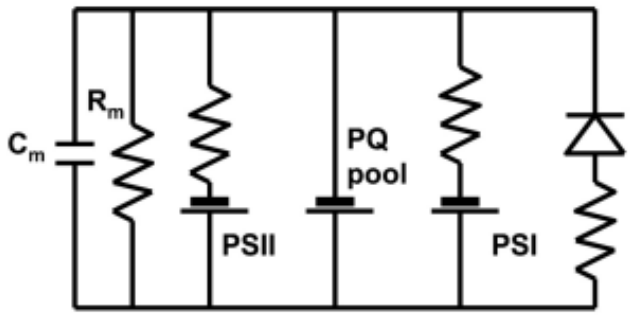
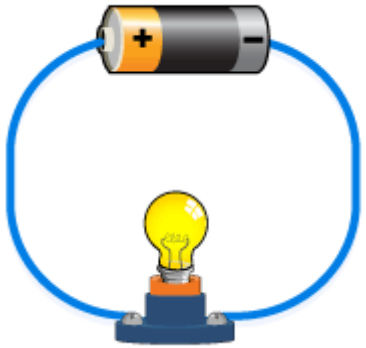
FISIKA 2
LISTRIK ARUS SEARAH

HUKUM OHM, HUKUM KIRCHOFF, LOOPING ANALYSIS





GUTAMA INDRA GANDHA ,M.Eng

Fisika 2

E-mail : gutama.indra@dsn.dinus.ac.id

ARUS LISTRIK

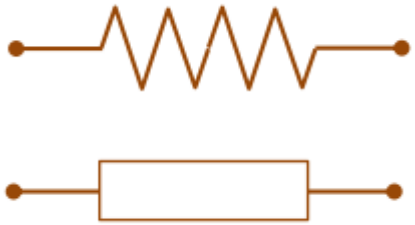
Arus listrik didefinisikan aliran muatan listrik

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$I = kuat\ arus\ listrik\ (Ampere)$
$Q = muatan\ listrik\ (Coulomb)$
$t = waktu\ (sekon)$

Besarnya arus listrik yang mengalir sebanding dengan beda postensial dan berbanding terbalik dengan besar hambatannya.

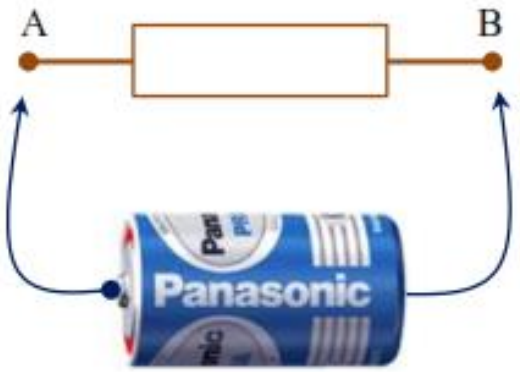
$$I = \frac{1}{R}\ V$$



Simbol resistor

CONTOH SOAL

Diilustrasikan pada gambar dibawah ini **, titik A memiliki potensial lebih** tinggi dari titik B. hambatan tersebut dihubungkan dengan baterei yang memiliki potensial 1,5 V. Jika hambatan listrik antara titik A dan B adalah100 Ω,
(a) berapa arus yang mengalir melalui hambatan dan ke mana arahnya?
(b) berapa besar muatan yang berpindah selama 5 s?



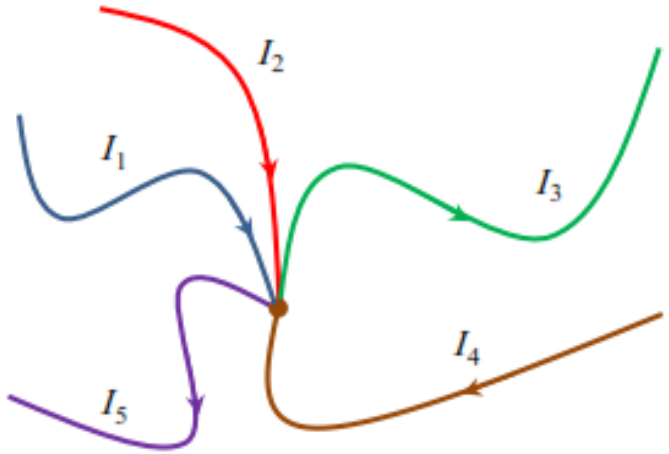
(a) Karena titik A memiliki potensial lebih tinggi dari titik B maka arus listrik dalam hambatan mengalir dari A ke B

