

## BAB II

### KERANGKA TEORITIS DAN KERANGKA BERFIKIR

#### 2.1. Kerangka Teoritis

##### 2.1.1 Teori Alat Ukur Listrik

Alat ukur listrik adalah alat yang digunakan untuk mengukur besaran-besaran listrik seperti kuat arus listrik ( $I$ ), beda potensial listrik ( $V$ ), hambatan listrik ( $R$ ), dan daya listrik ( $P$ ). Alat ukur listrik ini ada yang berupa alat ukur analog dan ada juga yang berupa alat ukur digital. Berikut adalah gambar alat-alat ukur listrik yang dibedakan berdasarkan fungsinya<sup>4</sup>.



**Gambar 2.1** Alat Ukur Listrik

Sumber : <https://deelectrical.wordpress.com/alat-ukur-listrik/>

##### 2.1.2 Teori Industri

Industri adalah usaha untuk memproduksi barang jadi dengan bahan baku atau bahan mentah melalui proses produksi penggarapan dalam jumlah

<sup>4</sup><https://deelectrical.wordpress.com/alat-ukur-listrik/> diakses pada tanggal 17 januari 2016

besar sehingga barang tersebut dapat diperoleh dengan harga serendah mungkin tetapi dengan mutu setinggi-tingginya<sup>5</sup>.

Dalam dunia industri ada beberapa alat ukur yang digunakan, antara lain<sup>6</sup> :

1. Lugol, untuk mengukur kandungan karbohidrat dalam makanan dengan di tetesi dan bertanda biru tua atau hitam.
2. Lutron PH, alat ukur kandungan PH.
3. Cardiometri, alat ukur frekuensi detak jantung pada pasien di rumah sakit.
4. Tanita InnerScan, alat ukur kandungan lemak dalam tubuh.
5. lightmeter, alat ukur intensitas cahaya.
6. Multimeter adalah sebuah alat untuk menguji atau mengukur komponen elektronika. Dapat digunakan untuk mengukur Ampere, Volt dan Ohm.
7. MC 7825 G, untuk mengukur kadar air.
8. CYTOMEDICAL, alat ukur kadar gula darah.
9. Refraktometer, alat ukur kandungan kadar garam dalam air.
10. HPLC/ GC M, alat ukur kandungan alkohol.

---

<sup>5</sup>I Made Sandi, *Republik Indonesia Geografi Regional*, Jakarta: Puri Margasari, 1985, hlm.148

<sup>6</sup><https://alfisyahriah.wordpress.com/2012/05/29/alat-ukur-dunia-industri/> diakses pada tanggal 17 januari 2016

### 2.1.3 Definisi Laboratorium Praktikum

Laboratorium adalah tempat riset ilmiah, eksperimen, pengukuran ataupun pelatihan ilmiah dilakukan. Laboratorium biasanya dibuat untuk memungkinkan dilakukannya kegiatan-kegiatan tersebut secara terkendali. Untuk mengendalikan segala macam kegiatan yang ada di dalamnya, suatu laboratorium biasanya dilengkapi dengan suatu tata tertib, yang harus diikuti untuk menjaga keselamatan dari para pekerja laboratorium<sup>7</sup>.

Sedangkan menurut PERMENPAN No. 3 Tahun 2010<sup>8</sup>, laboratorium adalah unit penunjang akademik pada lembaga pendidikan, berupa ruangan tertutup atau terbuka, bersifat permanen atau bergerak, dikelola secara sistematis untuk kegiatan pengujian, kalibrasi, dan/atau produksi dalam skala terbatas, dengan menggunakan peralatan dan bahan berdasarkan metode keilmuan tertentu, dalam rangka pelaksanaan pendidikan, penelitian, dan/atau pengabdian kepada masyarakat.

Tipe laboratorium berdasarkan PERMENPAN No. 3 tahun 2010, terbagi dalam 4 kategori<sup>9</sup>:

1. Laboratorium Tipe I adalah laboratorium ilmu dasar yang terdapat di sekolah pada jenjang pendidikan menengah, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas

---

<sup>7</sup>J.M. Pearce, 2014. *Laboratory equipment: Cut costs with open-source hardware*. Nature. 505, hlm. 23

<sup>8</sup><http://www.menpan.go.id/jdih/permen-kepmen/permenpan-rb/file/280-permenpan-2010-no-003>  
diakses pada tanggal 17 Januari 2016 pukul 21.21 wib

<sup>9</sup><http://www.menpan.go.id/jdih/permen-kepmen/permenpan-rb/file/280-permenpan-2010-no-003>  
diakses pada tanggal 17 Januari 2016 pukul 21.21 wib

penunjang peralatan kategori I dan II, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum untuk melayani kegiatan pendidikan siswa.

2. Laboratorium Tipe II adalah laboratorium ilmu dasar yang terdapat di perguruan tinggi tingkat persiapan (semester I, II), atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I dan II, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum untuk melayani kegiatan pendidikan mahasiswa.
3. Laboratorium Tipe III adalah laboratorium bidang keilmuan terdapat di jurusan atau program studi, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I, II, dan III, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum dan khusus untuk melayani kegiatan pendidikan, dan penelitian mahasiswa dan dosen.
4. Laboratorium Tipe IV adalah laboratorium terpadu yang terdapat di pusat studi fakultas atau universitas, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I, II, dan III, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum dan khusus untuk melayani kegiatan penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat, mahasiswa dan dosen.

Berdasarkan tipe laboratorium diatas, laboratorium dasar kelistrikan Universitas Negeri Jakarta berada pada laboratorium tipe IV.

Sedangkan pengertian praktikum menurut KBBI adalah bagian dari pengajaran yang bertujuan agar siswa mendapat kesempatan untuk menguji dan melaksanakan dalam keadaan nyata apa yang diperoleh dalam teori; pelajaran praktik.

Berdasarkan gradasi keterlibatan mahasiswa dalam menentukan tujuan, sarana, metode serta sifat hasil yang diharapkan, praktikum dapat dibedakan menjadi lima kategori sebagai berikut<sup>10</sup>.

- a. Praktikum kategori 0 diselenggarakan untuk semata-mata memberikan keterampilan dan dapat mendapatkan hasil dengan kualifikasi tertentu.
- b. Praktikum kategori 1 mirip dengan praktikum kategori 0, tetapi hasilnya masih terbuka (tidak harus dengan kualifikasi tertentu, tetapi dalam gradasi tertentu) dan praktikan dapat menerangkan alasan terjadinya hal tersebut.
- c. Praktikum kategori 2 mirip praktikum kategori 1, tetapi sebagian alat/bahan dan metode dapat digunakan di luar rasional atau pembedaan tertentu.
- d. Praktikum kategori 3 mirip kategori 1, tetapi alat/bahan dan metode sepenuhnya diserahkan kepada praktikan dengan dasar rasional dan pembedaan tertentu.

---

<sup>10</sup>M. Zainuddin, "Panduan Praktikum" dalam *Mengajar di Perguruan Tinggi*, Bagian Empat Program Applied Approach, Jakarta: PAU-PPAI Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1996, hlm. 13

e. Praktikum kategori 4 merupakan tugas praktikum pada tingkat paling tinggi dan pada umumnya dilaksanakan dalam bentuk tugas akhir atau skripsi.

Berdasarkan kategori praktikum diatas, kategori praktikum di laboratorium dasar kelistrikan Universitas Negeri Jakarta berada pada praktikum kategori 4.

Jadi, dapat disimpulkan laboratorium praktikum ialah tempat riset ilmiah pada lembaga pendidikan yang dikelola secara sistematis untuk kegiatan pengujian, kalibrasi, dan percobaan bagi pengajaran kepada siswa / mahasiswa agar terampil dalam mengimplementasikan kekeadaan nyata apa yang diperoleh dalam teori.

#### 2.1.4 Definisi Pengukuran

Serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk menentukan nilai suatu besaran dalam bentuk angka (kuantitatif). Jadi mengukur adalah suatu proses mengaitkan angka secara empirik dan obyektif pada sifat-sifat obyek atau kejadian nyata sehingga angka yang diperoleh tersebut dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai obyek atau kejadian yang diukur. Atau secara umum (sederhana) adalah membandingkan suatu besaran yang tidak diketahui harganya dengan besaran lain yang telah diketahui nilainya<sup>11</sup>.

Dalam mempelajari pengukuran listrik dikenal beberapa istilah, antara lain<sup>12</sup>:

---

<sup>11</sup>Koes Sulistiadji & Joko Pitoyo, *Alat Ukur dan Instrumen Ukur*, Serpong,: Staf Perekayasa pada BBP Mektan,2009, hlm. 1

<sup>12</sup> Sri Waluyanti, *Pengukuran Listrik Untuk SMK*, Jakarta: Direktorat Pendidikan Dasar dan Menengah, 2008, hlm. 1

1) Instrumen

Instrumen adalah alat ukur untuk menentukan nilai atau besaran suatu kuantitas atau variabel.

2) Ketelitian

Ketelitian merupakan harga terdekat dengan mana suatu pembacaan instrumen mendekati harga sebenarnya dari variabel yang diukur.

3) Ketepatan

Ketepatan merupakan suatu ukuran kemampuan untuk hasil pengukuran yang serupa.

4) Kesalahan

Kesalahan adalah penyimpangan variabel yang diukur dari harga (nilai) yang sebenarnya.

Berikut merupakan beberapa penyebab terjadinya kesalahan dari alat ukur, yaitu<sup>13</sup>:

a. Pergeseran dari titik nol

Posisi dari penunjuk alat ukur tanpa besaran listrik yang masuk, disebut titik nol. Setelah digunakan untuk beberapa lama, kemungkinan titik nol tersebut berubah dan bergerak, yang disebabkan oleh fatik dari pegas-pegas pengontrol. Pergeseran dari titik nol ini dapat dikoreksikan dengan pergeseran-pergeseran secara mekanis, dengan cara pengaturan titik nol dari luar.

---

<sup>13</sup>Soedjana Sapiie dan Osamu Nishino, *op.cit.*, hlm.20

b. Gesekan – gesekan

Pada alat ukur yang dibuat dengan konstruksi sumbu dan bantalan, maka pengukuran yang berulang kali mungkin menyebabkan harga-harga yang berbeda meskipun arus yang diukurnya adalah tetap. Hal ini mungkin terjadi bila gesekan antara sumbu dan bantalan besar.

c. Umur

Setelah jangka waktu dari mulai alat ukur ini dibuat berlalu, maka berbagai komponen dan elemen dari pada alat ukur ini mungkin berubah di dalam kebaikan 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 tahun sampai dengan setahun.

d. Letak dari alat ukur

Bagian-bagian yang bergerak dari alat ukur telah dibuat sedemikian rupa, sehingga memungkinkan pengaturan-pengaturan yang terbatas, dan dengan demikian, bila alat ukur tersebut dipakai dengan letak yang tidak ditentukan, maka posisi alat penunjuknya mungkin berbeda dan menghasilkan kesalahan.

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 4 jenis, yaitu<sup>14</sup> :

a. Kesalahan – kesalahan umum (*gross-errors*)

Kesalahan umum kebanyakan disebabkan oleh kesalahan manusia. Diantaranya adalah kesalahan pembacaan alat ukur, penyetelan 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, penyetelan instrumen yang tidak tepat. Agar mendapatkan hasil yang optimal, maka diperlukan pembacaan lebih dari satu kali. Bisa dilakukan tiga kali atau lebih, kemudian dirata – rata. Dan bisa juga dengan pengamat yang berbeda agar mendapatkan hasil yang optimal.



**Gambar 2.2** Penyetelan Jarum Petunjuk yang Tidak Tepat  
**Sumber :** *Dokumentasi Pribadi*

<sup>14</sup> Mike Cable, *Calibration: A Technician's Guide*, Amerika Serikat : ISA, 2007, hlm. 6

b. Kesalahan – kesalahan sistematis


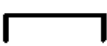
Kesalahan sistematis disebabkan oleh kekurangan–kekurangan pada instrumen sendiri. Seperti kerusakan atau adanya bagian–bagian yang aus dan pengaruh lingkungan terhadap peralatan atau pemakai. Kesalahan sistematis merupakan kesalahan tidak dapat dihindari dari instrumen, karena struktur mekanisnya. Contoh : 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.

c. Kesalahan acak yang tak disengaja (*random errors*)

Kesalahan ini disebabkan 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 acak biasanya hanya kecil. Tetapi untuk pekerjaan–pekerjaan yang memerlukan ketelitian tinggi akan berpengaruh. Misalnya, suatu tegangan diukur dengan voltmeter dibaca setiap jam, walaupun instrumen 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 / 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. Oleh karena itu, letak penggunaan alat ukur ditentukan seperti pada tabel 2.1 berikut.

**Tabel 2.1** Letak Penggunaan Alat Ukur<sup>15</sup>

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

#### 2.1.5 Definisi Kalibrasi

Dalam pengukuran, masalah kalibrasi perlu diperhatikan. Kalibrasi adalah perbandingan dua perangkat atau sistem pengukuran, salah satunya adalah alat standar dan satu lagi merupakan alat uji atau alat ukur.<sup>16</sup>

##### 2.1.5.1. Istilah – istilah yang dikenal dalam ilmu kalibrasi:

###### a. Paralaks

Kesalahan pembacaan instrumen akibat terdapatnya sudut antara pembaca dengan instrumen.

