



DTG 2M3 - ALAT UKUR DAN PENGUKURAN TELEKOMUNIKASI



By : Dwi Andi Nurmantris

ALAT UKUR ANALOG DC

POKOK BAHASAN

- Pendahuluan
- Penunjuk alat ukur Analog
- Alat Ukur Analog DC
- Voltmeter DC
- Ampermeter DC
- OhmMeter
- Efek Pembebanan

PENUNJUK ANALOG ARUS SEARAH

Pendahuluan

- Desain dari alat ukur voltmeter, ampermeter atau ohmmeter dimulai dari elemen yang sensitif terhadap arus.
- Beberapa penunjuk analog yang biasa dipakai :
 - kumparan putar
 - Besi putar
 - elektrodinamis
 - Induksi
 - elektrostatis

ALAT UKUR KUMPARAN PUTAR

KUMPARAN PUTAR

- ❑ Yang dimaksud dengan “**alat ukur kumparan putar**” adalah alat pengukur yang bekerja atas dasar prinsip dari adanya suatu kumparan listrik, yang ditempatkan pada medan magnet yang berasal dari suatu magnet permanen. Arus yang dialirkan melalui kumparan tersebut akan menyebabkan kumparan berputar pada porosnya.
- ❑ Alat ukur ini penting untuk mengukur arus, tidak hanya untuk arus searah akan tetapi dengan pertolongan komponen lainnya, dapat pula dipakai untuk arus bolak-balik
- ❑ Pemakaian dari alat ukur kumparan putar adalah sangat luas, mulai dari alat-alat ukur yang ada di laboratorium sampai pada alat ukur yang ditempatkan di dalam pusat-pusat pembangkit tenaga listrik.

ALAT UKUR KUMPARAN PUTAR

KUMPARAN PUTAR

Bagian yg BergerakAU Kumparan Putar:

- Kumparan putar
- Jarum penunjuk
- Beban penyeimbang (Balancing weight)

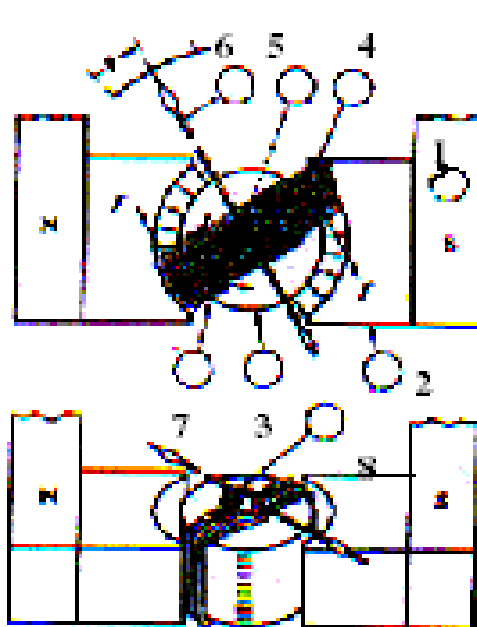
Bagian yang diam

- magnet permanen
- Pegas atau per
- Penyangga AU kumparan

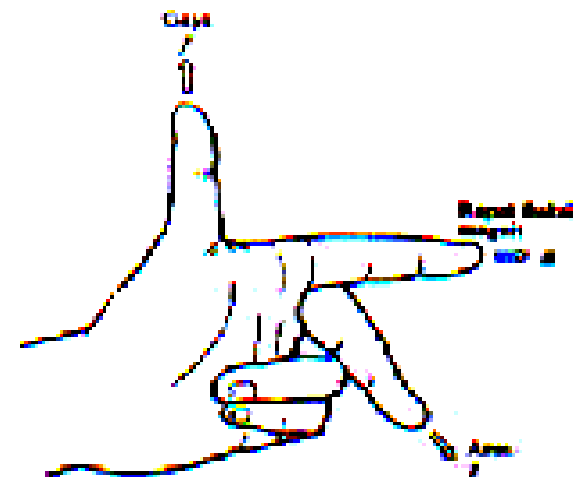


PENUNJUK ANALOG ARUS SEARAH

KUMPARAN PUTAR



1. Magnet tetap
2. Kutub sepatu
3. Inti besi lunak
4. Kumbaran Putar
5. Pegas spiral
6. Jarum penunjuk
7. Rangkaian kumbaran putar
8. Tiang poros



Gambar 2.2

ALAT UKUR KUMPARAN PUTAR

Bagian kumparan putar

- Pada bagian ini dibuat dari kerangka alumunium yang dililitkan oleh kawat-kawat penghantar halus dan berisolasi.
- Kumparan diletakkan diantara magnet permanen pada suatu inti besi yang berbentuk silinder agar arah dari medan magnet selalu tegak lurus terhadap kumparan putar

ALAT UKUR KUMPARAN PUTAR

Jarum Penunjuk

- **Merupakan bagian yang menunjukkan besaran dari suatu hasil pengukuran**
- **Ada 2 jenis jarum penunjuk :**
 1. **Tipis → Untuk alat ukur dengan ketelitian yang tinggi**
 2. **Tebal → Untuk memudahkan pembacaan dari kejauhan dan biasanya diletakkan pada panel listrik**

ALAT UKUR KUMPARAN PUTAR

Beban Penyeimbang

- Beban ini diletakkan dibelakang jarum penunjuk yang berfungsi sebagai penyeimbang sehingga poros penyangga jarum penunjuk berada tepat dititik beratnya
- Tujuan diberikan beban penyeimbang ini adalah untuk mengurangi gesekan serta goncangan pada jarum penunjuk ketika berdepleksi

ALAT UKUR KUMPARAN PUTAR

Magnet Permanen

Berguna untuk membangkitkan medan magnet disekitar kumparan putar dan akan menimbulkan momen gerak pada kumparan putar apabila dialiri arus

ALAT UKUR KUMPARAN PUTAR

Pegas atau Per

Bagian ini adalah untuk memberikan momen perlawanan terhadap momen gerak sehingga didapat suatu keseimbangan momen/gaya pada harga penunjukannya.