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1{,}5}{100} = 0{,}015 \text{ A}$$

(b) Muatan yang berpindah selama selang waktu tersebut adalah

$$\Delta Q = I\,\Delta t = 0{,}015 \times 5 = 0{,}075 \text{ C}$$

ARUS PADA PERCABANGAN



$$I_1 + I_2 + I_4 = I_3 + I_5$$

Jumlah muatan yang masuk titik percabangan = jumlah muatan yang keluar titik percabangan

$$\sum_{masuk} Q = \sum_{keluar} Q$$

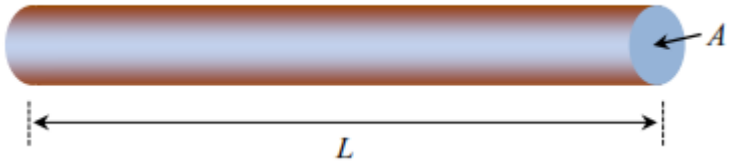
$$Q_{m,1} + Q_{m,2} + \ldots + Q_{m,N} = Q_{k,1} + Q_{k,2} + \ldots + Q_{k,M}$$

$$\frac{Q_{m,1} + Q_{m,2} + \ldots + Q_{m,N}}{\Delta t} = \frac{Q_{k,1} + Q_{k,2} + \ldots + Q_{k,M}}{\Delta t}$$

$$\frac{Q_{m,1}}{\Delta t} + \frac{Q_{m,2}}{\Delta t} + \ldots + \frac{Q_{m,N}}{\Delta t} = \frac{Q_{k,1}}{\Delta t} + \frac{Q_{k,2}}{\Delta t} + \ldots + \frac{Q_{k,M}}{\Delta t}$$

$$I_{m,1} + I_{m,2} + \ldots + I_{m,N} = I_{k,1} + I_{k,2} + \ldots + I_{k,M}$$

HAMBATAN LISTRIK PENGHANTAR



$$R = \rho \frac{L}{A}$$

dengan

R hambatan yang dimiliki bahan

L panjang bahan, A luas penampang bahan

ρ disebut hambatan jenis bahan.

Jenis bahan	Hambatan jenis, ρ (Ω m)	Koefisien suhu, α $(^oC)^{-1}$
karbon	$1{,}0 \times 10^{-8}$	-0,0002
Perak	$1{,}59 \times 10^{-8}$	0,0061
Tembaga	$1{,}68 \times 10^{-8}$	0,0068
Emas	$2{,}44 \times 10^{-8}$	0,0034
Aluminum	$2{,}65 \times 10^{-8}$	0,00429
Tungsten	$5{,}6 \times 10^{-8}$	0,0045
seng	$5{,}90 \times 10^{-8}$	0,0037
nikel	$6{,}99 \times 10^{-8}$	0,006
Besi	$9{,}71 \times 10^{-8}$	0,00651
Platina	$10{,}6 \times 10^{-8}$	0,003927
timah	$10{,}9 \times 10^{-8}$	0,0045
timbal	$22{,}0 \times 10^{-8}$	0,0039
tianium	$42{,}0 \times 10^{-8}$	0,0038
mangan	$48{,}2 \times 10^{-8}$	0,000002
Air raksa	98×10^{-8}	0,0009
Nikrom	100×10^{-8}	0,0004
Gelas	10^{9} - 10^{12}	
Karet keras	10^{13} - 10^{15}	

CONTOH

a) Jika masing-masing kawat panjangnya 20 meter dan kawat tersebut terbuat dari tembaga, berapakah diameter kawat agar hambatannya 0,1 Ω?
b) Jika besar arus yang mengalir ke masing-masing speaker 2A, berapakah penurunan tegangan listrik sepanjang kawat?

Tampak dari Tabel 3.1 bahwa hambatan jenis tembaga adalah $\rho = 1{,}68 \times 10^{-8}$ Ω m.

