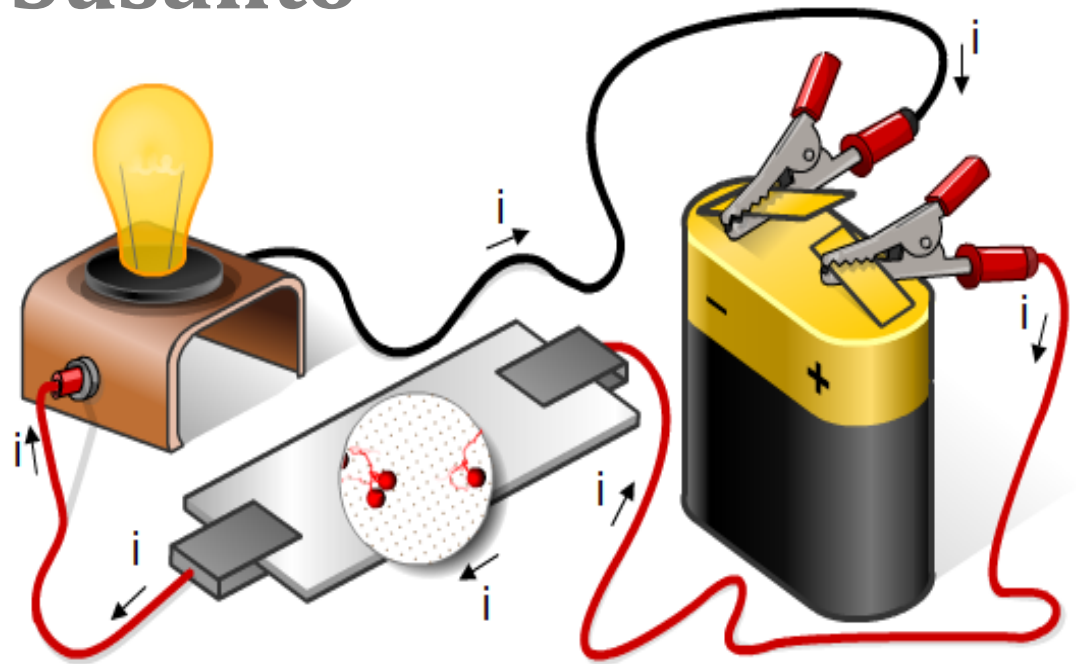


LISTRIK DINAMIS

Rudi Susanto



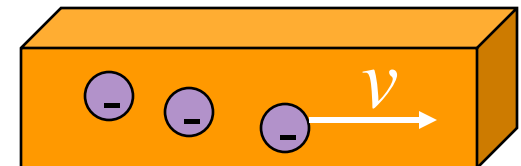
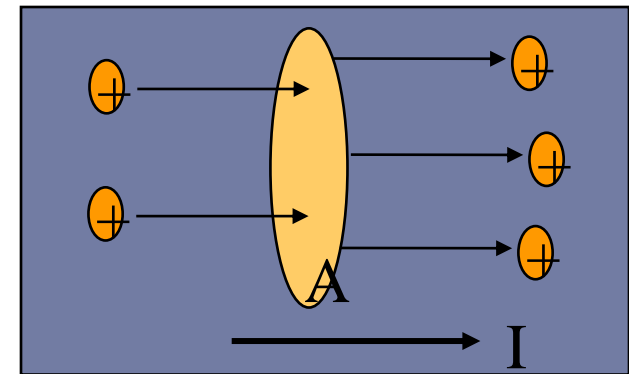
Tujuan Instruksional

- Dapat menentukan arus listrik, hambatan listrik, energi listrik, daya listrik serta dapat menggunakan hukum Ohm dan aturan Kirchhoff pada analisa rangkaian listrik.
- Pembatasan:
 - Arus listrik bersifat steady dimana besar dan arahnya konstan (arus DC)
 - Rangkaian hanya terdiri atas komponen resistor

Arus Listrik

- Definisi: **arus listrik adalah jumlah total muatan yang melewati suatu lokasi per satuan waktu.**
- Misalkan jumlah muatan ΔQ yang melewati area A dalam selang waktu Δt , maka arus merupakan perbandingan antara muatan dan waktu tersebut.
- Satuan SI untuk arus listrik adalah ***ampere (A)***.
 - $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ (1 C muatan yang melewati area dalam selang waktu 1 s)
- Arus Konvensional dinyatakan sebagai aliran yang searah dengan pergerakan muatan positif.
- Pada konduktor logam seperti tembaga, arus listrik merupakan pergerakan dari elektron (muatan negatif).

