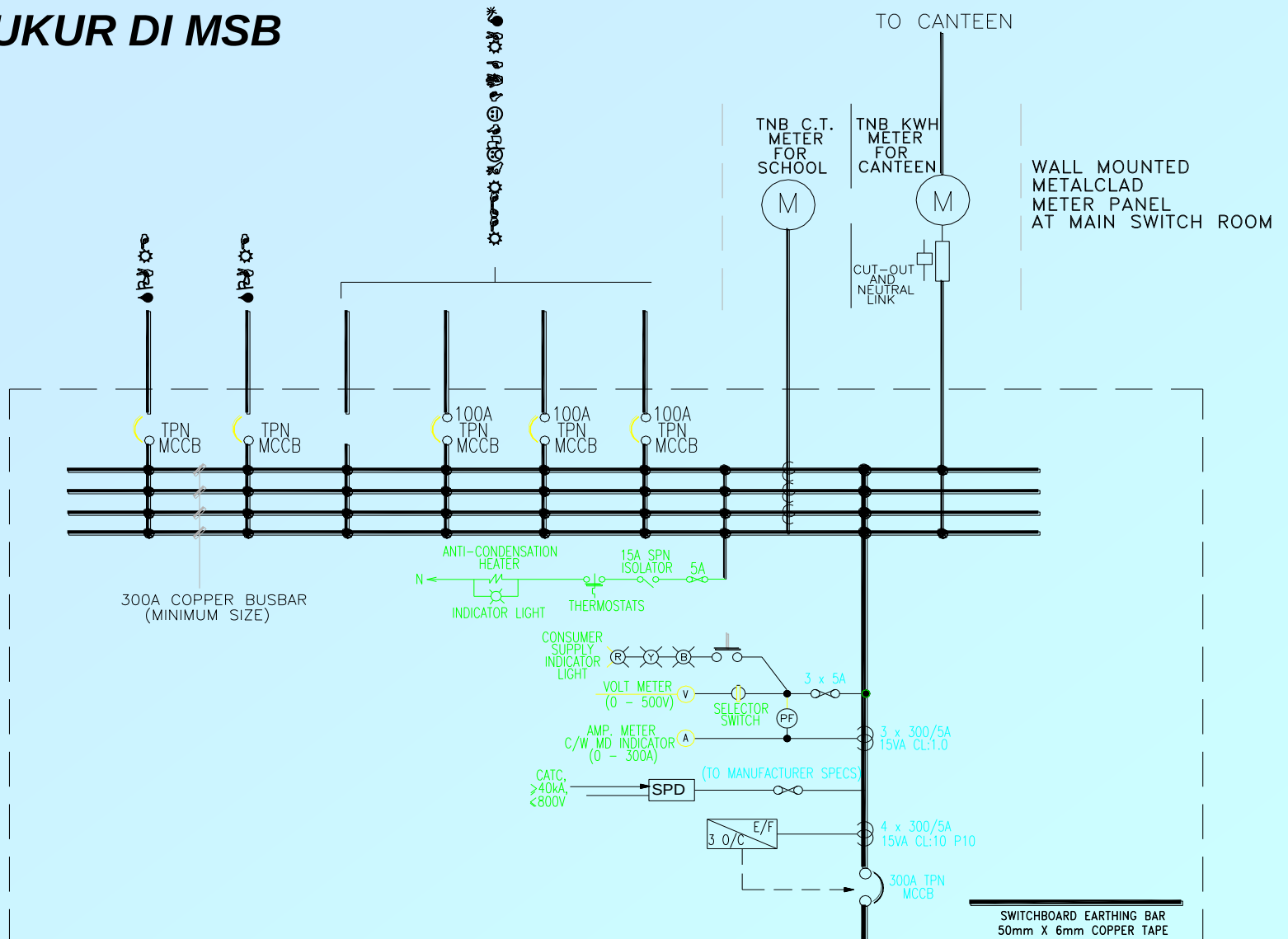


Ujian Ujian Lazim

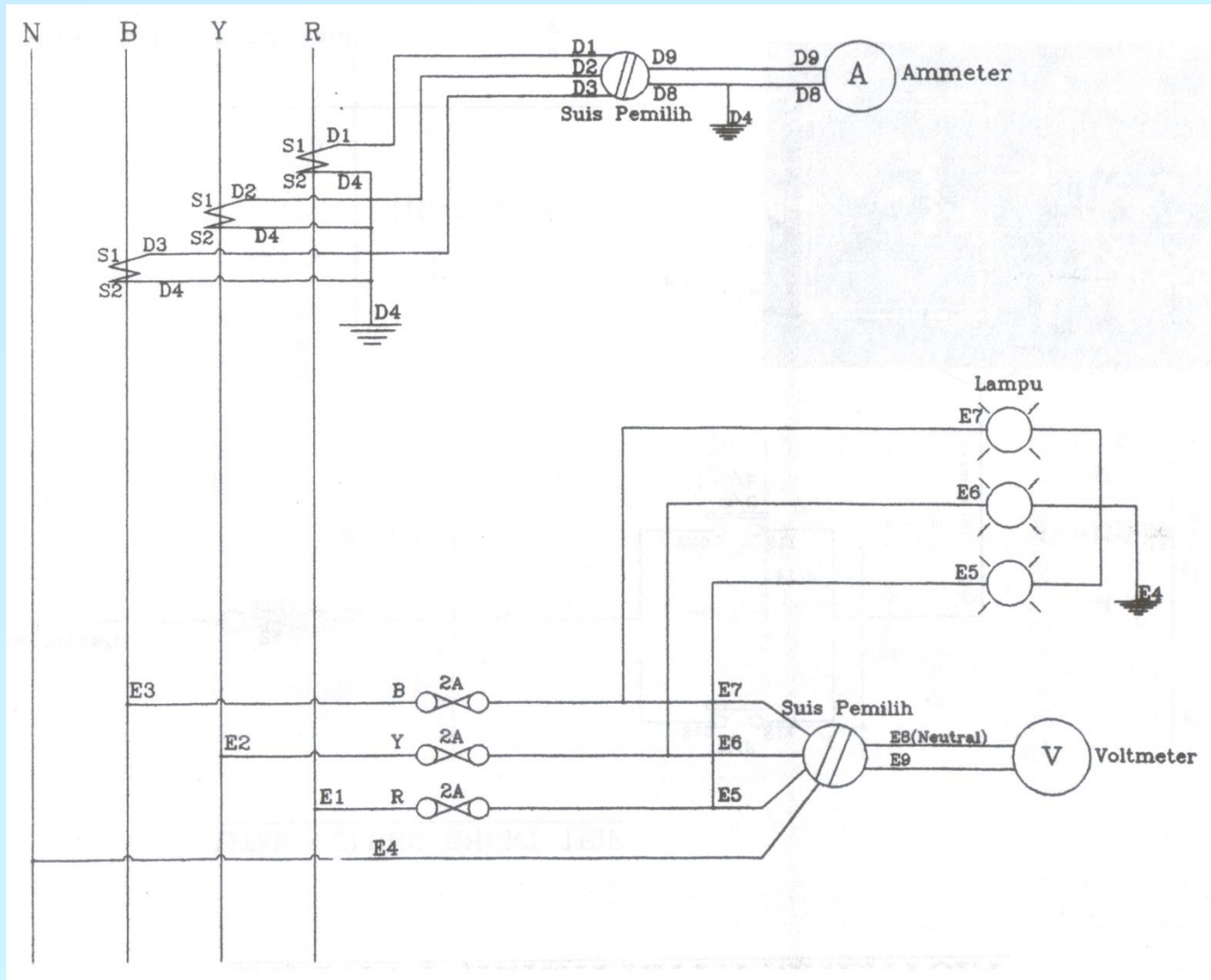
ALAT PENGUKURAN

- Jangka Ampiar***
- Jangka Voltan***
- Jangka Turutan Fasa***

ALAT UKUR DI MSB



JANGKA AMPIAR DAN VOLTAN L/D SUIS PEMILIH

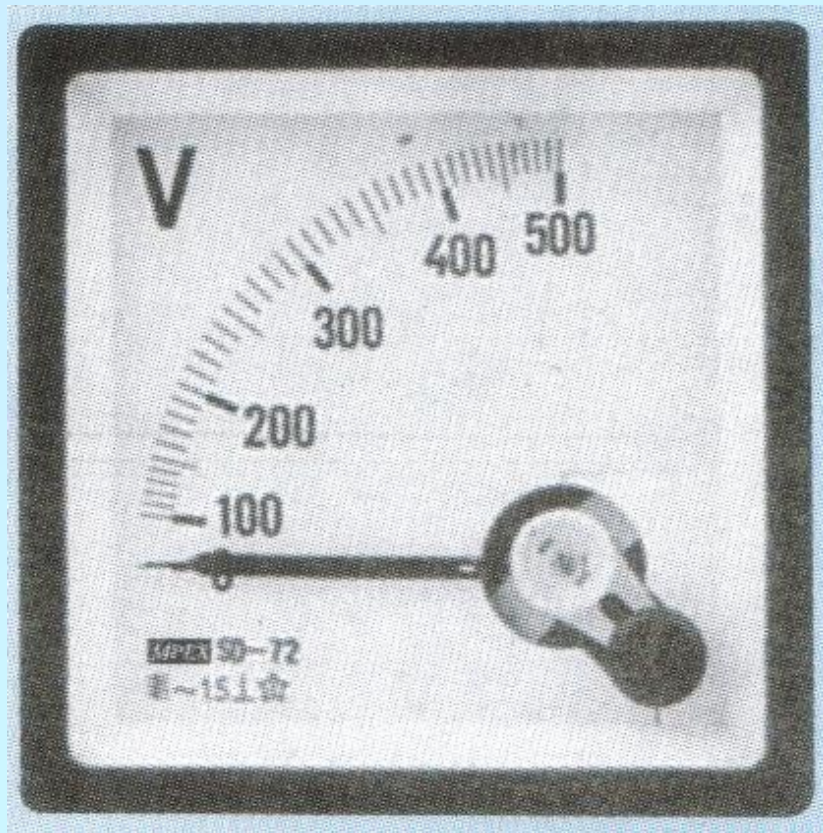


Alatukur pengukuran dan Accessories

- Ammeter 
- Voltmeter 
- Kilowatt-hour meter 
- Power factor meter 
- Frequency meters 
- Current transformer 
- Class 1.0 accuracy – for measuring and metering
- Class 10P10 accuracy- for protection

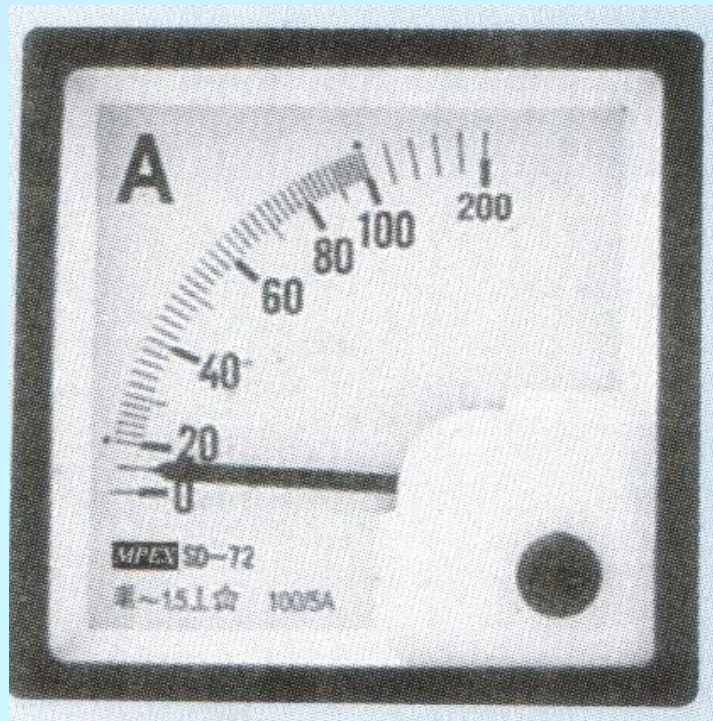
Jangka Voltan (0-500V)

Mengetahui wujud bekalan samada mencukupi atau tergendala



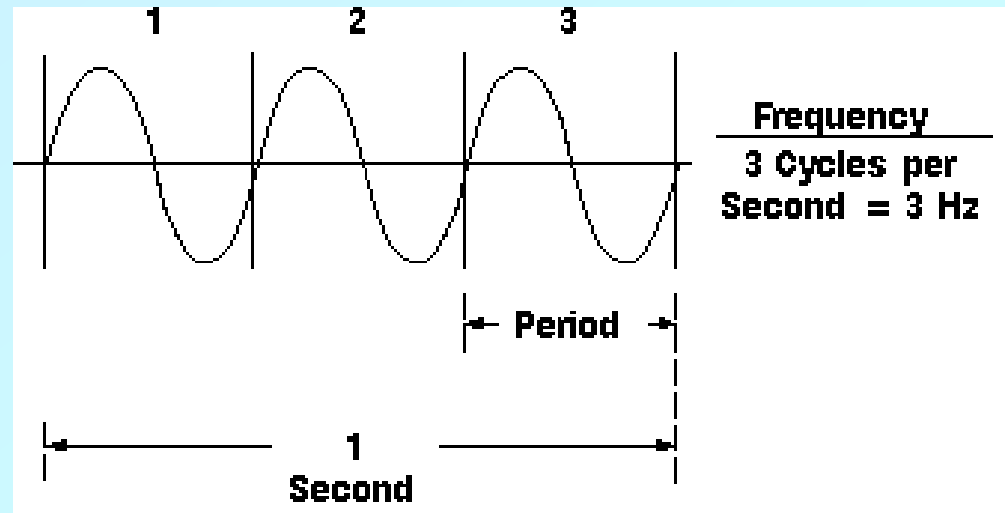
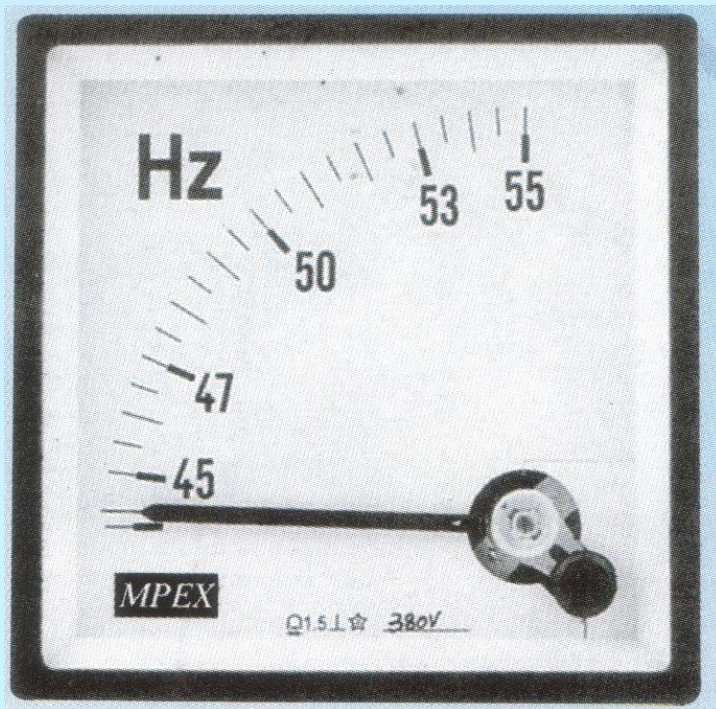
Jangka Ampiar (0-200A)

Mengetahui arus semasa/beban pemasangan



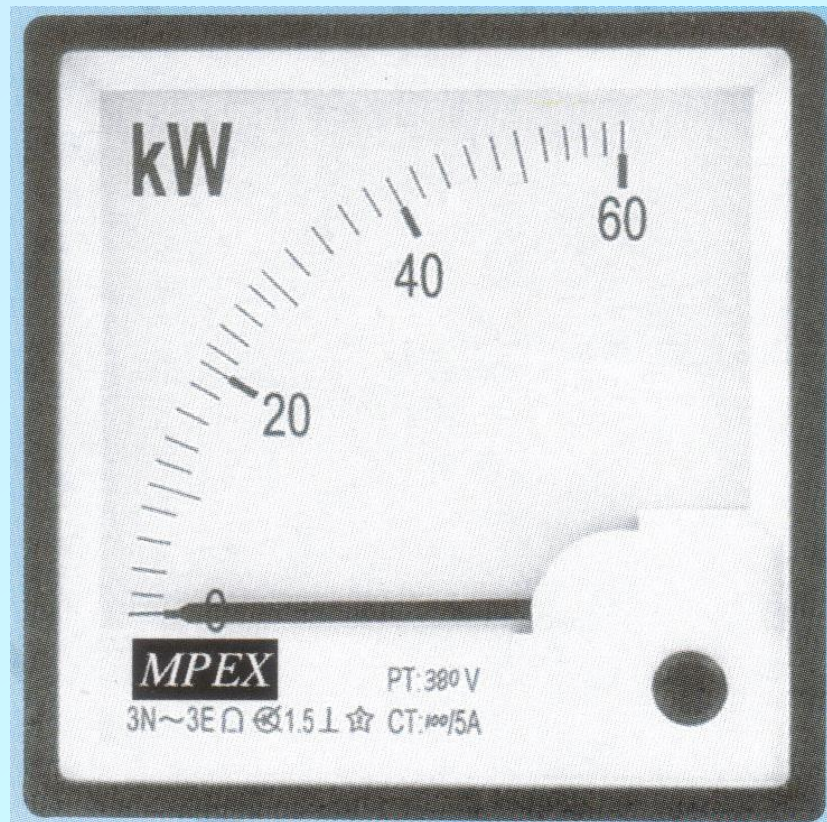
Jangka Frekuensi (Hz)

Mengetahui ulangan /gelombang yang dibekalkan dari penjana.