(a) Luas penampang kawat yang diperlukan

$$A = \frac{\rho L}{R} = \frac{1{,}68 \times 10^{-8} \cdot 20}{0{,}1} = 3{,}4 \times 10^{-6}\ \text{m}^2.$$

Jika d adalah diameter kawat maka $A = \pi d^2 / 4$ sehingga

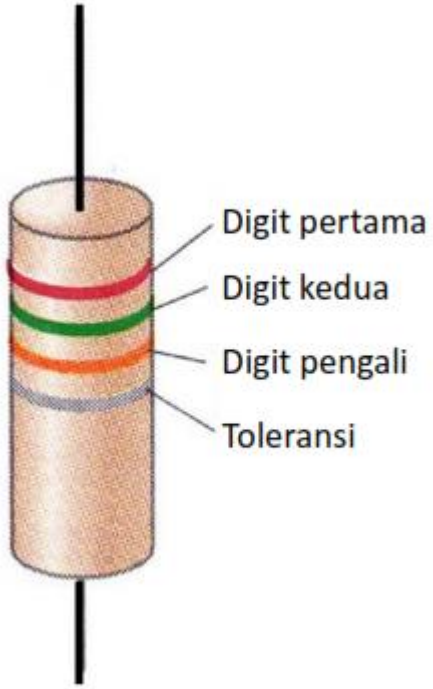
$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 3.4 \times 10^{-6}}{3.16}} = 2{,}1 \times 10^{-3}\ \text{m} = 2{,}1\ \text{mm}$$

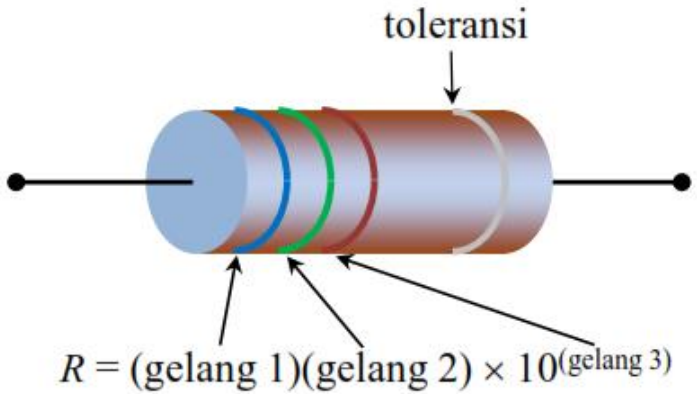
(b) Berdasarkan hokum Ohm, penurunan tegangan listrik sepanjang kawat adalah

