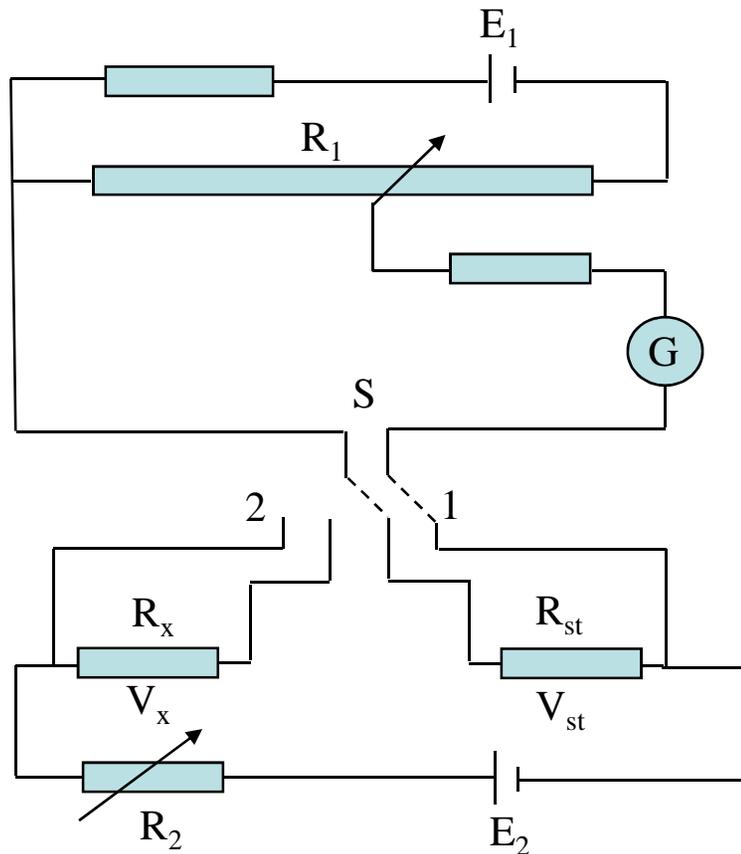


## POTENSIOMETER

Metode potensiometer adalah suatu metode yang membandingkan dalam keadaan setimbang dari suatu rangkaian jembatan

### Pengukuran tahanan



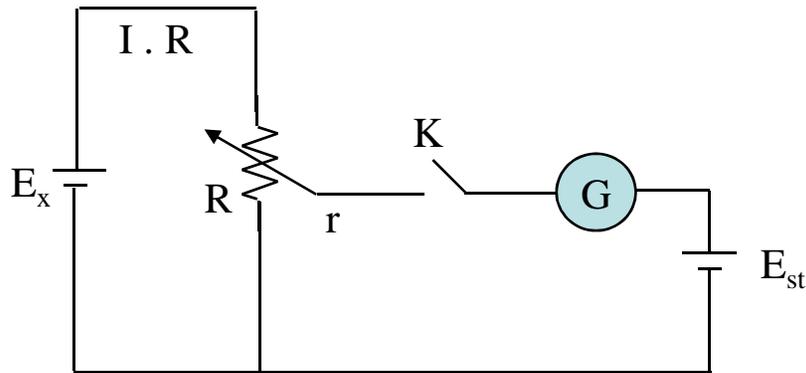
Langkah kerja :

1. Atur Rheostat  $R_1$  sehingga arus  $I$  tetap, sehingga jatuh tegangan pada  $R_x = V_x$  dan pada  $R_{st} = V_{st}$ .
2. Hubungkan saklar  $S$  pada posisi 1, dan atur potensiometer  $R_2$  agar Galvanometer menunjuk Nol, maka  $V_{st} = I R_2$
3. Hubungkan sklar  $S$  pada posisi 2, dan atur potensiometer agar galvanometer tetap nol, maka  $V_x = I R_2$ .
4. Jadi dapat dicari :