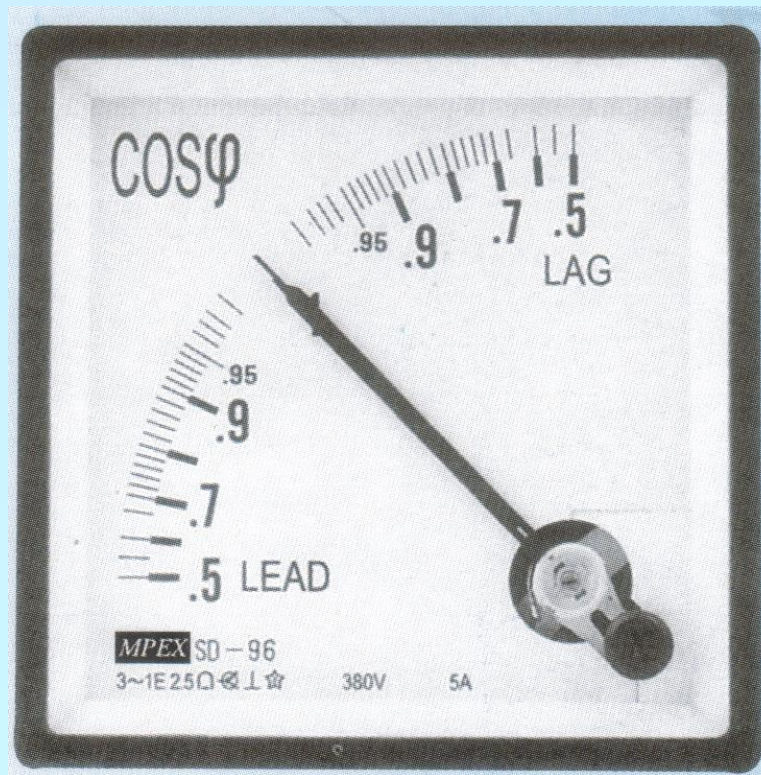
Jangka Kuasa (kW)

Mengetahui bacaan kuasa sebenar dalam sistem pemasangan



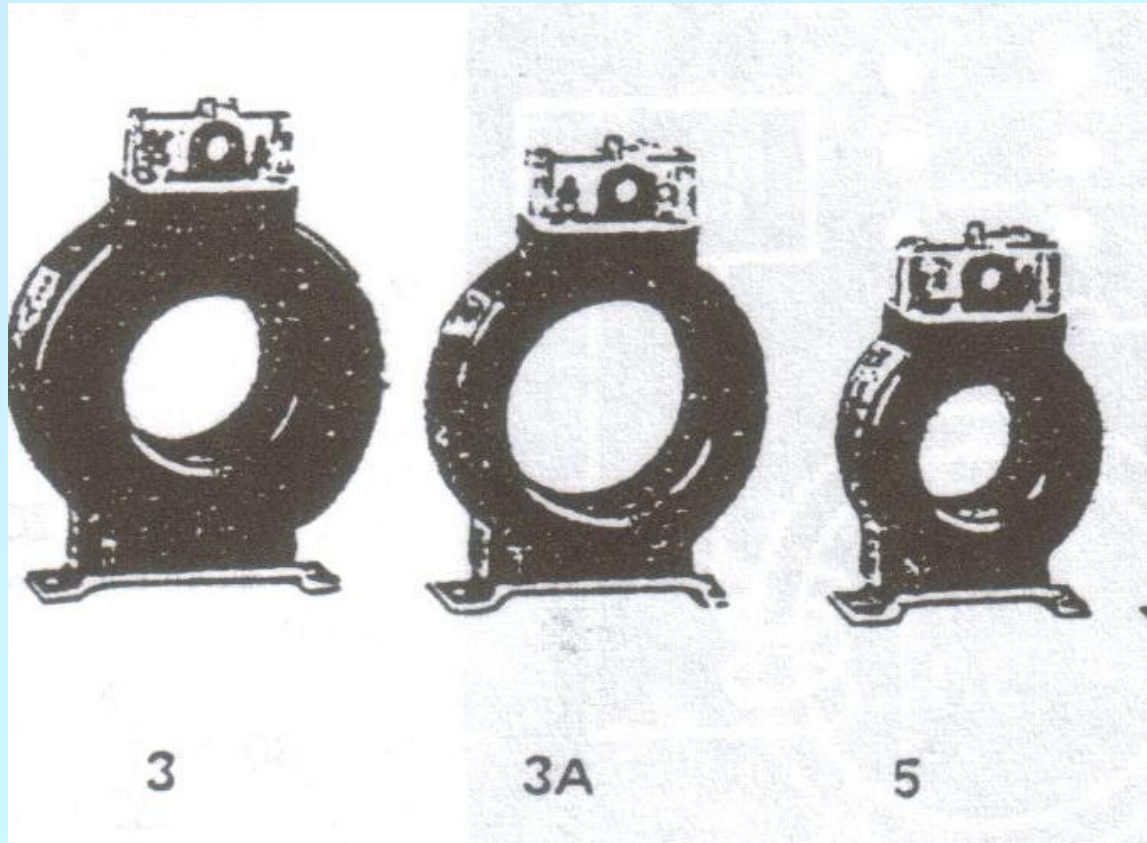
Jangka Faktor Kuasa

Mengetahui beban yang digunakan dalam keadaan menyusul (lag) atau mendahului (lead)



Alatubah Arus (current Transformer)

Pengubah arus menjadikan arus secondary rendah untuk bacaan pengukuran dan perlindungan. Cth. geganti perlidungan EF/OC



PENGUKURAN KUANTITI ELEKTRIK BAGI MENUNJUKKAN KUANTITI.

- Voltan = Volt
- Arus = Ampere
- Rintangan = Ohm
- Kuasa = Watt
- Tenaga = Kilowatt jam

Alat alat ukuran ini berkendali dengan 3 cara iaitu

- Analog
- Digital
- Perakam

Kaedah kendalian bekerja pengukuran

AVO berasas konsep

-Alat pengesan peka arus (galvanometer)

- **Besi bergerak (Moving Iron meter)**

Sesuai – ARUS DAN VOLTAN, A.T. DAN A.U

- **Gegelung bergerak (Moving Coil Meters-magnet kekal)**

Sesuai – ARUS DAN VOLTAN, A.T. SAHAJA

- **Rectifier (PENERUS)**

Sesuai – ARUS DAN VOLTAN, A.U SAHAJA

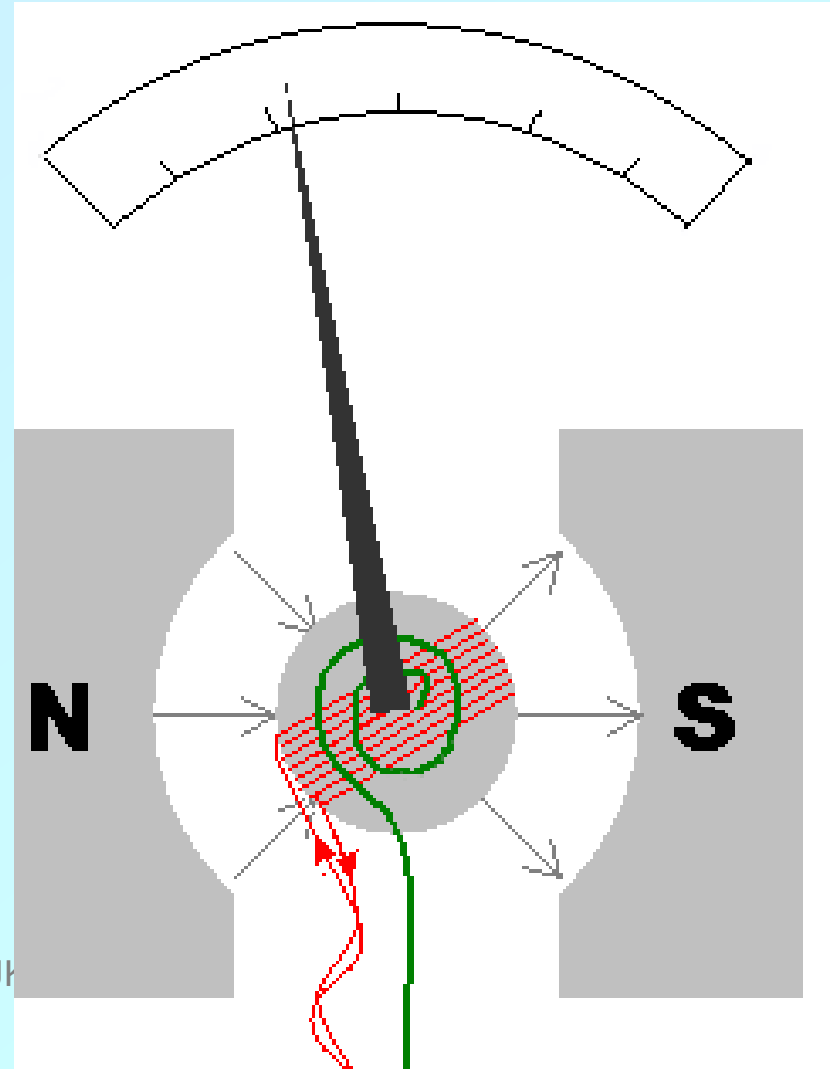
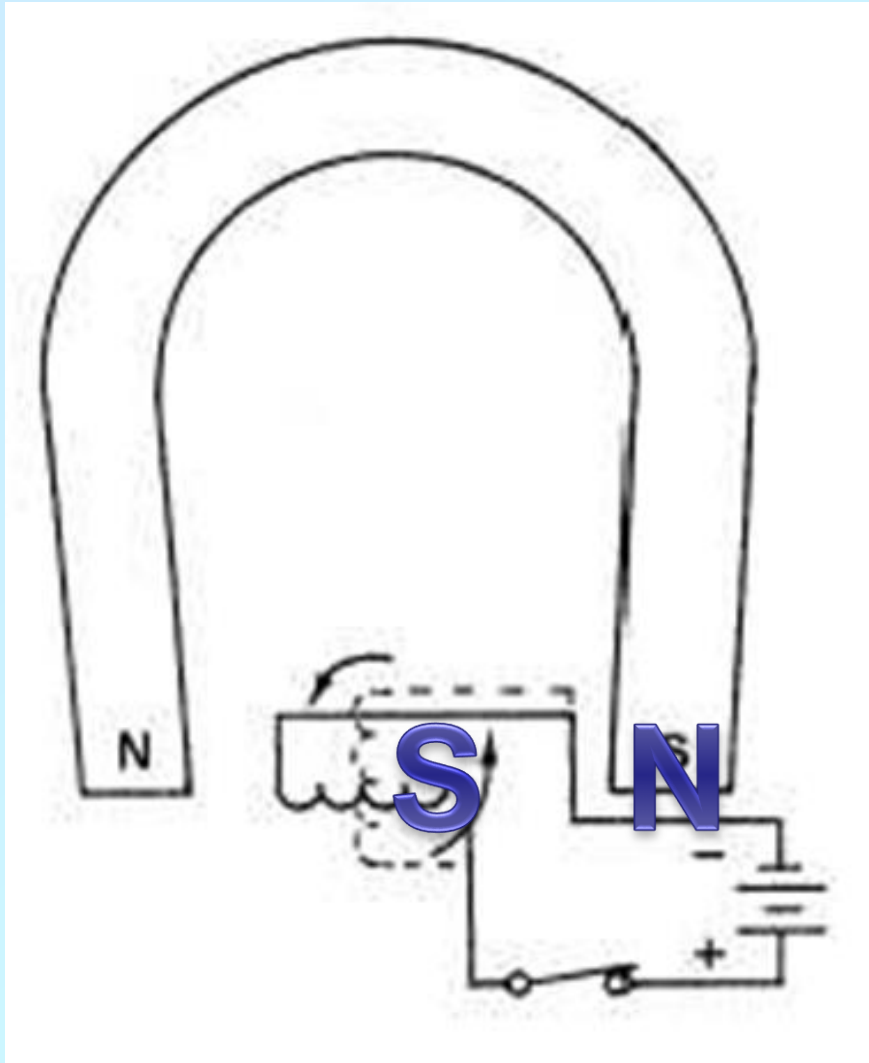
- Dynamometer