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



Contoh :

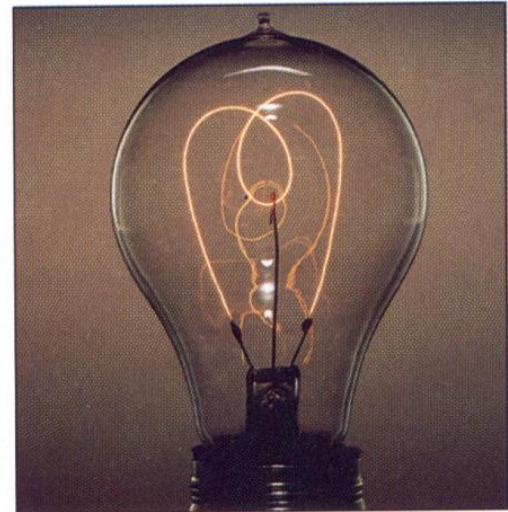
Jumlah muatan yang melewati filamen dari lampu bolam dalam 2.00 s adalah 1,67 C. Tentukan :

(a) arus listrik pada lampu

Solusi :

a.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{1.67C}{2.00s} = 0.835A$$



Dalam waktu dua menit arus listrik sebesar 2 A mengalir sepanjang kawat penghantar. Tentukan:

- a) muatan yang berpindah
- b) jumlah elektron

Pembahasan

Hubungan kuat arus listrik, muatan listrik dan waktu adalah:

$$I = Q / t$$

$$Q = I \times t$$

Dengan demikian :

a) $Q = I \times t$

$$Q = 2 \times 120$$

$$Q = 240 \text{ Coulomb}$$

b) menentukan jumlah elektron dalam muatan $n = Q/Q_e$

dimana:

n = jumlah elektron

Q_e = muatan satu elektron ($1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb)

Q = muatan yang akan dihitung jumlah elektronnya

sehingga:

$$n = Q/Q_e$$

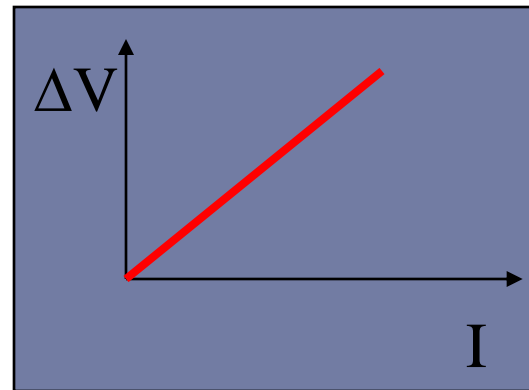
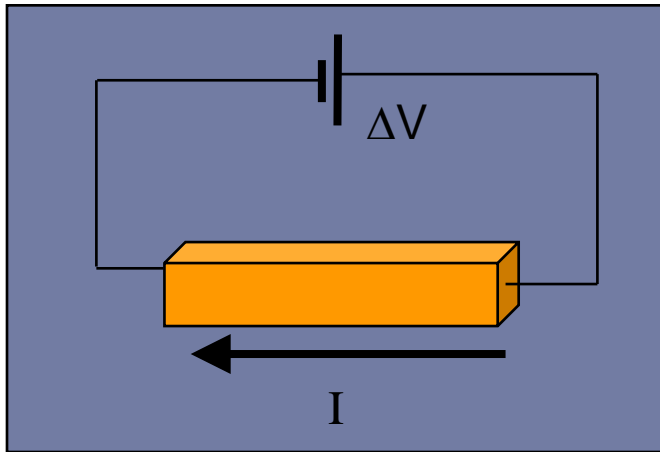
$$n = 240 / (1,6 \times 10^{-19})$$

$$n = 150 \times 10^{19}$$

$$n = 1,5 \times 10^{21} \text{ buah elektron}$$

Hambatan Listrik dan Hukum Ohm

- Ketika tegangan listrik (beda potensial) diberikan pada ujung-pangkal konduktor logam maka didapatkan arus yang sebanding dengan tegangan yang diberikan.



$$I \propto \Delta V$$



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

Dengan satuan R : volt/ampere atau ohm (Ω).