<sup>15</sup> Beamex Oy Ab, *A Basic Calibration Program*, Finland: Beamex, 2003, hlm. 28

<sup>16</sup> Lock.cit, hlm.9

b. Resolusi

Resolusi merupakan nilai skala terkecil / suatu ekspresi kuantitatif dari kemampuan alat penunjuk untuk perbedaan yang cukup berarti antara nilai yang terdekat dari jumlah yang ditunjukkan.

c. Akurasi

Akurasi merupakan kemampuan dari alat ukur untuk memberikan indikasi kedekatan terhadap harga sebenarnya dari objek yang diukur.

d. Presisi

Berbeda dengan akurasi, kalau presisi adalah kecenderungan data yang diperoleh dari perulangan mengindikasikan kecilnya simpangan (deviasi).

e. Sensitivitas

Perbandingan antara sinyal keluaran atau respon instrumen terhadap perubahan masukan atau variabel yang diukur.

2.1.5.2. Jenis-jenis kalibrasi<sup>17</sup>

a. Kalibrasi suhu dan kelembaban

Pada jenis kalibrasi suhu dan kelembaban yang dikalibrasi adalah *Liquid-in glass thermometer, Temperature sensor with display (analog, digital), Temperature indicators (without sensor) and simulators, Temperature sensors, Non-contact type*

---

<sup>17</sup>William David Cooper, *Instrumentasi dan Teknik Pengukuran*, Jakarta: Erlangga, 2004, hlm. 2

*thermometer, Temperature enclosures dan Relative humidity measurement.*

b. Kalibrasi massa dan besaran terkait

Pada jenis kalibrasi massa dan besaran terkait yang dikalibrasi adalah *Mass Standards and Measuring Equipments, Volumetric Standards Measuring Equipments, Pressure Standards and Measuring Equipments, Force standards and Measuring equipments Torque Standards and Measuring Equipments, Flow Standards and Measuring Equipments, Hardness Standards and Measuring Equipments dan Destiny Standards* serta *Measuring Equipments.*

c. Kalibrasi panjang dan besaran terkait

Pada jenis kalibrasi panjang dan besaran terkait yang dikalibrasi adalah *Lenght standards, Micrometer, Calliper, Dial Gauge, Gauges, Angle measuring devices* dan *Measuring Machine.*

d. Kalibrasi listrik

Pada jenis kalibrasi listrik yang dikalibrasi adalah *Current, Voltage, Resistance, Capacitance, Inductance,* serta *Electric Power and Phase.*

Dalam penelitian ini, jalur yang dikalibrasi adalah kalibrasi listrik dengan *Current, Voltage* dan *Resistance* sebagai variabel yang diteliti.

e. Kalibrasi waktu dan frekuensi

Pada jenis kalibrasi waktu dan frekuensi yang dikalibrasi adalah *Time and Frequency standards, Time and Frequency measuring equipments, AF and RF signal generator, RF Power and attenuation* serta *AF/RF Analyzer*.

f. Kalibrasi akustik dan getaran

Pada jenis kalibrasi akustik dan getaran yang dikalibrasi adalah *Acoustics* dan *Vibration*.

g. Kalibrasi fotometri dan Radiometri

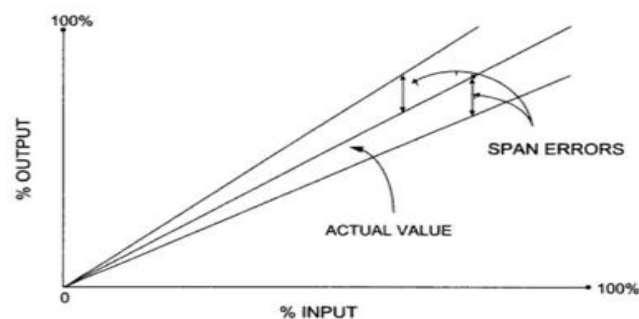
Pada jenis kalibrasi fotometri dan radiometri yang dikalibrasi adalah *Photometry* dan *Radiometry*

h. Kalibrasi pengujian dan analisis instrumen

Pada jenis kalibrasi pengujian dan analisis instrumen bagian yang dikalibrasi adalah *Spectro-photometry* dan *Analytical testing Instruments*.

### 2.1.5.3. Kesalahan – kesalahan dalam Kalibrasi<sup>18</sup>

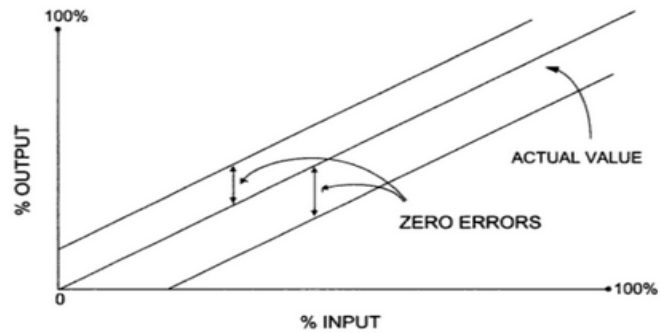
1. Rentang Kesalahan (*Span Error*)



**Gambar 2.3** Rentang Kesalahan (*Span Error*)

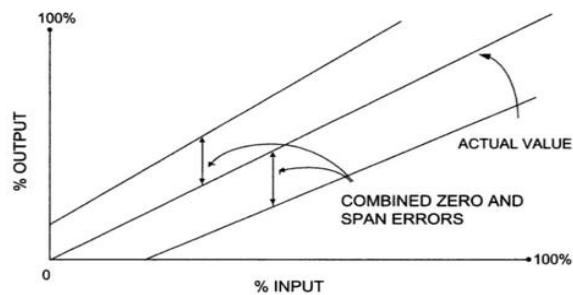
<sup>18</sup> Mike Cable, *Calibration: A Technician's Guide*, Amerika Serikat : ISA, 2007, hlm. 6

2. Kesalahan Nol (*Zero Error*)



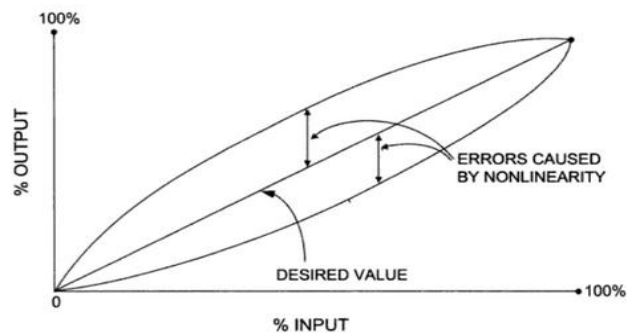
**Gambar 2.4** Kesalahan Nol (*Zero Error*)

3. Gabungan Kesalahan Nol dan Rentang Kesalahan (*Combined Zero and Span Error*)



**Gambar 2.5** Gabungan Kesalahan Nol dan Rentang Kesalahan (*Combined Zero and Span Error*)

4. Kesalahan Linear (*Linerization Error*)



**Gambar 2.6** Kesalahan Linear (*Linerization Error*)

Kesalahan titik Nol dan kesalahan rentang dikoreksi dengan melakukan kalibrasi. Kebanyakan instrumen yang disediakan dengan cara menyesuaikan nol dan rentang instrumen, bersama dengan instruksi

untuk melakukan penyesuaian ini. Penyesuaian nol digunakan untuk prosedur pergeseran paralel kurva input-output. Penyesuaian rentang digunakan untuk mengubah kemiringan kurva input-output. Kesalahan linierisasi dapat dikoreksi jika alat tidak dapat diterima dan tidak dapat disesuaikan, jadi instrumen tersebut harus diganti.

Untuk mendeteksi dan kesalahan instrumen yang benar, kalibrasi periodik perlu dilakukan. Bahkan jika kalibrasi periodik telah dilakukan tetapi tidak ada data hasil kalibrasi yang lama, kita tidak akan tahu bila alat ini telah dikalibrasi sebelumnya. Kalibrasi berkala untuk toleransi yang ditentukan dengan menggunakan prosedur yang disetujui merupakan elemen penting dari setiap sistem yang bermutu.

#### 2.1.6 Akurasi

Hal utama yang harus diperhatikan dalam kalibrasi adalah mengenai akurasi. Sebelum melakukan kalibrasi maka perlu untuk memahami konsep akurasi dan ketepatan (presisi) agar tidak terjadi kesalahan dalam proses kalibrasi.

Akurasi merupakan nilai indikasi kedekatan antara objek yang diukur terhadap harga sebenarnya. Dalam pengukuran, akurasi sering disebut sebagai validitas yang digunakan untuk mengukur dan melihat kualitas instrumen melalui proses kalibrasi. Sedangkan ketepatan (presisi) adalah nilai yang diperoleh dengan melihat indikasi simpangan terkecil setelah melakukan pengukuran secara berulang-ulang sehingga ketepatan dikategorikan sebagai reliabilitas.

Ketepatan (presisi) terdiri dari dua karakteristik, yaitu kesesuaian (*conformity*) dan jumlah angka yang berarti (*significant figures*) terhadap mana suatu pengukuran dapat dilakukan<sup>19</sup>.

#### 2.1.7 Ukuran Standar Kelistrikan

Ukuran standar dalam pengukuran sangat penting, karena sebagai acuan dalam peneraan alat ukur yang diakui oleh komunitas internasional. Ada enam besaran yang berhubungan dengan kelistrikan yang dibuat sebagai standar, yaitu standar ampere, resistansi, tegangan, kapasitansi, induktansi, kemagnetan, dan temperatur.

##### a. Standar Ampere

Menurut ketentuan Standar Internasional (SI) adalah arus konstan yang dialirkan pada dua konduktor dalam ruang hampa udara dengan jarak 1 meter.

$$I = \frac{V}{R} \quad (2.1)$$

Dimana :

I = Arus Listrik (A)

R = Hambatan Listrik ( $\Omega$ )

V = Tegangan Listrik (V)

##### b. Standar Resistansi

Menurut ketentuan SI adalah kawat *alloy manganin* resistansi  $1\Omega$  yang memiliki tahanan listrik tinggi dan koefisien temperatur rendah,

---

<sup>19</sup>Lock.cit

ditempatkan dalam tabung terisolasi yang menjaga dari perubahan temperatur atmosfer.

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.2)$$

Dimana :

R = Hambatan Listrik ( $\Omega$ )

I = Arus Listrik (A)

V = Tegangan Listrik (V)

#### c. Standar Tegangan

Ketentuan SI adalah tabung gelas Weston mirip huruf H memiliki dua elektrode, tabung elektrode positif berisi elektrolit *mercury* dan tabung elektrode negatif diisi elektrolit cadmium, ditempatkan dalam suhu ruangan.

$$V = I \cdot R \quad (2.3)$$

Dimana :

V = Tegangan Listrik (V)

I = Arus Listrik (A)

R = Hambatan Listrik ( $\Omega$ )

#### d. Standar Kapasitansi

Menurut ketentuan SI, diturunkan dari standar resistansi SI dan standar tegangan SI, dengan menggunakan sistem jembatan Maxwell, dengan diketahui resistansi dan frekuensi secara teliti akan diperoleh standar kapasitansi (farad).

e. Standar induktansi

Menurut ketentuan SI, diturunkan dari standar resistansi dan standar kapasitansi, dengan metode geometris, standar induktor akan diperoleh.

f. Standar Temperatur

Menurut ketentuan SI, diukur dengan derajat kelvin besaran derajat kelvin didasarkan pada tiga titik acuan air saat kondisi menjadi es, menjadi air dan saat air mendidih. Air menjadi es sama dengan  $0^{\circ}$  celsius = 273,160 kelvin, air mendidih  $100^{\circ}\text{C}$ .

### 2.1.8 Avometer

Avometer berasal dari kata AVO dan Meter. A artinya ampere, untuk mengukur arus listrik. V artinya *voltage*, untuk mengukur tegangan listrik. O artinya ohm, untuk mengukur hambatan. Terakhir, yaitu meter atau satuan dari ukuran. Avometer sering disebut dengan multimeter atau Multitester. Secara umum, pengertian dari Avometer adalah suatu alat untuk mengukur arus, tegangan, baik tegangan bolak-balik (AC) maupun tegangan searah (DC) dan hambatan listrik.

Avometer sangat penting fungsinya dalam setiap pekerjaan elektronika karena dapat membantu menyelesaikan pekerjaan dengan mudah dan cepat, tetapi sebelum mempergunakannya, para pemakai harus mengenal terlebih dahulu jenis-jenis avometer dan bagaimana cara mempergunakannya agar tidak terjadi kesalahan dalam pemakaiannya dan akan menyebabkan rusaknya avometer tersebut.