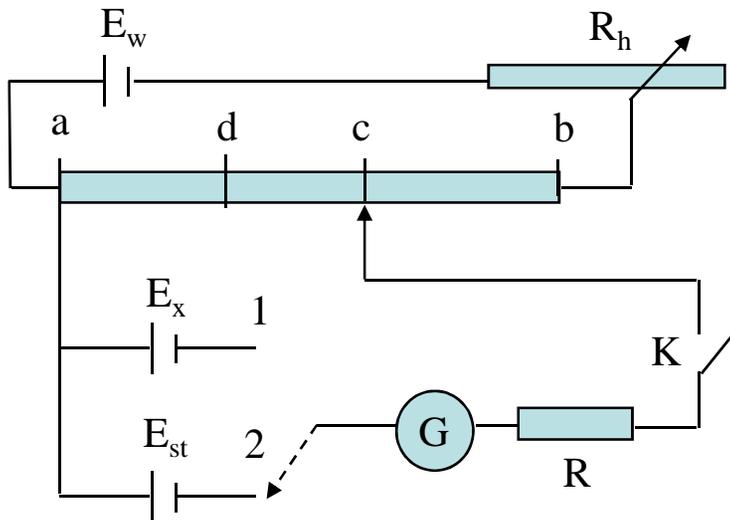
$$\frac{V_x}{V_{st}} = \frac{I R_x}{I R_{st}} = \frac{R_x}{R_{st}}$$

$$R_x = \frac{V_x}{V_{st}} R_{st}$$

## Pengukuran Tegangan



Contoh :



Langkah Kerja:

Hubungkan kontak K dan atur potensiometer R dalam keadaan setimbang (Nol) sehingga didapat r, maka :

$$E_{st} = I.r \quad ; \quad E_x = I.R$$

$$\frac{E_x}{E_{st}} = \frac{I.R}{I.r}$$

$$E_x = \frac{R}{r} E_{st}$$

$E_w$  = baterai

$I$  = arus kerja

$R_h$  = rheostat

a-b = potensiometer = 200

$E_x$  = tegangan yang diukur

$E_{st}$  = tegangan standar 1,018 Volt

$R$  = tahanan pengaman

$G$  = Galvanometer

Arus kerja diatur oleh  $R_h$ , baterai  $E_w$  dan standard cell  $E_{st}$ . Kontak K ditutup, saklar s pada posisi 1, potensiometer pada kedudukan c, misal pada 101,8 cm = 101,8 dan reostat  $R_h$  diatur sehingga galvanometer G menunjukkan Nol, maka

$$E_{st} - E_{ac} = 1,108 \text{ V}$$

$$I \cdot 101,8 = 1,018$$

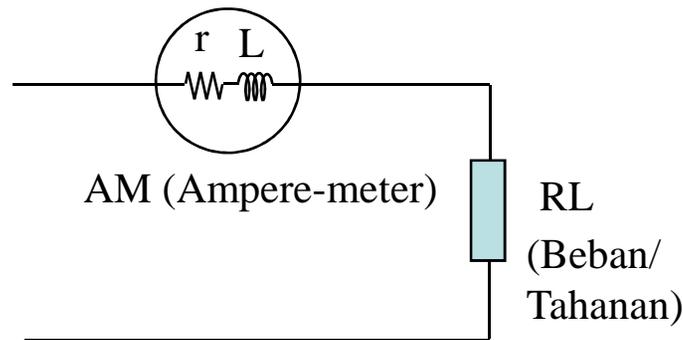
$$I = \frac{1,018}{101,8} = 10 \text{ mA} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ mA}$$