$$V = I R = 2 \times 0{,}1$$

$$= 0{,}1\ \text{V}$$

HAMBATAN KOMERSIAL



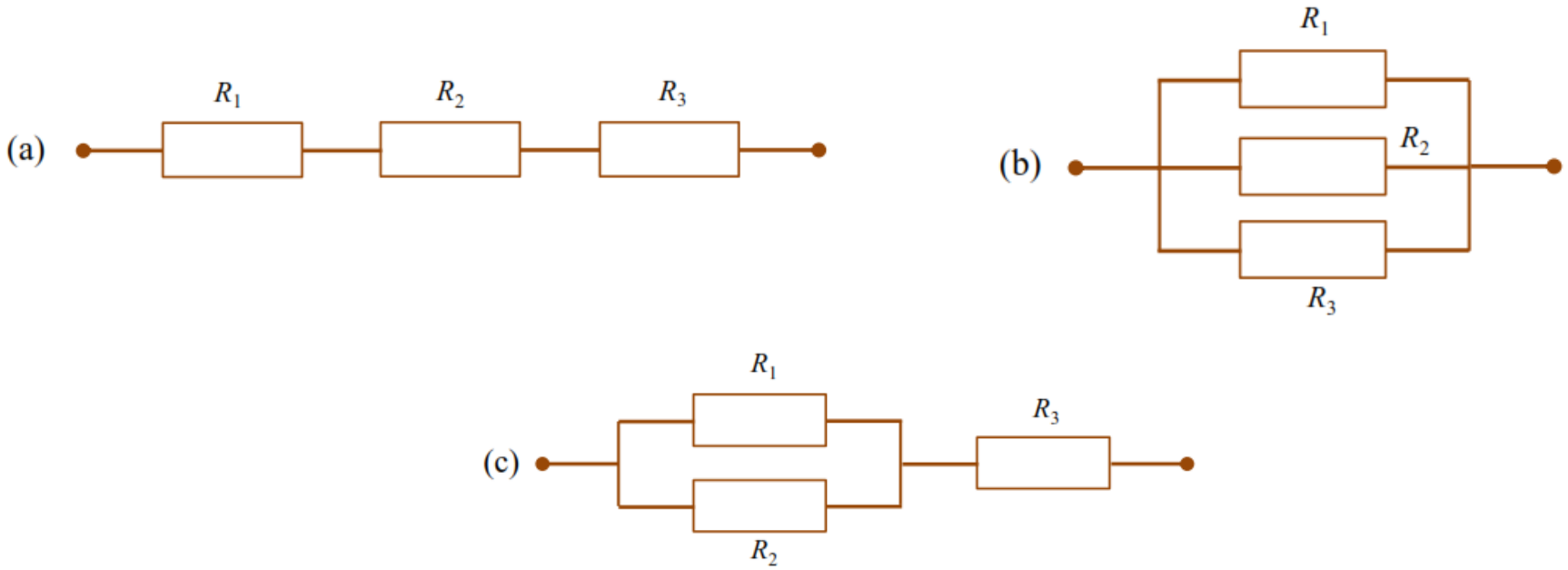


$R = (\text{gelang 1})(\text{gelang 2}) \times 10^{(\text{gelang 3})}$

Tabel 3.2 Angka yang berkaitan dengan kode-kode warna hambatan.

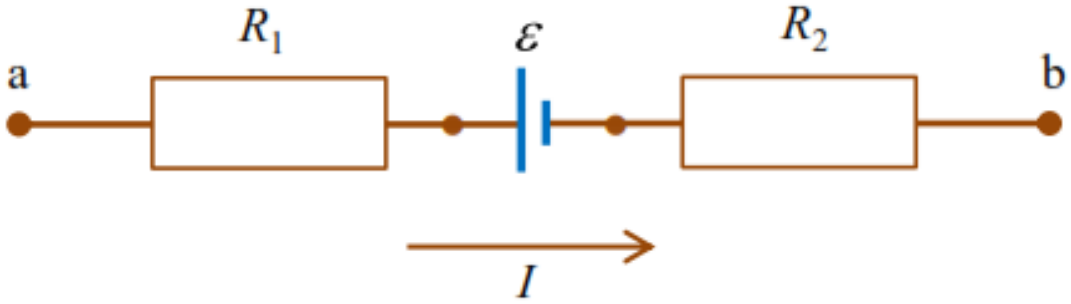
Warna	Nilai	Toleransi (%)
Hitam	0	
Coklat	1	
Merah	2	
Oranye	3	
Kuning	4	
Hijau	5	
Biru	6	
Ungu	7	
Abu-abu	8	
Putih	9	
Emas	-1	5%
Perak	-2	10%
Tidak berwarna		20%

RANGKAIAN HAMBATAN LISTRIK



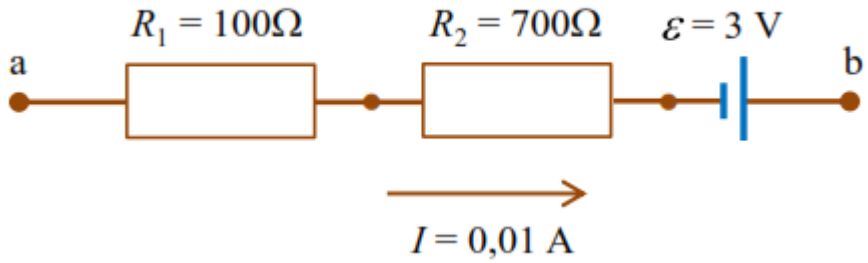
Gambar 3.15 (a) Hambatan yang disusun secara seri, (b) hambatan yang disusun secara parallel, dan (c) hambatan yang disusun campur seri dan parallel.