**Gambar 2.7** a. Avometer Analog b. Avometer Digital

**Sumber:** <http://infokejepang.blogspot.co.id/2013/01/cara-menggunakan-multimeter-analog.html> (a) & <http://tokoone.com/jual-multimeter-multimeter-murah/> (b)

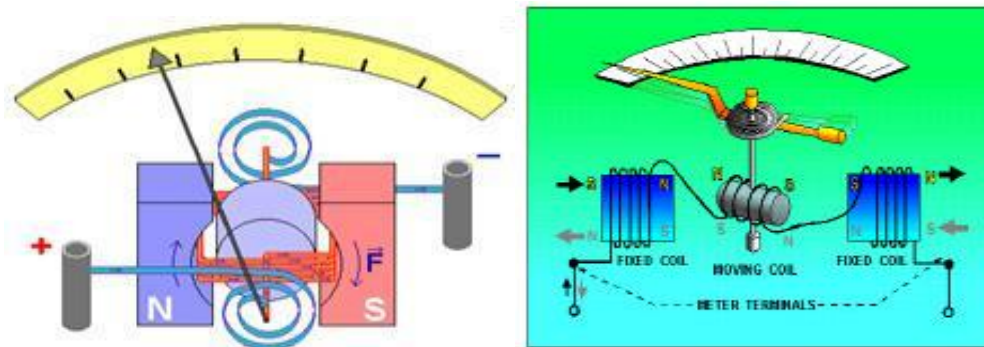
### 2.1.9 Prinsip Kerja Avometer

Setelah mengetahui definisi tentang avometer, selanjutnya perlu diketahui prinsip kerja avometer. Berdasarkan prinsip kerjanya ada dua jenis avometer, yaitu avometer analog (menggunakan jarum putar / *moving coil*) dan avometer digital (menggunakan *display digital*). Kedua jenis ini tentu saja berbeda satu dengan lainnya, tetapi ada beberapa kesamaan dalam hal operasionalnya. Seperti sumber tenaga yang dibutuhkan berupa baterai DC dan probe / kabel penyidik warna merah dan hitam.

Pada avometer digital, hasil pengukuran dapat terbaca langsung berupa angka-angka (digit), sedangkan avometer analog tampilannya menggunakan pergerakan jarum untuk menunjukkan skala. Sehingga untuk memperoleh hasil ukur, harus dibaca berdasarkan *Range* atau divisi. Avometer analog lebih umum digunakan karena harganya lebih murah dari jenis Avometer digital.

Beikut ini akan dijelaskan prinsip kerja avometer analog (menggunakan jarum putar / *moving coil*).

- Prinsip kerja AVOMeter analog ialah berdasarkan prinsip *Hukum Lorentz*.
- Di dalam AVOMeter analog terdapat kumparan tembaga yang di letakkan di antara dua kutub magnet yaitu N dan S seperti pada gambar 2.4 di atas.
- Dalam kumparan tersebut terdapat jarum penunjuk atau jarum meter yang akan bergerak menunjukkan skala tertentu. Apabila dua ujung kumparan yang dilingkupi medan magnet tersebut dialiri arus listrik, maka akan timbul gaya *magnetic*. Gaya *magnetic* inilah yang megerakkan jarum penunjuk sehingga menunjukan skala tertentu.



**Gambar 2.8** Prinsip Kerja Avometer

Sumber: <http://www.terkupas.com/2013/05/alat-ukur-dan-teknik-pengukuran-jilid-2.html>

#### 2.1.10 Spesifikasi Avometer

Berikut ini merupakan spesifikasi dari beberapa alat ukur avometer yang ada dipasaran, namun hanya 10 buah yang didapat dan yang diambil sebagai sample dalam pengujian tingkat keakuratannya terhadap MC5 (*Multifunction Calibrator*) hanya 4 buah avometer.

## 1. Avometer Sinhwa YX-360TRN

**Tabel 2.2** Spesifikasi Avometer Sinhwa YX-360TRN<sup>20</sup>

<i>Function</i>	<i>Range</i>	<i>Accuracy</i>
DCV	0,1V / 0,5V / 2,5V / 10V / 50V / 250V / 1000V	4%
ACV	10V / 50V / 250V / 1000V	±5%
DCA	50μA / 2.5mA / 25mA / 0,25A	±4%
Ω	2kΩ / 20kΩ / 200kΩ / 2MΩ / 20MΩ	±4%

Cat : YX merupakan merek luar negeri sedangkan TRN merupakan nomor seri avometer

**Gambar 2.9** Avometer Sinhwa YX360TRN

**Sumber :** Dokumentasi Pribadi

Avometer Sinhwa YX-360TRN memiliki spesifikasi sebagai berikut: untuk tegangan DC pada *range* 0.1 volt, 0.25 volt, 2.5 volt, 10 volt, 50 volt, 250 volt dan 1000 volt akurasi sebesar ±4%. Untuk tegangan AC pada *range* 10 volt, 50 volt, 250 volt dan 1000 volt akurasi sebesar ±5%. Untuk arus DC pada *range* 50μA, 2.5mA, 25mA, 0,25A akurasi sebesar ±4%. Terakhir untuk spesifikasi hambatan pada *range* 20Ω, 200Ω, 2KΩ, 20KΩ, dan 200KΩ akurasi sebesar ±4%.

<sup>20</sup>Sinhwa Electric Instrument, *Instruction Manual Sinhwa*, Tokyo, Japan.

## 2. Avometer Sanwa CD800a

**Tabel 2.3** Spesifikasi Avometer Sanwa CD800a<sup>21</sup>

<i>Function</i>	<i>Range</i>	<i>Accuracy</i>
DCV	400mV	$\pm 0.7\% + 3$
	4V / 40V / 400V / 600V	$\pm 1.1\% + 3$
ACV	4V	$\pm 1.6\% + 9$
	40V / 400V / 600V	$\pm 1.6\% + 5$
DCA	40mA / 400mA	$\pm 2.2\% + 5$
ACA	40mA / 400mA	$\pm 2.8\% + 5$
$\Omega$	400 $\Omega$	$\pm 1.5\% + 5$
	4k $\Omega$ / 40k $\Omega$ / 400k $\Omega$	$\pm 1.2\% + 5$
	4M $\Omega$	$\pm 2\% + 3$
	40M $\Omega$	$\pm 4\% + 3$

**Gambar 2.10** Avometer Sanwa CD800a

**Sumber :** <http://www.meterdigital.com/content/sanwa-cd800a-digital-multimeter>

Avometer Sanwa CD800a memiliki spesifikasi sebagai berikut: untuk tegangan DC pada *range* 400mV akurasi sebesar  $\pm 0.7\%$ , pada *range* 4 volt, 40 volt, 400 volt dan 600 volt akurasi sebesar  $\pm 1.1\%$ . Untuk tegangan AC pada *range* 4 volt akurasi sebesar  $\pm 1.6\%$ , pada *range* 40 volt, 400 volt dan 600 volt akurasi sebesar  $\pm 1.6\%$ . Untuk arus DC pada *range* 40mA dan 400mA akurasi sebesar  $\pm 2.2\%$ . Untuk arus AC pada *range* 40mA dan 400mA akurasi sebesar  $\pm 2.8\%$ . Terakhir untuk spesifikasi hambatan pada *range* 400 $\Omega$  akurasi sebesar  $\pm 1.5\%$ ,

<sup>21</sup>Sanwa Electric Instrument, *Digital Multimeter Sanwa CD800a*, Tokyo, Japan.

pada *range*  $4\text{k}\Omega$ ,  $40\text{k}\Omega$ ,  $400\text{k}\Omega$  akurasi sebesar  $\pm 1.2\%$ , pada *range*  $4\text{M}\Omega$  akurasi sebesar  $\pm 2\%$ , dan pada *range*  $40\text{M}\Omega$  akurasi sebesar  $\pm 4\%$ .

### 3. Avometer Sunma YX-360TR<sub>E-L-B</sub>

**Tabel 2.4** Spesifikasi Avometer Sunma YX-360TR<sub>E-L-B</sub><sup>22</sup>

<i>Function</i>	<i>Range</i>	<i>Accuracy</i>
DCV	0.25V / 0.5V / 2.5V / 10V / 50V / 250V / 1000V	$\pm 3\%$
ACV	10V / 50V / 250V / 1000V	$\pm 4\%$
DCA	100 $\mu\text{A}$ / 2.5mA / 25mA / 0.25A	$\pm 3\%$
$\Omega$	2k $\Omega$ / 20k $\Omega$ / 200k $\Omega$ / 2M $\Omega$ / 20M $\Omega$	$\pm 3\%$

Cat : YX merupakan merek luar negeri sedangkan TR<sub>E-L-B</sub> merupakan nomor seri avometer



**Gambar 2.11** Avometer Sunma YX-360TR<sub>E-L-B</sub>

**Sumber :** Dokumentasi Pribadi

Avometer Sunma YX-360TR<sub>E-L-B</sub> memiliki spesifikasi sebagai berikut: untuk tegangan DC pada *range* 0,25 volt, 0.5 volt, 2.5 volt, 10 volt, 50 volt, 250 volt dan 1000 volt akurasi sebesar  $\pm 3\%$ . Untuk tegangan AC pada *range* 10 volt, 50 volt, 250 volt dan 1000 volt akurasi sebesar  $\pm 4\%$ . Untuk arus DC pada *range* 100 $\mu\text{A}$ , 2.5mA,

<sup>22</sup> [www.bukalapak.com/p/elektronik/lain-lain-208/7cjqp-jual-sunma-yx-360tr-multitester](http://www.bukalapak.com/p/elektronik/lain-lain-208/7cjqp-jual-sunma-yx-360tr-multitester) diakses tanggal 27 Desember 2015

250mA, dan 0,25A akurasinya sebesar  $\pm 3\%$ . Terakhir untuk spesifikasi hambatan pada *range* 2k $\Omega$ , 20k $\Omega$ , 200k $\Omega$ , 2M $\Omega$ , dan 20M $\Omega$  akurasinya sebesar  $\pm 3\%$ .

#### 4. Avometer Sunwei YX – 360TR<sub>N-A</sub>

**Tabel 2.5** Spesifikasi Avometer Sunwei YX – 360TR<sub>N-A</sub><sup>23</sup>

<i>Function</i>	<i>Range</i>	<i>Accuracy</i>
DCV	0.1V	$\pm 5\%$
	0.25V / 2.5V / 10V / 50V	$\pm 3\%$
	250V / 1000V	$\pm 3\%$
ACV	10A / 50A / 250A / 1000A	$\pm 4\%$
DCA	50 $\mu$ A / 2.5mA / 25mA / 0.25A	$\pm 3\%$
$\Omega$	2k $\Omega$ / 20k $\Omega$ / 200k $\Omega$ / 2M $\Omega$	$\pm 3\%$
	20M $\Omega$	$\pm 5\%$

Cat : YX merupakan merek luar negeri sedangkan TR<sub>N-A</sub> merupakan nomor seri avometer



**Gambar 2.12** Avometer Sunwei YX – 360TR<sub>N-A</sub>

**Sumber :** *Dokumentasi Pribadi*

Avometer Sunwei YX-360TR<sub>N-A</sub> memiliki spesifikasi sebagai berikut: untuk tegangan DC pada *range* 0,1 volt akurasinya sebesar  $\pm 5\%$ , sedangkan pada *range* 0.25 volt, 2.5 volt, 10 volt, 50 volt, 250 volt dan 1000 volt akurasinya sebesar  $\pm 3\%$ . Untuk tegangan AC pada *range* 10 volt, 50 volt, 250 volt dan 1000 volt akurasinya sebesar  $\pm 4\%$ . Untuk arus

<sup>23</sup> [www.ebay.com.au/itm/SUNWEI-YX-360TRN-ANALOGUE-METER-MULTITESTER-WITH-FUSE-DIODE-PROTECTION-AC-DC-/301265224290](http://www.ebay.com.au/itm/SUNWEI-YX-360TRN-ANALOGUE-METER-MULTITESTER-WITH-FUSE-DIODE-PROTECTION-AC-DC-/301265224290) diakses tanggal 27 Desember 2015

DC pada *range* 50 $\mu$ A, 2.5mA, 250mA, dan 0,25A akurasinya sebesar  $\pm 3\%$ . Terakhir untuk spesifikasi hambatan pada *range* 2k $\Omega$ , 20k $\Omega$ , 200k $\Omega$ , dan 2M $\Omega$  akurasinya sebesar  $\pm 3\%$ , sedangkan pada *range* 20M $\Omega$  akurasinya sebesar  $\pm 5\%$ .

#### 5. Avometer Masda YX – 360TR<sub>N</sub>

**Tabel 2.6** Spesifikasi Avometer Masda YX – 360TR<sub>N</sub><sup>24</sup>

<i>Function</i>	<i>Range</i>	<i>Accuracy</i>
DCV	0.1V / 0.5V / 2.5V / 10V / 50V / 250V / 1000V	$\pm 3\%$
ACV	10V / 50V / 250V / 1000V	$\pm 4\%$
DCA	50 $\mu$ A / 2.5mA / 25mA / 0.25A	$\pm 3\%$
$\Omega$	20 $\Omega$ / 200 $\Omega$ / 2K $\Omega$ / 20K $\Omega$ / 200K $\Omega$	$\pm 3\%$

Cat : YX merupakan merek luar negeri sedangkan TR<sub>N</sub> merupakan nomor seri avometer



**Gambar 2.13** Avometer Masda YX – 360TR<sub>N</sub>

**Sumber :** *Dokumentasi Pribadi*

Avometer Masda YX-360TR<sub>N</sub> memiliki spesifikasi sebagai berikut: untuk tegangan DC pada *range* 0.1 volt, 0.5 volt, 2.5 volt, 10 volt, 50 volt, 250 volt dan 1000 volt akurasinya sebesar  $\pm 3\%$ . Untuk tegangan AC pada *range* 10 volt, 50 volt, 250 volt dan 1000 volt akurasinya sebesar

<sup>24</sup>[http://id.aliexpress.com/store/product/Free-shipping-Analog-multimeter-yx-360trn-AC-DC-Volt-Ohm-current-Testing-Electrical-Multitester/622688\\_1587246094.html?storeId=622688](http://id.aliexpress.com/store/product/Free-shipping-Analog-multimeter-yx-360trn-AC-DC-Volt-Ohm-current-Testing-Electrical-Multitester/622688_1587246094.html?storeId=622688) diakses pada tanggal 7 Januari 2016

$\pm 4\%$ . Untuk arus DC pada *range*  $50\mu\text{A}$ ,  $2.5\text{mA}$ ,  $250\text{mA}$ , dan  $0.25\text{A}$  akurasi sebesar  $\pm 3\%$ . Terakhir untuk spesifikasi hambatan pada *range*  $20\Omega$ ,  $200\Omega$ ,  $2\text{K}\Omega$ ,  $20\text{K}\Omega$ , dan  $200\text{K}\Omega$  akurasi sebesar  $\pm 3\%$ .