Kemudian saklar s pada kedudukan 2, dengan  $R_h$  tetap sehingga I tetap 10 mA dan potensiometer diatur sehingga galvanometer menunjukkan Nol, misalnya potensiometer terletak pada titik d, maka :

$$E_x = 10 \cdot 10^{-3} \times R_a - d \text{ volt}$$

# APLIKASI AMPERE-METER, VOLT-METER DAN OHM-METER

## Ampere-meter



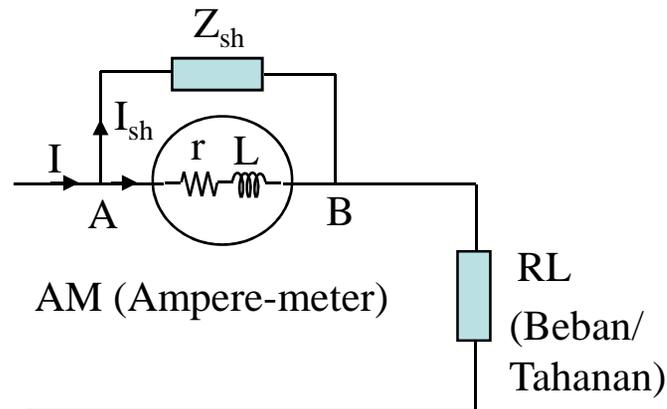
Digunakan untuk mengukur arus.

Cara menghubungkannya adalah *diseri* dengan beban yang diukur.

Dalam alat ukur ampere-meter terdapat tahanan ( $r$ ) dan induktansi ( $L$ ) karena ada kumparan, sehingga terjadi kesalahan/penyimpangan dalam hasil pengukuran.

## Memperbesar Batas Ukur/Range Ampere-meter

Memperbesar batas ukur Ampere-meter dilakukan bila arus yang diukur melebihi dari besarnya arus batas ukur. Cara memperbesar batas ukur AM dengan memasang tahanan/impedansi secara paralel/shunt seperti gambar berikut ini



$$V_{AB} = I Z_{AM} = I (r + j\omega L)$$

$$V_{AB} = I_{sh} Z_{sh} \Rightarrow I Z_{AM} = I_{sh} Z_{sh} \Rightarrow Z_{sh} = \frac{I}{I_{sh}} Z_{AM}$$

$$Z_{AM} = \text{Impedansi Ampere-meter}$$

Jadi nilai tahanan shunt tsb lebih kecil dari impedansi dalam ampere-meter

Contoh :

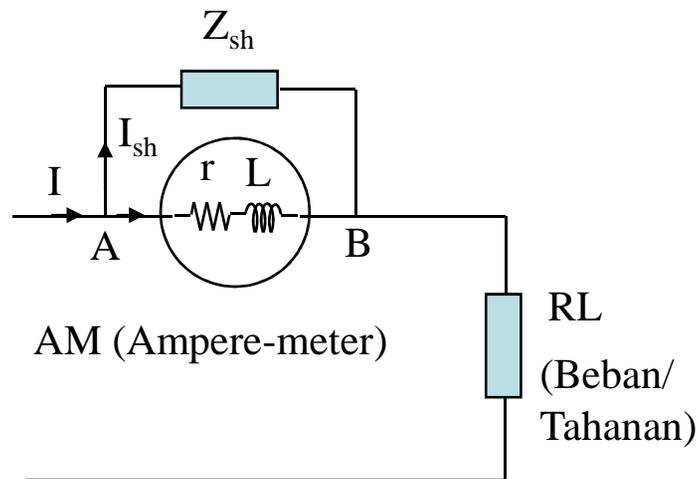
Suatu ampere-meter untuk mengukur arus dc dengan batas ukur 1 mili-ampere. Tahanan dalamnya 60  $\Omega$  dan induktansinya 0,75 H.

Hitunglah tahanan shunt jika ampere-meter tersebut diperbesar sampai batas ukur maksimum 1 Ampere.