RANGKAIAN HAMBATAN YANG MENGANDUNG SUMBER TEGANGAN



$$V_{ab} = \sum_{a}^{b} IR - \sum_{a}^{b} \varepsilon$$

CONTOH KASUS 1



Arus I yang mengalir pada R_1 dan R_2 sama besar dan dalam rangkaian hanya terdapat satu sumber tegangan. Maka persamaan (3.27) dapat ditulis

$$V_{ab} = IR_1 + IR_2 - \varepsilon$$

Berdasarkan perjanjian:

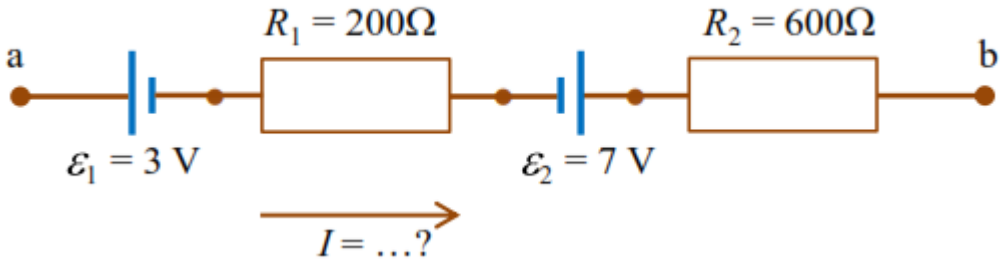
I mengalir dari a ke b sehingga diberi harga positif: $I = 0{,}01$ A

Kutub negatif ε menghadap titik a sehingga nilai ε diberi harga positif: $\varepsilon = +3$V.

Jadi

$$V_{ab} = (0.01\ x\ 100) + (0.01x700) + 3 = 11\ V$$

CONTOH KASUS 2



$V_{AB} = 5\ v$ Tentukan nilai I !

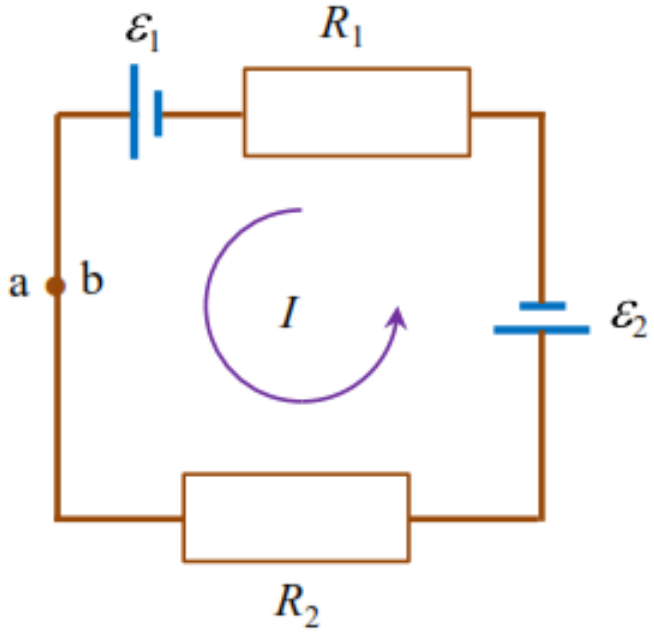
$$V_{ab} = \sum I\,R - \sum \varepsilon$$

$$V_{ab} = (I\,R_1 + I\,R_2) - (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)$$