#### 6. Avometer Heles SP-38D

**Tabel 2.7** Spesifikasi Avometer Heles SP-38D<sup>25</sup>

<i>Function</i>	<i>Range</i>	<i>Accuracy</i>
DCV	0.25V / 2.5V / 10V / 50V / 250V / 500V / 1000V	$\pm 3\%$
ACV	10V / 50V / 250V / 500V / 1000V	$\pm 5\%$
DCA	$250\mu\text{A}$ / 25mA / 0.5A	$\pm 3\%$
$\Omega$	$20\Omega$ / $200\Omega$ / $2\text{K}\Omega$	$\pm 3\%$

Cat : SP merupakan merek luar negeri sedangkan 38D merupakan nomor seri avometer



**Gambar 2.14** Avometer Heles SP-38D

**Sumber :** *Dokumentasi Pribadi*

Avometer Heles SP-38D memiliki spesifikasi sebagai berikut: untuk tegangan DC pada *range* 0.25 volt, 2.5 volt, 10 volt, 50 volt, 250 volt, 500 volt dan 1000 volt akurasi sebesar  $\pm 3\%$ . Untuk tegangan AC pada *range* 10 volt, 50 volt, 250 volt, 500 volt dan 1000 volt akurasi sebesar  $\pm 5\%$ . Untuk arus DC pada *range*  $250\mu\text{A}$ ,  $25\text{mA}$ , dan  $0.5\text{A}$

<sup>25</sup>Heles Electric Instrument, *Instruction Manual Heles, Tokyo, Japan*

akurasinya sebesar  $\pm 3\%$ . Terakhir untuk spesifikasi hambatan pada *range*  $20\Omega$ ,  $200\Omega$ ,  $2K\Omega$ , akurasinya sebesar  $\pm 3\%$ .

#### 7. Avometer Masda UX-78TR

**Tabel 2.8** Spesifikasi Avometer Masda UX-78TR<sup>26</sup>

<i>Function</i>	<i>Range</i>	<i>Accuracy</i>
DCV	0.25V / 2.5V / 10V / 50V / 250V / 1000V	$\pm 3\%$
ACV	10V / 50V / 250V / 1000V	$\pm 5\%$
DCA	50 $\mu$ A / 2.5mA / 25mA / 250mA	$\pm 3\%$
$\Omega$	2k $\Omega$ / 20k $\Omega$ / 200k $\Omega$ / 2M $\Omega$ / 20M $\Omega$	$\pm 3\%$

Cat : UX merupakan merek luar negeri sedangkan TR merupakan nomor seri avometer



**Gambar 2.15** Avometer Masda UX-78TR

**Sumber :** Dokumentasi Pribadi

Avometer Masda UX-78TR memiliki spesifikasi sebagai berikut: untuk tegangan DC pada *range* 0.25 volt, 2.5 volt, 10 volt, 50 volt, 250 volt, dan 1000 volt akurasinya sebesar  $\pm 3\%$ . Untuk tegangan AC pada *range* 10 volt, 50 volt, 250 volt, dan 1000 volt akurasinya sebesar  $\pm 5\%$ . Untuk arus DC pada *range* 50 $\mu$ A, 2.5mA, 25mA, dan 250mA akurasinya

<sup>26</sup>Masda Electric Instrument, *Instruction Manual Masda, Tokyo, Japan*

sebesar  $\pm 3\%$ . Terakhir untuk spesifikasi hambatan pada *range*  $2\text{k}\Omega$ ,  $20\text{k}\Omega$ ,  $200\text{k}\Omega$ ,  $2\text{M}\Omega$ , dan  $20\text{M}\Omega$  akurasi sebesar  $\pm 3\%$ .

#### 8. Avometer Sanwa YX360TRF

**Tabel 2.9** Spesifikasi Avometer Sanwa YX360TRF<sup>27</sup>

<i>Function</i>	<i>Range</i>	<i>Accuracy</i>
DCV	0.1V	$\pm 5\%$
	0.25V / 2.5V / 10V / 50V	$\pm 3\%$
	250V / 1000V	$\pm 3\%$
ACV	10V / 50V / 250V / 750V	$\pm 4\%$
DCA	$50\mu\text{A}$ / 2.5mA / 0,25A	$\pm 3\%$
$\Omega$	$2\text{k}\Omega$ / $20\text{k}\Omega$ / $200\text{k}\Omega$ / $2\text{M}\Omega$	$\pm 3\%$
	$200\text{M}\Omega$	$\pm 5\%$

Cat : YX merupakan merek luar negeri sedangkan TRF merupakan nomor seri avometer



**Gambar 2.16** Avometer Sanwa YX360TRF

Sumber : [http://www.eurosax.co.rs/eng/products\\_sanwa\\_yx360trf.php](http://www.eurosax.co.rs/eng/products_sanwa_yx360trf.php)

Avometer Sanwa YX360TRF memiliki spesifikasi sebagai berikut: untuk tegangan DC pada *Range* 0,1 volt akurasi sebesar  $\pm 5\%$ , pada *range* 0,25 volt, 2.5 volt, 10 volt dan 50 volt akurasi sebesar  $\pm 3\%$ , pada *range* 250 volt dan 1000 volt akurasi sebesar  $\pm 3\%$ . Untuk tegangan AC pada *range* 10 volt, 50 volt, 250 volt dan 1000 volt akurasi sebesar  $\pm 4\%$ . Untuk arus DC pada *range*  $50\mu\text{A}$ , 2.5mA, 0,25A akurasi sebesar  $\pm 3\%$ .

<sup>27</sup> Sanwa Electric Instrument, *Instruction Manual Sanwa*, Tokyo, Japan.

$\pm 3\%$ . Terakhir untuk spesifikasi hambatan pada *range*  $2\text{k}\Omega$ ,  $20\text{k}\Omega$ ,  $200\text{k}\Omega$  dan  $2\text{M}\Omega$  akurasi sebesar  $\pm 5\%$ .

#### 9. Avometer Masda YX-360TRes

**Tabel 2.10** Spesifikasi Avometer Masda YX-360TRes<sup>28</sup>

<i>Function</i>	<i>Range</i>	<i>Accuracy</i>
DCV	0.1V	$\pm 5\%$
	0.25V / 2.5V / 10V / 50V	$\pm 3\%$
	250V / 1000V	$\pm 3\%$
ACV	10V / 50V / 250V / 750V	$\pm 4\%$
DCA	$50\mu\text{A}$ / 2.5mA / 0,25A	$\pm 3\%$
$\Omega$	$2\text{k}\Omega$ / $20\text{k}\Omega$ / $200\text{k}\Omega$ / $2\text{M}\Omega$	$\pm 3\%$
	$200\text{M}\Omega$	$\pm 5\%$



**Gambar 2.17** Avometer Masda YX-360TRes

**Sumber:** Skripsi Rico Togi Olop Simamora, 2015 : hal. 20

Avometer Masda YX-360TRes memiliki spesifikasi sebagai berikut: untuk tegangan DC pada *range* 0,1 volt akurasi sebesar  $\pm 5\%$ , pada *range* 0,25 volt, 2.5 volt, 10 volt dan 50 volt akurasi sebesar  $\pm 3\%$ , pada *Range* 250 volt dan 1000 volt akurasi sebesar  $\pm 3\%$ . Untuk tegangan AC pada *range* 10 volt, 50 volt, 250 volt dan 1000 volt akurasi sebesar  $\pm 4\%$ . Untuk arus DC pada *range*  $50\mu\text{A}$ , 2.5mA, 0,25A

<sup>28</sup> Masda Electric Instrument, *Instruction Manual Masda*, Tokyo, Japan.

akurasi sebesar  $\pm 3\%$ . Terakhir untuk spesifikasi hambatan pada *range*  $2k\Omega$ ,  $20k\Omega$ ,  $200k\Omega$  dan  $2M\Omega$  akurasi sebesar  $\pm 5\%$ .

#### 10. Avometer Masda Masda DT830D

**Tabel 2.11** Spesifikasi Avometer Masda DT830D<sup>29</sup>

<i>Function</i>	<i>Range</i>	<i>Resolution</i>	<i>Accuracy</i>
DCV	200mV	100 $\mu$ V	$\pm 0.5\%$ of rdg $\pm 1D$
	2000mV	1mV	$\pm 0.5\%$ of rdg $\pm 3D$
	20V	10mV	$\pm 0.5\%$ of rdg $\pm 3D$
	200V	100mV	$\pm 0.5\%$ of rdg $\pm 3D$
	1000V	1V	$\pm 0.5\%$ of rdg $\pm 3D$
ACV	200V	100mV	$\pm 1.2\%$ of rdg $\pm 10D$
	750V	1V	$\pm 1.2\%$ of rdg $\pm 10D$
DCA	2000 $\mu$ A	1 $\mu$ A	$\pm 1\%$ of rdg $\pm 2D$
	20mA	10 $\mu$ A	$\pm 1\%$ of rdg $\pm 2D$
	200mA	100 $\mu$ A	$\pm 1.2\%$ of rdg $\pm 5D$
	10A	10mA	$\pm 2\%$ of rdg $\pm 2D$
$\Omega$	200 $\Omega$	100m $\Omega$	$\pm 1.0\%$ of rdg $\pm 8D$
	2000 $\Omega$	1 $\Omega$	$\pm 1.2\%$ of rdg $\pm 8D$
	20k $\Omega$	10 $\Omega$	$\pm 1.2\%$ of rdg $\pm 8D$
	200k $\Omega$	100 $\Omega$	$\pm 1.2\%$ of rdg $\pm 8D$
	2000k $\Omega$	1k $\Omega$	$\pm 1.2\%$ of rdg $\pm 8D$



**Gambar 2.18** Avometer Masda DT830D

**Sumber :** Sumber: Skripsi Rico Togi Olop Simamora, 2015 : hal. 21

Avometer Masda DT830D memiliki spesifikasi sebagai berikut:  
untuk tegangan DC pada *range* 200mV, 2000mV, 20 volt, 200 volt, 1000

<sup>29</sup> Masda Electric Instrument, *Digital Multimeter Masda DT830D*, Tokyo, Japan

volt akurasi sebesar  $\pm 0.5\%$ . Untuk tegangan AC pada *range* 200 volt, dan 750 volt akurasi sebesar  $\pm 1.2\%$ . Untuk arus DC pada *range* 2000 $\mu$ A dan 20mA akurasi sebesar  $\pm 1\%$ , *range* 200mA akurasi sebesar  $\pm 1.2\%$ , *range* 10A akurasi sebesar  $\pm 2\%$ . Terakhir untuk spesifikasi hambatan pada *range* 200 $\Omega$  akurasi sebesar  $\pm 1\%$ , 2000 $\Omega$ , 20k $\Omega$ , 200k $\Omega$  dan 2M $\Omega$  akurasi sebesar  $\pm 1.2\%$

#### 2.1.11 Kalibrasi Avometer

Kalibrasi diperlukan untuk melihat tingkat ketelitian avometer dibandingkan dengan kalibrator standar (MC5) atau yang mempunyai tingkat ketelitian tinggi yang sudah diketahui. Kalibrasi bisa juga dilakukan sendiri dengan membandingkan tingkat ketelitiannya dengan kalibrator yang telah dikalibrasi.

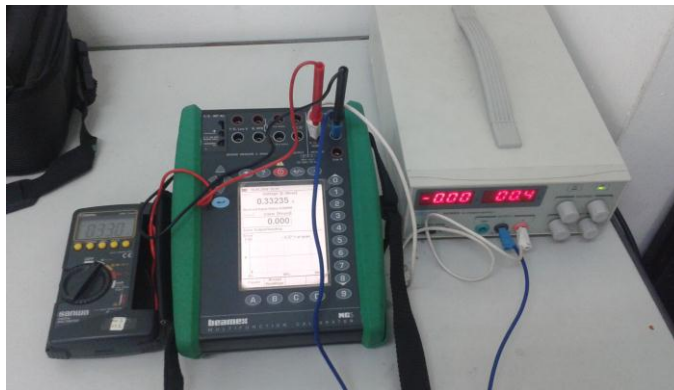
##### a) Kalibrasi Tegangan<sup>30</sup>

Prosedur kalibrasi dilakukan dengan langkah-langkah di bawah ini.

- 1) Pilih kalibrator standar dengan tingkat ketelitian 0,1% sampai 0,5%.
- 2) Rangkaian kalibrasi tegangan disusun seperti gambar 2.19 di bawah ini.
- 3) Batas ukur ditetapkan misalnya pada batas ukur 30 Volt.
- 4) Tegangan sumber divariasikan sepanjang harga dari 0 sampai 30 Volt misalnya dengan jarak pengaturan 3 Volt.
- 5) Dan terakhir membuat tabel pengamatan.