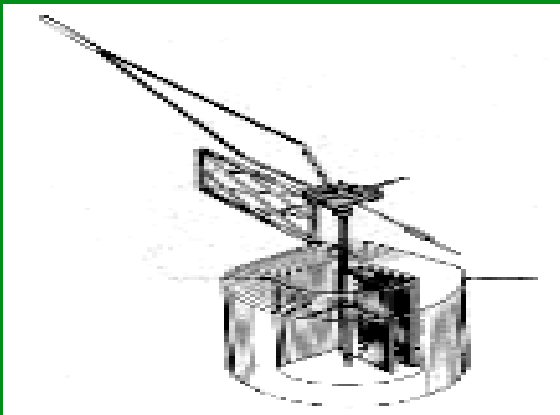
ALAT UKUR KUMPARAN PUTAR

KELEMAHAN KUMPARAN PUTAR

- Pengaruh medan magnet dari luar
- Temperatur sekitar
- Pemanasan sendiri → stabil jika panas tetap
- Pergeseran titik nol
- Gesekan
- Umur perangkat → lelah pegas
- Letak alat ukur → hrs datar

PENUNJUK ANALOG ARUS SEARAH

BESI PUTAR



- Sepasang besi lunak ditempatkan di dalam kumparan yang tetap, salah satunya tidak bergerak sedangkan yang lainnya bebas bergerak melalui suatu sumbu. Bila arus I yang akan diukur dialirkan melalui kumparan yang tetap (diam) maka kumparan tersebut akan menghasilkan medan magnet yang berbanding lurus dengan besar arus dan mempunyai arah sejajar dengan sumbu pergerakan. Kedua besi baik yang bergerak maupun yang tetap dimagnetiser dan besarnya berbanding lurus dengan arus I dengan arah magnetisasi sama, sehingga akan terdapat kutub-kutub yang sama yaitu kutub-kutub utara dan selatan yang saling berdekatan. Akibatnya akan terjadi tolak menolak dengan daya yang berbanding lurus dengan kwadrat dari arus dan memberikan pergerakan rotasi pada sumbunya sehingga akan menghasilkan momen gerak

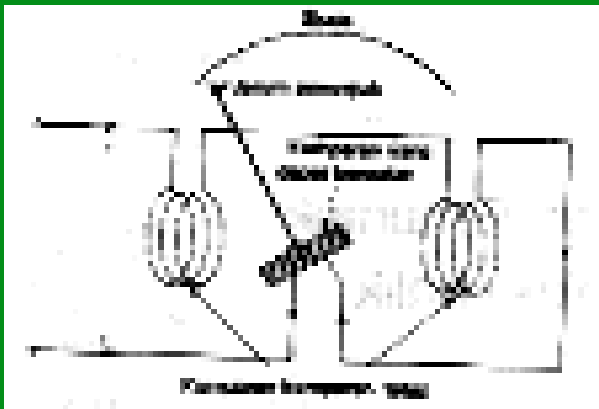
PENUNJUK ANALOG ARUS SEARAH

KELEMAHAN BESI PUTAR

- Pengaruh medan magnet dari luar
- Temperatur sekitar
- Pemanasan sendiri → stabil jika panas tetap
- Pergeseran titik nol
- Gesekan
- Umur perangkat → lelah pegas
- Letak alat ukur → hrs datar

PENUNJUK ANALOG ARUS SEARAH

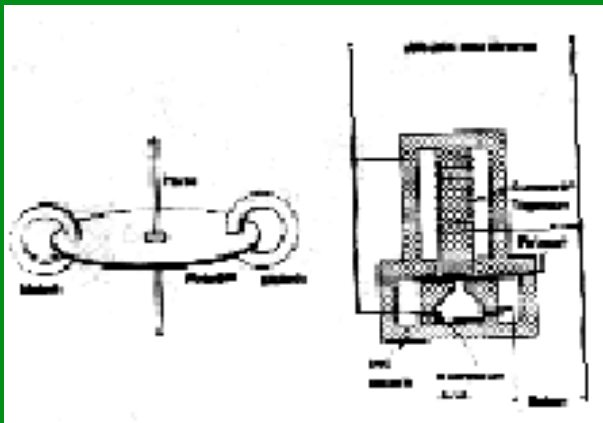
ELEKTRODINAMIS



- ❑ Jika magnet permanen dari alat ukur kumparan putar diganti dengan kumparan yang tetap dan arus dialirkan melalui kedua kumparan tersebut maka akan terdapat suatu konfigurasi dasar alat ukur dari **tipe elektrodinamis**. Momen geraknya diperoleh dari interaksi kedua medan yaitu medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan tetap dan medan magnet dari kutub yang dapat berputar
- ❑ Alat ukur elektrodinamis dipergunakan untuk arus bolak-balik maupun searah dengan presisi yang baik. Akan tetapi alat ini dalam pemakaian dayanya tinggi jika dibandingkan dengan tipe kumparan putar maupun besi putar

PENUNJUK ANALOG ARUS SEARAH

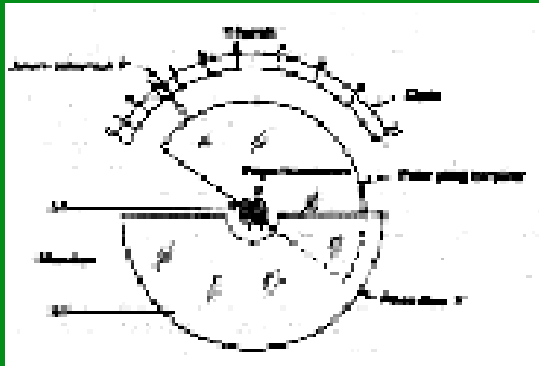
INDUKSI



- Jika suatu konduktor ditempatkan dalam medan magnet dari arus bolak balik, maka arus-arus putar akan dibangkitkan di dalam konduktor tersebut. Medan-medan magnet dari arus-arus putar ini dan arus bolak balik yang menyebabkannya akan memberikan interaksi yang mengakibatkan momen gerak pada konduktor, prinsip inilah yang mendasari kerja dari **alat-alat ukur induksi**
- Alat ukur ini memiliki momen putar yang relatif besar namun alay ini hanya digunakan untuk arus bolak balik dan sebagai penunjuknya dipergunakan panel-panel listrik