$$5 = I \times 200 + I \times 600 - (-3 + 7)$$

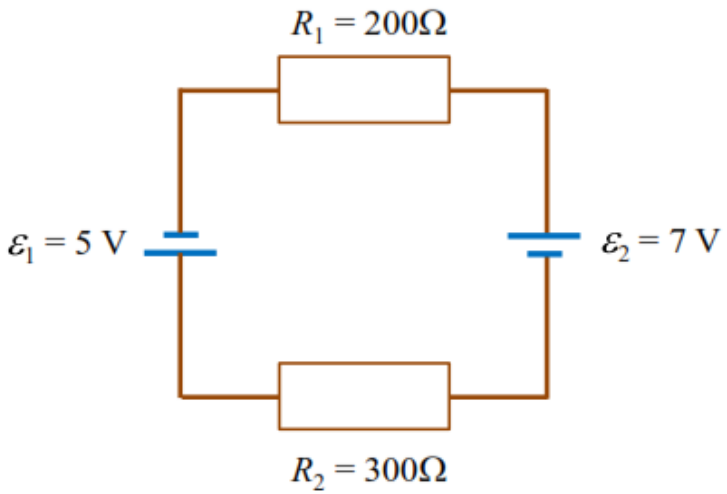
$$I = 9/800 = 0{,}01125 \text{ A.}$$

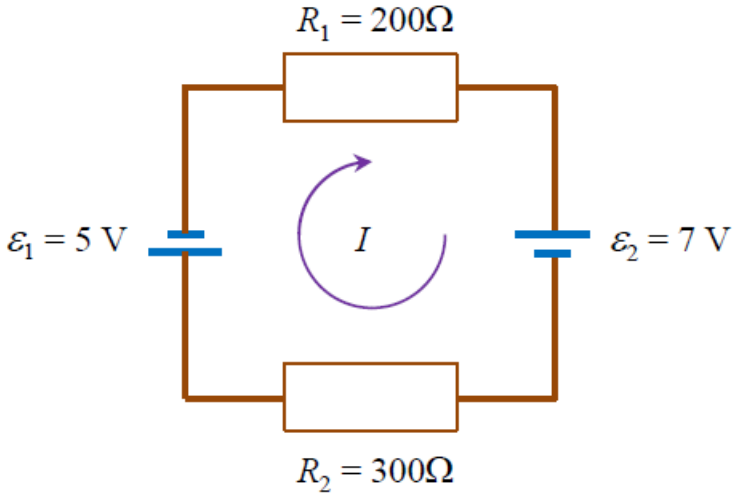
RANGKAIAN LOOP



$$\sum I R - \sum \varepsilon = 0$$

CONTOH SOAL



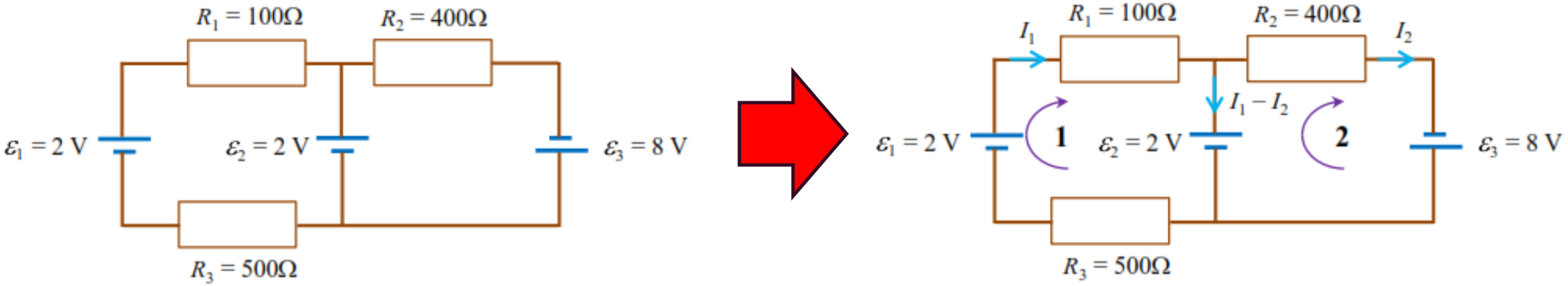


$$\sum I R - \sum \varepsilon = 0$$

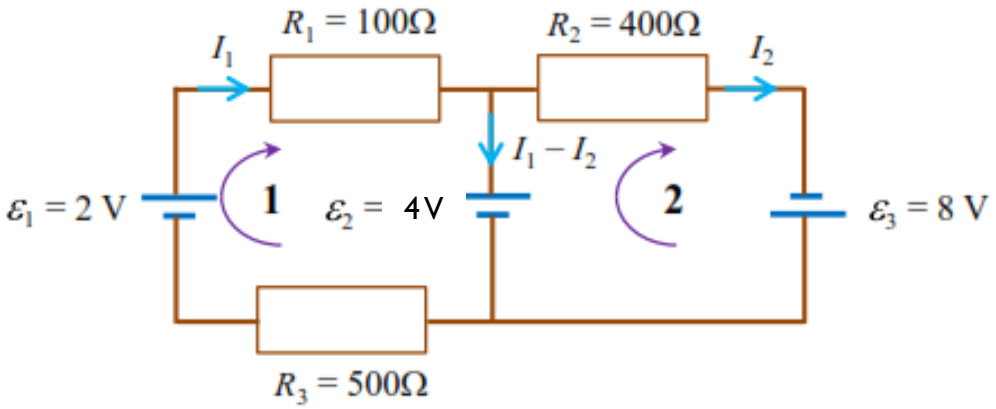
$$I R_1 + I R_2 - (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) = 0$$

