip dan diiringi suara alarm artinya pulsa listrik sudah di bawah batas minimum. Batas minimum ini bisa diatur sesuai kebutuhan.
- **Indikator Alarm LED (*Tamper*)**
Menunjukkan indikasi kesalahan/kebocoran arus listrik. Jika tidak menyala berarti listrik normal, tapi apabila menyala kuning artinya ada indikasi kebocoran arus listrik. Penyebab kebocoran ini bisa disebabkan oleh alat-alat elektronik yang tersambung ke listrik atau bisa juga karena kesalahan proses instalasi oleh petugas PLN.
- **LED imp/kWh**
Menunjukkan pemakaian energi listrik yang dinyatakan $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ pulse}$ (digunakan untuk proses kalibrasi meter). Artinya jika lampu merah ini sudah berkedip sebanyak 1000 kali, berarti telah terpakai energi listrik sebesar 1 kWh.

b. Proses Pemasukan dan Isi Ulang Token

Berikut adalah cara pelanggan untuk melakukan proses pemasukan dan isi ulang token pada kWh Meter Prabayar:

1. Pelanggan membeli token di PLN atau instansi lain yang sudah bekerja sama dengan PLN.
2. Pelanggan mendapatkan struk pembelian yang berisi nomor token ber jumlah 20 digit.
3. Pelanggan memasukkan 20 digit nomor token tersebut ke alat kWh meter prabayar.
4. Listrik langsung bisa dinikmati.



Gambar 2. 7 Token/Voucher Listrik

2.4 Beberapa Merk kWh Meter Prabayar PLN

2.4.1 Itron

Itron adalah perusahaan penyedia teknologi dan solusi terkemuka yang berpusat di Liberty Lake, Spokane, Washington, Amerika Serikat. Di Indonesia, mereka mendirikan sebuah anak perusahaan bernama PT Mecoindo – Itron Indonesia yang khusus merakit dan mendistribusikan produk-produk Itron di wilayah Indonesia. Hebatnya, PT Mecoindo (Metering Company Indonesia) ini memiliki pabrik manufaktur yang terbesar di Asia Pasifik, dengan 900 tenaga kerja dan berlokasi di kawasan East Industrial Park (EJIP) Cikarang.

Secara umum ada 3 kategori produk yang dikembangkan oleh Mecoindo, yaitu: Meter kWh; Meter Gas; Meter Air. Untuk meter kWh, produk mereka dibagi lagi menjadi beberapa sub-kategori, sesuai dengan target penggunaan meteran. Apakah untuk industri, niaga, atau perumahan. Bagi masyarakat umum, yang digunakan adalah seri EM512 tipe 700 JAVA. Penampakannya dapat dilihat di bawah ini:



Gambar 2. 8 Meter Itron EM512 Tipe 700 JAVA

a. Kode Rahasia kWh Meter Merk Itron**Tabel 2.2** Kode Input kWh Meter Prabayar Merk Itron

KETERANGAN	KODE
Memulai ulang meteran. Gunakan saat terjadi kesalahan/ <i>error</i>	00
Mengetahui total kWh listrik yang telah terpakai	03
Mengetahui batas kWh	07
Mengetahui daya listrik yang telah digunakan	09
Mengetahui tegangan listrik	41
Menampilkan arus yang sedang terpakai	44
Menampilkan daya yang sedang terpakai	47
Menampilkan kode token listrik atau kode meteran listrik terakhir yang dimasukkan	54
Mengetahui jumlah kWh pengisian terakhir	59
Mengetahui jumlah berapa kali listrik mati	69
Mengetahui jumlah berapa kali listrik mati	75
Mengecek batas minimal alarm	79
Merubah batas minimal alarm. Contohnya: 45605 untuk 5kWh	456xx
Mengecek delay alarm dalam menit	78

2.4.2 Sanxing

PT Citra Sanxing Indonesia adalah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur kWh meter khususnya kWh meter Prabayar, dan salah satu bagian dari CITRA GROUP. Berdiri sejak tahun 2011 dan telah memproduksi kurang lebih 2 juta kWh meter prabayar. Bekerja sama dengan Ningbo Sanxing electric sebagai joint partner dalam hal teknologi. Telah mendapatkan sertifikat ISO 9001.2008 sebagai Standar Manajemen yang di akui. Berikut contoh kWh Meter Prabayar merk Sanxing dengan tipe CSI11 5 TERMINAL.



Gambar 2. 9 Sanxing tipe CSI11 5 TERMINAL

a. Kode Rahasia

Tabel 2.3 Kode Input kWh Meter Prabayar Merk Sanxing

KETERANGAN	KODE
Sisa Pulsa	37
Pulsa terpakai	47
Tegangan listrik	41
Arus yang sedang terpakai	44
Token terakhir	54
kWh terakhir	59
Banyak padam	69
Kode seri kWh terakhir	75
Matikan alarm batas Kwh	79
Batas daya	07

2.4.3 Melcoinda

PT Melcoinda, didirikan dengan status PMA (foreignInvestment) pada tahun 1982. Pabrik yang berlokasi di Pulogadung Industri Area. Total Pegawai 20 Orang dengan kapasitas produksi 120.000 pcs/tahun (SKD).