Jawab :

Dalam pengukuran arus dc, impedansi dalam tidak berpengaruh, hanya tahanan dalam saja yang berpengaruh.

maka :



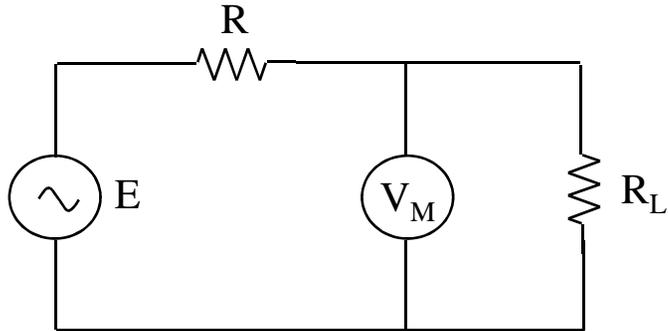
$$Z_{sh} = \frac{I}{I_{sh}} Z_{AM}, \text{ dimana } Z_{AM} = (r + j\omega L) = r$$

$$Z_{sh} = \frac{I}{I_{sh}} r = R_{sh}$$

$$R_{sh} = \frac{1}{999} 60 = 0,06 \Omega$$

## Volt-Meter

Pemasangan Volt-Meter untuk mengukur tegangan terminal dipasang *pararel* seperti gambar dibawah ini :

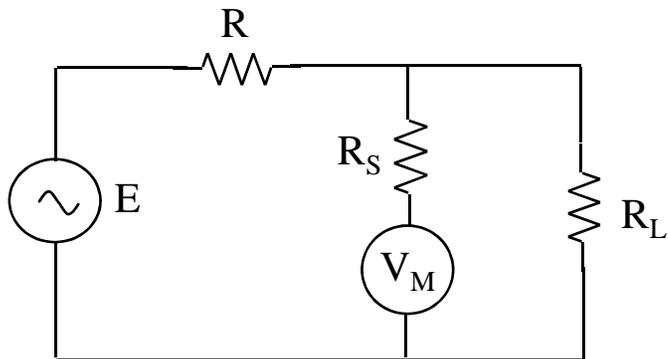


$E$  = Tegangan sumber  
 $R$  = Tahanan rangkaian  
 $R_L$  = Tahanan beban  
 $V_M$  = Volt-meter

Dalam alat ukur Volt-meter terdapat tahanan ( $r$ ) dan induktansi ( $L$ ) karena ada kumparan, sehingga terjadi kesalahan/penyimpangan dalam hasil pengukuran.

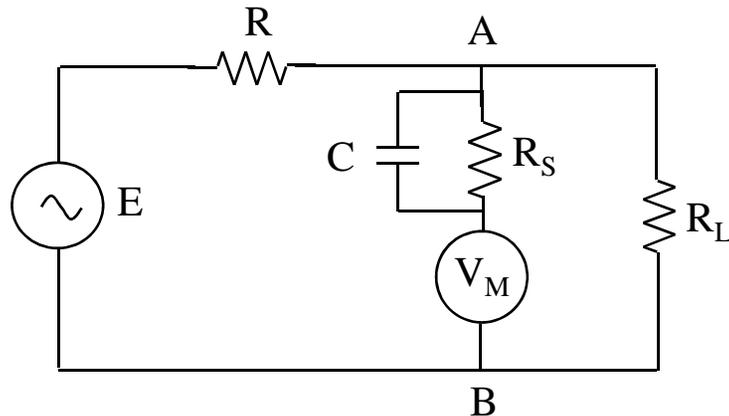
## Memperbesar batas ukur dari Volt-meter

Dapat dilakukan dengan cara memberikan tahanan seri dengan volt-meter



$$\begin{aligned}V_{AB} &= iR_s + V_M \\iR_s &= V_{AB} - V_M \\R_s &= \frac{V_{AB} - V_M}{i} = \frac{V_{AB} - i \cdot r}{i} \\R_s &= \frac{V_{AB}}{i} - r\end{aligned}$$

Untuk mengukur tegangan ac, dengan menambahkan kapasitor (C) yang dipararel dengan R seri yang berguna untuk mengkompensasi induktansi dari volt-meter sehingga didapat :



$$c = \frac{L}{(1 + \sqrt{2}) R_s^2}$$

$$c = 0,414 \frac{L}{R_s^2}$$

Contoh :