Hukum Ohm

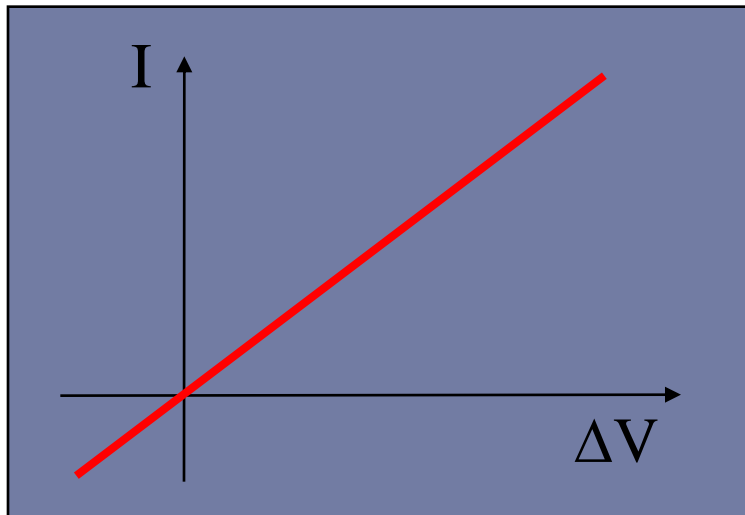
Georg Simon Ohm
(1787-1854)



$$\Delta V = IR$$

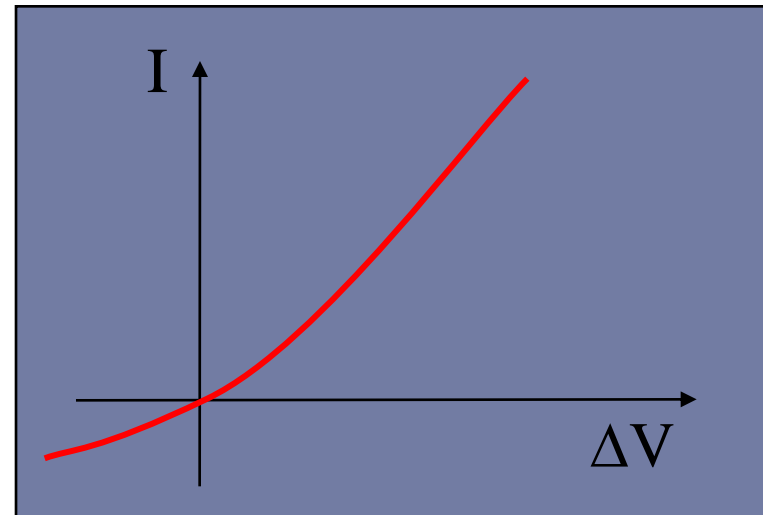
R konstan dan tidak tergantung terhadap ΔV

Linier atau Ohmic Material



Most metals, ceramics

Non-Linier atau
Non-Ohmic Material



Semiconductors
e.g. diodes

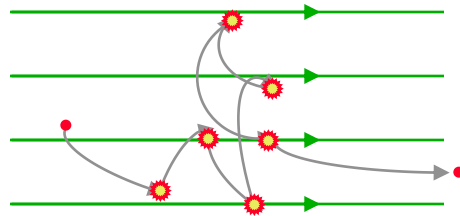
Contoh :

Sebuah setrika listrik menarik arus 2A ketika dihubungkan dengan sumber tegangan 220 V. Tentukan hambatan listrik dari setrika tersebut.



Hambat jenis (Resistivity)

- Pergerakan elektron dalam konduktor mengalami hambatan oleh adanya tumbukan dengan atom-atom di dalamnya.