Pada tahun 1985 PT Melcoinda pindah di lokasi baru di Sunter Podomoro dan total karyawan 80 orang dengan kapasitas produksi 150.000 pcs/tahun.

Pada tahun 1995 PT Melcoinda meningkatkan produksi menjadi 800.000 pcs / tahun dan mulai bulid pabrik baru di lahan 2,5 HA.

Pada tahun 2002 PT Melcoinda menggantikan kWh Meter Tipe MF-63E menjadi MF-97E.Pt. Melcoinda memulai produksi elektronik (Static Meter MS 98E 5/40A) kWh Meter dan memulai pengembangan Smart Meter pada tahun 2009.

a. Produk kWh Meter Merk Melcoinda



Gambar 2. 10 kWh Meter Merk Melcoinda Type MTS-125 V.1

Meter statik energi aktif satu fasa Merk Melcoinda (Type : MTS-125 V.1) adalah jenis meter listrik yang memiliki fungsi prabayar sesuai standar STS. Meter Prabayar MTS-125 V.1 dilengkapi dengan Double sensing, Double Relay, dan RTC.

b. Kode Rahasia kWh Meter Merk Melcoinda

Tabel 2.4 Kode Input kWh Meter Prabayar Merk Melcoinda

KETERANGAN	KODE
Reset meteran	00
Cek fungsi relay	01
Cek sisa kWh	03

Cek batas daya	07
Cek daya dipakai	09
Cek sisa kredit kWh	37
Cek stand kWh	38
Cek pemakaian 1 bulan lalu	59
Cek pemakaian 2 bulan lalu	60
Cek pemakaian 3 bulan lalu	61
Cek jumlah pemadaman	69
Cek nomor seri Meter kWh	75

2.5 Keuntungan Sistem Listrik Prabayar

Sistem listrik Prabayar merupakan salah satu solusi dari problema perusahaan dalam melakukan penagihan rekening listrik. Mekanisme pada sistem Prabayar ini, pelanggan membayar tagihan sebelum menggunakan energi listrik, dengan mekanisme ini dapat memberikan keuntungan pada sisi PLN maupun disisi Pelanggan.

Keuntungan di sisi PLN :

1. Mendapatkan uang kas lebih awal sebelum listrik diproduksi dan digunakan, sehingga dapat menambah likuiditas perusahaan ini.
2. Pengendalian transaksi lebih mudah sehingga mengurangi kemungkinan tagihan yang tidak terbayar dan pencurian listrik. (Pemasaran listrik Prabayar ini dapat juga diserahkan pada pihak ketiga).
3. Tidak ada pencatatan angka stand meter sehingga dapat mengurangi *overhead* atau biaya yang diperlukan untuk pengecekan konsumsi listrik ke rumah-rumah atau konsumen lainnya.

4. Tidak ada sanksi pemutusan aliran listrik
5. Tidak dikenakan denda atas keterlambatan
6. Tanpa Uang Jaminan Pelanggan (UJL)
7. Biaya penyambungan pasti
8. Proses layanan cepat
9. Menggunakan tarif flat (tarif yang sama berapapun besar pemakaiannya).

Keuntungan dari sisi pelanggan :

1. Mengendalikan anggaran dan konsumsi pemakaian listrik sesuai kemampuan.
2. Pelanggan bebas menentukan pembayaran listrik sesuai kebutuhan dan daya beli.
3. Tidak perlu menyediakan Uang Jaminan Langganan (UJL/UMTL)
4. Lebih transparan jumlah rupiah yang dibayar dengan jumlah kWh yang diterima.
5. Membeli token / voucher isi ulang dapat dilakukan kapan saja.
6. kWh Meter Prabayar berfungsi sebagai dispenser listrik dilengkapi informasi display untuk mengontrol pemakaian, sisa kredit, peringatan jika listrik akan habis.
7. Perbaikan sistem pengukuran karena perangkat elektronik yang digunakan adalah elektronis dengan ketelitian dan keamanan yang lebih tinggi.
8. Mengurangi kesalahan penagihan yang disebabkan *human error*.
9. Privasi pelanggan tidak terganggu.
10. Pelanggan bisa segera mengetahui besarnya pemakaian energi listrik (kWh) dan biaya yang dikeluarkan (Rp) setiap saat.

2.6 Kesalahan Ukur

Saat melakukan 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, yaitu:⁶

2.6.1 Kesalahan-Kesalahan Umum (*Gross Errors*)

Kesalahan ini kebanyakan disebabkan oleh kesalahan manusia. Diantaranya adalah kesalahan pembacaan alat ukur, penyetelan yang tidak tepat dan pemakaian instrumen yang tidak sesuai dan kesalahan penaksiran. Kesalahan ini tidak dapat dihindari, tetapi harus dicegah dan perlu perbaikan. Ini terjadi karena keतेledoran atau kebiasaan-kebiasaan yang buruk, seperti : pembacaan yang tidak teliti, pencatatan yang berbeda dari pembacaannya, penyetelan instrument 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.