Volt-meter besi putar dengan simpangan maksimum untuk arus 0,1 A dc, tahanan dalam 500 ohm dan induktansi dalam 1 henry dan bekerja pada frekuensi 50 Hz. Jika diinginkan batas volt-meter menjadi 250 volt dc dan ac, maka hitunglah besarnya tahanan dan kapasitansi yang akan digunakan memperbesar volt-meter tersebut

Jawab :

$$V = i \cdot r = 0,1 \times 500 = 50 \text{ Volt dc}$$

$$R_s = \frac{V_{AB}}{i}$$

$$R_s = \frac{250}{0,1} \cdot 500 = 2000 = 2 \text{ k}\Omega$$

Arus yang melalui kumparan tanpa capasitor :

$$I_{ac} = \frac{V_{AB}}{Z}$$

$$Z = \sqrt{(r + R_s)^2 + (2\pi f L)^2}$$

$$Z = \sqrt{(500 + 2000)^2 + (2 \times 3,14 \times 50 \times 1)^2} = 250 \Omega$$

$$I_{ac} = \frac{250}{2520} = 0,099 \text{ Ampere}$$

Jadi penunjukkan volt-meter :

$$\frac{I_{ac}}{0,1} \times 250 = \frac{250}{0,1 \times 2520} = 250 = 248 \text{ Volt}$$

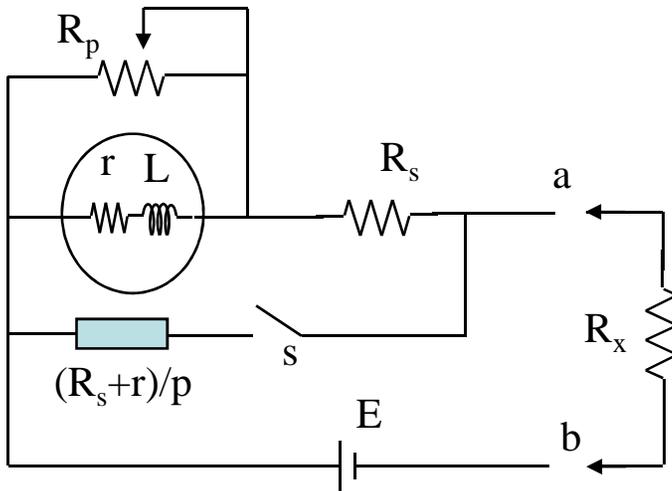
Karena penunjukkan volt-meter lebih rendah dari 150 volt, maka diperbaiki dengan penambahan capasitor sebesar :

$$c = 0,414 \frac{L}{R_s^2} = 0,41 \frac{1}{(2000)^2}$$

$$= 10^{-8} \text{ F} = 0,01 \mu\text{F}$$

## Ohm-meter

Digunakan untuk mengukur tahanan secara langsung dengan bantuan sumber tegangan (baterai) seperti gambar dibawah ini.



Cara Kerja :

1. Saklar S dibuka, titik a dan b dihubung singkat. Potensiometer  $R_p$  diatur sehingga didapat simpangan yang maksimum (Nol Ohm), Jadi arus maksimu ( $I_0$ ) yang melalui  $R_s$  adalah :

$$I_s = I_0(r + R_p) / R_p$$

Nyatakan persamaan tahanan pararel dari  $r$  dan  $R_p$  sebagai  $R_{pr}$ , maka dengan notasi  $K=(r+R_p)/R_p$ , kita mendapatkan persamaan sbb

$$I_s = \frac{E}{R_s + R_{pr}} = K I_0$$

2. Sekarang hubungkan tahanan  $R_x$  yang akan diukur. Bila arus yang melalui sebesar  $I$ , maka

$$I_s = K I$$

$$K I = \frac{E}{R_s + R_{pr} + R_x}$$

Dengan menggunakan hasil bagi maka didapat :

$$\frac{KI_0}{KI} = \frac{E/(R_s + R_{pr})}{E/(R_s + R_{pr} + R_x)}$$

$$\frac{I_0}{I} = \frac{(R_s + R_{pr} + R_x)}{(R_s + R_{pr})}$$

$$R_x = (R_s + R_p) \left( \frac{I_0}{I} - 1 \right)$$

Suatu kebiasaan dalam praktek untuk membuat  $R_p$  jauh lebih besar dari  $r$  sehingga  $R_p$  hampir mendekati  $r$ , maka