Sesuai – ARUS, VOLTAN DAN KUASA, A.U DAN A.T

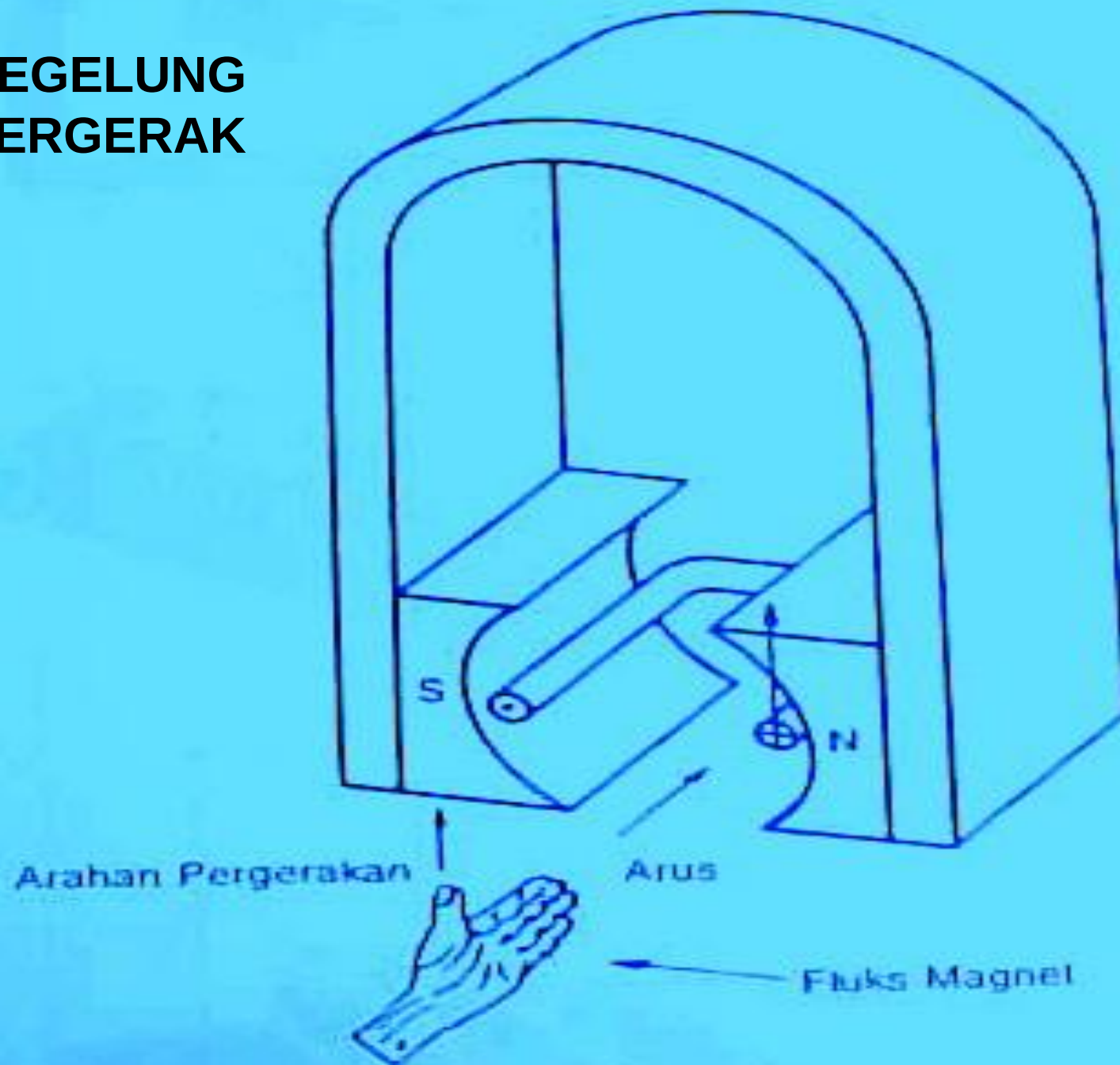
Kesan Pergerakan Mekanikal

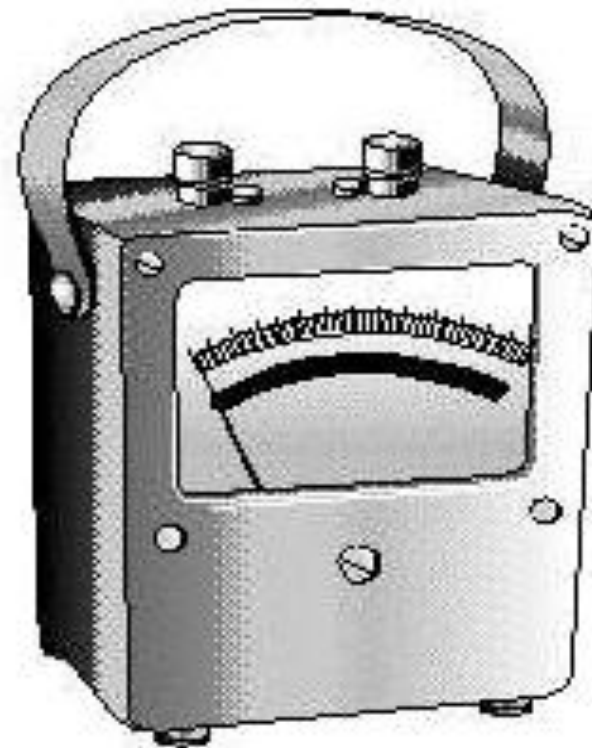
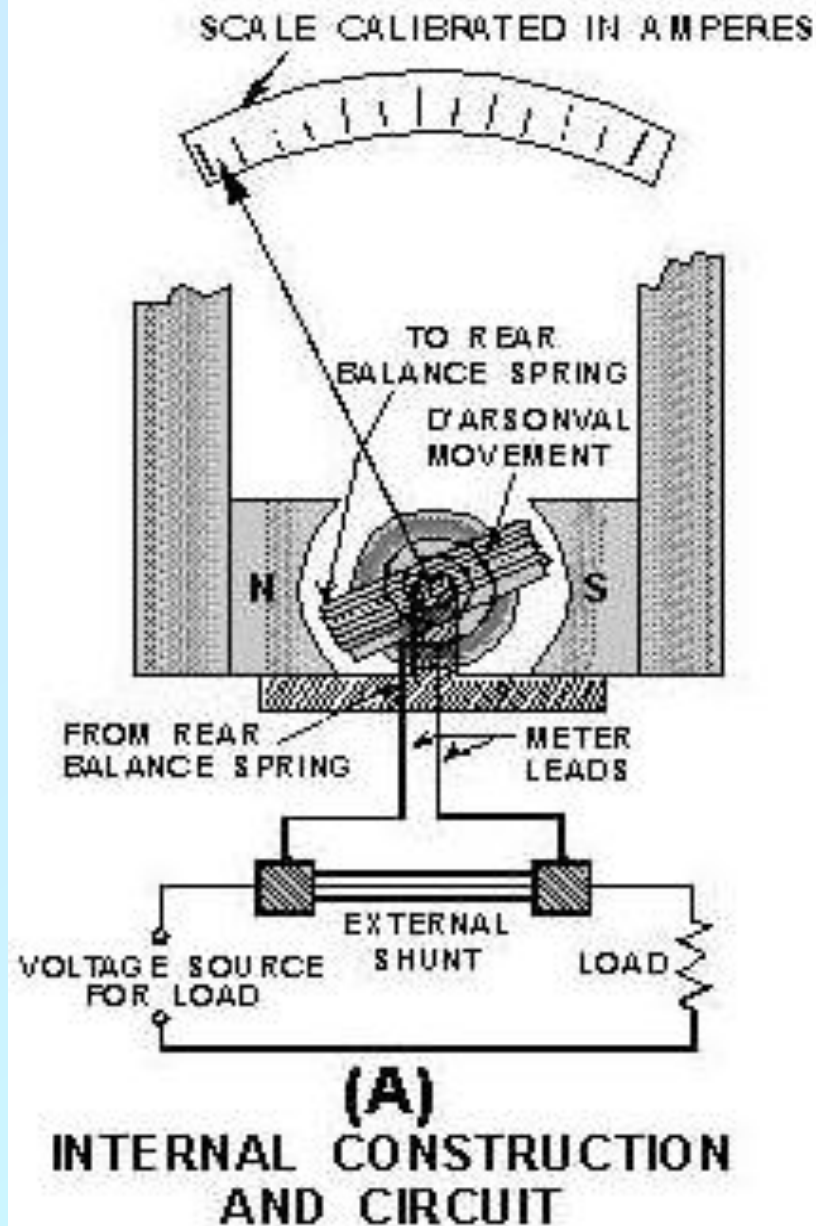
- Pergerakan mekanikal (Jarum Penunjuk), sepanjang permukaan skala bolih mempamerkan satu bacaan.
- Prinsip asas elektromagnetik
Dalam alat gegelung bergerak, segelung dawai diampai dalam suatu medan magnet; apabila sesuatu arus mengalir dalam gegelung itu suatu daya dikenakan yang menyebabkan ia berputar.
- Lebih tinggi arus dalam sesuatu litar , lebih tinggi medan magnet dihasilkan.
- Arus yang dikehendaki untuk beri pesongan sepenuhnya adalah agak kecil, secara tipikalnya 20micro Amp, dan sebab ini satu perintang akan disambungkan kepada pergerakan meter yang akan menghadkan arus kepada nilai yang dikehendaki. Sambungan perintang ini menentukan penggunaan alat itu.

PERMANENT MAGNET – MOVING COIL MOVEMENT

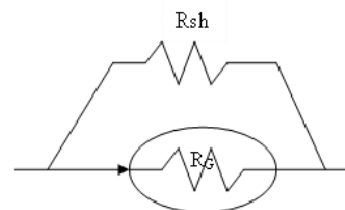


GEGELUNG BERGERAK

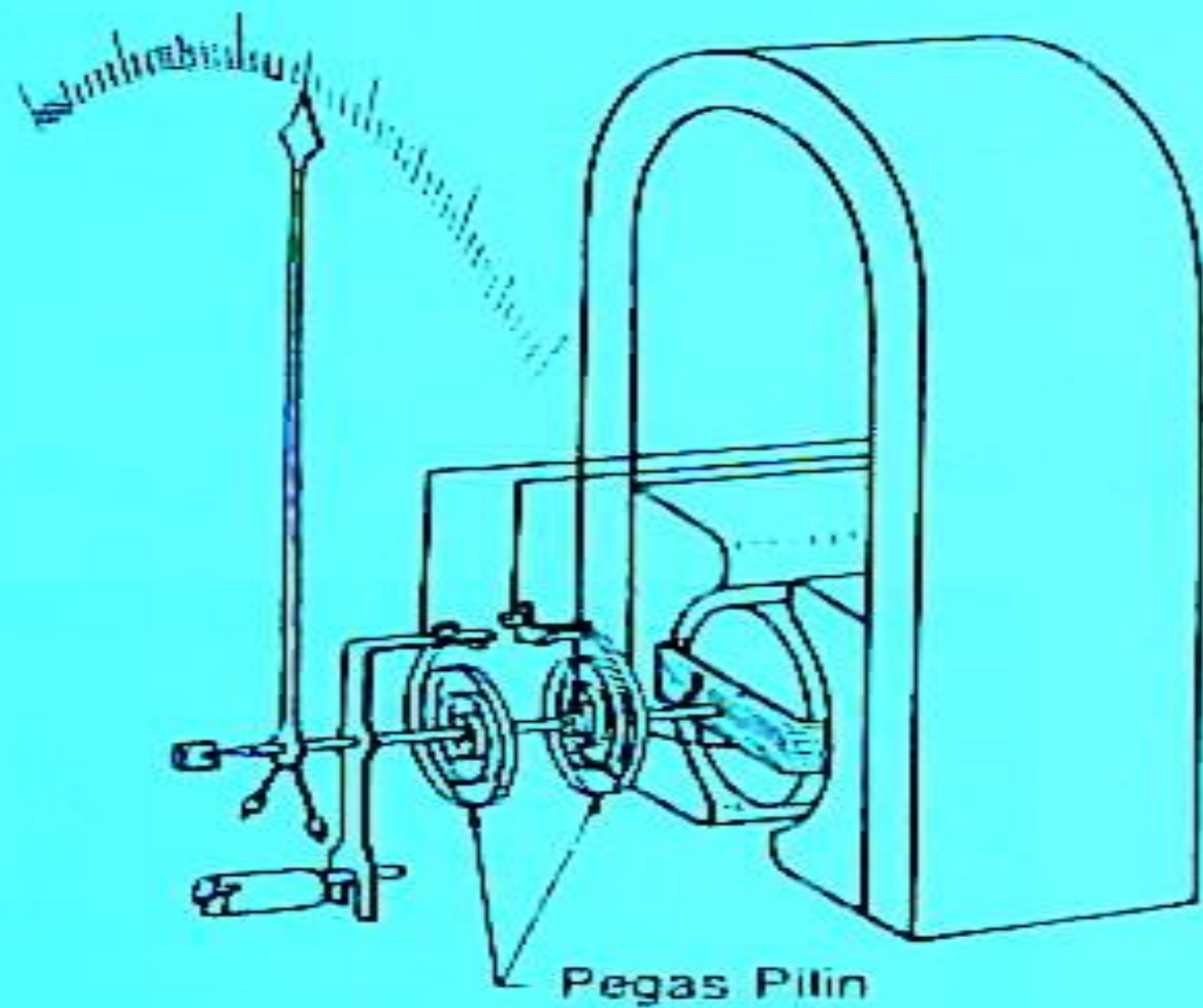




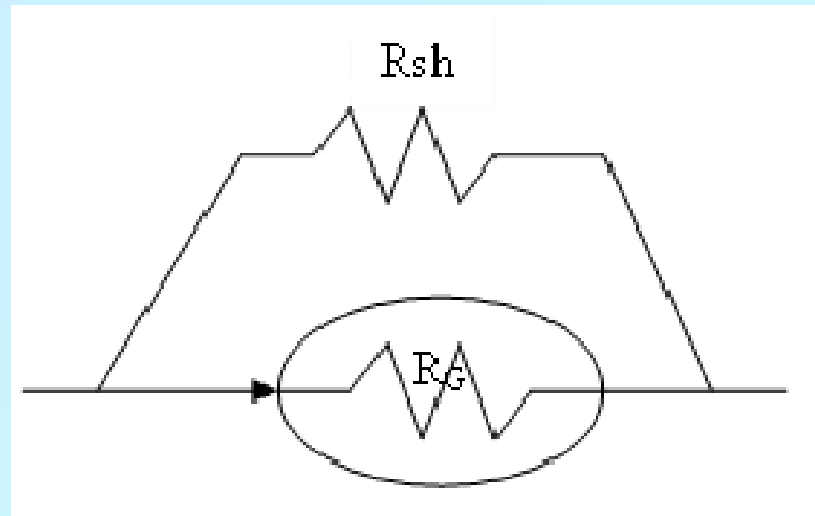
(B)
EXTERNAL VIEW



SHUNT RESISTOR DALAM AMMETER



SHUNT RESISTOR DALAM AMMETER



SHUNT RESISTOR DALAM VOLTMETER



PERATURAN & KESELAMATAN JANGKA AMPIAR

- Mesti disambung secara siri
- Penyambungan pada arus terus mesti pada punca yang betul.
- Selalu mulakan laras pada julat yang tinggi.
- Kegunaan jangka mestilah mengikut simbol yang tercatat pada skrin

simbol simbol Amp

1. microAmp
2. milliAmp
3. kiloAmp

PERATURAN & KESELAMATAN JANGKA VOLT

- Mesti disambung selari dengan litar/beban
- Laraskan julat pelaras pada skala yang tinggi
- 'OFF' punca bekalan terlebih dahulu
- Pastikan jangka yang diukur sesuai dengan bekalan yang ada.
- Bagi bekalan yang tidak bolih di 'OFF'kan sambungkan prod pada nuetral dahulu.
- Sambungan untuk jangka voltan arus terus, punca sambungan hendaklah betul. +ve dengan positive