---

<sup>30</sup> Mike Cable, *Calibration: A Technician's Guide*, Amerika Serikat : ISA, 2007, hlm. 81

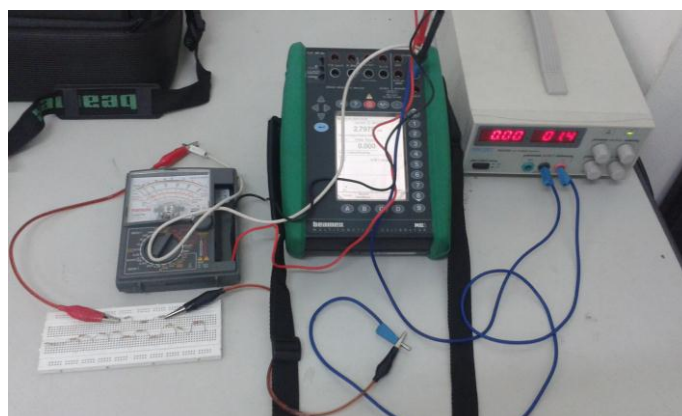


**Gambar 2.19** Kalibrasi Tegangan Avometer

b) Kalibrasi Arus<sup>31</sup>

Prosedur kalibrasi dilakukan dengan langkah-langkah di bawah ini.

- 1) Pilih kalibrator standar dengan tingkat ketelitian 0,1% sampai 0,5%.
- 2) Rangkaian kalibrasi arus disusun seperti gambar 2.20 di bawah ini.
- 3) Batas ukur ditetapkan misalnya pada batas ukur 70mA.
- 4) Tegangan sumber divariasikan dari 0 sampai 21 Volt misalnya dengan jarak pengaturan 2,1 Volt.
- 5) Dan terakhir membuat tabel pengamatan.



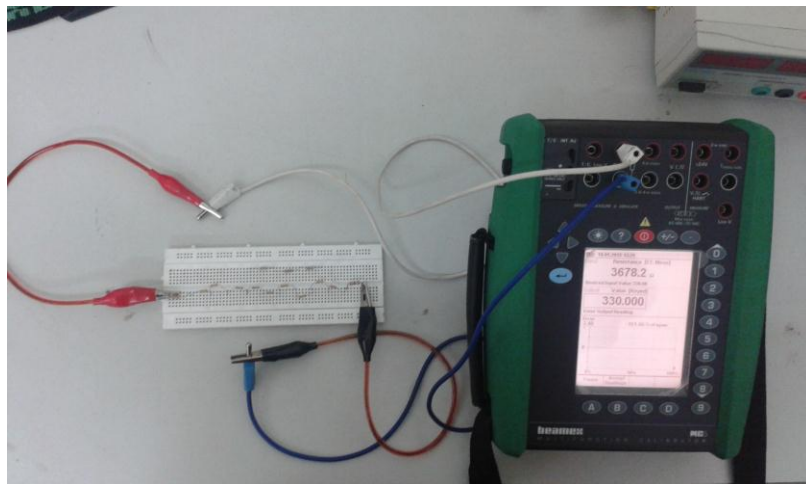
**Gambar 2.20** Kalibrasi Arus Avometer

<sup>31</sup> Mike Cable, *Calibration: A Technician's Guide*, Amerika Serikat : ISA, 2007, hlm. 87

c) Kalibrasi Tahanan<sup>32</sup>

Prosedur kalibrasi dilakukan dengan langkah-langkah di bawah ini.

- 1) Pilih kalibrator standar dengan tingkat ketelitian 0,1% sampai 0,5%.
- 2) Rangkaian kalibrasi arus disusun seperti gambar 2.21 di bawah ini.
- 3) Batas ukur ditetapkan misalnya pada batas ukur 3630 $\Omega$ .
- 4) Nilai tahanan divariasasi dari 330 $\Omega$  sampai 3630 $\Omega$  misalnya dengan jarak pengaturan 330 $\Omega$ .
- 5) Dan terakhir membuat tabel pengamatan.



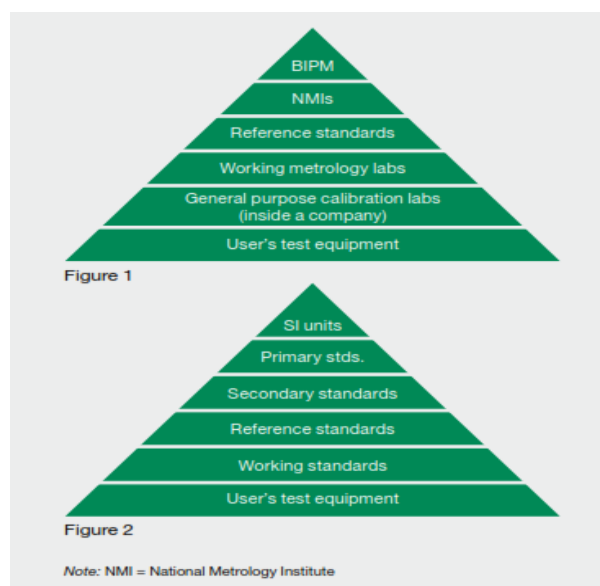
**Gambar 2.21** Kalibrasi Tahanan Avometer

#### 2.1.12 Multifunction Calibrator (MC5)

MC5 atau *Multifunction Calibrator* merupakan suatu kalibrator multifungsi yang dirancang khusus untuk kalibrasi. Kalibrasi berkaitan dengan memahami nilai hasil pengukuran yang akurat. Alasan utama dilakukan kalibrasi yaitu karena instrumen (alat ukur) telah kehilangan kemampuannya untuk memberikan pengukuran yang akurat sehingga

<sup>32</sup> Mike Cable, *Calibration: A Technician's Guide*, Amerika Serikat : ISA, 2007, hlm. 90

diperlukan kalibrasi terhadap instrumen tersebut. MC5 berkemampuan dalam mengkalibrasikan *signal* tekanan, suhu, listrik hingga frekuensi. Sebagai anggota keluarga kalibrasi QCAL berkualitas Beamex tentunya dapat berkomunikasi dengan perangkat lunak kalibrasi QCAL<sup>33</sup>. Berikut ini merupakan tingkatan sertifikasi kalibrasi mulai dari tingkat terendah hingga tertinggi.



**Gambar 2.22** Rantai Kalibrasi  
**Sumber :** *Beamex Book Ultimate Calibration*

Untuk sertifikasi dan pemenuhan (EC pernyataan kesesuaian), MC5 telah tersertifikasi sesuai dengan petunjuk EMC 89/336/EEC yaitu:

- a. EN 50081-1 Emis.
- b. EN 50081-1 Kekebalan.
- c. EN 61000-3-2 Arus harmonik.
- d. EN 61000-3-3 Fluktuasi tegangan.

Dan untuk tegangan rendah sesuai petunjuk 73/23/EEC yaitu:

<sup>33</sup>Beamex Oy Ab, *Multifunction Calibrator User Guide*, Finland: Beamex, 2003, hlm. 8

e. EN 60950 *Low voltage*.

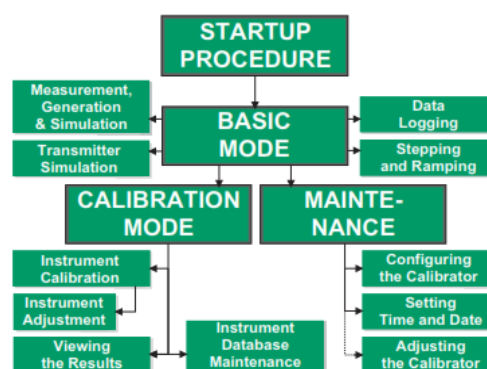
MC5 kalibrator adalah alat kalibrasi presisi yang harus digunakan oleh orang-orang yang terampil bekerja dengan MC5 melibatkan penggunaan instrumen tekanan, suhu dan listrik.



**Gambar 2.23** MC5

**Sumber :** *Dokumentasi Pribadi*

Bagan dibawah menjelaskan bahwa semua fungsi utama ditandai dengan perbatasan hitam. Setiap fungsi utama memiliki beberapa tugas yang ditampilkan seperti kotak yang diarsir tanpa batas hitam.



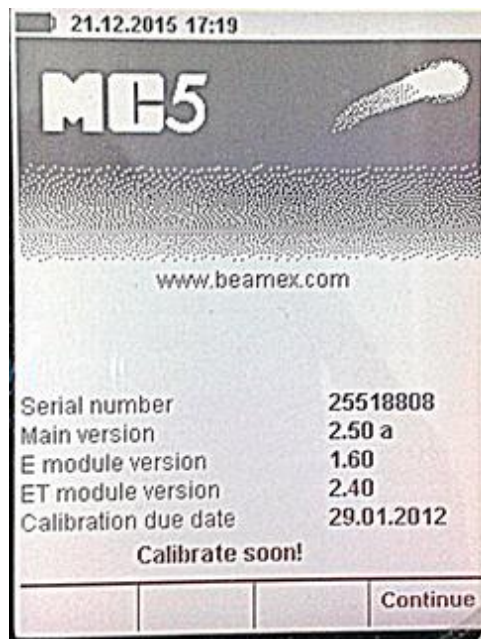
*MC5 menu structure*

**Gambar 2.24** Bagan Fungsi *Firmware*

**Sumber :** *Beamex Book Ultimate Calibration*

### 1. Prosedur Startup

Ketika MC5 dimulai, gambar *startup* muncul. Setelah itu, beberapa informasi dasar dari kalibrator ini akan muncul dibagian bawah dari layar, kemudian tekan tombo D / Continue untuk melihat informasi dari kalibrasi tersebut.



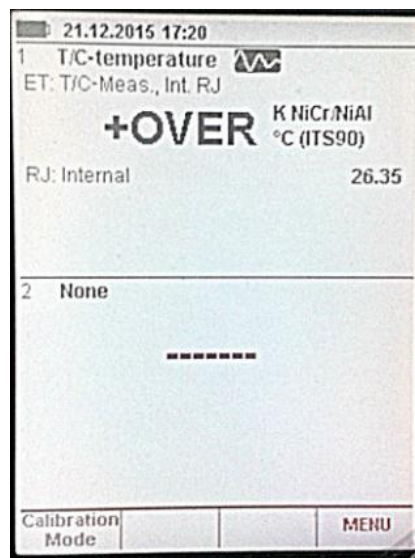
**Gambar 2.25** Tampilan *Startup* MC5  
**Sumber :** *Dokumentasi Pribadi*

## 2. Mode Dasar

Setiap kali MC5 diaktifkan, prosedur *startup* berakhir dalam *mode* dasar. Semua *non*-kalibrasi pengukuran yang berhubungan dan generasi dilakukan dengan *mode* dasar. Singkatnya dalam *mode* dasar MC5 bekerja seperti multimeter berkualitas tinggi.

Dalam *mode* dasar tersedia dua macam pengaturan baik itu pengaturan sesuai dengan keluaran pabrik atau pengaturan berdasarkan pemakaian selanjutnya (untuk memulai kalibrasi).

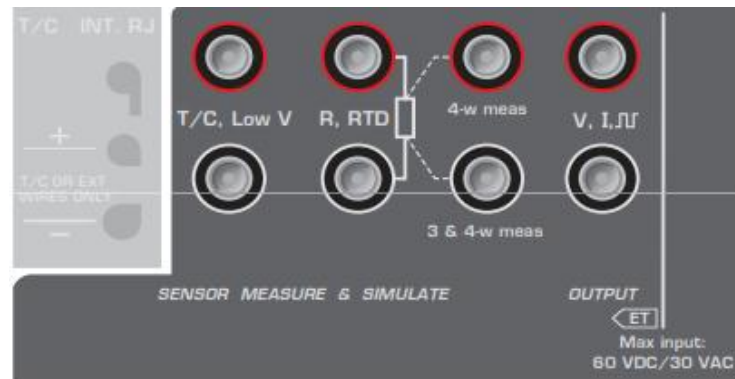
Ketika menekan tombol D / menu, lalu muncul jendela 1 yang akan membuka pengaturan menu yang tersedia. Menu lain yang mungkin dapat dipilih adalah B / jendela 2 dan C / lainnya. Dan untuk memulai kalibrasi, tekan tombol A / *Calibration Mode*. Gambar berikut merupakan contoh tampilan mode dasar / *Basic Mode*.



**Gambar 2.26** Tampilan Layar *Mode Dasar*  
**Sumber :** *Dokumentasi Pribadi*

### 3. Pengukuran

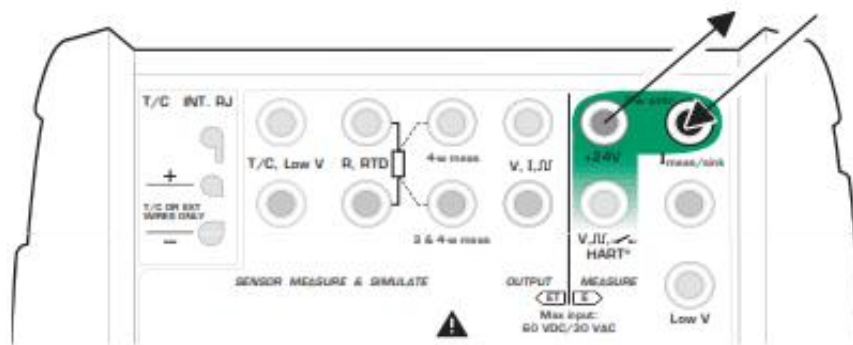
Semua pengukuran dalam *mode* dasar pertama-tamamengharuskan untuk memilih jendela yang digunakan (perintah: mulai dengan D / menu dan teruskan dengan A / Pengaturan jendela 1 atau B / pengaturan jendela 2). Setiap pengukuran juga memiliki setidaknya satu gambar dengan lingkaran sekitar terminal MC5, seperti gambar dibawah ini:



**Gambar 2.27** Terminal MC5

**Sumber :** *Beamex Book Ultimate Calibration*

Lingkaran menunjukkan terminal aktif untuk setiap pengaturan *quantity* dan *function port* dalam menu *windows*. Jika gambar memiliki lebih dari dua terminal dilingkari, maka bagian yang lebih ringanlah yang opsional. Pada gambar berikut, terminal HART adalah opsional selama pengukuran saat ini.