PENUNJUK ANALOG ARUS SEARAH

ELEKTROSTATIS



- Gaya elektrostatik didapatkan dari interaksi antara kedua elektroda yang terdapat pada potensial yang berbeda. Alat ukur ini banyak digunakan sebagai alat ukur volt untuk arus bolak balik maupun searah khususnya untuk alat ukur pada tegangan tinggi

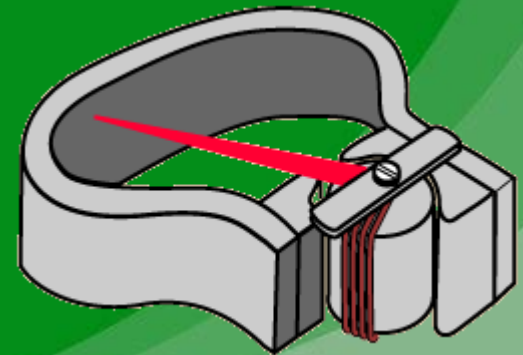
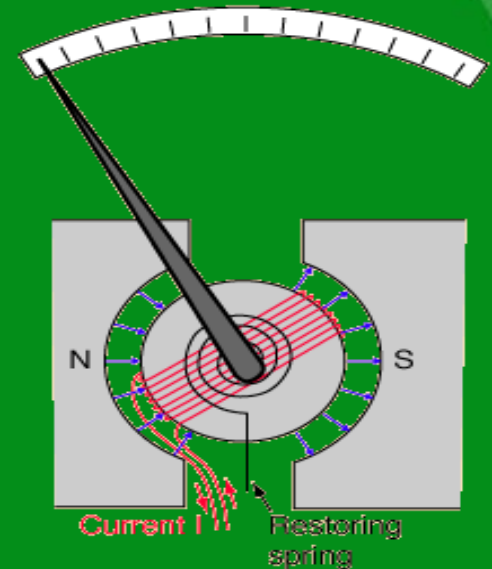
PENUNJUK ANALOG ARUS SEARAH

- Biasanya untuk alat ukur DC (Ampermeter, Voltmeter, Ohmmeter). dipakai detektor arus berupa kumparan putar yang sering disebut dengan **galvanometer**
- Alat ukur analog untuk mengukur tegangan, arus dan tahanan kebanyakan menggunakan prinsip kumparan putar. Termasuk yang digunakan oleh multimeter analog atau AVO-meter (Ampermeter, Voltmeter, Ohmmeter).
- Sering kali disebut “alat ukur kumparan putar” adalah alat pengukur yang bekerja atas dasar prinsip dari adanya suatu kumparan listrik, yang ditempatkan pada medan magnet yang berasal dari suatu magnet permanen

PENUNJUK ANALOG ARUS SEARAH

Konstruksi dan cara kerja galvanometer

- Galvanometer terdiri dari magnet permanen, kumparan yang dapat berputar dan jarum sebagai penunjuk
- PMMC → *Permanent Magnet Moving Coil mechanism*
- Cara kerja:
 1. bila arus melewati kumparan, akan timbul torsi elektromagnet → kumparan berputar
 2. Torsi ini diimbangi oleh torsi yang dihasilkan oleh *restoring spring*



PENUNJUK ANALOG ARUS SEARAH

3. Keseimbangan

torsi → sudut kumparan →
jarum penunjuk → skala

- Persamaan torsi

$$T = B \times A \times I \times N$$

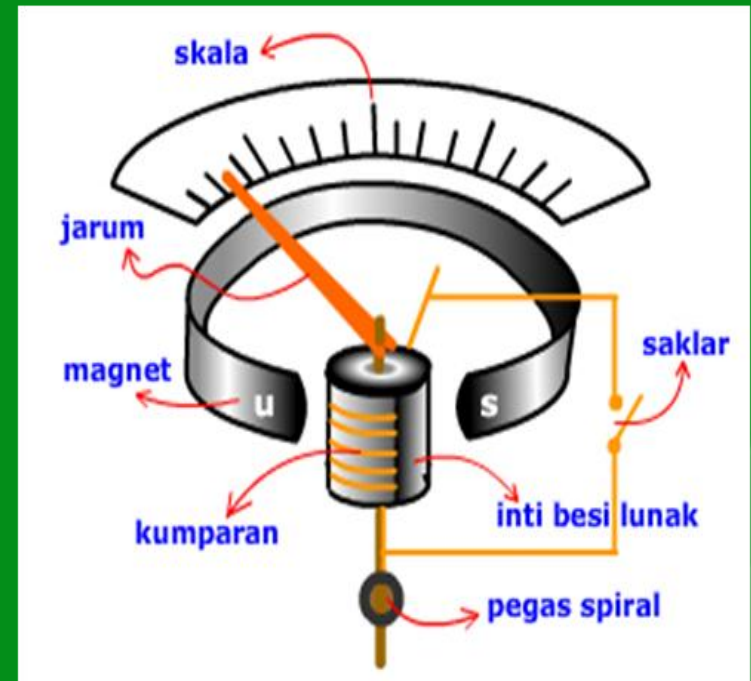
T = torsi (Nm)

B = rapat fluks di udara (Wb/m²)

A = luas efektif kumparan (m²)