simbol simbol

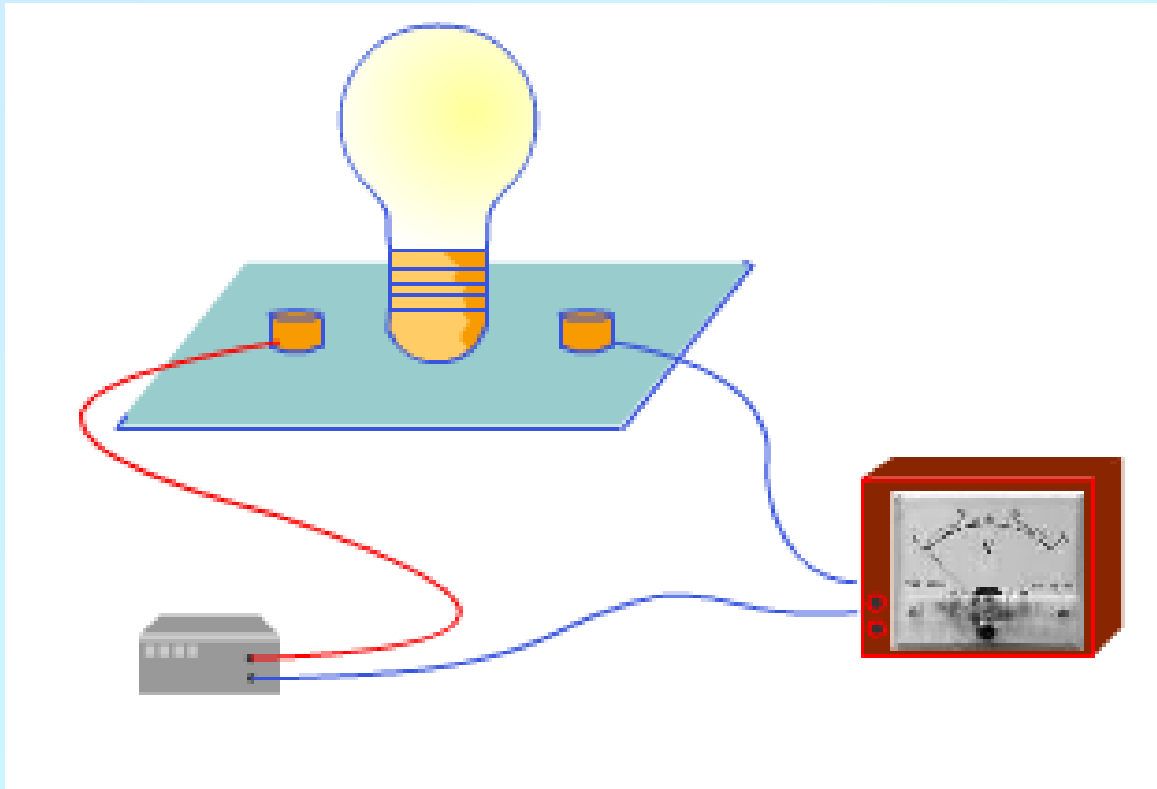
Volt

1. microVolt

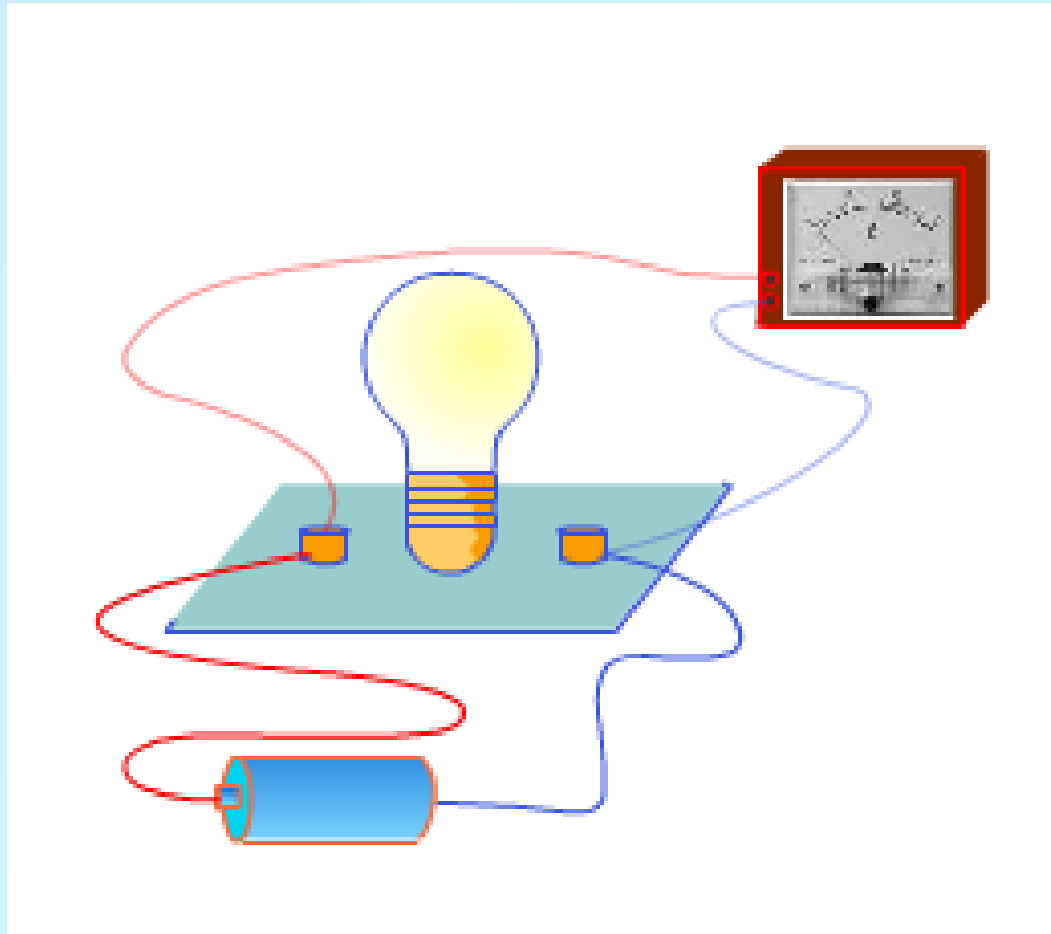
2. milli Volt

3. kiloAmp

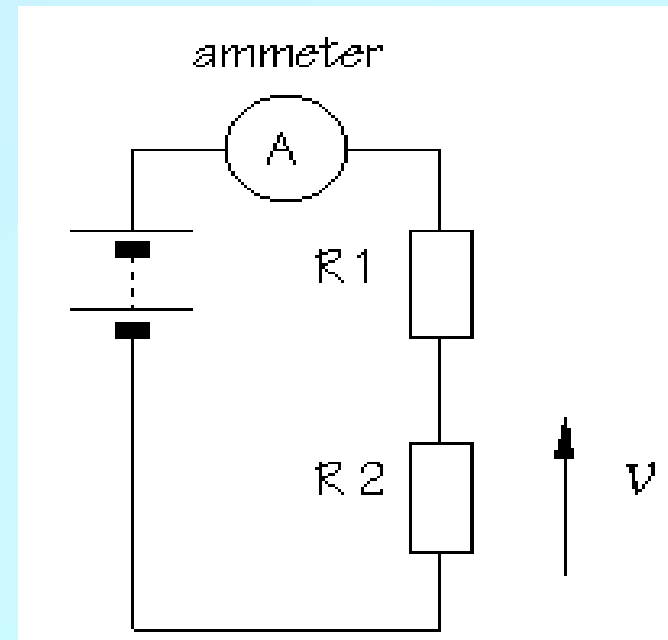
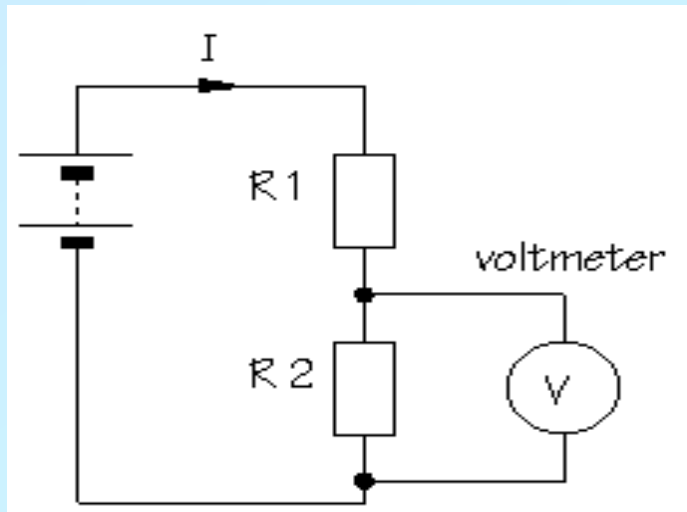
SAMBUNGAN BEBAN PADA AMMETER



SAMBUNG BEBAN PADA VOLTMETER



GUNA JANGKA VOLTAN & AMPIAR DALAM LITAR



TEKNIK UKURAN PERINTANG – VOLTMETER AMMETER

- Cara mudah mengukur perintang

$$R = V/I$$

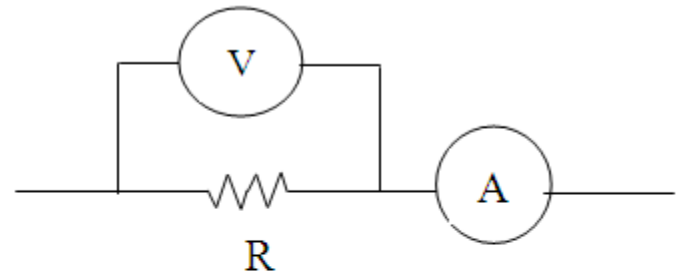


Figure 6: Voltmeter- ammeter

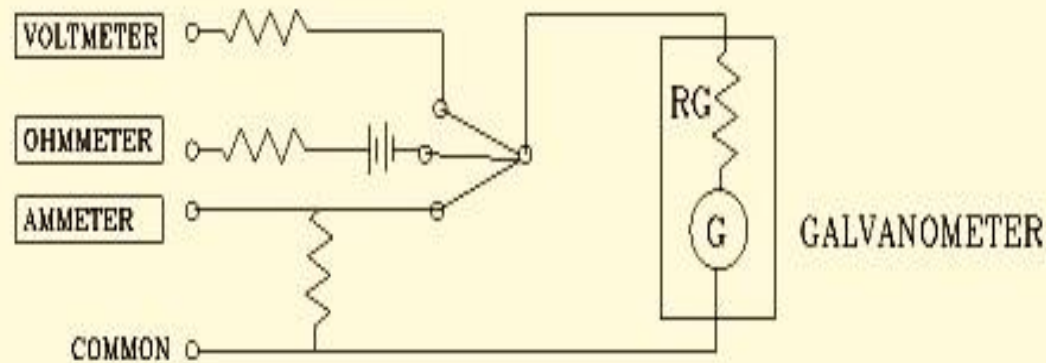
TEKNIK UKURAN PERINTANG –

- Beberapa cara pengukuran perintang
 - Voltmeter-Ammeter
 - Ohmmeter
 - Wheatstone Bridge
 - Kelvin Bridge

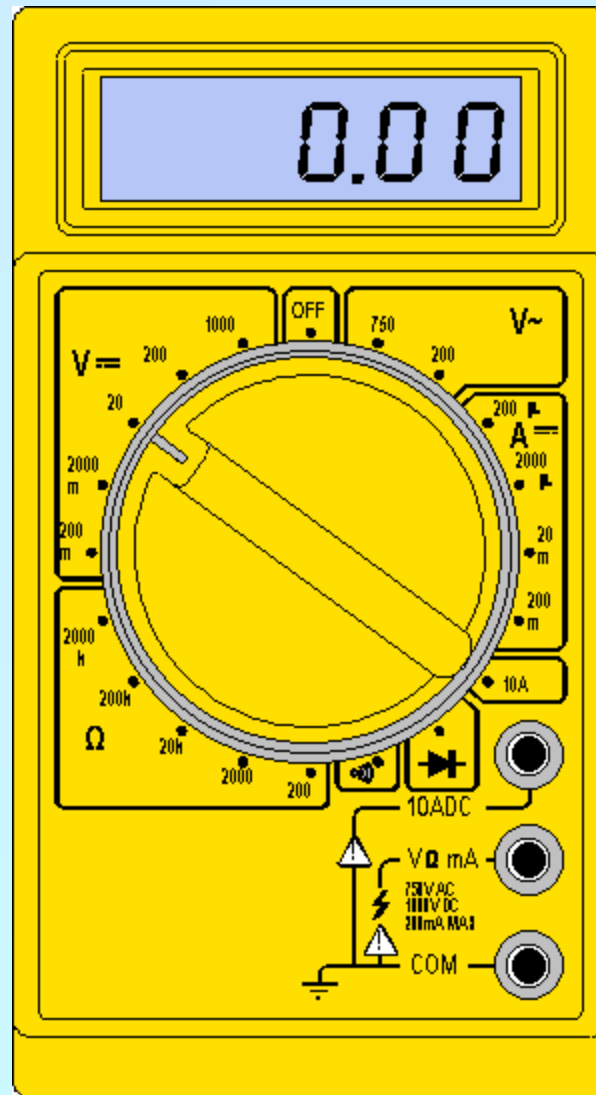


KONSEP METER PELBAGAI

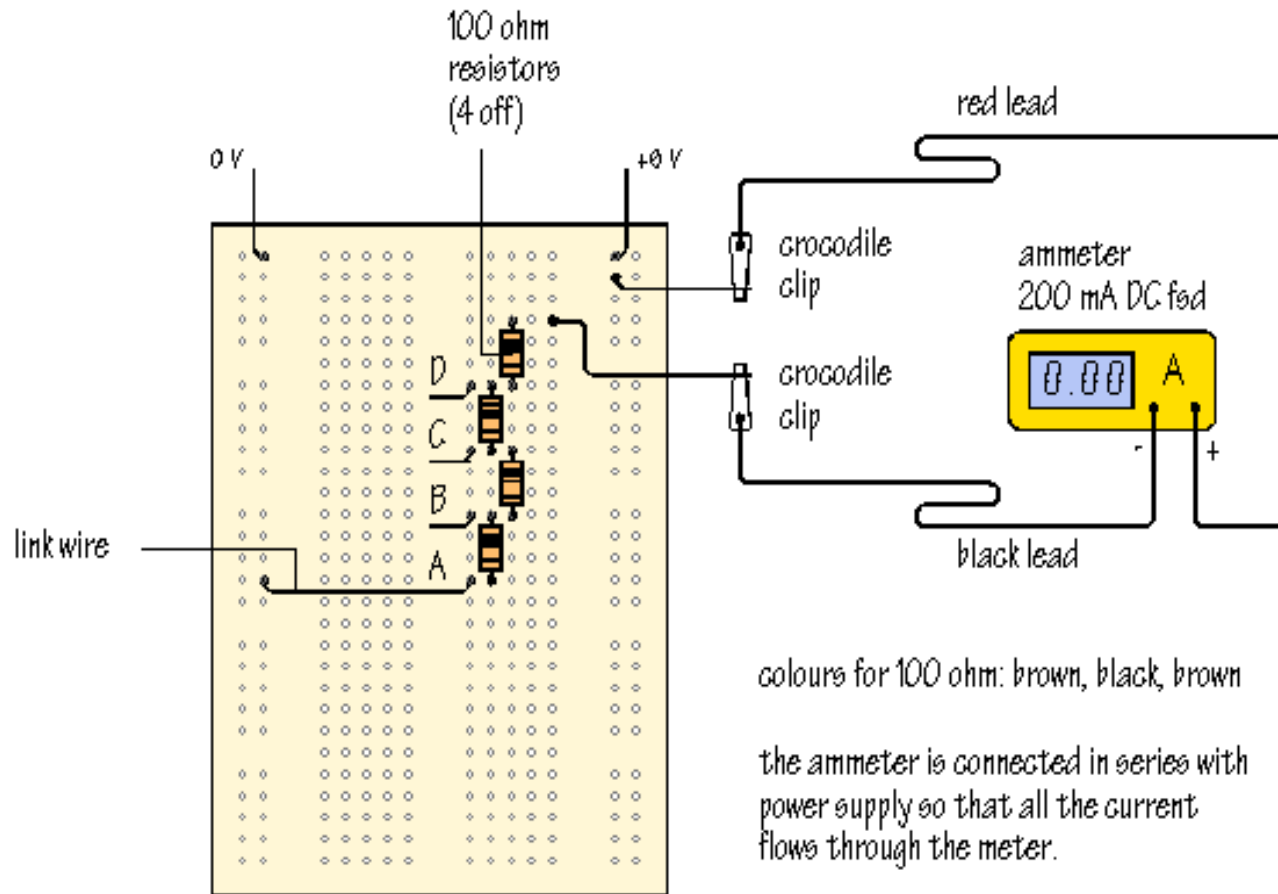
- **Moving Coil Meters**
- The design of a [voltmeter](#), [ammeter](#) or [ohmmeter](#) begins with a current-sensitive element. Though most modern meters have solid state digital readouts, the physics is more readily demonstrated with a moving coil current detector called a [galvanometer](#). Since the modifications of the current sensor are compact, it is practical to have all three functions in a single instrument with multiple ranges of sensitivity. Schematically, a single range "multimeter" might be designed as illustrated.



DIGITAL MULTIMETER

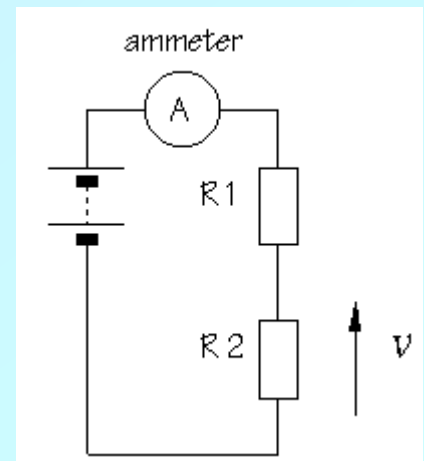


GUNA DIGITAL AMMETER

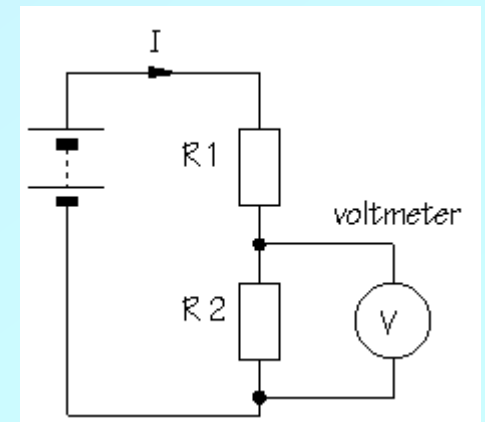
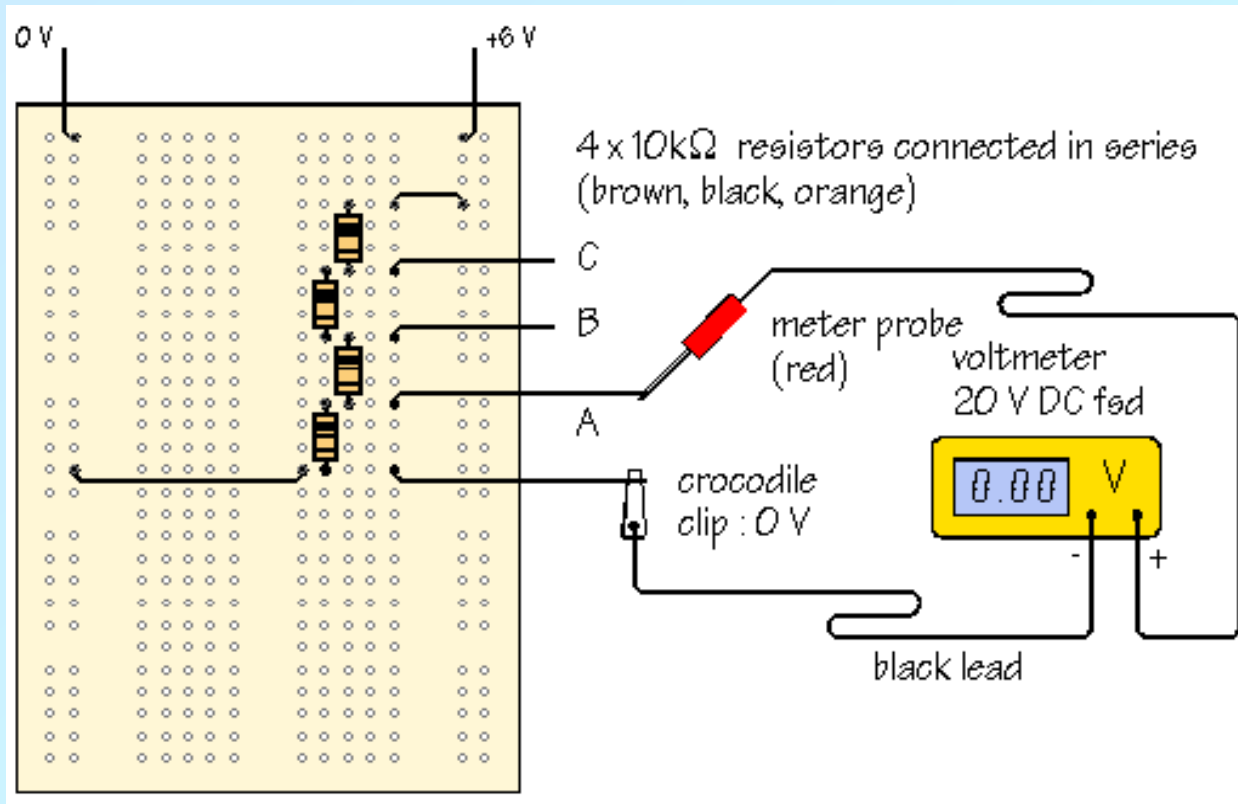