**Gambar 2.28** Opsional Terminal HART

**Sumber :** *Beamex Book Ultimate Calibration*

#### 4. Pengukuran Tegangan

Langkah kerja dalam melakukan pengukuran tegangan dengan MC5 yaitu : Pertama, rangkai alat dan bahan dengan cara:

- a. Siapkan kabel dan capit buaya lalu sambungkan *port* positif *power supply* ke *port V.HART MC5*.
- b. Siapkan kabel dan capit buaya lalu sambungkan *port* *Imeas/sink MC5* ke *port* negatif *power supply*.

Kedua, konfigurasi alat *multifunction calibration* (MC5) untuk *mensetting* tegangan sesuai prosedur dengan cara:

- a. Proses *startup* klik *continue* lalu *calibrationmode* lalu klik menu “*create new instrument*”
- b. Untuk instrument *input* pilih “*voltage*”, lalu klik “ok / tombol D”
- c. Untuk instrument *output* pilih “*value*”, lalu klik “ok / tombol D”
- d. Pada “*Instrument General Data*”
  - *Position ID* diisi dengan pengkodean avometer (dalam hal ini pengkodean dibuat versi kode sendiri)
  - *Position name* diisi dengan merk avometer
  - *Device ID* di isi dengan jenis avometer (analog atau digital)
  - *Serial Number* diisi dengan *type* atau no.seri Avometer
  - *Error calc. Method %of span*
  - *Reject if >* (diisi sesuai dengan batas toleransi arus pada *user guide* avometer yang ingin dikalibrasi)
  - *Adjust if, Do not adjust if, Adjust to* di-skip (dalam teknik ini belum dibutuhkan)
  - Kemudian klik “*next page*” (tombol B)
- e. Untuk “*Instrument Input*” pilih *voltage*
  - *Input Method* : *Measured*
  - *Port* : E
  - *Unit* : V
  - *Range* 0% : 0  
100% : 30
  - *Next Page* (tombol B)
- f. Untuk “*Instrument output*” pilih *value*
  - *Output Method*: *Keyed*
  - *Port* : *None*
  - *Unit* :
  - *Range* 0% : 0

100% : 30

- *Next Page* (tombol B)

g. Untuk “*Calibration Settings*” *voltage*

- *Calibration Method* : *Manual*
- *Calibration Points* : 11↑↓
- *Setpoint Delay* : 5.00 s
- *Maximum Allowed Calibration Point Deviation* < 0.00%
- *Calibrations Repeats*
- *As Found* 0
- *As Left* 1
- *Cal. Period, Days* < 180 days
- *Next Page* (tombol B)

h. Untuk “*Calibration Instructions*”

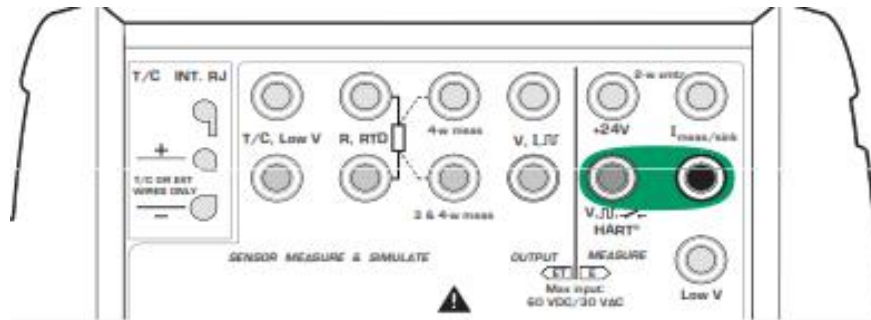
- *Starting Guide*
  - *Adjustment Guide*
  - *Finishing Guide*
- Semua di-*skip* karena dalam hal ini belum diperlukan
- Setelah selesai klik *save*(tombol A)

i. Untuk tahap terkahir, klik “*calibrate* / tombol C” kemudian klik “*start* / tombol B”

Ketiga, nyalakan *power supply* lalu berikan tegangan sesuai dengan sample yang kita inginkan. Keempat, catat hasil pengukuran yang ditampilkan oleh avometer ke dalam contoh tabel (lihat tabel 3.1) lalu masukan data hasil pengukuran tersebut ke dalam MC5 (lihat gambar 3.9).

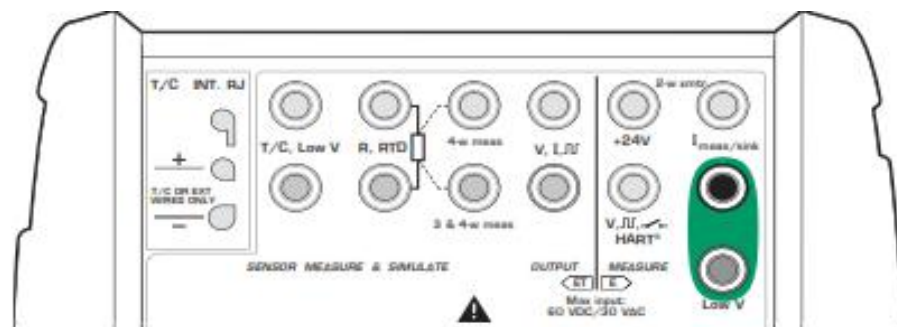
Untuk mengukur tegangan ada dua pilihan / opsi diantaranya :

1. Pilih fungsi / *port* E : V ( pengukuran ) dan memilih *Unit* yang sesuai selanjutnya MC5 akan menampilkan tegangan yang diukur pada jendela (*windows*) yang telah dipilih. Peringatan, jangan pernah mengukur tegangan lebih di atas 50V DC karena itu akan melebihi batas kemampuan kalibrator dalam mengukur.

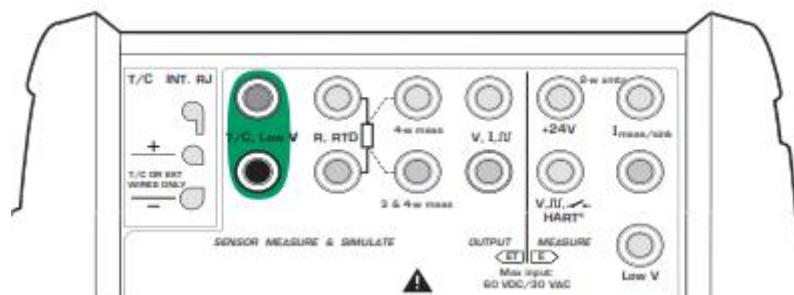


**Gambar 2.29** E: V (Meas)  $\pm$  50V  
**Sumber :** Beamex Book Ultimate Calibration

2. Untuk mengukur tegangan rendah fungsi / port ET: LowV (Meas) atau E: Low (Mea) dan memilih Unit yang sesuai berikut adalah contoh gambarnya:



**Gambar 2.30** E : LowV (Meas)  $\pm$  1V  
**Sumber :** Beamex Book Ultimate Calibration



**Gambar 2.31** ET : LowV (Meas)  $\pm$  500mV  
**Sumber :** Beamex Book Ultimate Calibration

## 5. Pengukuran Arus

Langkah kerja dalam melakukan pengukuran arus dengan MC5 yaitu : Pertama, rangkai alat dan bahan dengan cara:

- a. Siapkan kabel dan capit buaya, lalu sambungkan *port* negatif *power supply* ke *port I meas/sink* MC5
- b. Siapkan kabel dan capit buaya lalu sambungkan *port 2-w xmtr* MC5 ke rangkaian resistor  $100\Omega$  yang disusun secara seri di *protoboard*
- c. Terakhir sambungkan *port* positif *power supply* ke rangkaian resistor  $100\Omega$

Kedua, konfigurasi alat *multifunction calibration* (MC5) untuk mensetting arus sesuai prosedur dengan cara:

- a. Proses *startup* klik *continue* lalu *calibrationmode* lalu klik menu “*create new instrument*”
- b. Untuk instrument *input* pilih “*current*”, lalu klik “ok / tombol D”
- c. Untuk instrument *output* pilih “*value*”, lalu klik “ok / tombol D”
- d. Pada “*Instrument General Data*”
  - Position ID diisi dengan pengkodean avometer (dalam hal ini pengkodean dibuat versi kode sendiri)
  - *Position* name diisi dengan merk avometer
  - *Device ID* di isi dengan jenis avometer (analog atau digital)
  - *Serial Number* diisi dengan *type* atau no.seri avometer
  - *Error calc. Method %of span*
  - *Reject if >* (diisi sesuai dengan batas toleransi arus pada *user guide* avometer yang ingin dikalibrasi)
  - *Adjust if, Do not adjust if, Adjust to* di-skip (dalam teknik ini belum dibutuhkan)
  - Kemudian kllik “next page” (tombol B)

e. Untuk “*Instrument Input*” pilih *current*

- *Input Method* : *Measured*
- *Port* : E
- *Unit* : mA
- *Range* 0% : 0  
100% : 70
- *Next Page* (tombol B)

f. Untuk “*Instrument output*” pilih *value*

- *Output Method*: *Keyed*
- *Port* : *None*
- *Unit* :
- *Range* 0% : 0  
100% : 70
- *Next Page* (tombol B)

g. Untuk “*Calibration Settings*” *current*

- *Calibration Method* : *Measured*
- *Calibration Points* : 11↑↓
- *Setpoint Delay* : 5.00 s
- *Maximum Allowed Calibration Point Deviation* < 0.00%
- *Calibrations Repeats*
- *As Found* 0
- *As Left* 1
- *Cal. Period, Days* < 180 days
- *Next Page* (tombol B)

h. Untuk “*Calibration Instructions*”

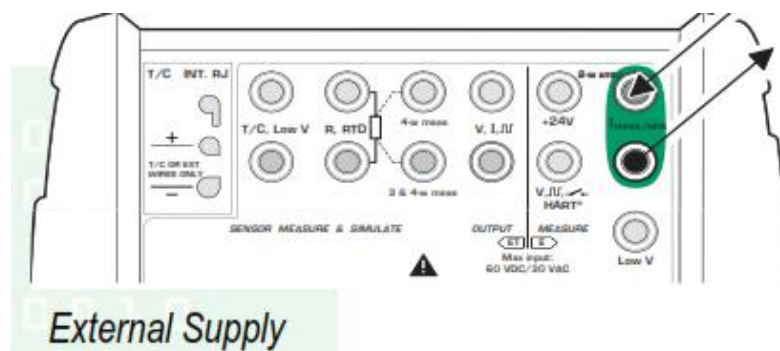
- *Starting Guide*
- *Adjustment Guide*
- *Finishing Guide*  
Semua di-*skip* karena dalam hal ini belum diperlukan
- Setelah selesai klik *save* (tombol A)

i. Untuk tahap terakhir, klik “*calibrate* / tombol C” kemudian klik “*start* / tombol B”

Ketiga, nyalakan *power supply* lalu berikan tegangan sesuai dengan sample yang kita inginkan. Keempat, catat hasil pengukuran yang ditampilkan oleh avometer ke dalam contoh tabel (lihat tabel 3.2)

lalu masukan data hasil pengukuran tersebut ke dalam MC5 (lihat gambar 3.20)

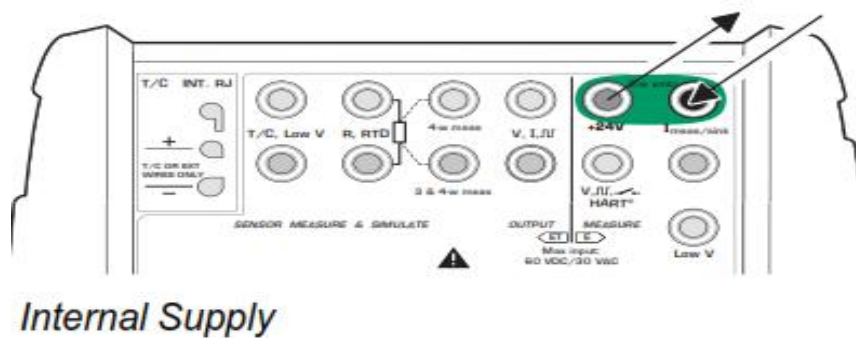
Ketika rangkaian pengukuran menggunakan catut daya *eksternal*, maka terminal yang digunakan seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



**Gambar 2.32** Pengukuran Arus dengan *Eksternal Supply*  
**Sumber :** *Beamex Book Ultimate Calibration*

*Internal supply*

Bila MC5 ingin menggunakan 24 V untuk memasok rangkaian pengukuran, maka gunakan terminal terlihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2.32** Pengukuran Arus dengan *Internal Supply*  
**Sumber :** *Beamex Book Ultimate Calibration*

## 6. Pengukuran Tahanan

Langkah kerja dalam melakukan pengukuran tegangan dengan MC5 yaitu : Pertama, rangkai alat dan bahan dengan cara:

- a. Siapkan kabel dan capit buaya lalu sambungkan *port* merah R, RTD MC5 ke rangkaian resistor  $330\Omega$  yang disusun secara seri
- b. Siapkan kabel dan capit buaya lalu sambungkan *port* hitam R, RTD MC5 ke rangkaian resistor  $330\Omega$  yang disusun secara seri

Kedua, konfigurasi alat *multifunction calibration* (MC5) untuk menyeting arus sesuai prosedur dengan cara:

- a. Proses *startup* klik *continue* lalu *calibrationmode* lalu klik menu “*create new instrument*”
- b. Untuk instrument *input* pilih “*resistance*”, lalu klik “ok”
- c. Untuk instrument *output* pilih “*value*”, lalu klik “ok”
- d. Pada “*Instrument General Data*”
  - *Position ID* diisi dengan pengkodean avometer (dalam hal ini pengkodean dibuat versi kode sendiri)
  - *Position name* diisi dengan merk avometer
  - *Device ID* di isi dengan jenis avometer (analog atau digital)
  - *Serial Number* diisi dengan *type* atau no.seri avometer
  - *Error calc. Method %of span*
  - *Reject if >* (diisi sesuai dengan batas toleransi arus pada *user guide* avometer yang ingin dikalibrasi)
  - *Adjust if, Do not adjust if, Adjust to* di-skip (dalam teknik ini belum dibutuhkan)
  - Kemudian klik “*next page*” (tombol B)
- e. Untuk “*Instrument Input*” pilih *resistance*
  - *Input Method* : *Measured*
  - *Port* : ET
  - *Unit* :  $\Omega$
  - *Range 0%* : 330
  - *100%* : 3630
  - *Next Page* (tombol B)

f. Untuk “*Instrument output*” pilih *value*

- *Output Method: Keyed*
- *Port : None*
- *Unit :*
- *Range 0% : 330*  
*100% : 3630*
- *Next Page*

g. Untuk “*Calibration Settings*” *resistance*

- *Calibration Method : Manual*
- *Calibration Points : 11↑↓*
- *Setpoint Delay : 5.00 s*
- *Maximum Allowed Calibration Point Deviation < 0.00%*
- *Calibrations Repeats*
- *As Found 0*
- *As Left 1*
- *Cal. Period, Days < 180 days*
- *Next Page(tombol B)*

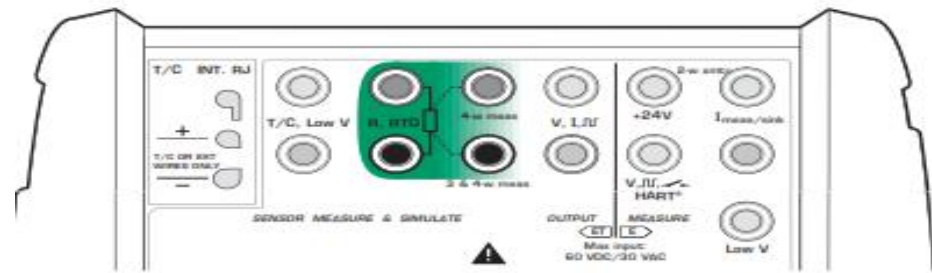
h. Untuk “*Calibration Instructions*”

- *Starting Guide*
  - *Adjustment Guide*
  - *Finishing Guide*
- Semua di-*skip* karena dalam hal ini belum diperlukan
- Setelah selesai klik *save* (tombol A)

i. Untuk tahap terakhir, klik “*calibrate / tombol C*” kemudian klik “*start / tombol B*”

Ketiga, catat hasil pengukuran yang ditampilkan oleh avometer ke dalam contoh tabel (lihat tabel 3.4) lalu masukan data hasil pengukuran tersebut ke dalam MC5 (lihat gambar 3.31).

Untuk melakukan pengukuran tahanan pada MC5, *port* yang digunakan seperti gambar berikut.



**Gambar 2.34** Tampilan MC5 untuk Pengukuran Tahanan  
**Sumber:** *Beamex Book Ultimate Calibration*

## 7. Kalibrasi

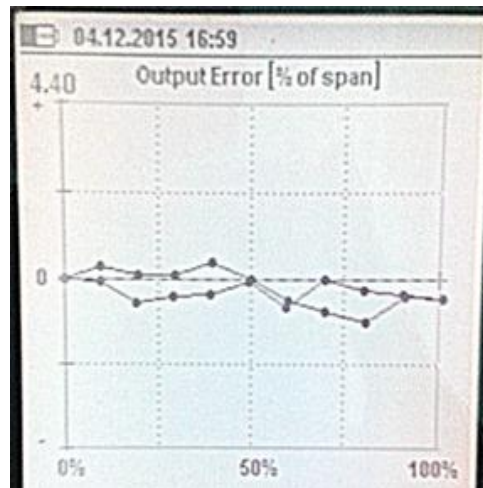
MC5 adalah kalibrator yang berdiri sendiri serta kalibrator yang dapat dikomunikasikan dengan perangkat lunak kalibrasi MC5 mendukung kalibrasi yang berdiri sendiri dan *off-line* kalibrasi. Daftar berikut secara ringkas menjelaskan metode ini:

- a. Dalam kalibrasi yang berdiri sendiri semua data instrumen dan hasil kalibrasi disimpan dalam memori MC5 ini. Sama sekali tidak menggunakan *database* kalibrasi *eksternal*
- b. Dalam *off-line* kalibrasi (kadang-kadang juga disebut kalibrasi *batch*), data instrumen di-*download* dari perangkat lunak kalibrasi. Kalibrasi ini dilakukan seperti pada kalibrasi yang berdiri sendiri, tetapi prosedur kalibrasi di-*download* dari perangkat lunak serta hasilnya disimpan (di-*upload*) ke perangkat lunak kalibrasi.

*Off-line* kalibrasi membutuhkan QCAL. Ini membutuhkan kabel komunikasi komputer untuk menghubungkan MC5 ke *port* serial PC.

## 8. As Found Calibration

*As Found Calibration* mendokumentasikan keadaan instrumen sebelum melakukan penyesuaian. Kalibrasi menyatakan jumlah penyimpangan dalam instrumen selama periode kalibrasi.



**Gambar 2.35** Grafik *As Found Calibration*  
**Sumber :** *Dokumentasi Pribadi*

## 9. Adjustment

MC5 menghitung (di antara angka lain) kesalahan maksimum yang ditemukan selama kalibrasi. Tergantung pada nilai kesalahan maksimum, penyesuaian instrumen dapat dilakukan juga dapat diabaikan, tergantung keinginan kebutuhan. MC5 mendukung empat pengaturan kesalahan batas yang berbeda:

- a. *Reject if* (tolak jika) akseptasi batas kesalahan maksimum ditemukan.
- b. *Adjust if* (sesuaikan jika) instrumen perlu disesuaikan jika telah melampaui batas yang ditentukan
- c. *Do not adjust if* menyesuaikan instrumen yang tidak perlu.

- d. *Adjust to* (sesuaikan dengan) setelah disesuaikan kesalahan maksimum tidak boleh melebihi batas.

10. *As Left Calibration*

*As Left Calibration* hanya digunakan setelah *as found calibration*. *as left calibration* mendokumentasi keadaan instrumen setelah penyesuaian yang memungkinkan MC5 tidak mengharuskan untuk menyimpan *as left calibration*. Jika *as found calibration* terbukti baik dan penyesuaian tidak diperlukan, sehingga dapat menghilangkan *as left calibration*.

11. *Input dan Output*

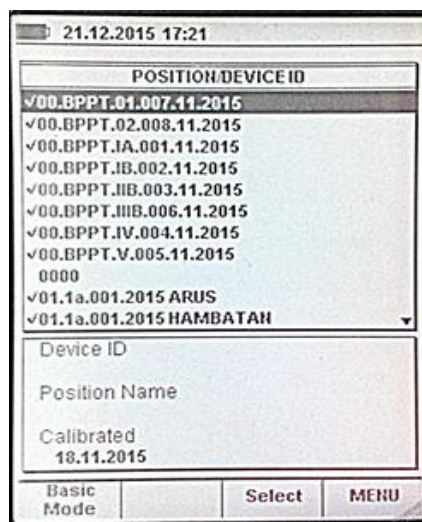
Prinsip umumnya adalah modul yang sama tidak dapat digunakan untuk kedua *input* dan *output*. Namun ada beberapa pengecualian untuk aturan bahwa:

- a. Jika sinyal *input* adalah sinyal arus yang akan diukur atau dihasilkan menggunakan modul E, maka setiap kuantitas dengan menggunakan *mode output* HART juga dapat dihubungkan ke modul E.
- b. Jika saat memeriksa modul yang diperlukan baik *input* dan *output* adalah ET maka sinyal *input* dan *output* dihubungkan ke modul ET.

Tabel penyesuaian untuk pilihan *output* dan *input* terdapat dalam lembar lampiran.

## 12. Mengkalibrasi Instrumen

Pindahkan *mode* kalibrasi dari *basicmode* menjadi *calibrationmode*. Daftar instrumen yang telah disimpan dalam MC5 akan muncul. Jika tidak memiliki data setiap instrumen dalam memori MC5, maka bisa *men-download* dari perangkat lunak kalibrasi atau membuat daftar instrumen di MC5.



**Gambar 2.36** Tampilan Data Kalibrasi

**Sumber :** *Dokumentasi Pribadi*

## 13. Jendela Instrumen

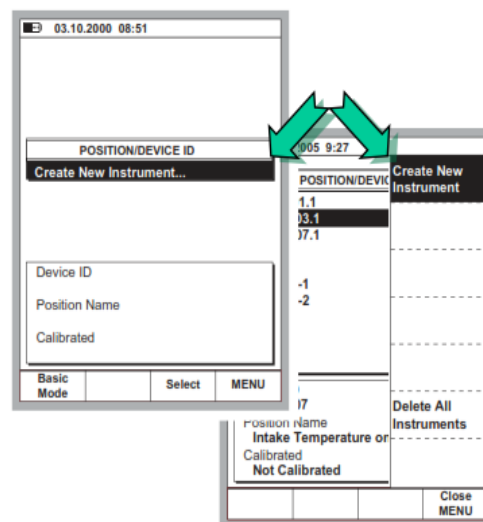
*Instrument window* memberikan gambaran instrumen yang dipilih. Melihat data instrumen secara rinci dengan memilih *View Instrument Details*. Dapat juga mengedit data instrumen yang telah dibuat, untuk mengedit data instrumen pilihlah data. Selanjutnya untuk mengkalibrasi cukup tekan *calibrate* maka kalibrasi dapat dimulai.



**Gambar 2.37** Tampilan Jendela Instrumen  
**Sumber :** *Dokumentasi Pribadi*

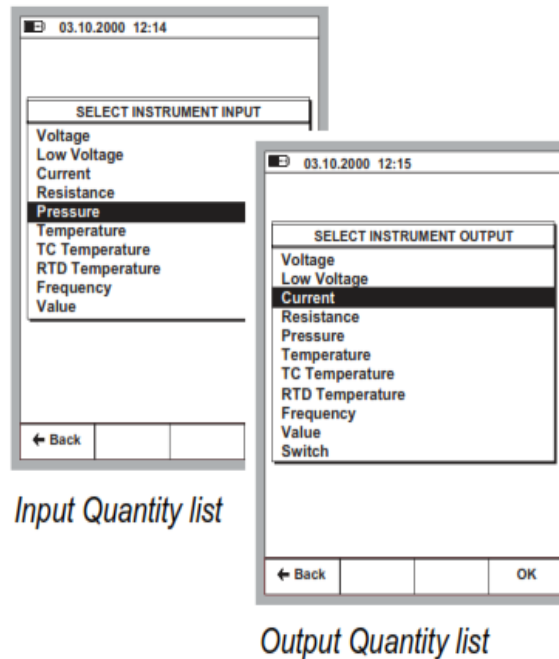
#### 14. Membuat Instrumen Baru

Jika ingin membuat instrumen baru caranya adalah pilih *create new instrument*.



**Gambar 2.38** Membuat Instrumen Baru  
**Sumber :** *Beamex Book Ultimate Calibration*

Kemudian setelah membuat instrumen baru pilih kuantitas *input* dan *output* sesuai kebutuhan. Seperti gambar dibawah ini :



**Gambar 2.39** Pilihan *input* dan *output*  
**Sumber :** *Beamex Book Ultimate Calibration*

#### 15. Meng-edit Instrumen Data

Peng-*edit*-an terhadap instrumen data dapat dilakukan untuk menyesuaikan dengan kebutuhan, baik itu *general* data, *input*data, *output*data, pengaturan kalibrasi, hingga instruksi kalibrasi.

##### a. *Instrument General* data (halaman umum data).

Mengubah formula perhitungan kesalahan dan membatasi kesalahan sesuai dengan kebutuhan penelitian. Nilai nol dalam bidang batas kesalahan berarti bahwa batas tersebut tidak dibandingkan dengan kesalahan maksimum yang dihitung.

19.10.2000 10:04	
<b>INSTRUMENT GENERAL DATA</b>	
Position ID	PT 101.6
Position Name	Feed 3, pressure
Device ID	[REDACTED]
Device Name	
Error Calc. Method	% of span
Reject if	> 0.50
Adjust if	> 0.30
Do not Adjust if	< 0.10
Adjust to	< 0.10
Save	Next page
Edit	MENU

*Instrument General Data page*

**Gambar 2.40** Tampilan Umum Instrumen Data  
**Sumber :** *Beamex Book Ultimate Calibration*

b. *Instrument Input Page* (halaman *input*)

*Instrument input page* memuat 3 bagian utama, yaitu : *input method*, *Unit*, dan *Range*.