- Nilai hambatan ini akan sebanding dengan panjang l dan berbanding terbalik dengan luas penampang A dari konduktor.

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

- Konstanta kesebandingan ρ disebut hambat jenis bahan (resistivity) dengan satuan Ωm .
- Konduktor mempunyai hambat jenis rendah dan Insulator mempunyai hambat jenis tinggi.
- Nilai hambat jenis tergantung lingkungan misalnya temperatur.

$$\rho = \rho_o [1 + \alpha(T - T_o)]$$

- α disebut **temperature coefficient of resistivity**.
- Sehingga untuk konduktor dengan luas penampang tetap berlaku :

$$R = R_o [1 + \alpha(T - T_o)]$$

Resistivity of various materials

Material	Resistivity ($10^{-8} \Omega\text{m}$)	Material	Resistivity ($10^{-8} \Omega\text{m}$)
Silver	1.61	Bismuth	106.8
Copper	1.70	Plutonium	141.4
Gold	2.20	Graphite	1375
Aluminum	2.65	Germanium	4.6×10^7
Pure Silicon	3.5	Diamond	2.7×10^9
Calcium	3.91	Deionized water	1.8×10^{13}
Sodium	4.75	Iodine	1.3×10^{15}
Tungsten	5.3	Phosphorus	1×10^{17}
Brass	7.0	Quartz	1×10^{21}
Uranium	30.0	Alumina	1×10^{22}
Mercury	98.4	Sulfur	2×10^{23}

Energi dan Daya Listrik

- Dengan adanya tumbukan pada proses pergerakan elektron dalam konduktor maka energi listrik dapat berubah menjadi energi termal yang selanjutnya menghasilkan kalor. Contoh pemanas, setelika, toaster, lampu pijar.
- Laju perubahan energi ini disebut Daya P dengan satuan watt (joule/s)

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Delta V = I \Delta V$$

- Dari hukum Ohm :

$$P = I \Delta V = I^2 R = \frac{(\Delta V)^2}{R}$$

Pada sebuah lampu pijar tertulis 100W, 220V. Perkirakan hambatan listrik dari lampu pijar tersebut!

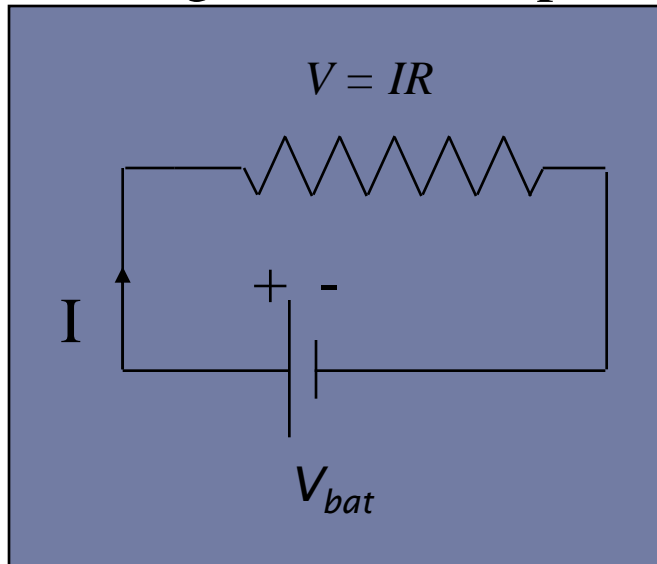
Contoh :

Sebuah pemanas listrik beroperasi 3 jam sehari selama 30 hari. Jika harga pemakaian listrik per kWh Rp. 300, berapakah biaya yang harus dikeluarkan jika pemanas beroperasi pada tegangan 120V dan menarik arus 15A.