colours for 100 ohm: brown, black, brown

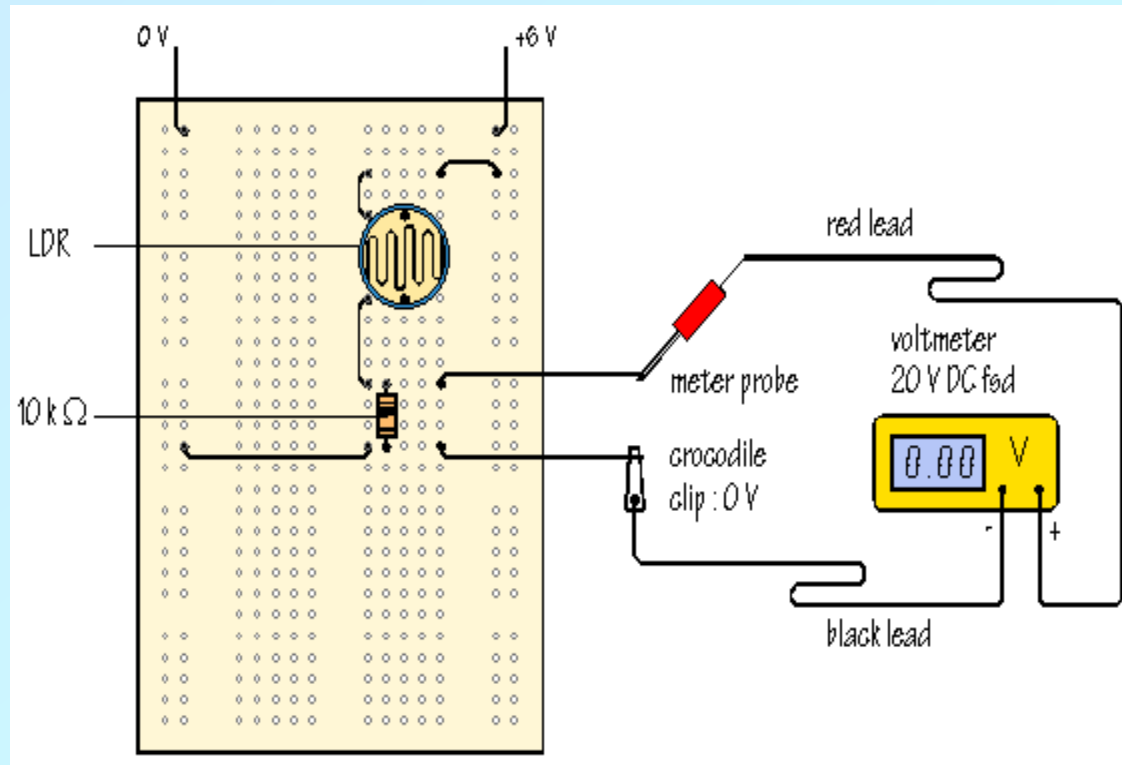
the ammeter is connected in series with power supply so that all the current flows through the meter.



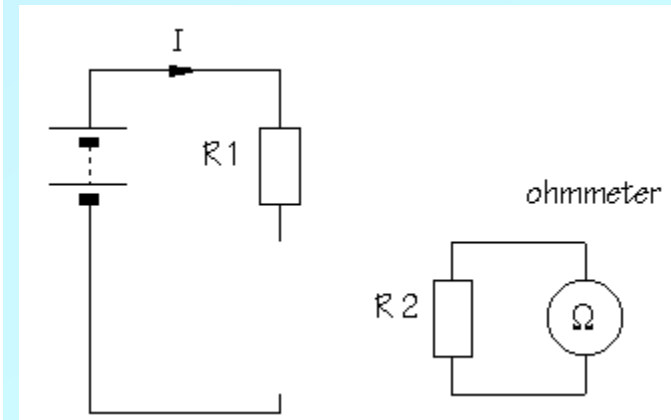
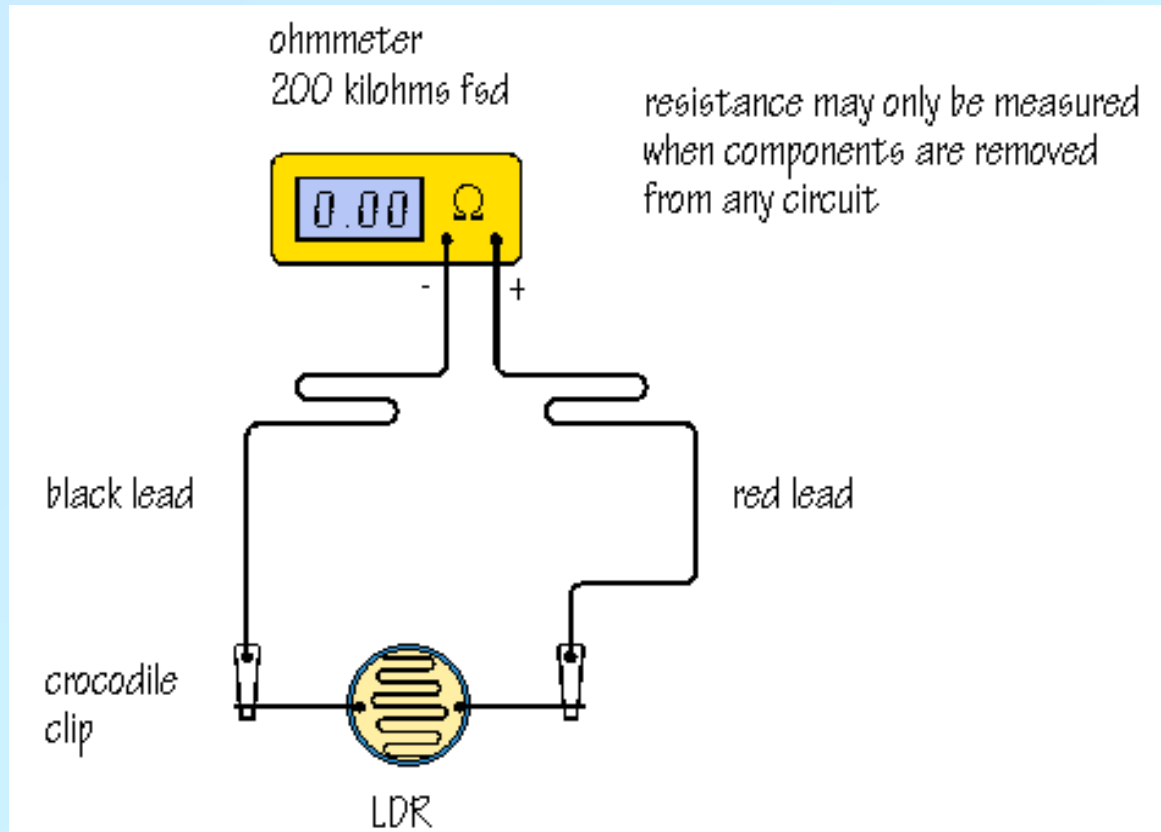
GUNA DIGITAL VOLTMETER

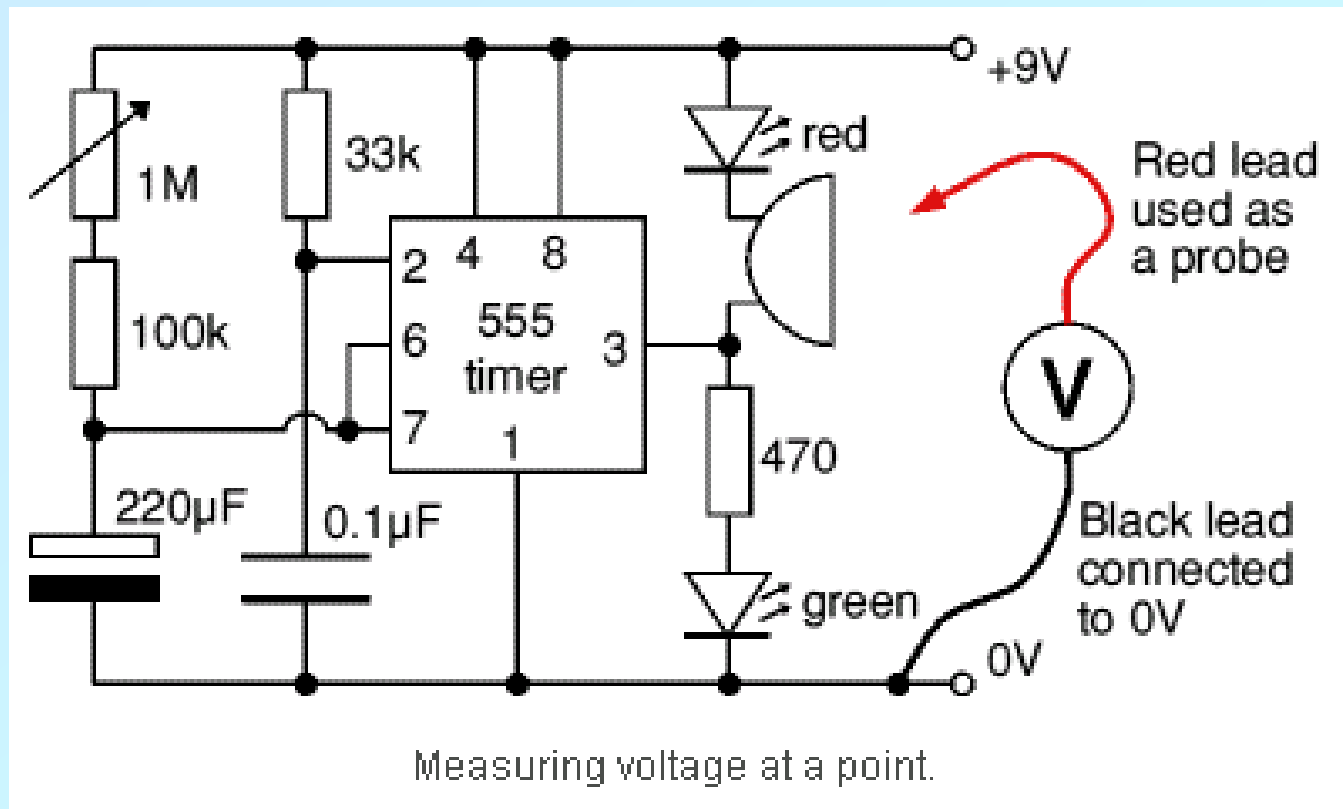


GUNA DIGITAL VOLTMETER



GUNA DIGITAL OHM METER





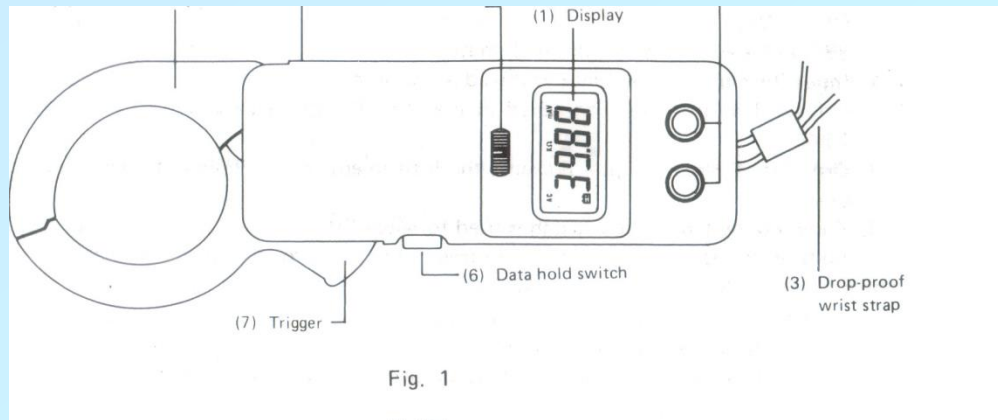
ANALOG CLIP ON TEST AVO

- **UJI VOLT & OHM GUNAKAN CABLE**



CLIP ON TEST DIGITAL RANGE

- UKUR ARUS – HANYA CLIP PADA SINGLE LIVE CABLE ATAU BUSBAR
- UKUR VOLT DAN OHM GUNAKAN CABLE



PENGUNAANNYA

PERINGATAN

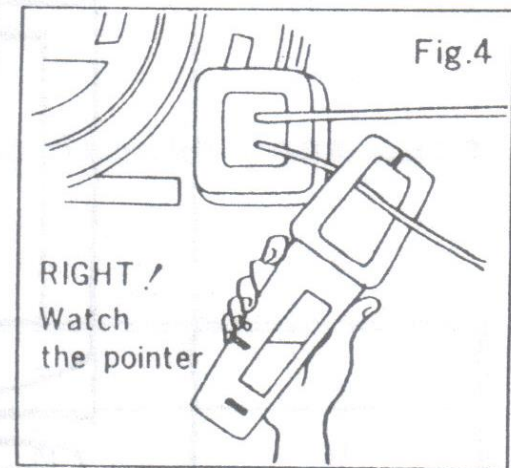
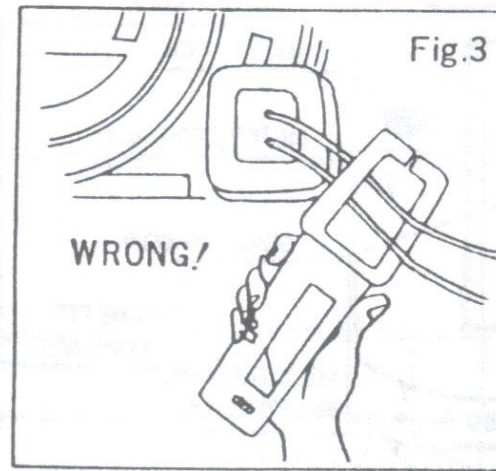
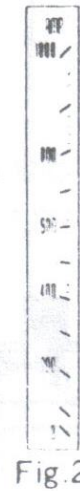
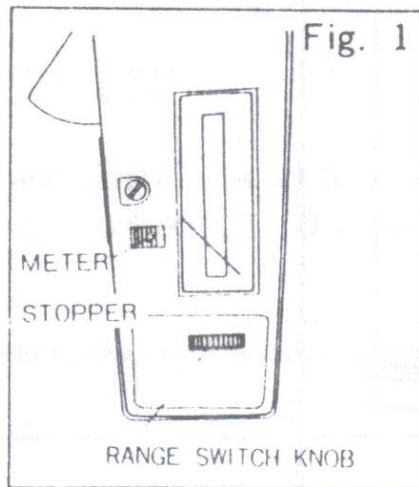
Untuk pengukuran bacaan arus segala sambungan yang ada iaitu Ohmprobe hendaklah dicabut dari alat ini, kalau tidak fuis dalam alat ini akan terbakar. Ohmprobe hanyalah digunakan untuk pengukuran rintangan dan voltan.

BACAAN ARUS

Sebelum mengukur arus pada sesuatu pengalir, julat (range) arus alat ini hendaklah disetkan kepada julat yang tertinggi (1000A). Cara ini dapat mengelakkan kerosakan kepada alat.

Jika anda telah dapat mengagak nilai arus yang mengalir didalam litar tersebut anda bolehlah setkan julat yang difikirkan sesuai. Pemilihan dibuat dengan memutar 'range selector' pada alat tersebut.

GUNA CLAMP ON METER – MENGIKUR ARUS



BACAAN OHM

(Bacaan Ohm ditandakan dengan hitam)

PERINGATAN

Sebelum mengukur rintangan, tentukan litar telah diputuskar bekalnya.

Masukkan samada punca merah atau hitam voltan uji disebelah kiri punca voltan yang terletak dibahagian bawah alat.

Kemudian masukkan 'Ohmprobe' ke punca ohmprobe yang terletak pada sebelah kanan alat.

ZERO SETTING

Samakan penunjuk dengan tanda '0' pada sekil Ohm dengan memusingkan punat pelaras kosong ohmmeter. Sekil ohm terletak pada piring sekil yang rata disebelah kiri tingkap. Tanda kosong ialah disebelah atas sekil sementara tanda infiniti di hujung sekil.

Gunakan Ohmprobe dan satu lagi test lead untuk mengukur rintangan seperti yang ditunjukkan didalam rajah.

