

Rangkaian Jembatan utk Mengukur Hambatan

Anhar, ST., MT.
Lab Jaringan Komputer

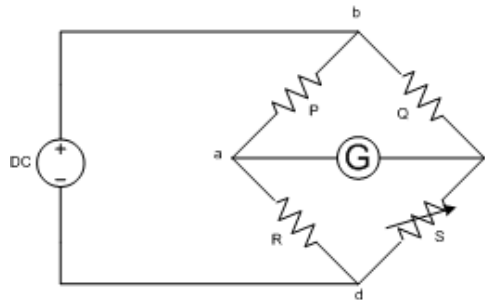
Outline

- Jembatan wheatstone
- Jembatan Kelvin

Jembatan Wheatstone

- Digunakan utk mengukur resistansi dng keakuratan yg tinggi.
- Menggunakan prinsip kesetimbangan dan deteksi nol.

R = resistansi yg diukur
 P dan Q = resistor presisi
 S = resistansi yg dpt diatur
 V = teg sumber dc
 G = galvanometer pendeteksi nol



- Untuk menentukan R, atur S sehingga galvanometer menunjukkan nol \implies jembatan setimbang....

- Analisis rangkaian : $V_{ad} = \frac{R}{R+P} x V$ $V_{cd} = \frac{S}{S+Q} x V$

$$V_{ad} - V_{cd} = V \left[\frac{R}{R+P} - \frac{S}{S+Q} \right]$$

- Pd keadaan setimbang, galvanometer menunjukkan nol, $V_{ad} - V_{cd} = 0$, atau :

$$\frac{R}{R+P} = \frac{S}{S+Q} \implies RS + RQ = SR + SP \implies R = \frac{SP}{Q}$$

- Contoh 1 :
- Jembatan wheatstone memiliki tahanan presisi $P=3,5k\Omega$,
 $Q=7k\Omega$ dan keadaan setimbang tercapai ketika $S=5,51k\Omega$.
 - Hitung nilai R
 - Tentukan range pengukuran resistansi jika decade resistor S dpt diatur dr 1Ω sampai $100k\Omega$.

- Penyelesaian 1 :
- Nilai R $R = \frac{SP}{Q} = \frac{(5,51k\Omega)(3,5k\Omega)}{7k\Omega} = 2,755k\Omega$
-
- Utk $S=1\Omega$ $R = \frac{(1\Omega)(3,5k\Omega)}{7k\Omega} = 0,5\Omega$
- Utk $S=100k\Omega$ $R = \frac{(100k\Omega)(3,5k\Omega)}{7k\Omega} = 50k\Omega$
- Range pengukuran resistansi adlh $0,5\Omega$ sampai $50k\Omega$

Jembatan Kelvin

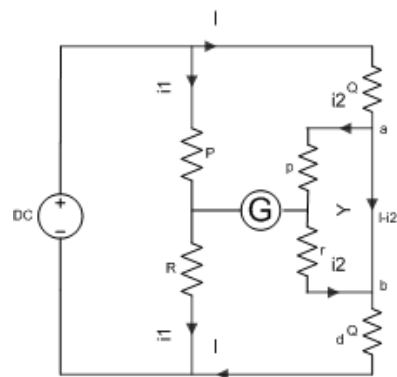
- Bila menggunakan jembatan wheatstone, resistansi yg diukur harus lebih besar dr resistansi kawat penghubung.
- Resistansi kawat penghubung akan memberikan kesalahan yg serius apabila resistansi yg diukur bernilai kecil.
- Jembatan kelvin dpt mengatasi masalah tsb, karena adanya tambahan resistansi p dan r utk mengkompensasi kesalahan tsb.

- Rangkaian jembatan kelvin

- Analisa rangkaian :
- Teg pd R = teg pd r + teg pd S

$$i_1 R = i_2 r + IS$$

$$IS = i_1 R - i_2 r \Rightarrow IS = R \left(i_1 - \frac{i_2 r}{R} \right)$$



(1)

- Tegangan pd P = teg pd p + teg pd Q

$$i_1 P = i_2 p + IQ$$

$$IQ = i_1 P - i_2 p \Rightarrow IQ = P \left(i_1 - \frac{i_2 p}{P} \right) \quad (2)$$

- Pers (2) dibagi (1)

$$\frac{IQ}{IS} = \frac{P \left(i_1 - \frac{i_2 p}{P} \right)}{R \left(i_1 - \frac{i_2 r}{R} \right)}$$

- Dng mengatur rasio p/r = P/R atau p/P = r/R maka :