200I + 300I -(5+7) =0
500I - 12 = 0
I= 12/500 = 0.024

RANGKAIAN LEBIH DARI SATU LOOP



SOLUSI



Loop 1

$$\sum I\,R - \sum \varepsilon = 0$$

$$I_1\,R_1 + I_1\,R_3 - (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) = 0$$

$$I_1 \times 100 + I_1 \times 500 - (2 - 4) = 0$$

$$600\,I_1 + 2 = 0$$

$$I_1 = -2/600 = 0{,}003 \text{ A}$$

Loop 2

$$\sum I\,R - \sum \varepsilon = 0$$

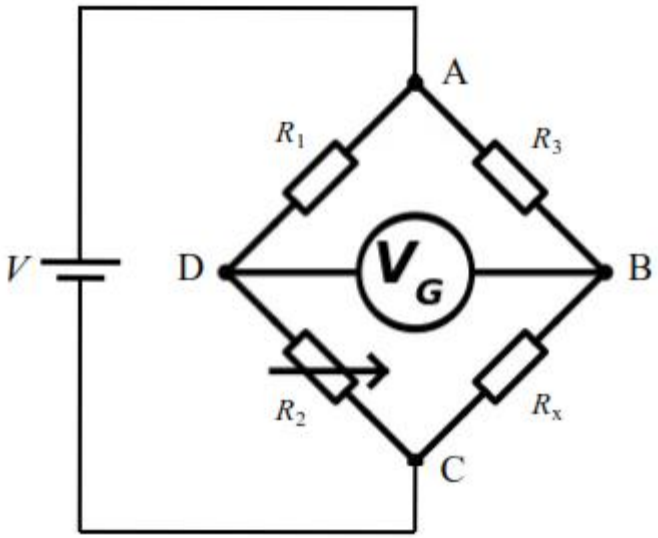
$$I_2\,R_2 - (\varepsilon_2 + \varepsilon_3) = 0$$

$$400\,I_2 - (4 + 8) = 0$$

$$400\,I_2 - 12 = 0$$

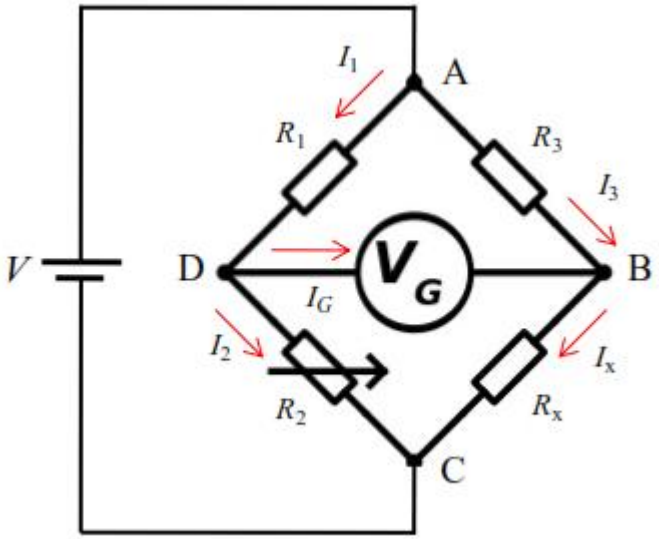
$$I_2 = 12/400 = 0{,}03 \text{ A}$$

JEMBATAN WHEATSTONE



Rangkaian jembatan wheatstone digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi arus yang terbilang kecil.