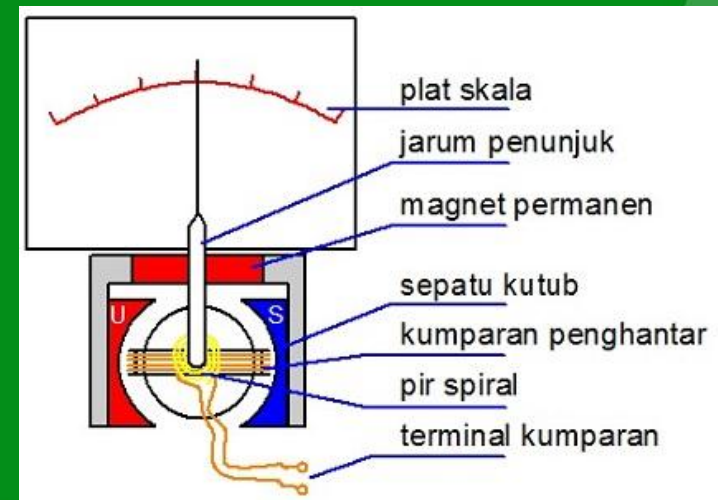
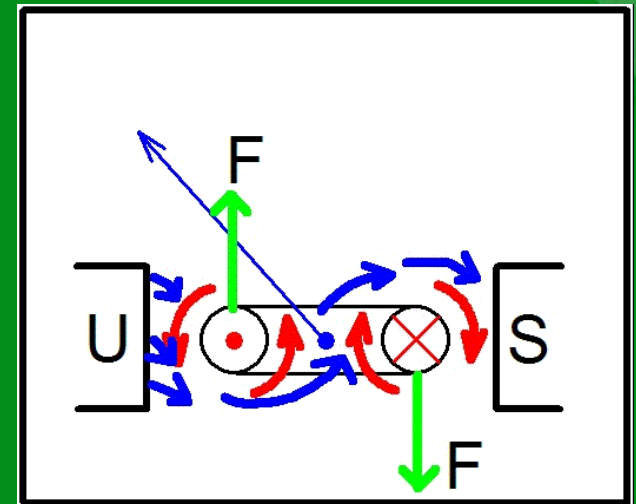
N = jumlah lilitan kumparan

I = arus dalam kumparan putar
(A)



PENUNJUK ANALOG ARUS SEARAH

- Faktor yang mempengaruhi gerakan kumparan putar :
 - momen inersia kumparan putar terhadap sumbu (J)
 - torsi lawan oleh *restoring spring*
 - konstanta redaman
- PMMC → gerak D'Arsonval
 - daya rendah $25 \mu\text{W} - 200 \mu\text{W}$
 - jika masukan arus bolak-balik → menunjukkan nilai rata-rata → tidak cocok u/ arus bolak-balik



PENUNJUK ANALOG ARUS SEARAH

- **Beberapa karakteristik umum alat ukur :**

- 1. Impedansi input

mengontrol daya yang dihilangkan dari sistem oleh instrument/alat ukur.

$$p = \frac{v^2}{Z_m}$$
$$Z_m = \frac{Z_C Z_R}{Z_C + Z_R} = \frac{R_m}{1 + j\omega RC}$$

p = daya disipasi

Z_m = impedansi input, untuk alat ukur arus searah nilai $Z_m = R_m$

R_m = tahanan dari coil

PENUNJUK ANALOG ARUS SEARAH

- **Beberapa karakteristik umum alat ukur :**

2. Sensitivitas

d = defleksi, v_i = tegangan yang diukur

$$S = \frac{d}{v_i}$$

3. Range

d^* = defleksi maksimum

S = sensitivitas

v^* = tegangan/range maksimum

$$v^* = \frac{d^*}{S}$$

4. Zero drift → pergeseran nilai nol instrument

5. Respon frekuensi → pengaruh frek thd kerja instrument

PENUNJUK ANALOG ARUS SEARAH

- Sensitivitas galvanometer
 - sensitivitas arus
perbandingan antara defleksi (d) dengan arus yang menghasilkannya

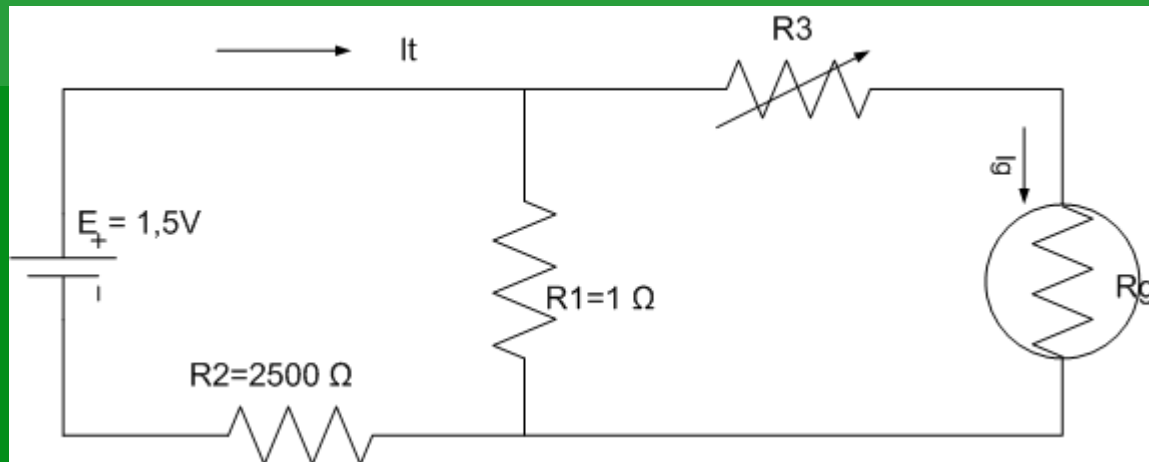
$$S_I = \frac{d \text{ mm}}{I \text{ } \mu\text{A}}$$

- sensitivitas tegangan
perbandingan antara defleksi (d) dengan tegangan yang menghasilkannya

$$S_V = \frac{d \text{ mm}}{V \text{ mV}}$$

PENUNJUK ANALOG ARUS SEARAH

Contoh



Dengan membuat $R_3 = 450 \Omega$, defleksi galvanometer adalah 150 mm, dan untuk $R_3 = 950 \Omega$, defleksi berkurang menjadi 75 mm. tentukan:

- tahanan galvanometer.
- Sensitivitas arus galvanometer tersebut.

PENUNJUK ANALOG ARUS SEARAH

Jawab

a.
$$I_G = \frac{R_1}{R_1 + R_3 + R_G} \times I_T$$

defleksi utk kasus 1 $\rightarrow R_3 = 450 \Omega$ adalah 150 mm

utk kasus 2 $\rightarrow R_3 = 950 \Omega$ adalah 75 mm

arus galvanometer pada kasus 1 (I_{G_1}) dalam hal ini adalah dua kali arus galvanometer pada kasus 2 (I_{G_2})

$$I_{G_1} = 2I_{G_2} \text{ atau } \frac{1}{1 + 450 + R_G} = 2 \frac{1}{1 + 950 + R_G}$$

sehingga $R_G = 49 \Omega$.