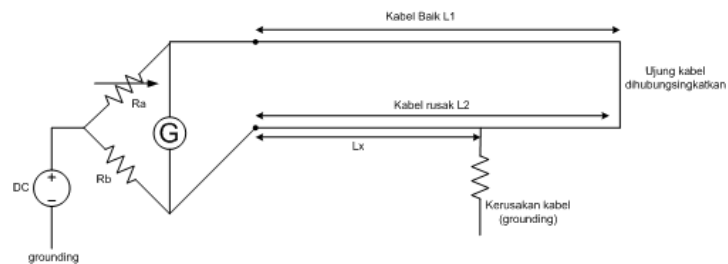
$$\frac{Q}{S} = \frac{P}{R} \Rightarrow Q = \frac{SP}{R}$$

- Dng mengatur tahanan presisi p, r, P dan R sampai keadaan setimbang, resistansi rendah Q yg tdk diketahui dpt dihitung dng menggunakan pers tsb.
- Range pengukuran jembatan kelvin = $10\mu\Omega$ sampai 1Ω dng akurasi $\pm 0,2\%$.

Aplikasi Rangk Jembatan

Uji Murray Loop

- Aplikasi rangkaian jembatan utk menemukan kerusakan dalam kabel berkawat banyak.
- Merupakan metode sedrhana utk menemukan kerusakan pentanahan atau terdapatnya grounding dlm kabel yg terbungkus.



- Pd keadaan setimbang :
$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{R_L - R_X}{R_X}$$
- Dimana R_x adlh resistansi kabel L_x , R_l adlh jumlah resistansi total dr kabel baik dan kabel rusak.
- Dng menyusun kembali pers utk R_x :
$$R_X = \frac{R_B}{R_A + R_B} \cdot R_L$$
- Resistansi suatu kabel memiliki pers :
$$R = \rho \frac{L}{A}$$
- Dimana ρ adlh hambatan jenis bahan kabel, L : panjang kabel, A : luas penampang.

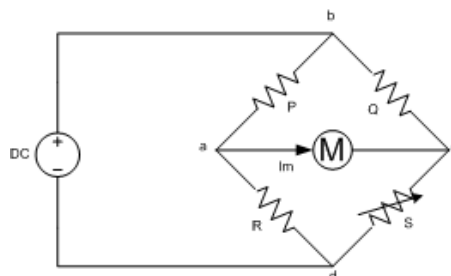
- Perluas pers menjadi :

$$L_x = \frac{R_B}{R_A + R_B} (L_1 + L_2)$$

- Contoh :
- Sebuah kabel dng panjang 500m mengalami kerusakan grounding. Uji murray loop dilakukan utk mengathui dimana letak kerusakan grounding tsb. Kabel baik dng panjang 500m disambungkan pd kabel rusak dan rangk jembatan. Keserimbangan tercapai pd harga $R_a=0.7$ kohm dan $R_b=0.5$ kohm. Tentukan dimana letak kerusakan grounding tsb.

Perhitungan pd kondisi tdk seimbang

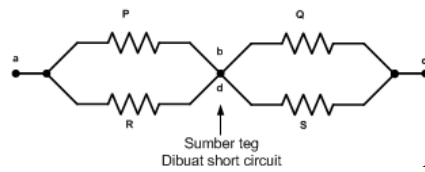
- Keadaan ini sering dipakai untuk mengukur resistansi.
- Perlu teorema Thevenin utk analisa rangkaian.
- Cari dulu tegangan theveninnya atau teg open circuit a-c



- Tegangannya adlh : $V_{ad} - V_{cd} = V_{ac} = V_{TH}$

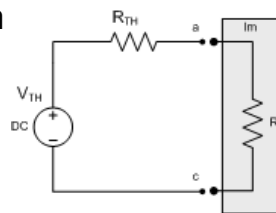
$$V_{TH} = V \left(\frac{R}{R+P} - \frac{S}{S+Q} \right)$$

- Tahanan ekuivalen Thevenin R_{TH} = tahanan pengganti antara titik a-c dng mengabaikan alat ukur M dan membuat sumber teg pd titik b dan d menjadi nol.



$$R_{TH} = R_{ac} = P \parallel R + Q \parallel S$$

- Rangkaian pengganti Thevenin



- Jika alat ukur adalah voltmeter, maka :

$$V_{ac} = \frac{R_M}{R_M + R_{TH}} \cdot V_{TH}$$

- Jika alat ukur adalah amperemeter, maka :

$$I_M = \frac{V_{TH}}{R_M + R_{TH}}$$

1. Hitung resistansi maksimum dan minimum yg dpt diukur oleh jembatan Wheatstone dng $P=(1k\Omega, 5k\Omega, 10k\Omega)$, $Q=(1k\Omega, 5k\Omega, 10k\Omega)$, dan S dapat diatur antara $1k\Omega-6k\Omega$.
2. Hitung resistansi yg terukur pd jembatan Kelvin yg memiliki $P=p=12k\Omega$, $R=r=3,673k\Omega$ dan $S=0,015\Omega$ pd keadaan setimbang.