Rangkaian Arus Searah

➤ Syarat terjadinya arus dalam rangkaian :

- Ada sumber tegangan (Baterai, Generator, Accu, PLN)
- Rangkaian tertutup (Close loop circuit)



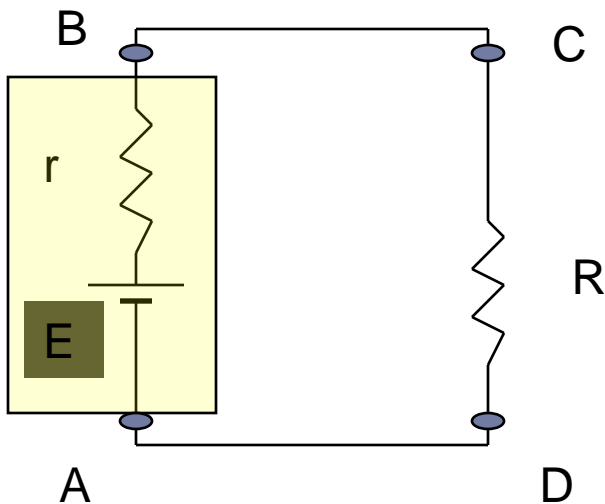
$$V = IR = V_{bat}$$

Hindari terjadinya hubung singkat ($R = 0 \text{ ohm}$)

Gunakan pembatas arus / sekering untuk pengaman rangkaian

➤ Baterai

- Mengubah energi kimia menjadi energi listrik.
- Baterai membangkitkan gaya gerak listrik / EMF (E) dan mempunyai hambatan dalam (r).
- Hambatan dalam makin lama membesar seiring dengan lama pemakaian sehingga dikatakan baterai habis.
- Tegangan terminal V_{AB} dirumuskan sebagai berikut :



$$V_{AB} = E - Ir = IR$$

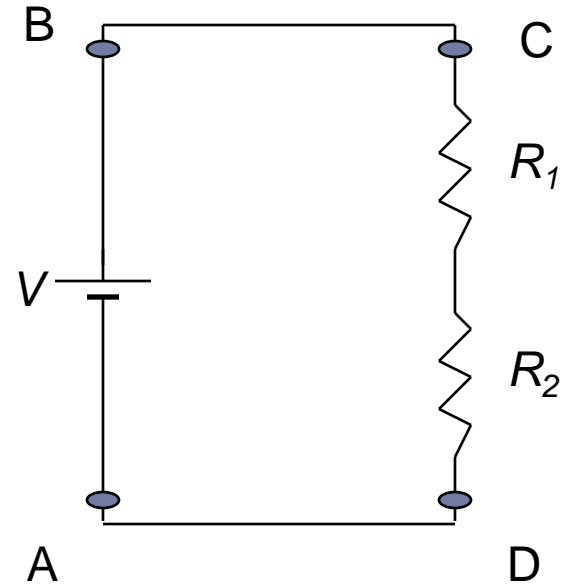
$$E = IR + Ir$$

➤ Resistor dalam Rangkaian Seri

- Arus : $I = I_1 = I_2$
- Tegangan : $V = V_1 + V_2$
 $I R_t = I R_1 + I R_2$
- Resistor : $R_t = R_1 + R_2$
- Untuk kombinasi seri berlaku :

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

- Rangkaian berperilaku sebagai pembagi tegangan (**voltage divider**)

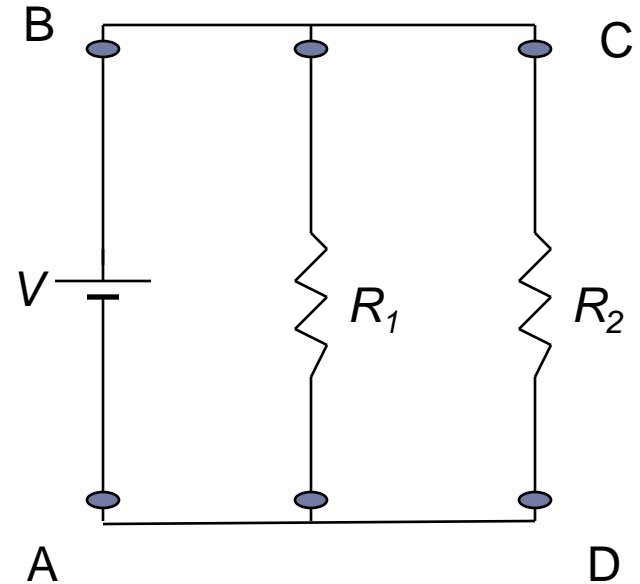


➤ Resistor dalam Rangkaian Paralel

- Tegangan : $V = V_1 = V_2$
- Arus : $I = I_1 + I_2$
 $V / R_t = V_1 / R_1 + V_2 / R_2$
- Resistor : $1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2$
- Untuk kombinasi Paralel berlaku :