PENUNJUK ANALOG ARUS SEARAH

Jawab

b. Sensitivitas Galvanometer

$$R_T = R_2 + \frac{R_1 (R_3 + R_G)}{R_1 + R_3 + R_G} \approx 2500 \Omega$$

$$I_T = \frac{1,5V}{2500\Omega} = 0,6mA$$

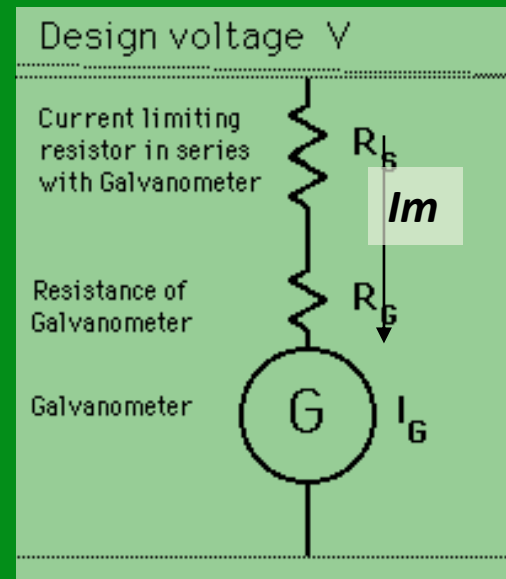
$$I_{G1} = \frac{R_1}{R_1 + R_3 + R_G} I_T = \frac{1}{1 + 450 + 40} \times 0.6 mA = 1.2 \mu A$$

$$S_I = \frac{150mm}{1.2\mu A} = 125mm / \mu A$$

VOLTMETER DC

- Konstruksi Voltmeter DC terdiri dari :
 - tahanan pengali/multiplier (R_s)
 - tahanan dalam galvano (R_g)
 - arus masukan galvano (I_g)

Multiplier → tahanan untuk mengubah gerakan D'Arsonval menjadi voltmeter arus searah



VOLTMETER DC

- Batas ukur Voltmeter :

(ditentukan oleh multiplier/ R_s)

$$V_{maks} = I_m (R_s + R_g)$$

$$R_s = \frac{V_{maks} - I_m R_g}{I_m} = \frac{V_{maks}}{I_m} - R_g$$

- Contoh

Bila suatu tahanan yang mempunyai harga $37,5 \text{ k}\Omega$ dihubungkan secara seri dengan suatu kumparan putar yang mempunyai harga skala maksimal 4 mA , dan tahanan dalam sebesar 3Ω , tentukan batas ukur voltmeter tersebut ?

Jawab

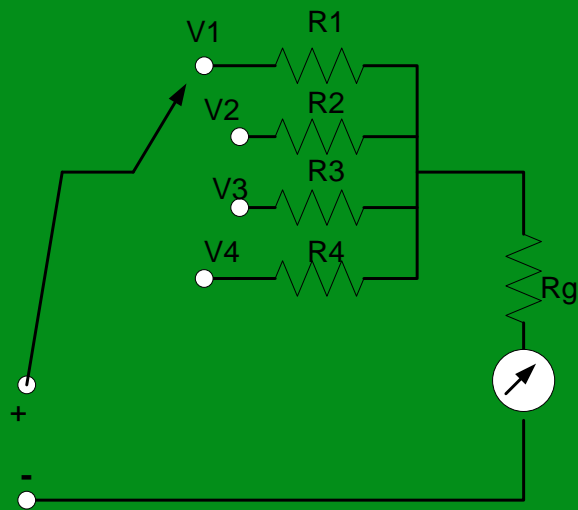
maka dengan R_g sebesar 3Ω dan $R_s = 37,5 \text{ k}\Omega$ sesuai dengan persamaan diatas

$$V = (3 + 37,5) \cdot 0,004 = 150 \text{ V pada } I_m = 4 \text{ mA}$$

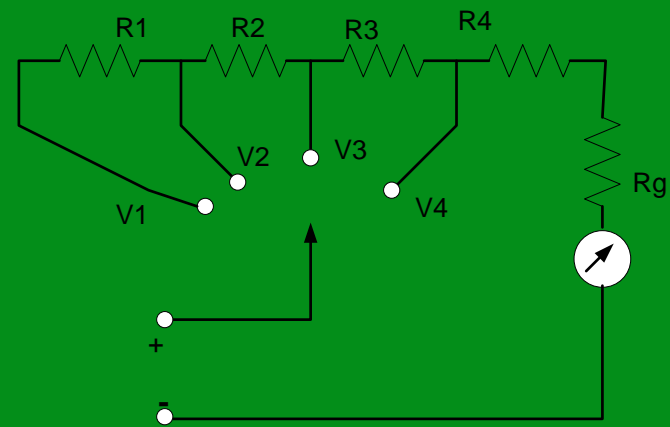
Jadi suatu alat pengukur volt dari type kumparan putar, dengan skala maksimal 150 V telah diperoleh

VOLTMETER DC

- Voltmeter dengan batas ukur ganda



Batas ukur ganda sederhana

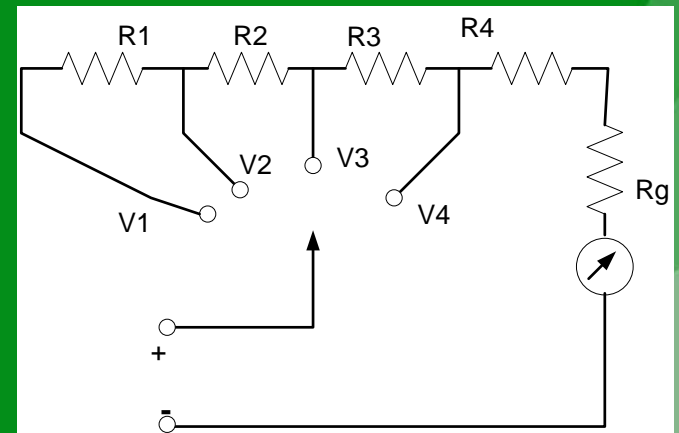
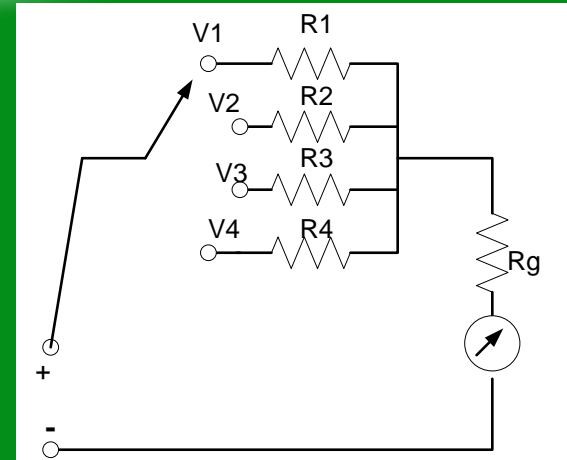