UKUR VOLT DAN OHM GUNAKAN CABLE

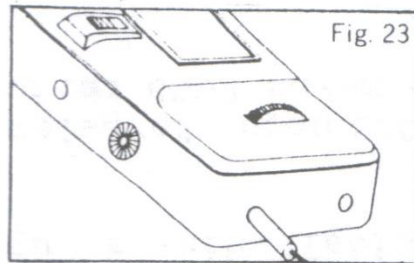


Fig. 23

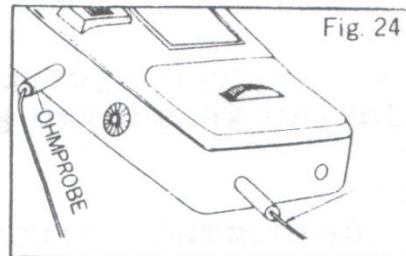


Fig. 24

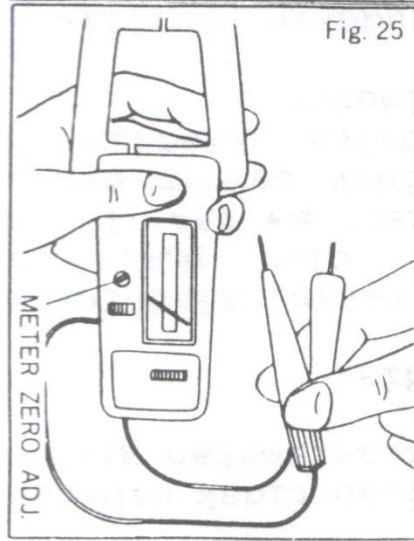


Fig. 25

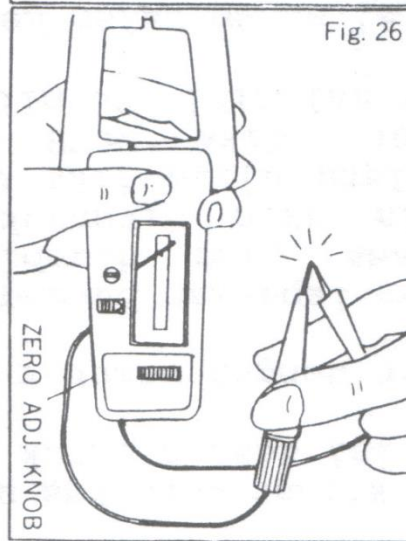


Fig. 26

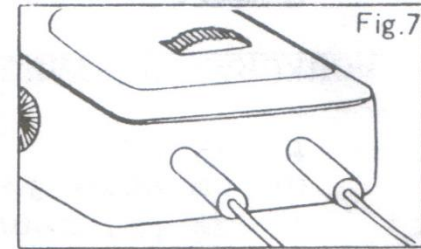


Fig. 7

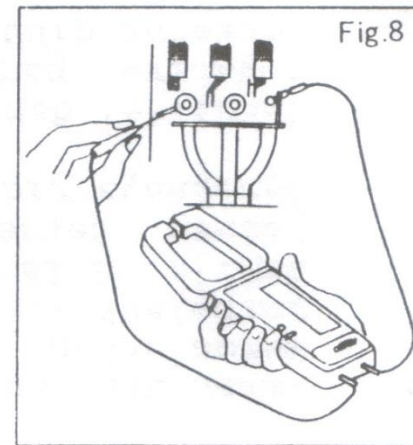


Fig. 8

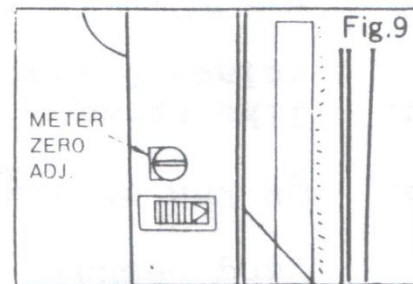


Fig. 9

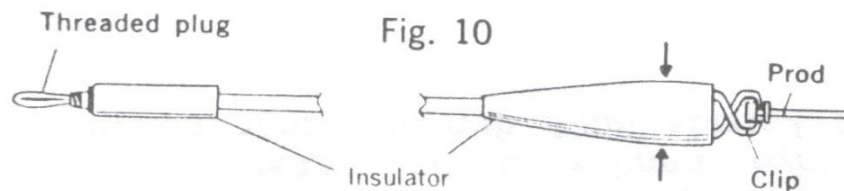


Fig. 10

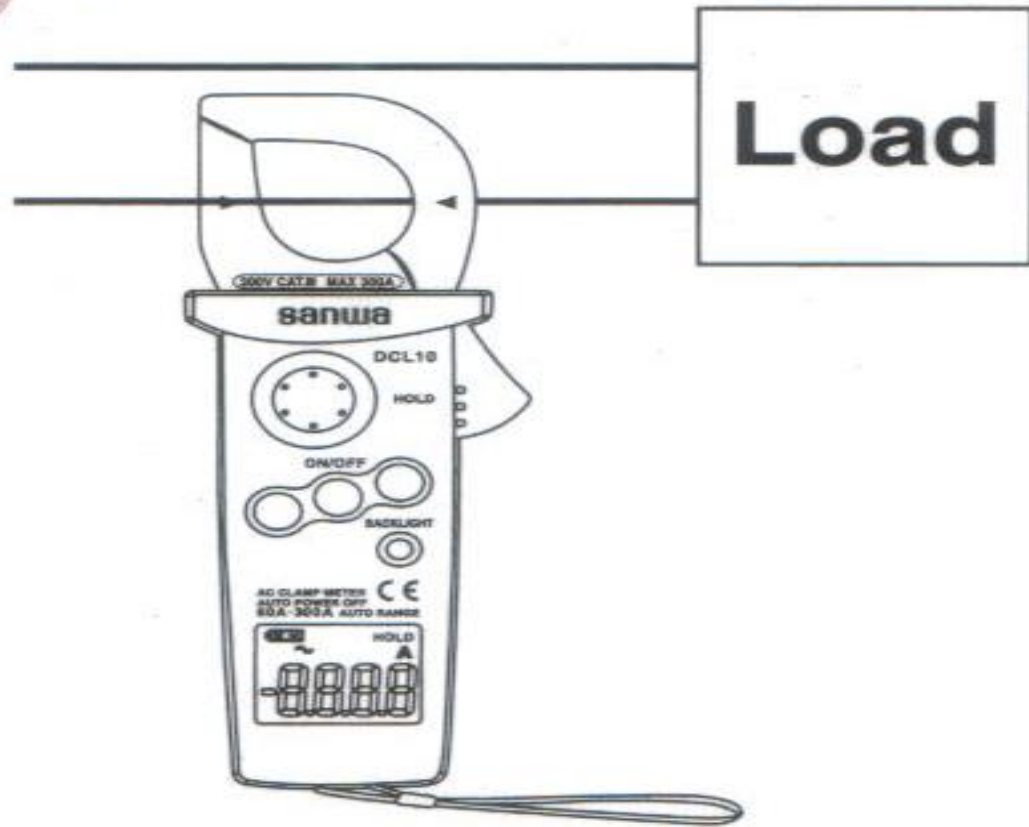
METER PELBAGAI CLAMP ON TEST



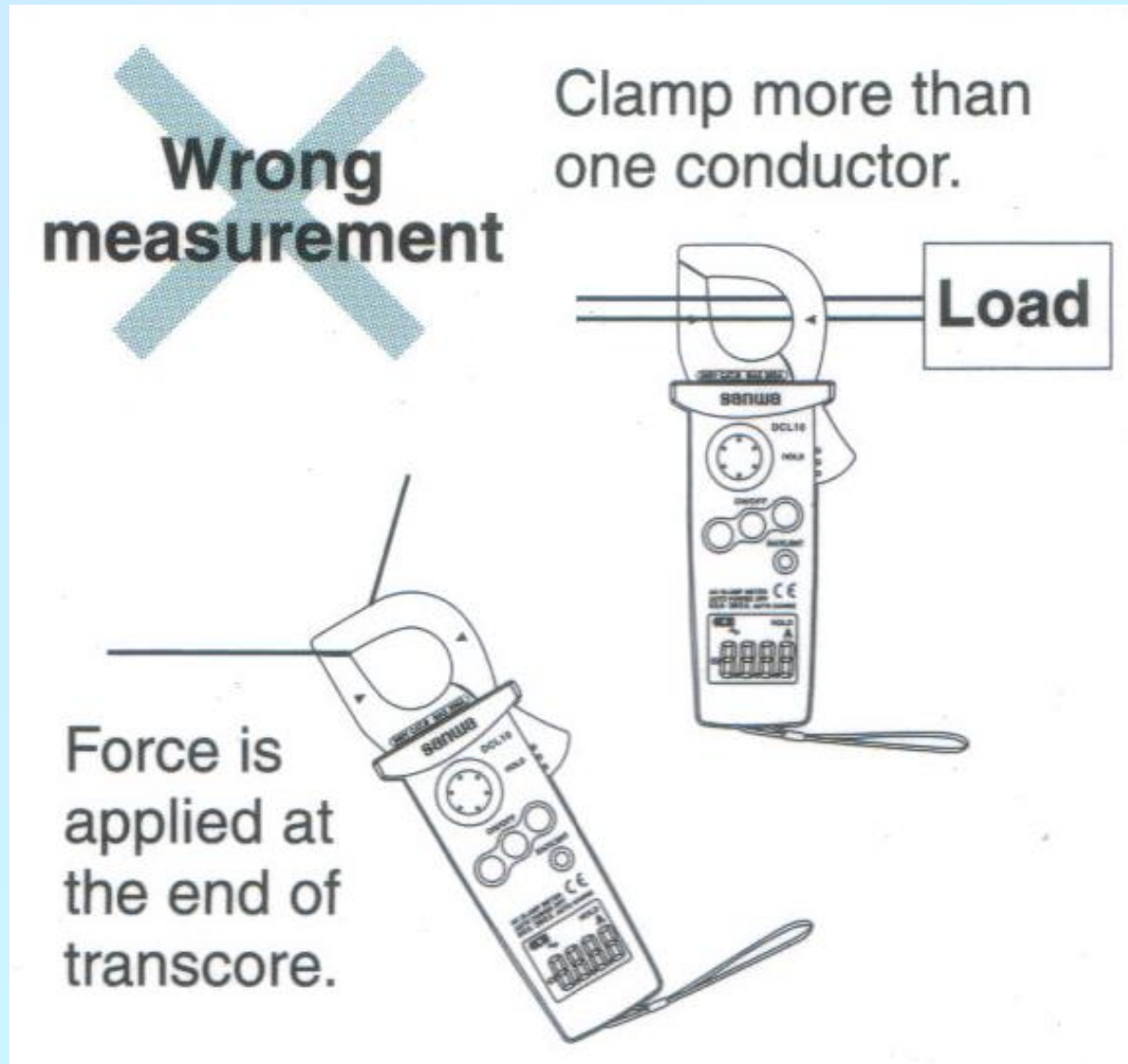
GUNA CLAMP ON METER – YANG BETUL

**Correct
measurement**

Clamp one conductor at
the center of transcore.



GUNA CLAMP ON METER –



METER PELBAGAI ANALOG –



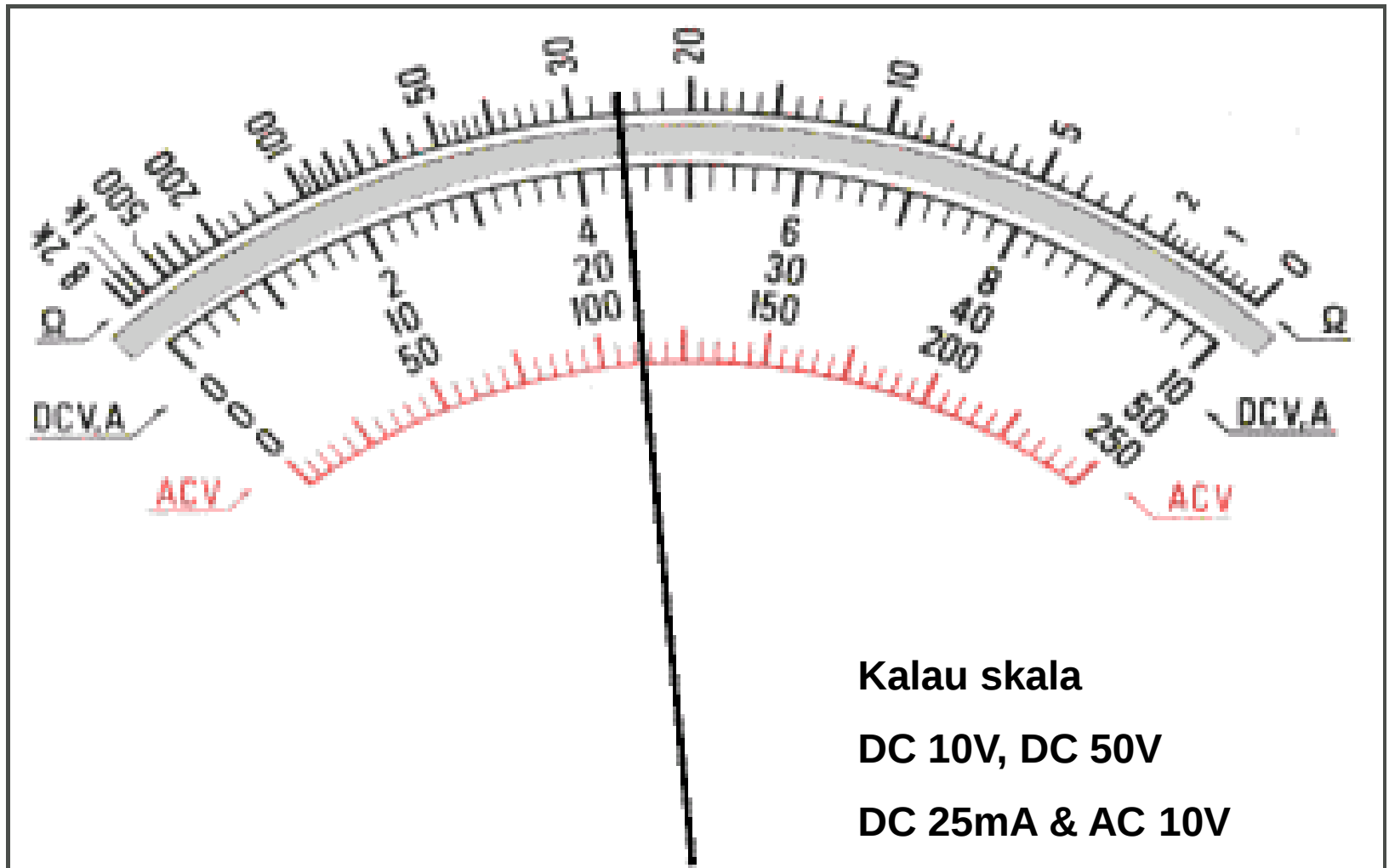
Julat Julat AVO meter



Skala skala pada skrin



LATIHAN 1



RUJUK LATIHAN 1

Sample readings on the scales shown:

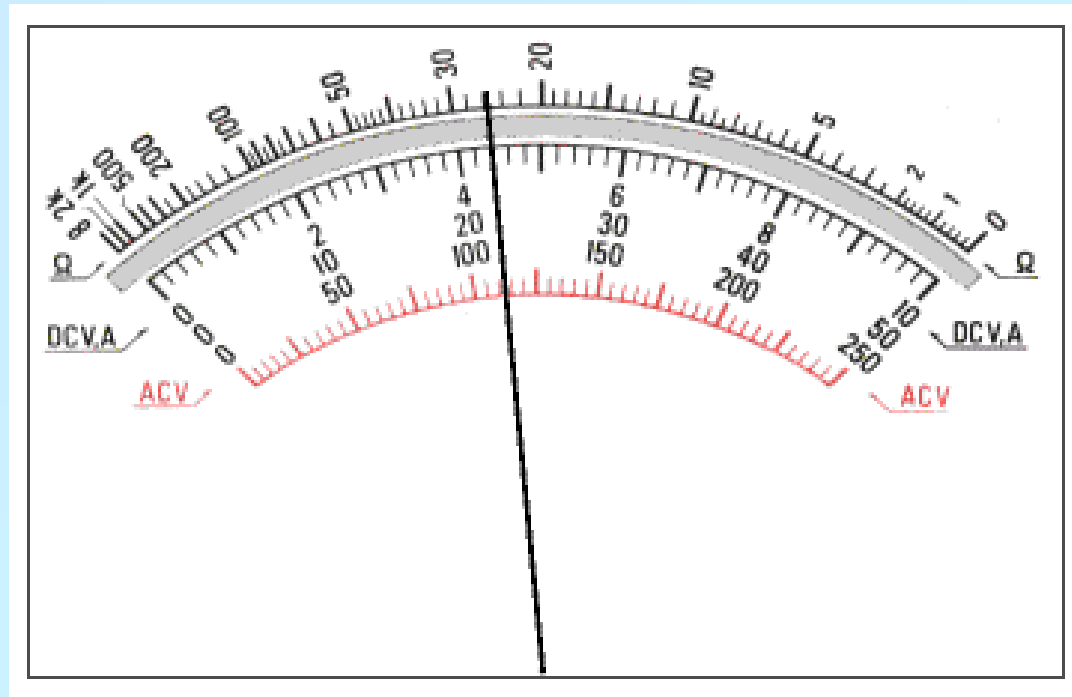
DC 10V range: 4.4V (read 0-10 scale directly)

DC 50V range: 22V (read 0-50 scale directly)

DC 25mA range: 11mA (read 0-250 and divide by 10)

AC 10V range: 4.45V (use the red scale, reading 0-10)

LATIHAN 2



Kalau skala
X 10 OHM
X 1 KILO OHM

Sample readings on the scales shown:

× 10 Ω range: 260 Ω

× 1 kΩ range: 26 kΩ

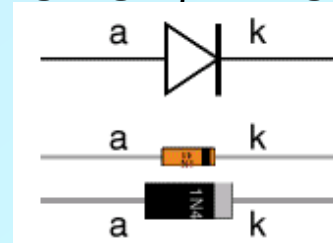
KESELAMATAN MENGGUNA METER PELBAGAI

- SET SELECTOR PADA OFF (KALAU ADA) ATAU PADA HIGH VOLTAGE
- PASTIKAN PILIHAN TEPAT APA PENGUKURAN YANG AKAN DIBUAT ?
UKUR VOLTAN AT - JULAT PADA Vat
UKUR VOLTAN AU- JULAT PADA Vau
UKUR ARUS AU – JULAT PADA Aau
UKUR ARUS AT SAMBUNGAN LITAR DALAM SIRI
- PASTIKAN PROBE CABLE, COM/N (HITAM) P/OUTPUT (MERAH)
- UKUR ARUS
HITAM PADA `COM' DAN KABEL MERAH PADA 10A TERMINAL.
- INPUT TIDAK MELEBIHI KADAR JULAT YANG DIPILIH PADA Volt/Amp
- BIASAKAN SET PADA JULAT YANG TINGGI
PINDAH PINDAHKAN JULAT UNTUK CARI BACAAN YANG LEBIH TEPAT
- TIDAK MENGUKUR VOLTAN PADA TERMINAL `COM' DAN OHM
- KALAU MENGUKUR RINTANGAN MULAKAN JULAT X1 DAN SET JARUM SKALA PADA 0 OHM. PASTIKAN BEKALAN OFF
- BATERI DIKELUARKAN KALAU LAMA TIDAK DIGUNAKAN.
- WAKTU MENGAMBIL BACAAN JANGKA DILETAKKAN MENDATAR/ (IKUT MANUAL)

Analog Dan Digital multimeter

- Uji komponen elektronik (skala x1)

**SCR, TRIAC, DIODE, LED, SPEAKER, HORN SPEAKER,
TRANSISTOR, ELECTROLYTIC CAPACITOR, ELECTRONIC BUZZER**
analog VU meter



Uji Julat voltan a.u (skala rendah)

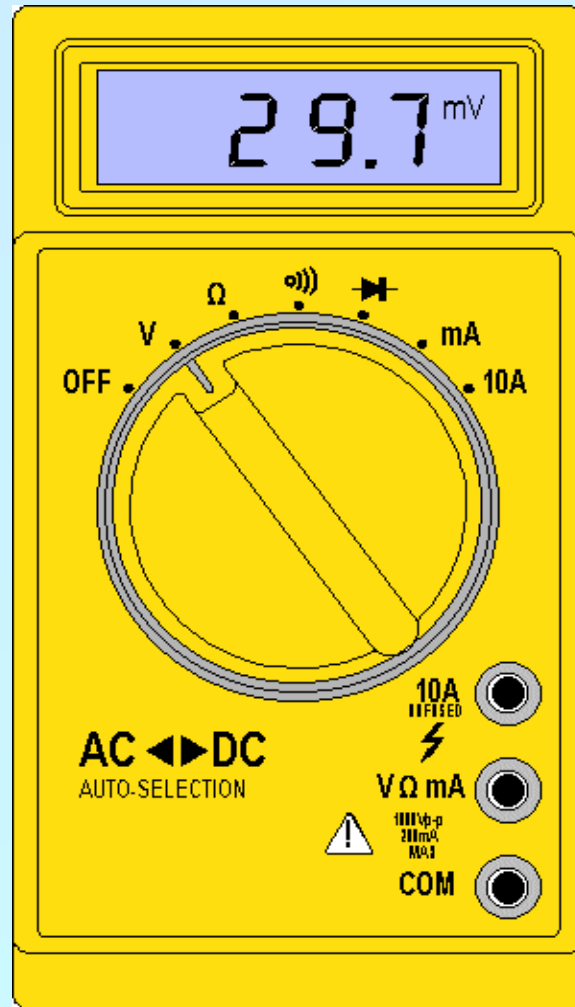
sambung kedua dua probe ke 1.5v dc baterai – jarum sekil menunjuk

Uji Julat DC mA a.t)

sambung kedua dua probe ke 1.5v dc baterai – jarum sekil menunjuk

Single V & A meter bolih diuji dengan 6v dc

AUTO SELECTION MULTIMETER- SIMPLE...



RUMUSAN TIP TIP GUNA METER PELBAGAI

MENGUKUR VOLTAN DAN ARUS MENGGUNAKAN METER PELBAGAI

1. PILIH JULAT YANG TINGGI/ MELEBEHI DARI YANG DIJANGKA
2. PASTIKAN KABEL PENGUKUR DISAMBUNG DENGAN BETUL
3. SEKIRANYA BACAAN TERSASAR DARI YANG DI JANGKA, SEGERA TANGGALKAN KABEL DAN PINDAH KEJULAT YANG TINGGI.

METER PELBAGAI MUDAH ROSAK APABILA TERSALAH GUNA PAKAI -BERHATI HATI

1. ***TANGGALKAN SAMBUNGAN SEBELUM MELARASKAN JULAT.***
2. ***PERIKSA DAN PASTI PILIHAN JULAT ADALAH SESUAI***
3. ***JANGAN MEMBIARKAN JANGKA TERPASANG LAMA MENGAMBIL BACAAN ARUS,(DI UKUR BILA PERLU) RISIKO ROSAK PADA JULAT ARUS ADALAH TINGGI KERANA METER MEMPUNYAI PERINTANG SHUNT YANG RENDAH***

UJIAN TURUTAN FASA

UJIAN TURUTAN FASA

- Dalam sistem tiga fasa ujian turutan fasa dilakukan untuk:
 - menentukan turutan fasa (Phase Sequence)

Merah, (R) Kuning (Y) dan Biru (B) mestilah didalam keadaan sentiasa mengikut turutannya

- RYB ,

- YBR

- BRY



===== R(TOP)
===== Y (2nd)
===== B (3rd)

- Sekiranya turutan fasa salah, motor tiga fasa akan bepusing terbalik dan keadaan ini amat merbahaya....?(MENGIKUT KEPERLUAN) CONTOH....
- Sekiranya turutan fasa anti clock, motor tiga fasa akan berpusing terbalik dan keadaan ini TIDAK merbahaya....?(MENGIKUT KEPERLUAN) CONTOH....

SAMBUNG

Ujian mestilah dilakukan setelah bekalan diperolehi.

- Alat uji yang digunakan ialah Jangka turutan fasa.

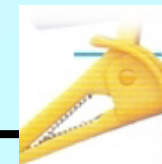
Bahagian penunjuk akan berpusing mengikut anak panah di Jangka tersebut. Ini bermakna turutan fasa pada bekalan yang diuji adalah betul.

- Penunjuk akan berpusing melawan jam sekiranya turutan fasa salah.

CONTOH SUSUNAN INI BERI PETUNJUK ANTI CLOCKWISE

(ATAS)TEST PROBE MERAH
(TENGAH)....TEST PROBE KUNING
(BAWAH).....TEST PROBE BIRU

KABEL



BILA TEST PROBE KUNING KE BAWAH & TEST PROBE BIRU KE ATAS

PETUNJUK MENJADI PUSINGN JAM

RUMUSAN ; ...

UJIAN TURUTAN FASA

- ****Pastikan mengetahui spesifikasi Jangka.**
- **Aturcara ujian:**
- **Jangka Turutan Fasa mempunyai tiga punca,letakkan punca fasa biru yang mempunyai kelip pada punca fasa biru di papan suis/ db tiga fasa voltan rendah.**
- **Sentuhkan punca fasa merah dan kuning dengan serentak pada punca fasa yang sama di papan suis voltan rendah.**
- **Motor tiga fasa di Jangka turutan fasa akan berpusing dengan lancar mengikut arah anak panah pada permukaan Jangka turutan fasa bila ianya diletakkan menegak atau mendatar mengikut spesifikasi oleh pembuatnya.**
- **Sekiranya punca punca pada Jangka turutan fasa disentuhkan pada turutan yang salah maka motor tiga fasa akan berpusing pada arah yang berlawanan dengan anak panah pada permukaan Jangka turutan fasa.**

1.

JANGKA TURUTAN FASA

- **PANDANGAN JANGKA**



JANGKA TURUTAN FASA & LINE CONTINUITY INDICATOR



3 PHASE TESTER



MOTOR ROTATION TESTER



MOTOR ROTATION TESTER





MOTOR & PHASE ROTATION INDICATOR(FLUKE 9062)



DEMO PRAKTIKAL

- RUJUK SLIDE 2 FLASH



- Kecemerlangan itu dicipta oleh insan biasa dengan usaha tenaga Yang luar biasa... **INSYAA ALLAH**

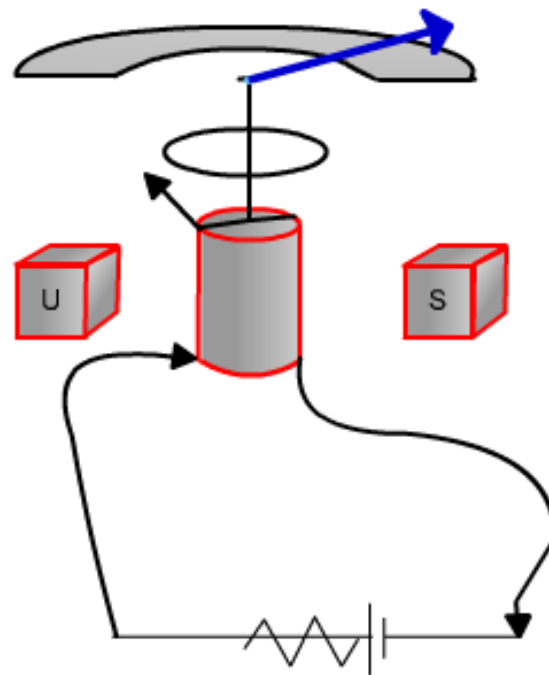
SYUKRAN JAZIILAN

Thank You

RUMUSAN AMMETER ,VOLTMETER,AVOW

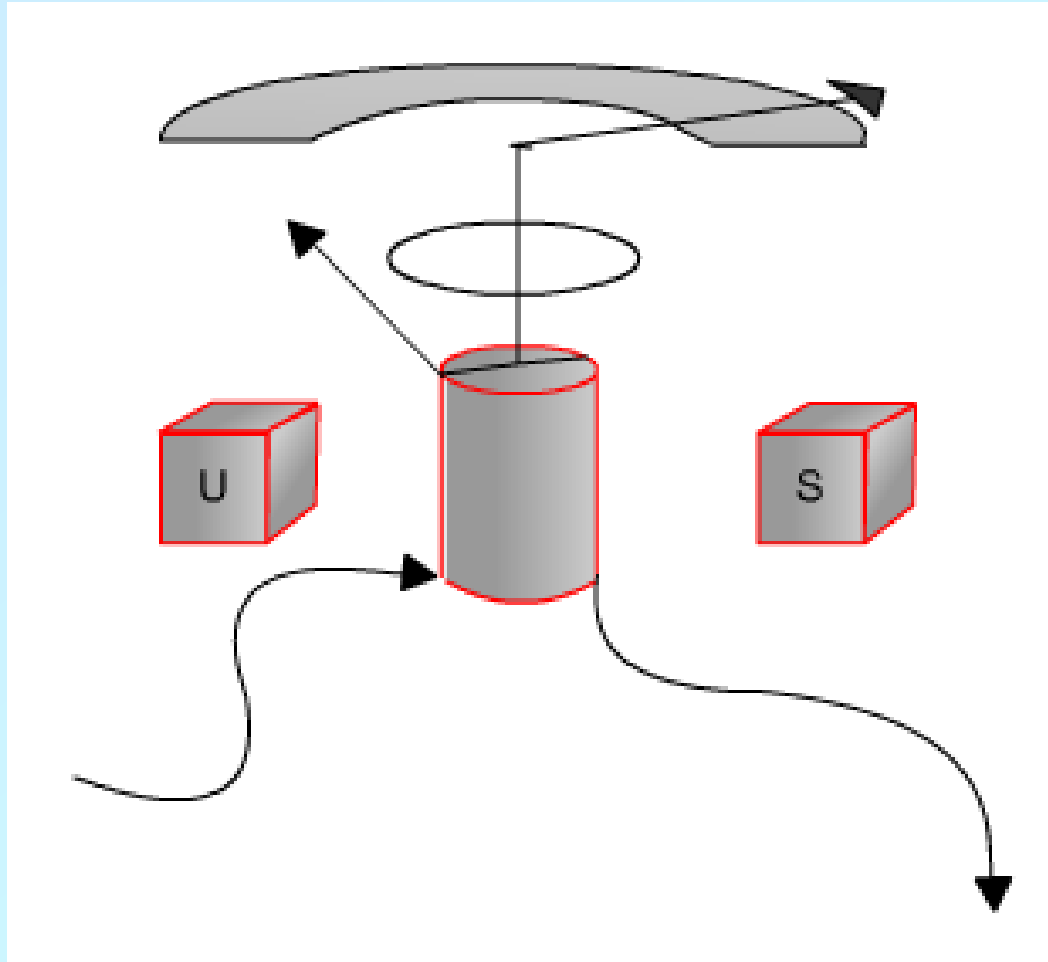
- **AMMETER**
 - Mengukur arus dlm. Litar. Bacaan dari mA hingga ke kA
 - lebih 60A – pakai CT.Ammeter Std. 5a FSD
 - Ratio CT. Cth. 60/5 100/5 150/5
- **VOLTMETER**
 - Mengukur Voltan pada dua titik.
 - Voltan yang terpamir dapat mengetahui voltan.
Contoh Nominal Voltage yang dibenarkan.(+5 -10 %)
 - Bacaan voltan dari mV hingga kV
- **ALATUKUR A/V/O/W**
 - MULTI TESTER AVO , ANALOG ATAU DIGITAL
 - ISULATION TESTER. Julat pada V.
 - CLAMP ON TESTER. Julat pada:
 - Voltan –
 - Ampiar –
 - Ohm --
 - Watt --

GALVANOMETER

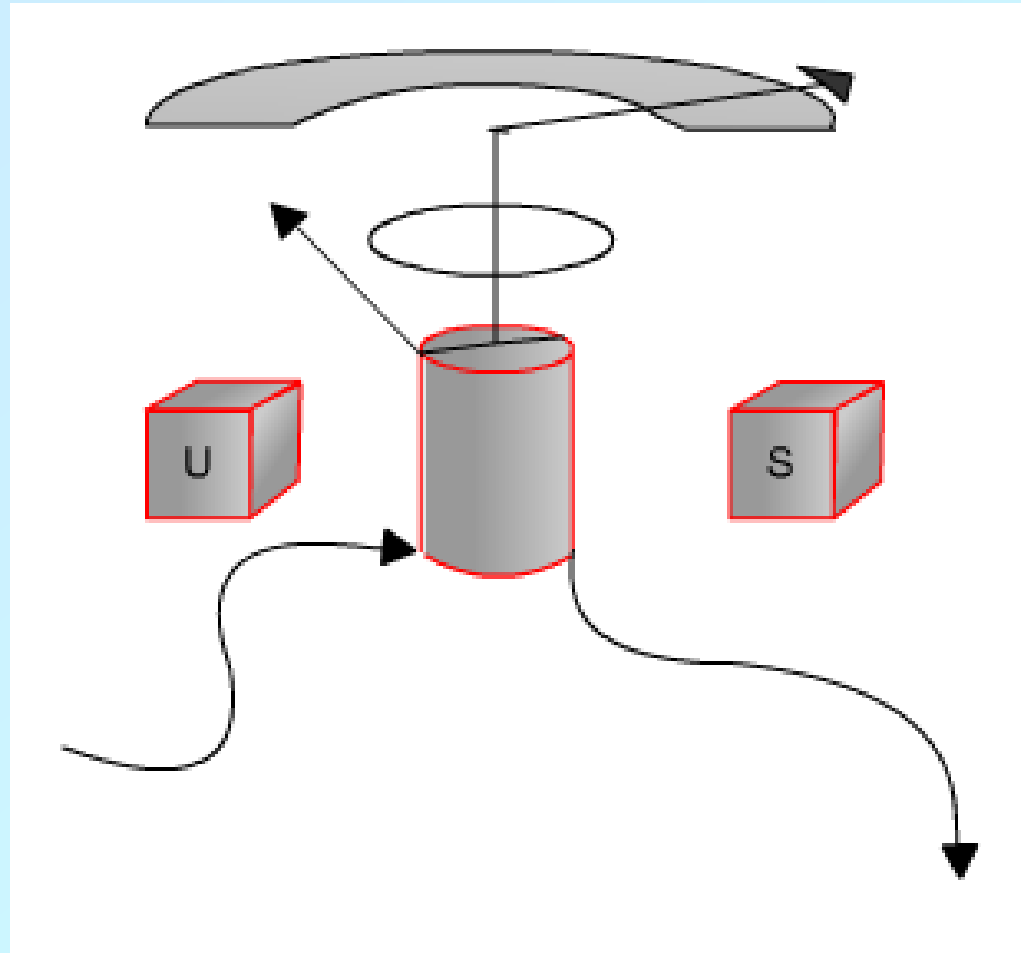


Geser resistor diatas

KONSEP AMMETER



KONSEP VOLTMETER



VOLTMETER



Voltmeter



Multimeter

Amperemeter bekerja berdasarkan prinsip gaya magnetic (Gaya Lorentz).