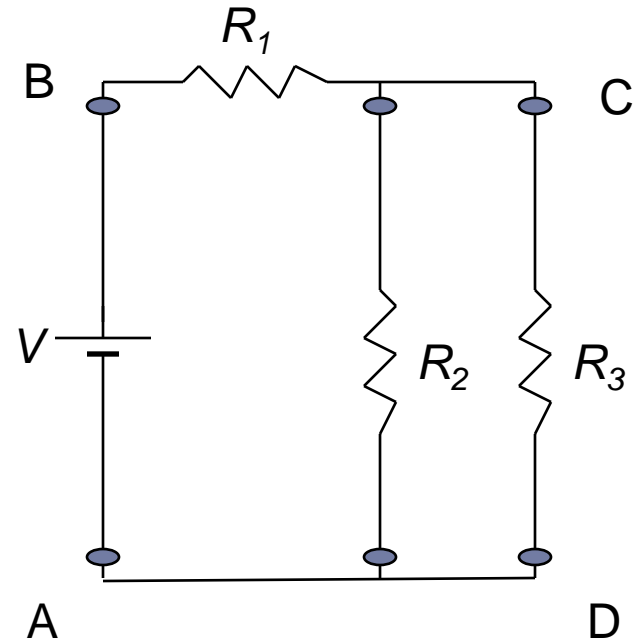
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

- Rangkaian berperilaku sebagai pembagi tegangan (**current divider**)



➤ Contoh Soal:

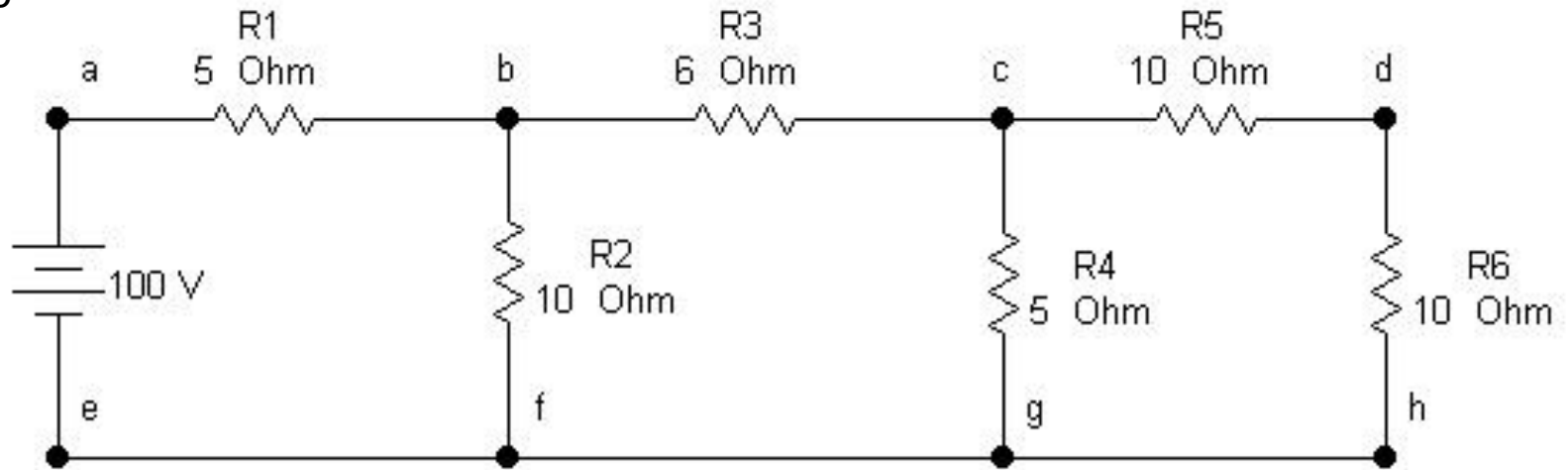
- $V = 18$ volt
- $R_1 = 2\Omega$; $R_2 = 6\Omega$; $R_3 = 12\Omega$
- Hitung:
 - Hambatan ekuivalen pada rangkaian tersebut
 - Arus yang melalui masing-masing hambatan
 - Beda tegangan di C dan di D ($V_{CD} = V_C - V_D$)