Batas ukur ganda universal

VOLTMETER DC

Contoh:

- Gerak d'arsonval dengan $R_{dalam} = 100 \Omega$, skala penuh $I_{dp} = 1 \text{ mA}$, diubah menjadi Voltmeter DC dengan Batas Ukur 0-10 V, 0-50 V, 0-250 V, 0-500 V. tentukan nilai resistansi seri yang diperlukan. Dengan susunan pada gambar disamping



VOLTMETER DC

- **Sensitivitas voltmeter**

- ❑ nilai ohm per Volt (ohm-per-Volt rating) → nilai perbandingan R_{total} ($R_g + R_s$) terhadap V_{maks}

$$\Rightarrow S \left(\text{satuannya } \frac{\Omega}{V} \right)$$

$$R_T = S \times V$$

$$R_S + R_d = S \times V$$

$$R_S = (S \times V) - R_d$$

- ❑ nilai S pada semua Batas Ukur akan sama nilainya

- ❑ Efek pembebanan

pemasangan voltmeter secara paralel akan membuat voltmeter seperti shunt, akan terjadi drop tegangan. Untuk mengatasi Voltmeter harus mempunyai nilai ohm per volt yang sangat tinggi

VOLTMETER DC

Efek Pembebanan:

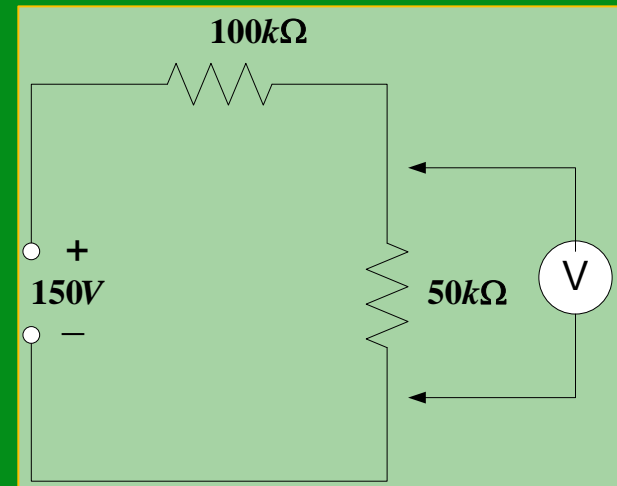
- Voltmeter dengan sensitivitas rendah dapat memberikan pembacaan yang tepat ketika mengukur tegangan dalam rangkaian-rangkaian tahanan rendah.
- Voltmeter sensitivitas rendah akan menghasilkan pembacaan yang tidak tepat ketika digunakan pada pengukuran dengan rangkaian-rangkaian tahanan tinggi.
- Sebuah voltmeter yang dihubungkan antara dua titik pada rangkaian tahanan tinggi akan menjadi shunt bagi bagian rangkaian sehingga memperkecil tahanan ekivalen dalam bagian rangkaian tersebut.
- Berarti voltmeter akan menghasilkan penunjukan tegangan yang lebih rendah dari yang sebenarnya sebelum dihubungkan.
- Hal tersebut dikatakan sebagai **efek pembebanan** (loading effect) instrumen terutama disebabkan oleh instrumen-instrumen sensitivitas rendah.

VOLTMETER DC

Contoh Soal:

Dua volt meter digunakan untuk mengukur rangkaian disamping dengan sensitivitas $1000 \Omega/V$ dan $20000 \Omega/V$

- Berapa pembacaan masing-masing
- Kesalahan tiap pembacaan dalam persen thd nilai sebenarnya



VOLTMETER DC

Jawaban:

(a) *Voltmeter 1* ($S = 1000 \Omega/\text{V}$) memiliki tahanan $50 \text{ V} \times 1000 \Omega/\text{V} = 50 \text{ k}\Omega$ pada rangkuman 50 V . Menghubungkan voltmeter antara tahanan $50 \text{ k}\Omega$ menyebabkan pertambahan tahanan paralel ekivalen menjadi $25 \text{ k}\Omega$ dan tahanan total rangkaian menjadi $125 \text{ k}\Omega$. Beda potensial pada gabungan voltmeter dan tahanan $50 \text{ k}\Omega$ menghasilkan penunjukan voltmeter sebesar

$$V_1 = \frac{25 \text{ k}\Omega}{125 \text{ k}\Omega} \times 150 \text{ V} = 30 \text{ V}$$

Voltmeter 2 ($S = 20 \text{ k}\Omega/\text{V}$) memiliki tahanan $50 \text{ V} \times 20 \text{ k}\Omega/\text{V} = 1 \text{ m}\Omega$ pada rangkuman 50 V . Bila voltmeter ini dihubungkan ke tahanan $50 \text{ k}\Omega$, tahanan ekivalen paralel adalah $47,6 \text{ k}\Omega$. Gabungan ini menghasilkan penunjukan tegangan pada voltmeter sebesar

$$V_2 = \frac{47,6 \text{ k}\Omega}{147,6 \text{ k}\Omega} \times 150 \text{ V} = 48,36 \text{ V}$$

VOLTMETER DC

Hal-hal penting terkait penggunaan voltmeter:

Jika menggunakan Voltmeter harus diperhatikan hal-hal berikut ini :