$$R_x = (R_s + R_p) \left( \frac{I_0}{I} - 1 \right)$$

Dari persamaan di atas diketahui bahwa tahanan sebesar nol ohm akan menyebabkan arus sebesar  $I_0$  melalui alat pengukur. Sedangkan jika arus yang mengalir adalah  $I_0/2$  maka didapat:

$$R_x = (R_s + r)$$

Jadi dengan persamaan tsb, maka skala dapat dibuatkan tidak terhadap arus akan tetapi terhadap tahanan, sehingga besar tahanan  $R_x$  langsung didapat dari bacaan pada penunjuk. Dengan memasang tahanan sebesar  $(R_s+r)/p$  dengan menutup saklar  $S$ , maka daerah pengukuran dapat diperluas/dirubah sesuai dengan tahanan luar  $R_x/p$ .

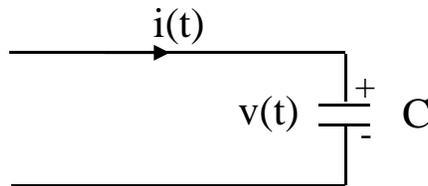
Jadi perubahan pada batas pengukuran dapat dilakukan dgn perkalian sbb :

$$R \times 1; R \times 10; R \times 1K; \text{dst.}$$

# PENGUKURAN KAPASITOR DAN INDUKTOR

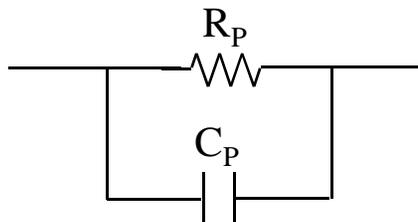
## KAPASITOR (Farad)

Menyimpan energi jika tegangan, arus yang mengalir sebanding dengan perubahan tegangan terhadap waktu ( $dv/dt$ )



$$i = C \frac{dv}{dt} , \quad v(t) = \frac{1}{C} \int i \, dt$$

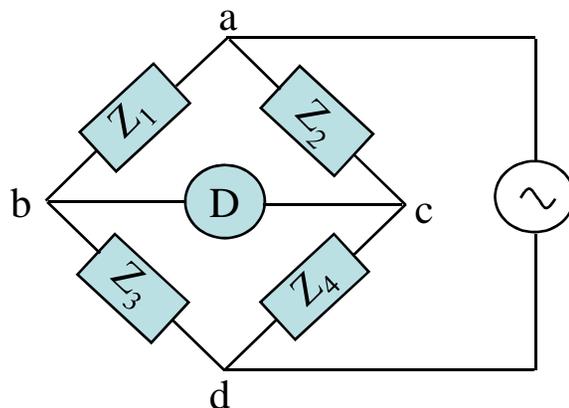
Kapasitor tak ideal



$R_p$  adalah tahanan yang menunjukkan kerugian dielektrik dari kapasitor  $C_p$ .

## Pengukuran kapasitor

### a. Jembatan arus bolak-balik



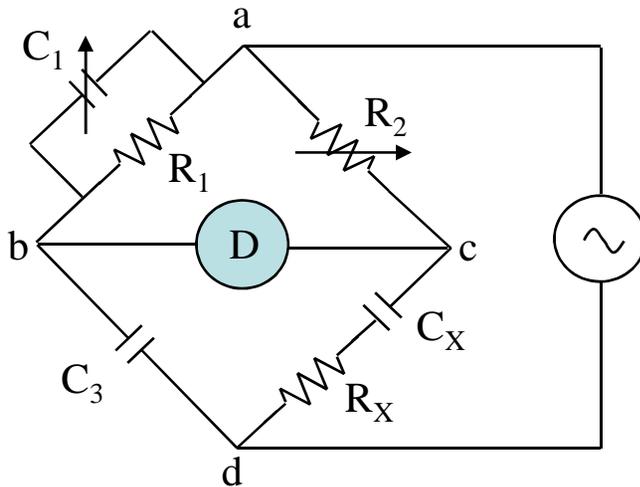
D = detektor

$$V_{ab} = V_{ac} \quad ; \quad V_{bd} = V_{cd}$$

Jadi jembatan tersebut dalam keadaan setimbang jika detektor menunjukkan *nol* dan memenuhi persyaratan :