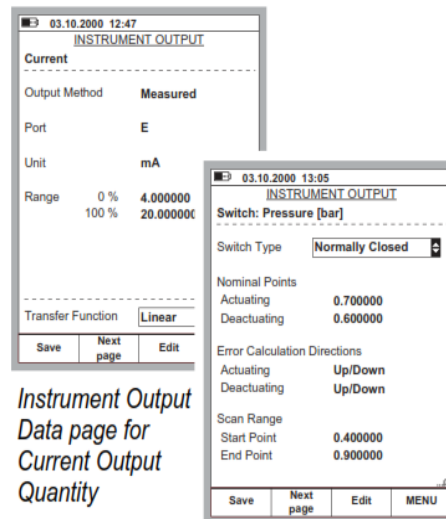
27.09.2001 13:01	
<b>INSTRUMENT INPUT</b>	
<b>Pressure</b>	
Input Method	Controlled
Port 1	INT1C
Pressure Type	Gauge
Unit	bar
Range	0 % 0.000000 100 % 1.000000
Sensor Supply	ET:V(gen)
Level	??? V
Save	Next Page
Edit	MENU

*Instrument Input Data page for Pressure Input Quantity*

**Gambar 2.41** Tampilan Instrumen *Input*  
**Sumber :** *Beamex Book Ultimate Calibration*

c. *Instrument OutputRange*

*Instrument output* memiliki kuantitas yang hampir sama dengan *instrument input*.



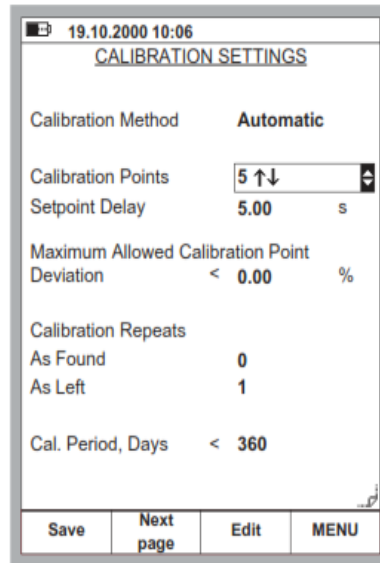
*Instrument Output  
Data page for  
Current Output  
Quantity*

*Instrument Output Data  
page for Switches*

**Gambar 2.42** Tampilan instrumen *output*  
**Sumber :** *Beamex Book Ultimate Calibration*

16. Pengaturan Halaman Kalibrasi

Pengaturan *setpoint delay* adalah penggunaan ketika Metode kalibrasi diatur ke otomatis. Hal ini mendefinisikan beberapa lama MC5 menunggu sebelum menyimpan nilai nilai *input* dan *output* setelah nilai masukan diubah menjadi titik kalibrasi manual dan otomatis.



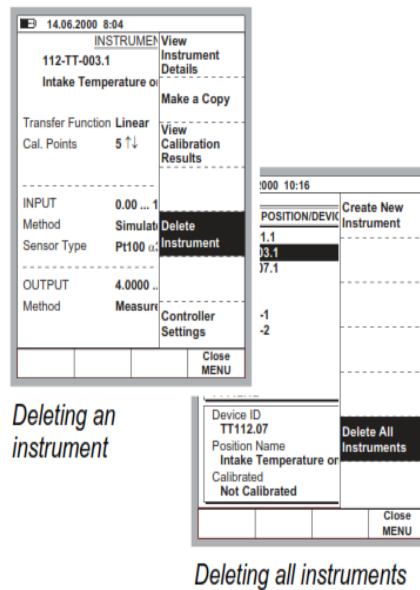
*Calibration Settings page*

**Gambar 2.43** Tampilan Pengaturan Kalibrasi  
**Sumber :** *Beamex Book Ultimate Calibration*

#### 17. Menghapus Instrumen

Jika ingin membebaskan beberapa memori atau tidak memerlukan lagi data instrumen tertentu. Maka dapat menghapus instrumen dari memori.

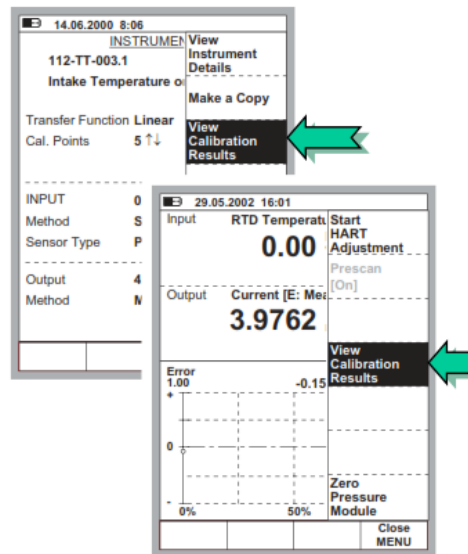
Untuk menghapus semua instrumen tekan menu *delete all instrument* dan untuk menghapus satu instrumen, pilih instrumen yang akan dihapus dari daftar *position ID*. Lalu buka instrumen tersebut dan tekan D / Menu setelah itu *delete instrument*.



**Gambar 2.44** Cara Menghapus Instrumen  
**Sumber :** *Beamex Book Ultimate Calibration*

18. Melihat Hasil Kalibrasi

Membuka jendela hasil kalibrasi dapat dilakukan dari dua tempat tempat pertama yaitu saat melihat jendela instrumen, tekan D/ Menu lalu pilih *view calibration results*. Namun bisa juga dilakukan ketika melihat jendela kalibrasi tetapi belum mulai menjalankan kalibrasi caranya tekan D / Menu lalu *view calibration result*.



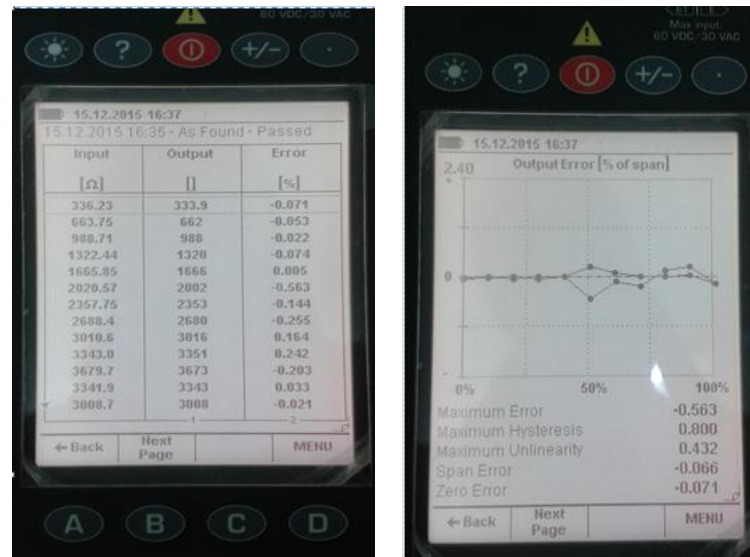
Opening the Calibration Results window

**Gambar 2.45** Melihat Hasil Kalibrasi  
**Sumber :** *Beamex Book Ultimate Calibration*

#### 19. Jendela Hasil Kalibrasi

Hasilnya ditampilkan dalam format tabel dan grafik. Ada juga beberapa data tambahan menampilkan statistik kalibrasi serta informasi lingkungan yang secara otomatis dimasukkan selama kalibrasi atau dimasukkan secara manual setelah kalibrasi. Jika ada catatan kalibrasi yang ditulis, mereka juga dapat dilihat pada salah satu halaman hasil kalibrasi.

Tabel hasil numerik dapat mencakup lebih banyak baris dalam tabel dari apa yang dapat ditampilkan. Gunakan tombol cursor vertikal untuk menelusuri semua baris. Berikut merupakan contoh tampilan hasil kalibrasi berupa grafik dan tabel.



**Gambar 2.46** Gambar Tabel dan Grafik Hasil Kalibrasi  
**Sumber :** *Dokumentasi Pribadi*

### 2.1.13 Klasifikasi Alat

Penataan dan penyimpanan alat-alat laboratorium sangat perlu memperhatikan karakteristik dan spesifikasinya, baik untuk alasan keamanan alat, kemudahan pencarian dan pemeriksaan, perawatan dan pemeliharaan, ataupun sekedar kerapihan penyimpanan. Oleh karena itu alat-alat laboratorium perlu dikelompokkan atau diklasifikasikan berdasarkan kriteria yang sesuai dengan tujuan pengelompokkannya. Kriteria klasifikasi alat-alat laboratorium antara lain<sup>34</sup>:

#### a. Bahan pembuatan

Berdasarkan kriteria ini alat-alat laboratorium di kelompokkan berdasarkan bahan utama pembuatannya, misalnya kayu, plastik, kaca, logam, dan sebagainya.

<sup>34</sup><http://khairunnisa2.blogspot.com/2012/10/alat-dan-bahan-laboratorium-fisika.html> diakses tanggal 23 Desember 2015

b. Massa

Berdasarkan kriteria ini alat-alat laboratorium di kelompokkan berdasarkan bobot dan massanya apakah alat-alat itu ringan atau berat.

c. Bentuk dan volume

Berdasarkan kriteria ini alat-alat laboratorium di kelompokkan berdasarkan bentuk dan ukuran volumenya, misalnya besar, kecil, bola, kubus, balok, silinder dan sebagainya.

d. Pabrik pembuat

Berdasarkan kriteria ini alat-alat laboratorium di kelompokkan berdasarkan produser atau pabrik yang membuatnya. Pengelompokkan ini tentu berdasarkan spesifikasi dari *user guide* alat itu sendiri yang dibuat oleh pabrik pembuat alat itu sendiri. Apabila suatu alat telah melewati batas dari spesifikasi alat yang ditentukan maka alat tersebut bisa diperbaiki atau diganti dengan peralatan yang baru.

e. Letak dan cara penyimpanannya

Berdasarkan kriteria ini alat-alat laboratorium di kelompokkan berdasarkan Letak dan cara penyimpanan atau cara pemasangannya. Berdasarkan kriteria ini alat dikelompokkan atas alat-alat permanen dan alat-alat tidak permanen. Alat-alat permanen adalah alat-alat yang terpasang tetap di bagian tertentu dalam laboratorium, dan alat-alat tidak permanen adalah alat-alat yang dapat disimpan atau dipindahkan sesuai dengan kebutuhan penggunaannya.

f. Usia pakai

Berdasarkan kriteria ini alat-alat laboratorium di kelompokkan berdasarkan usia pakainya. Usia pakai adalah waktu yang menyatakan berapa lama atau berapa kali alat itu dapat digunakan dan berfungsi dengan baik dan benar sesuai dengan spesifikasinya pembuatannya.

g. Konsep fisika

Berdasarkan kriteria ini alat-alat laboratorium di kelompokkan berdasarkan konsep atau materi fisika yang berkaitan dengannya, misalnya alat-alat mekanika, alat-alat listrik-magnet, alat-alat optik dan sebagainya.

h. Fungsi / kegunaan

Berdasarkan kriteria ini alat-alat laboratorium di kelompokkan berdasarkan fungsinya ketika digunakan apakah sebagai alat ukur yang dapat digunakan pada lebih dari satu percobaan, sebagai satu set percobaan, sebagai alat peraga, sebagai alat perbaikan, atau yang lainnya. Pada prakteknya sering terjadi bahwa pengelompokkan alat-alat didasarkan kepada lebih dari satu kriteria. Berikut ini adalah alat-alat fisika dikelompokkan atas bahan habis, alat permanen, alat tidak permanen dan alat perbaikan.

## **2.2. Kerangka Berpikir**

Alat ukur adalah instrumen utama yang sangat berperan penting dalam pengukuran listrik. Namun dalam penggunaannya tentu saja instrumen (alat ukur) yang sering digunakan lama – kelamaan akan kehilangan kemampuan

mereka untuk memberikan pengukuran yang akurat sehingga diperlukanlah suatu kalibrasi.

Tanpa atau dengan menggunakan kalibrasi yang tidak benar, alat-alat elektronik di rumah, di kantor atau dimana saja kemungkinan akan cepat rusak bahkan musibah seperti kebakaran mungkin saja terjadi karena pada saat dilakukan pengukuran hasil yang didapat tidak sesuai dengan keluarannya, selain itu pula ketika melakukan sebuah praktikum pengukuran di sekolah maupun universitas dengan menggunakan alat ukur yang belum terkalibrasi tentu akan membuat hasil pengukuran menjadi tidak *valid*.

Mengingat pentingnya kalibrasi terhadap suatu instrumen dan sering digunakan dalam kegiatan pengukuran dan kalibrasi maka peneliti akan membuat suatu penelitian terhadap avometer yang berada pada Industri Kelistrikan dan Laboratorium Dasar Kelistrikan Universitas Negeri Jakarta, sebab terdapat banyak sekali merek dan jenis avometer yang sudah lama dipakai bertahun-tahun tetapi belum pernah dilakukan kalibrasi dan avometer yang sudah dikalibrasi ada yang rusak sehingga perlu diketahui kembali tingkat akurasinya dengan harapan ketika akan melakukan kegiatan pengukuran dengan avometer yang telah dikalibrasi hasilnya bisa lebih akurat dan *valid*.