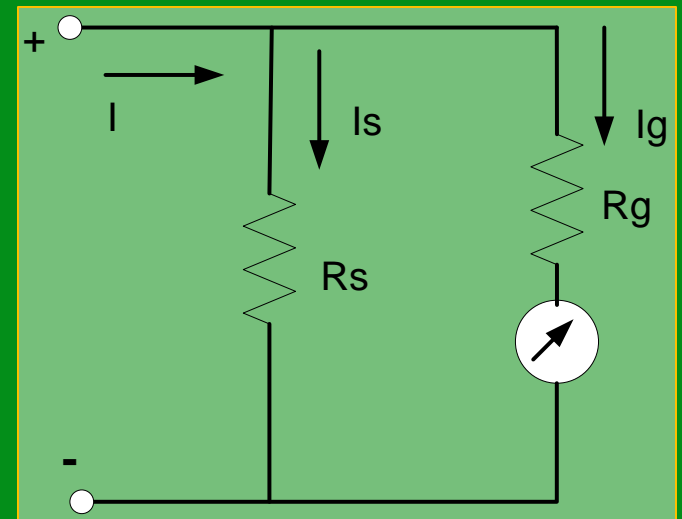
- Polaritas harus benar karena jika salah dapat menyebabkan voltmeter menyimpang tersumbat mekanis dan hal ini dapat merusak jarum penunjuk
- Ketika mengukur tegangan voltmeter harus paralel terhadap rangkaian atau komponen yang akan diukur
- Pergunakan selalu rangkuman tertinggi kemudian turunkan sampai diperoleh pembacaan naik yang baik
- Hati-hati terhadap efek pembebanan (efek ini dapat diperkecil dengan menggunakan rangkuman setinggi mungkin dan sensitivitas tertinggi)
- Efek pembebanan akan mengakibatkan ketepatan pengukuran berkurang ketika penunjukan berada pada skala yang lebih rendah

AMPERE METER DC

- Konstruksi Amperemeter DC

terdiri dari :

- tahanan shunt (R_s)
- tahanan dalam galvano (R_g)
- arus masukan galvano (I_g)
- arus masuk ke R_s (I_s)



Tahanan shunt → tahanan untuk membagi arus yang masuk ke galvanometer

AMPERE METER DC

- Batas ukur
Ampermeter

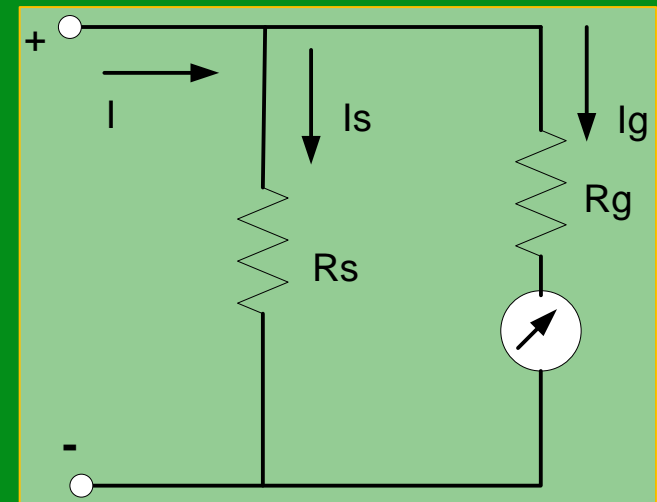
$$V_{shunt} = V_{alatukur}$$

$$I_s R_s = I_g R_g \quad \text{dan} \quad R_s = \frac{I_g R_g}{I_s}$$

$$I_s = I - I_g$$

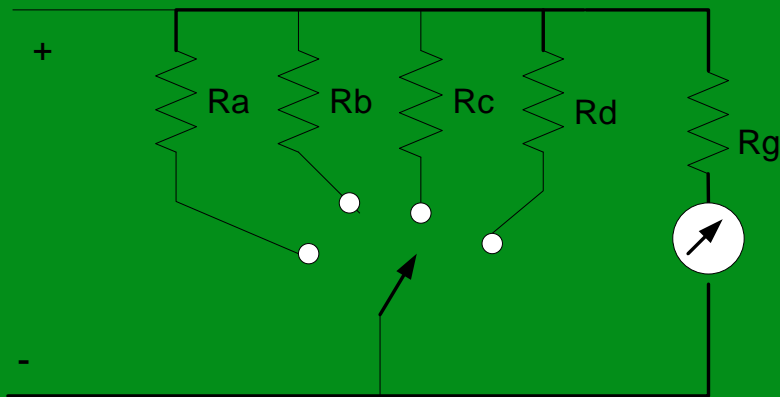
dapat dituliskan

$$R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$$

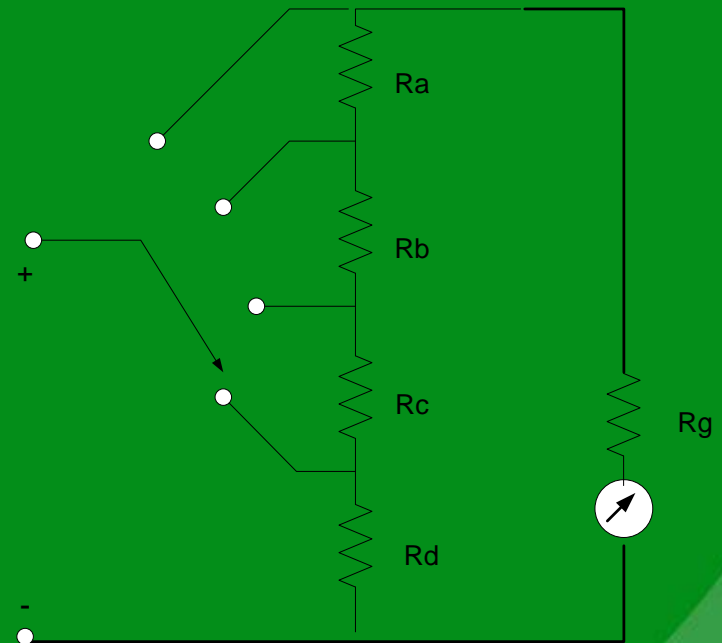


AMPERE METER DC

- Ampermeter dengan batas ukur ganda



Batas ukur ganda sederhana



Batas ukur universal/Ayrton

AMPERE METER DC

Perbandingan dua jenis ampermeter

1. Batas ukur ganda sederhana :

- ada kemungkinan arus masuk galvano tanpa melalui shunt, untuk mengatasinya switch harus yang bertipe "*make before break*" menyambung sebelum memutuskan

2. Batas ukur ganda Ayrton :

- mencegah kemungkinan arus masuk tanpa lewat shunt, tahanan total lebih tinggi

AMPERE METER DC

TUGAS

Misalkan sebuah amperemeter $50 \mu\text{A}$ memiliki hambatan sebesar 3000 ohm .