$$|Z_1| |Z_4| = |Z_2| |Z_3| \quad \text{dan} \quad Q_1 + Q_4 = Q_2 + Q_3$$

### b. Jembatan Schering

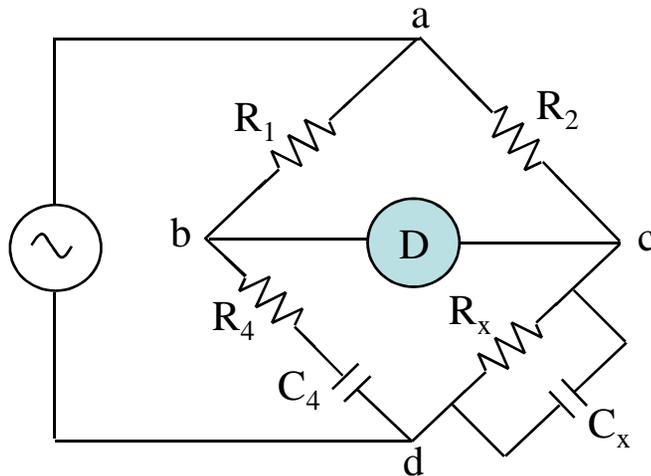


Dengan mengatur  $R_2$  dan  $C_1$  maka jembatan dapat dibuat seimbang, sehingga diperoleh :

$$R_X = R_2 \frac{C_1}{C_3}$$

$$C_X = C_3 \frac{R_1}{R_3}$$

### c. Jembatan Wein

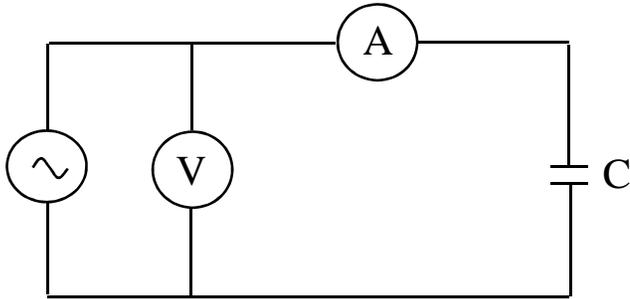


$$C_X = \frac{R_4 C_4}{R_2 (1 + \omega^2 R_4^2 C_4^2)}$$

$$C_4 = \frac{R_2 (1 + \omega^2 R_4^2 C_4^2)}{\omega^2 R_4 R_1 C_4^2}$$

$\omega = 2\pi f \rightarrow$  frekuensi sangat berpengaruh

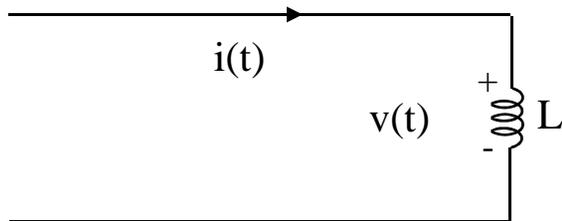
d. Metode Volt-Ampere



$$i = \omega C V$$

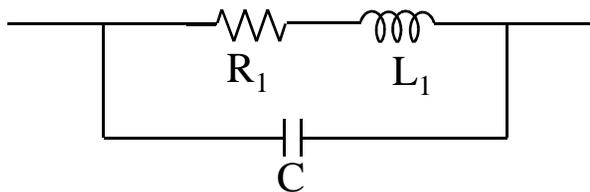
INDUKTOR (Henry)