Ketika arus mengalir melalui kumparan yang dilingkupi oleh medan magnet timbul gaya lorentz yang menggerakkan jarum penunjuk menyimpang. Apabila arus yang melewati kumparan besar, maka gaya yang timbul juga akan membesar sedemikian sehingga penyimpangan jarum penunjuk juga akan lebih besar. Demikian sebaliknya, ketika kuat arus tidak ada maka jarum penunjuk akan dikembalikan ke posisi semula oleh pegas.

Besar gaya yang dimaksud sesuai dengan Prinsip Gaya Lorentz $F = B.I. L$

Kemampuan amperemeter dapat ditingkatkan dengan memasang hambatan shunt secara parallel terhadap amperemeter.

Besar hambatan shunt tergantung pada berapa kali kemampuannya akan ditingkatkan.

Misalnya mula-mula arus maksimumnya adalah I , akan ditingkatkan menjadi $I' = n.I$, maka besar hambatan shunt

$$R_{sh} = \frac{R_G}{(n - 1)}$$

R_G = Hambatan galvanometer mula-mula

Contoh:

Sebuah amperemeter dengan hambatan $R_G = 100$ ohm dapat mengukur kuat arus maksimum 100 mA. Berapa besar hambatan shunt yang diperlukan agar dapat mengukur kuat arus sebesar 10 A.

Penyelesaian:

$$N = 10 \text{ A} : 100 \text{ mA} = 100$$

$$\begin{aligned} R_{sh} &= R_G / (n - 1) = 100 / 99 \\ &= 1 \frac{1}{99} \text{ ohm} \end{aligned}$$

Jika kita akan mengukur arus yang melewati penghantar dengan menggunakan Amperemeter maka harus kita pasang seri dengan cara memotong penghantar agar arus mengalir melewati ampere meter.

Perhatikan gambar.

Setelah kita buka saklar S kemudian kita putus penghantar, kemudian sambungkan amperemeter di tempat itu.

Prinsip Kerja Voltmeter hampir sama dengan Amperemeter karena desainnya juga terdiri dari galvanometer dan hambatan seri atau multiplier.

Galvanometer menggunakan prinsip hukum Lorentz, dimana interaksi antara medan magnet dan kuat arus akan menimbulkan gaya magnetic. Gaya magnetic inilah yang menggerakkan jarum penunjuk sehingga menyimpang saat dilewati oleh arus yang melewati kumparan.

Makin besar kuat arus akan makin besar penyimpangannya.

Desain penyusunan galvanometer dengan hambatan multiplier menjadi voltmeter dapat dilihat pada gambar di samping.

Fungsi dari multiplier adalah menahan arus agar tegangan yang terjadi pada galvanometer tidak melebihi kapasitas maksimumnya, sehingga sebagian tegangan akan berkumpul pada multiplier. Dengan demikian kemampuan mengukurnya menjadi lebih besar.

PRINSIP KERJA AMPEREMETER

Jika kemampuannya ingin ditingkatkan menjadi n kali maka dapat ditentukan berapa besar hambatan multiplier yang diperlukan.

$$n = \frac{V}{V_G}$$

$$R_m = (n - 1) \cdot R_G$$

V = tegangan yang akan diukur

V_G = Tegangan maksimum galvanometer

R_G = Hambatan galvanometer

R_m = Hambatan multiplier

Contoh Soal

Sebuah Galvanometer yang memiliki hambatan dalam 10 ohm dan tegangan maksimum 10 mV akan dipakai untuk mengukur tegangan hingga tegangan maksimumnya bisa 20 V. Berapa besar hambatan multiplier yang diperlukan ?

Penyelesaian:

$$n = 10 : 0,01 = 1000$$

$$R_m = (n - 1) \cdot R_G$$

$$= 999 \cdot 10 = 9990 \text{ ohm}$$

RUMUSAN TIP TIP GUNA MULTIMETER

Measuring voltage and current with a multimeter

1. **Select a range** with a maximum greater than you expect the reading to be.
2. **Connect the meter**, making sure the leads are the correct way round.
Digital meters can be safely connected in reverse, but an analogue meter may be damaged.
3. **If the reading goes off the scale:** immediately disconnect and select a higher range.

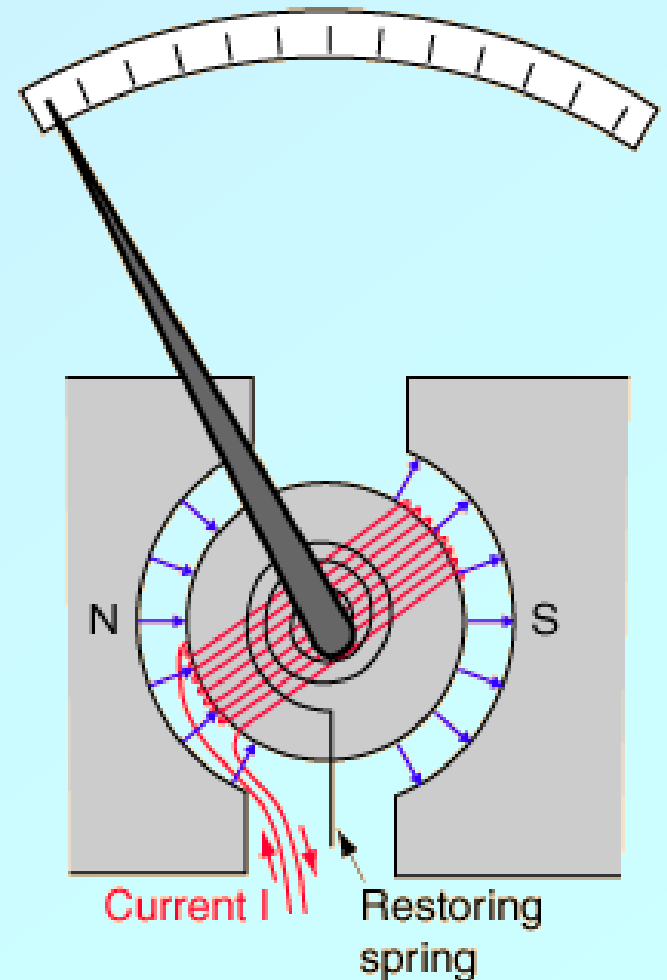
Multimeters are easily damaged by careless use so please take these precautions:

- ▶ Always disconnect the multimeter before adjusting the range switch.
- ▶ Always check the setting of the range switch **before** you connect to a circuit.
- ▶ Never leave a multimeter set to a current range (except when actually taking a reading).

The greatest risk of damage is on the current ranges because the meter has a low resistance.

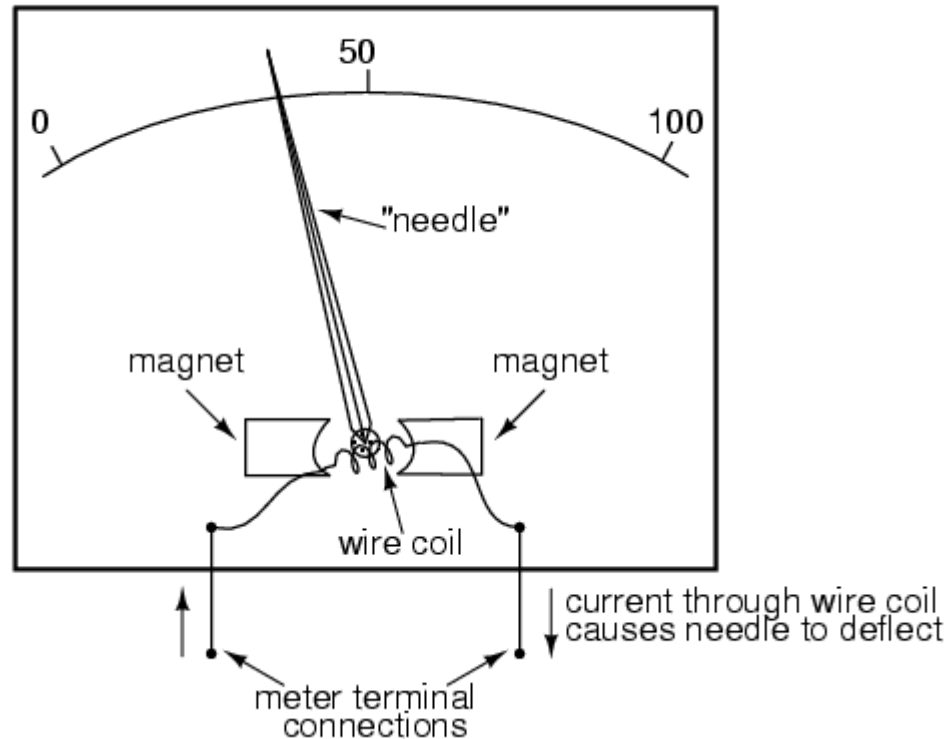
Galvanometer

- Galvanometer –alat pengesan elektrik berkonsep gegelung gerak.(PMMC)
- Bila arus melalui medan magnet gegelung,gegelung mengalami satu daya kilas(torque) yang berkadar terus dengan arus.
- Pergerakan gegelung dikawal oleh satu spring gegelung, maka jumlah gerakan jarum penunjuk berkadar terus dengan arus mengalir dalam gelong.
- Konsep "meter movements" menjadi jantung yang digunakan pada jangka ampiar dan voltan. Kemajuan seterusnya diganti dengan solid meter dengan meluasnya.
- Ketepatan moving coil meters bergantung kepada uniformiti dan arus kekal medan magnet.



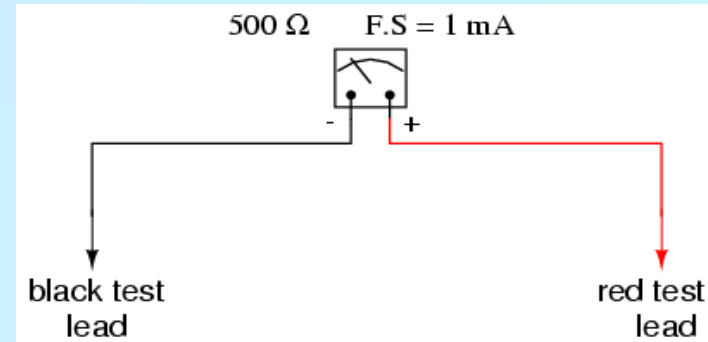
Galvanometer

Permanent magnet, moving coil (PMMC) meter movement



- In other words, if it takes $50\ \mu\text{A}$ of current to drive the needle fully to the right (making this a " $50\ \mu\text{A}$ full-scale movement"), the scale would have $0\ \mu\text{A}$ written at the very left end and $50\ \mu\text{A}$ at the very right, $25\ \mu\text{A}$ being marked in the middle of the scale.

Voltmeter Design

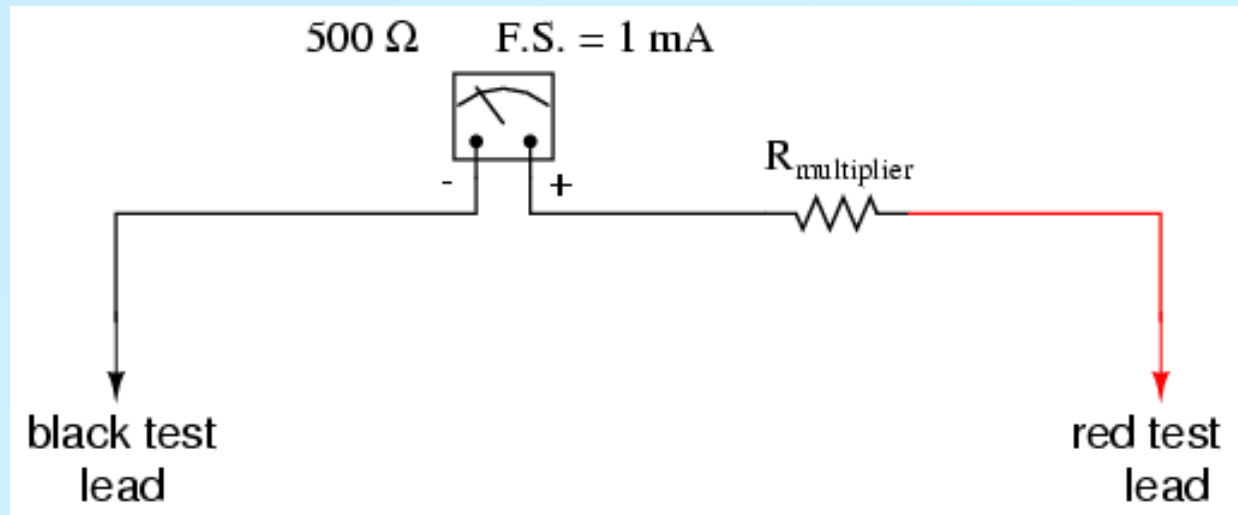


- Some D'Arsonval movements have full-scale deflection current ratings as little as 50 μA , with an (internal) wire resistance of less than 1000 Ω . This makes for a voltmeter with a full-scale rating of only 50 millivolts (50 $\mu\text{A} \times 1000 \Omega$)!
- Using Ohm's Law ($E = I R$), we can determine how much voltage will drive this meter movement directly to full scale:

$$\begin{aligned} E &= I R \\ E &= (1 \text{ mA})(500 \Omega) \\ E &= 0.5 \text{ volts} \end{aligned}$$

- To get an effective voltmeter meter range in excess of 1/2 volt, we'll need to design a circuit allowing only a precise proportion of measured voltage to drop across the meter movement.
- This will extend the meter movement's range to being able to measure higher voltages than before.

Measuring Higher Voltages



Knowing that voltage divider circuits are built from *series* resistances, we'll connect a resistor in series with the meter movement.

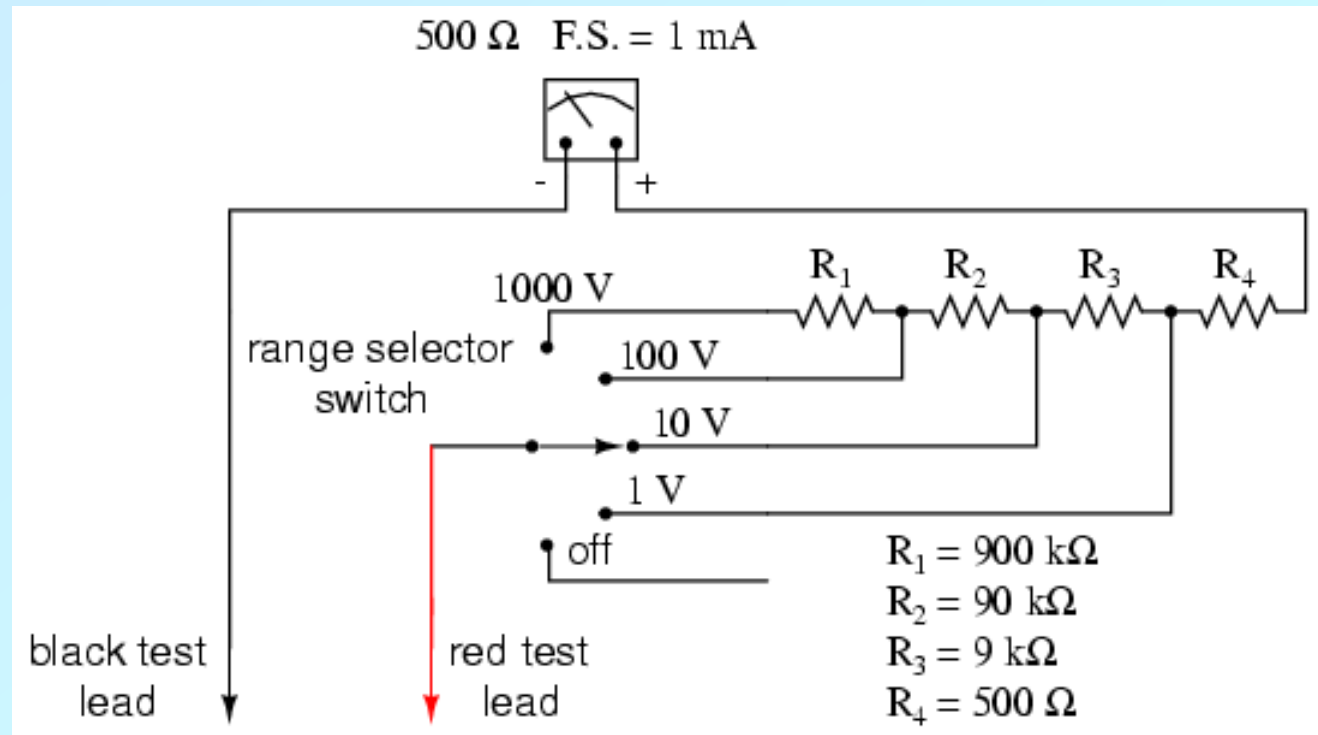
- Ohm's Law could be used to determine resistance ($R=E/I$) for the multiplier:

$$R_{\text{multiplier}} = E/I - R$$

$$R_{\text{multiplier}} = 0.5\text{V}/1\text{mA} - 500\Omega$$

$$R_{\text{multiplier}} = 9.5 \text{ k}\Omega$$

Multi-Range Voltmeter



- How do you calculate all R_i ($i = 1, 2, 3, 4$)?