JEMBATAN WHEATSTONE (ANALISA ARUS)



Dengan menggunakan hukum Kirchoff di titik B dan D maka :

Di titik B berlaku : $I_3 = I_G + I_x$

Di titik D berlaku : $I_1 = I_G + I_2$

Dengan menggunakan hukum Kirchoff pada Loop atas dan Bawah berlaku :

Loop atas :

$$I_3R_3 - I_GR_G - I_1R_1 = 0$$

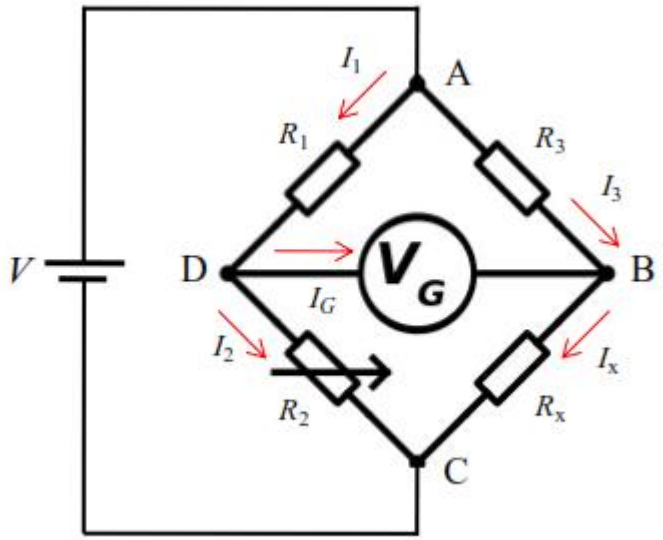
Loop bawah :

$$-I_2R_2 + I_GR_G + I_xR_x = 0$$

Jika nilai R2 diatur sampai pada posisi setimbang maka arus akan sama dengan 0.

Maka berlaku : $I_1 = I_2$ dan $I_3 = I_x$

JEMBATAN WHEATSTONE (MENENTUKAN R_x)



Dengan menggunakan hukum II Kirchoff maka diperoleh

$$I_3R_3 - I_1R_1 = 0$$

$$I_xR_x - I_2R_2 = 0$$

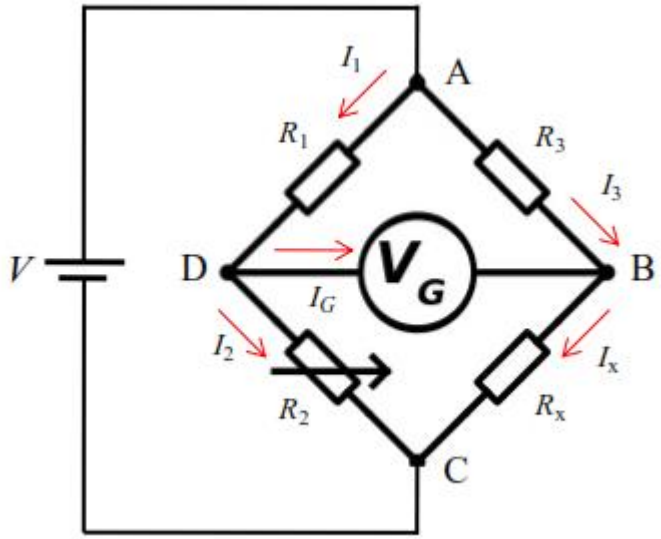
Jika persamaan tersebut dibagi (karena pada posisi setimbang) maka diperoleh :

$$\frac{I_xR_x}{I_3R_3} = \frac{I_2R_2}{I_1R_1}$$

Karena $I_1 = I_2$ dan $I_x = I_3$ maka

$$R_x = \frac{R_2R_3}{R_1}$$

JEMBATAN WHEATSTONE (MENENTUKAN V_G)



Misalkan tegangan yang diterapkan adalah Vs (tegangan antara titik A dan C). dengan menggunakan hokum Kirchoff antara titik A dan C di jalur kiri diperoleh :

$$V_s = I_1 R_1 + I_2 R_2$$

$$= I_2(R_1 + R_2)$$

$$I_2 = \frac{V_s}{R_1 + R_2}$$

Di jalur kanan diperoleh $I_x = \frac{V_s}{R_3 + R_x}$

Persamaan loop bawah :

$$V_G = I_2 R_2 - I_x R_x$$

$$V_G = \frac{V_s}{R_1 + R_1} R_2 - \frac{V_s}{R_3 + R_x} R_x$$

$$= \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_x}{R_3 + R_x} \right) V_2$$