2.6.2 Kesalahan-Kesalahan Sistematis (*Systematic Errors*)

Kesalahan ini disebabkan oleh kekurangan-kekurangan pada instrument 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 instrument, 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 instrument lain yang

⁶ Sri Waluyanti, *Alat Ukur dan Teknik Pengukuran Jilid 1* (Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008), hlm. 27.

memiliki karakteristik yang sama atau terhadap instrument lain yang akurasiya lebih tinggi. Untuk menghindari kesalahan-kesalahan tersebut dengan cara :

1. Memilih instrument 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 magnetik, dan sebagainya dapat dihindari dengan membuat pengkondisian udara (AC), penyegelan komponen-komponen instrumen tertentu dengan rapat, pemakaian pelindung magnetik dan sebagainya.

2.6.3 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 instrumen yang digunakan sudah dikalibrasi dan kondisi lingkungan sudah di set 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 besarnya akan dipengaruhi oleh titik berat bagian yang bergerak dari suatu alat ukur tersebut.

2.7 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 :

2.7.1 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.

2.7.2 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.

2.7.3 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.

2.7.4 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 adjustment*).

2.7.5 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.


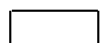
2.7.6 Umur Alat Itu Sendiri

Setelah jangka waktu dari mulai alat ukur ini dibuat sampai berlaku, maka berbagai komponen dan elemen dari pada alat ukur ini mungkin berubah didalam keabadian 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.

2.7.7 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 2.5 Letak Suatu Alat Ukur pada Waktu Pemakaian⁷

Letak	Tanda
Tegak	
Datar	
Miring (misal dengan sudut 60°)	<60°

2.8 Hal 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.

⁷ Ibid, hlm. 31.

5. Sesuai dengan intruksi atau ketentuan-ketentuan yang ada.

2.9 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 petunjuk termasuk alat ukur kumparan putar arus harus diberikan menurut kelompoknya dalam 8 kelas, kelas tersebut adalah :⁸

Tabel 2.6 Batas Kesalahan Alat Ukur

Kelas	Kesalahan yang diizinkan % (Relatif harga maksimum)	Penggunaan	Keterangan
0.05	± 0.05	Laboratorium	Presisi
0.1	± 0.1	Laboratorium	Presisi
0.2	± 0.2	Laboratorium	Presisi
0.5	± 0.5	Industri	Menengah
1	± 1	Industri	Menengah
1.5	± 1.5	Industri	Menengah
2.5	± 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

⁸ Ibid.

bila kelompok-kelompok tersebut digolongkan dalam 4 golongan sesuai dengan pemakaiannya yang lazim digunakan.

2.9.1 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.

2.9.2 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.

2.9.3 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.

2.9.4 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.

2.10 Akurasi

Suatu alat ukur dikatakan tepat jika mempunyai akurasi yang baik yaitu hasil ukur menunjukkan ketidakpastian yang kecil. Dapat juga dipahami sebagai seberapa dekat hasil ukur dengan nilai benarnya. Dalam hal ini sebelum sebuah alat ukur digunakan, harus dipastikan bahwa kondisi alat benar - benar dalam keadaan

baik dan layak untuk digunakan, yaitu alat dalam keadaan terkalibrasi dengan baik. Kalibrasi yang buruk akan menyebabkan ketidakpastian hasil ukur menjadi besar.⁹

2.11 Kalibrasi

Setiap sistem pengukuran harus dapat dibuktikan keandalannya dalam mengukur, prosedur pembuktian ini disebut kalibrasi. Kalibrasi digunakan untuk mengetahui apakah alat tersebut masih bekerja dengan baik, apakah pencatatan atau penunjukan standardnya masih dalam batas-batas yang diizinkan. 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 penunjukkan kWh Meter tersebut 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.

2.11.1 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

⁹ MH Sapto Widodo. *Dasar dan Pengukuran Listrik Semester 1* (Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2014), hlm. 275.

waktu t1-2 tersebut adalah konstan dan besarnya diketahui, maka energi listrik yang melalui kWh meter dapat diketahui dengan mengalirkan 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:¹⁰

$$PkWh = \frac{N. 3600. Faktorkali}{K. t} \dots\dots\dots (2.1)$$

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:

$$S = \frac{PkWh - Preal}{Preal} \times 100 \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

S = Kesalahan kWh dalam persen

Persamaan diatas merupakan rumus kesalahan yang dipergunakan dalam kalibrasi kWh meter. Pada proses kalibrasi yang dilakukan dengan metoda ini

¹⁰ Berita Acara Laporan Pemeriksaan APP 1 fasa dan 3 fasa

diharapkan agar diperoleh hasil yang penunjukannya penelitian kWh meter bebas dari kesalahan.

2.11.2 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 presesi 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.

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.