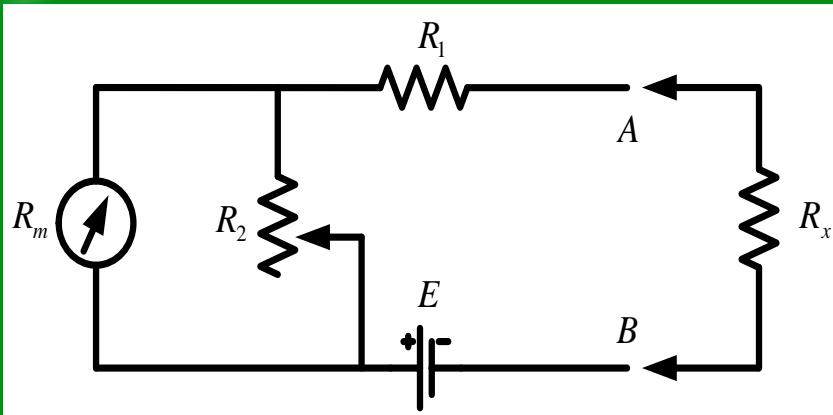
Coba desain sebuah multimeter yang dapat digunakan untuk pengukuran sampai pada batas ukur 100 mA , 1 mA , 1 V dan 10 V

OHM METER

Ohmmeter Tipe Seri

Sebuah gerak d'Arsonval yang dihubungkan seri dengan sebuah tahanan dan batere ke sepasang terminal untuk hubungan ke tahanan yang tidak diketahui, berarti arus melalui alat ukur bergantung pada tahanan yang tidak diketahui, dan indikasi alat ukur sebanding dengan nilai yang tidak diketahui.

OHM METER



R_1 = tahanan pembatas arus
 R_2 = tahanan pengatur nol
 E = batere didalam alat ukur
 R_m = tahanan dalam d'Arsonval
 R_x = tahanan yang tidak diketahui

Rangkaian Dasar

R_1 → Pembatas arus

R_2 → Pengatur Nol

R_x → R tidak diketahui

Jika $AB = 0$ (SC), Arus akan mengalir, R_2 diatur sampai jarum menunjukkan skala penuh (I_{dp}). Posisi ini ditandai dengan "0 Ω ."

Jika $AB =$ sangat besar/open, tidak ada arus, dan tidak bergerak, posisi kiri nilai paling besar.

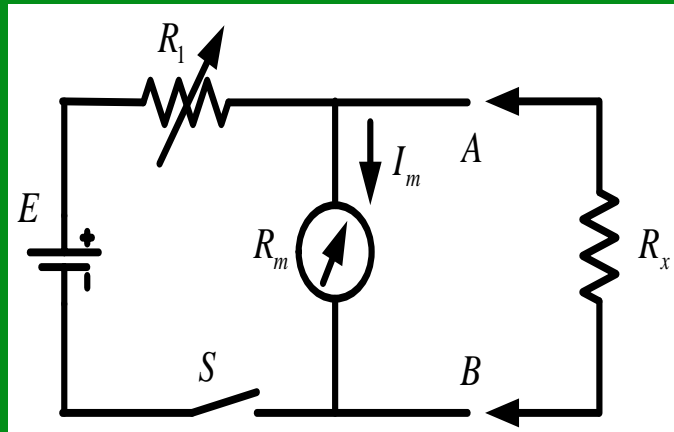
OHM METER

Kekurangan ohm meter tipe seri

- ❑ tegangan batere yang berkurang secara perlahan-lahan karena waktu dan umur akibatnya arus skala penuh berkurang dan alat ukur tidak membaca “0” sewaktu A dan B dihubungsingkatkan

OHM METER

Ohmmeter Tipe Paralel



$$I_{dp} = \frac{E}{R_1 + R_m}$$

$$R_1 = \frac{E}{I_{dp}} - R_m$$

- Ohmmeter Tipe Shunt
Alat ini terdiri dari sebuah batere yang dihubungkan seri dengan sebuah tahanan pengatur R_1 dan gerak d'Arsonval. Tahanan yang akan diukur dihubungkan ke terminal A dan B. Didalam rangkaian ini diperlukan sebuah sakelar untuk memutuskan hubungan batere ke rangkaian bila instrumen tidak digunakan. Sesuai untuk pengukuran tahanan rendah tetapi jarang digunakan.

OHM METER

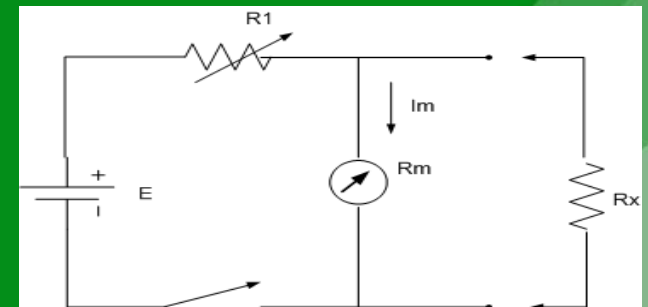
- **Tugas:**

Ohmmeter tipe seri dengan batere 6 volt. PMMC mempunyai R_d 2000 ohm dan I_{maks} 50 μA . $R_1 = 50$ Kohm

Bila batere jatuh jadi 5,9 volt cari R_2 untk kondisi nol dari ohmmeter ini.

Seperti a, R_x dipasang pada meter dan menyebabkan defleksi 60 %. Cari R_x .

Tentukan batas-batas nilai R_2 jika tegangan batere berubah dari 5,9 s/d 6,1 V



MULTIMETER

Amperemeter, Voltmeter dan Ohmmeter menggunakan gerak d'Arsonval, perbedaannya pada rangkaian dimana gerak dasar d'Arsonval tersebut digunakan dengan menggunakan sakelar posisi

QUESTION??



A decorative graphic consisting of three parallel, wavy lines in black, red, and white, positioned at the top of the slide.

Thank You!