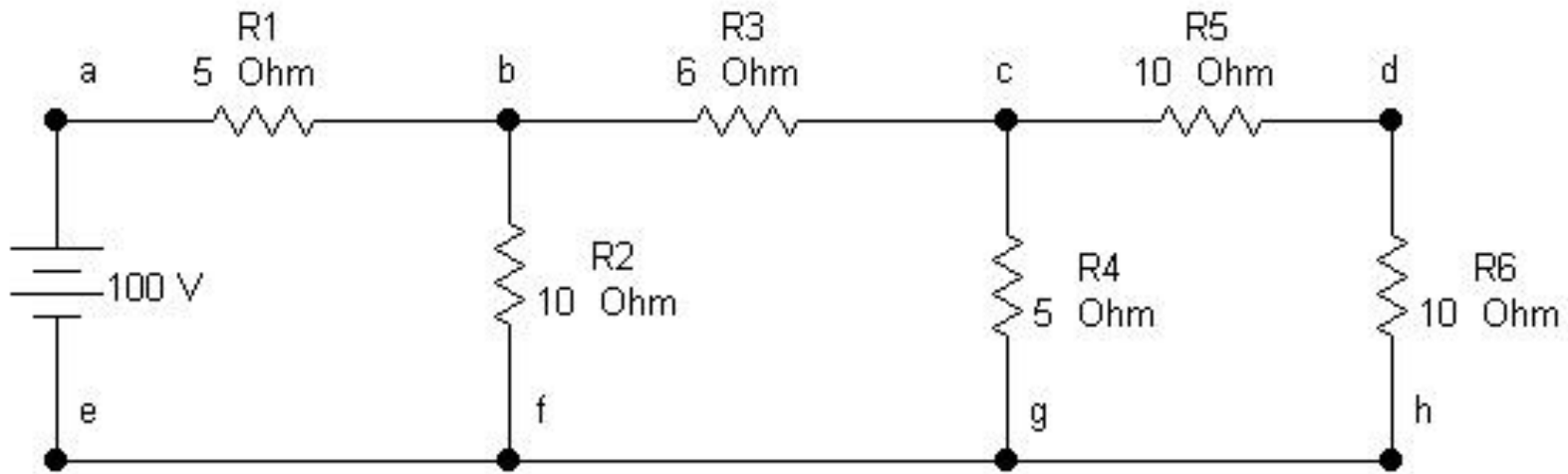


Jawab: $R_{ek} = 6\Omega$; $I_1 = 3A$, $I_2 = 2A$, $I_3 = 1A$; $V_{CD} = 12 V$

Contoh Soal

Rangkaian di bawah ini sering disebut sebagai rangkaian tangga (*ladder network*). Tentukan tegangan pada tahanan-tahanan R_2 , R_4 dan R_6 .





$$R_{56} = 10 + 10 = 20 \Omega \quad \rightarrow \quad R_{456} = \frac{(5)(20)}{5 + 20} = 4 \Omega$$

$$R_{3456} = R_3 + R_{456} = 6 + 4 = 10 \Omega \quad \rightarrow \quad R_{23456} = \frac{(10)(10)}{10 + 10} = 5 \Omega$$

$$V_2 = \frac{R_{23456}}{R_{23456} + R_1} (100) = \frac{5}{5 + 5} (100) = 50 \text{ V}$$

$$V_4 = \frac{R_{456}}{R_{456} + R_3} V_2 = \frac{4}{4 + 6} (50) = 20 \text{ V}$$

$$V_6 = \frac{R_6}{R_6 + R_5} V_4 = \frac{10}{10 + 10} (20) = 10 \text{ V}$$