Menyimpan energi bila dilalui arus



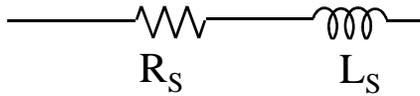
$$v(t) = L \frac{di}{dt} \quad \text{dan} \quad i(t) = \frac{1}{L} \int v dt$$

Induktor tak ideal :



$$\text{Rugi-rugi tembaga} = I^2 R$$

Dalam pengukuran biasanya digunakan skema ekuivalen seperti di bawah ini :

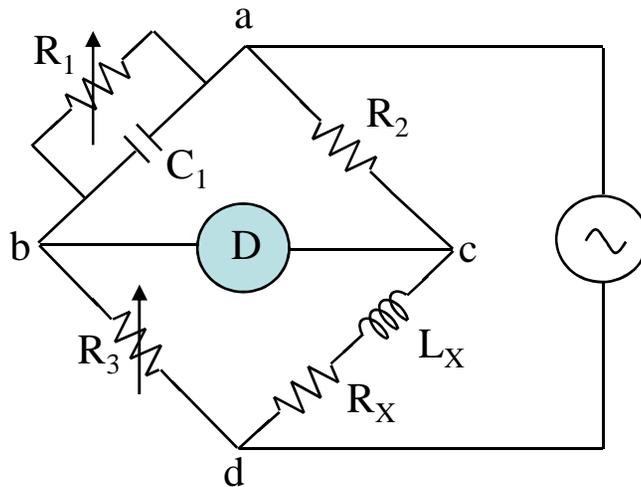


Sehingga didapat :

$$R_s = \frac{R_1}{(1 - \omega^2 L_1 C)^2} \quad \text{dan} \quad L_s = \frac{L_1}{1 - \omega^2 L_1 C}$$

## Pengukuran Induktor

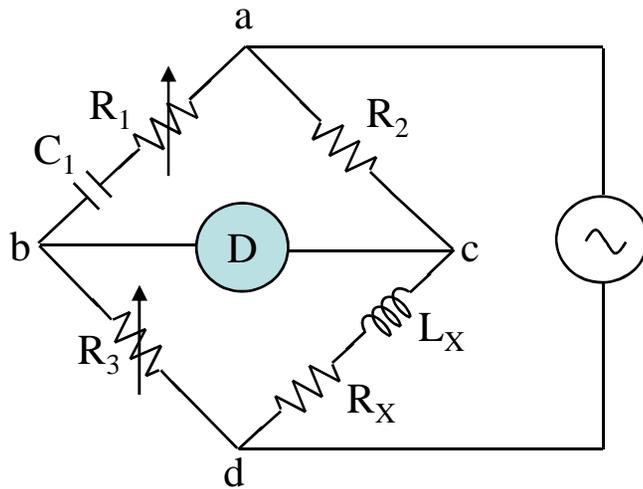
### a. Jembatan Maxwell



$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_4}$$

$$L_x = R_2 R_3 C_1$$

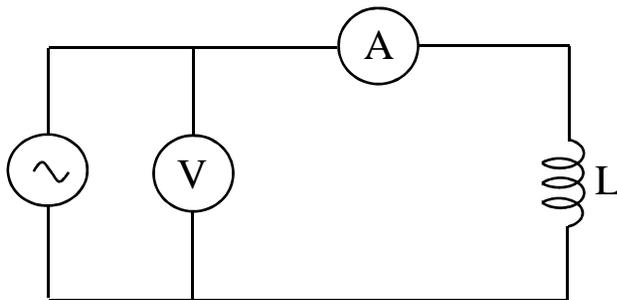
**b. Jembatan Hey**



$$R_x = \frac{\omega^2 C_1^2 R_1 R_2 R_3}{1 + \omega^2 C_1^2 R_1^2}$$

$$L_x = \frac{R_1 R_2 C_1}{1 + \omega^2 C_1^2 R_1^2}$$

**c. Metode Volt-ampere**



$$I = \frac{V}{\omega L} ; \omega = 2\pi f$$

Jadi,

$$L = \frac{V}{\omega I}$$