

RANGKAIAN ARUS SEARAH

A. ARUS LISTRIK

Arus listrik adalah aliran muatan-muatan positif (arus konvensional) yang apabila makin banyak muatan positif yang mengalir dalam selang waktu tertentu maka arus listriknya makin besar. Arus searah (DC) adalah arus listrik yang arahnya selalu tetap terhadap waktu. Arus listrik ini bergerak dari kutub yang selalu sama, yaitu dari kutub positif ke kutub negatif. Pada suatu rangkaian listrik, arus dapat mengalir jika berada pada rangkaian tertutup.

Kuat arus listrik didefinisikan sebagai banyaknya muatan listrik pada suatu konduktor tiap satuan waktu, dirumuskan sebagai:

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

$$Q = \int I dt = \text{luas grafik } I \text{ terhadap } t$$

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

Sehingga kuat arus dapat ditulis:

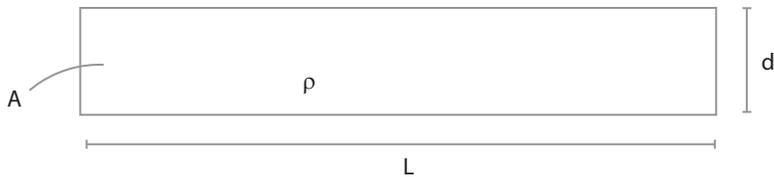
Q = muatan listrik (coulomb)

t = selang waktu (sekon)

I = kuat arus listrik (C/s = ampere)

B. HAMBATAN KONDUKTOR

Hambatan listrik pada kawat penghantar (konduktor) bergantung pada jenis konduktor, luas penampang, panjang konduktor, dan temperatur konduktor.



Dirumuskan sebagai:

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

ρ = konstanta hambatan jenis (Ωm)

L = panjang konduktor (m)

A = luas penampang (m^2)

R = hambatan konduktor (Ω)

Jika ada pengaruh suhu, nilai hambatan berubah dirumuskan sebagai:

$$R = R_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

R_0 = hambatan awal (Ω)

R = hambatan setelah dipengaruhi perubahan suhu (Ω)

α = koefisien suhu ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)

ΔT = perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

CONTOH SOAL

1. Sebuah kawat penghantar yang panjangnya 3 meter memiliki hambatan sebesar R. Jika kawat tersebut dipotong menjadi empat bagian yang sama panjang, maka besarnya hambatan masing-masing penghantar sekarang adalah
 - A. R
 - B. 2R
 - C. $\frac{1}{2}$ R
 - D. $\frac{1}{4}$ R
 - E. 0,75 R

Pembahasan:

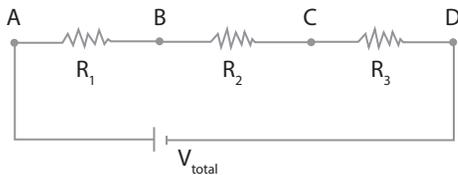
Analisis rumus $R = \frac{\rho L}{A}$ nampak $R \sim L$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1}{L_2} \text{ maka kita dapatkan } \frac{R}{R_2} = \frac{3}{\frac{3}{4}} = \frac{4}{1}$$

sehingga didapatkan $R_2 = \frac{1}{4}R$

Jawaban: B

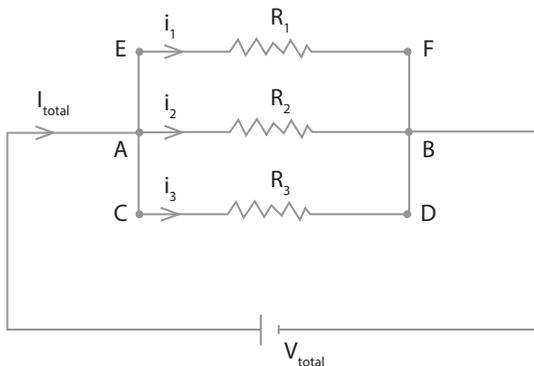
a. Rangkaian Seri Hambatan



Pada rangkaian ini berlaku:

1. $R_{tot} = R_{AB} + R_{BC} + R_{CD} = R_1 + R_2 + R_3$
2. $V_{total} = V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} = V_1 + V_2 + V_3$
3. $V_1 : V_2 : V_3 = R_1 : R_2 : R_3$

b. Rangkaian Paralel Hambatan

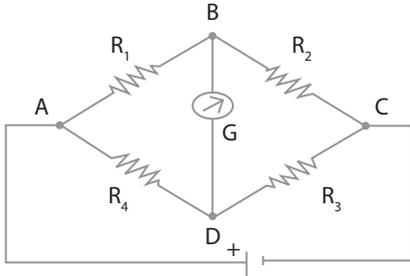


Pada rangkaian ini berlaku:

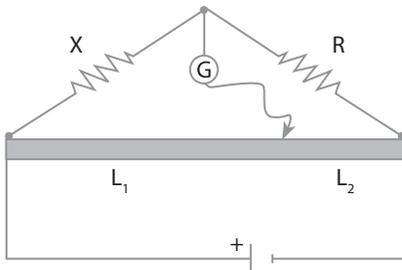
1. $\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
2. $I_{total} = I_1 = I_2 + I_3$
3. $V_{AB} = V_{CD} = V_{EF} = V_{total}$

c. Jembatan Wheatstone

Jembatan Wheatstone adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur hambatan kawat-kawat telegraf. Pada kedudukan seimbang, galvanometer G tidak dilalui arus sehingga jarum menunjuk angka nol.



G = Galvanometer, bila $I_G = 0$ berlaku: $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$



Bentuk praktis dari jembatan Wheatstone, berlaku:

$$X \cdot L_2 = R \cdot L_1$$

X = hambatan yang tidak diketahui (Ω)

R = hambatan yang diketahui (Ω)

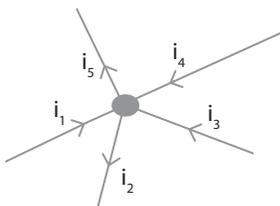
L_1 = panjang kawat 1 (m)

L_2 = panjang kawat 2 (m)

d. Hukum Kirchhoff

1. *Hukum Kirchhoff 1*

Menurut hukum ini, "Jumlah arus yang masuk ke titik cabang sama dengan arus listrik yang keluar dari titik cabang".



$$\sum I_{\text{masuk}} = \sum I_{\text{keluar}}$$

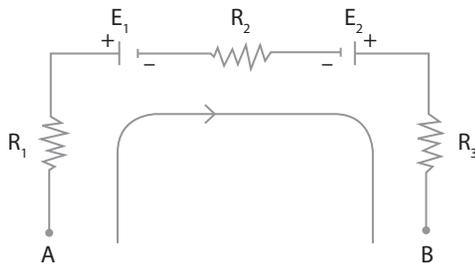
$$I_1 + I_3 + I_4 = I_2 + I_5$$

2. *Hukum Kirchhoff 2*

Menurut hukum ini, "Di dalam suatu rangkaian tertutup, jumlah aljabar gaya listrik ($\sum E$) dengan penurunan tegangan ($\sum iR$) sama dengan nol", dirumuskan sebagai berikut:

$$\sum iR = \sum E = 0$$

Pengukuran tegangan seperti rangkaian ini adalah:



$$V_{AB} = \sum iR + \sum E$$

$$V_{AB} = +E_1 - E_2 + I(R_1 + R_2 + R_3)$$

C. ENERGI DAN DAYA LISTRIK

Ketika sebuah elemen listrik (sumber arus listrik) mengirim arus melalui hambatan listrik, maka elemen listrik memberikan energi listrik ke hambatan tersebut.

Untuk menggerakkan muatan q , elemen harus melakukan usaha yang sama dengan kenaikan energi potensial listrik. Usaha yang dimaksud dirumuskan sebagai:

$$W = qV \text{ dengan } q = i \cdot t$$

$$\text{maka } W = V \cdot i \cdot t \text{ dengan } V = i \cdot R$$

$$\text{maka } W = i \cdot R \cdot i \cdot t \text{ dengan } P = i \cdot R \cdot i$$

$$\text{maka } W = P \cdot t \text{ atau } W = \frac{V^2}{R} \cdot t$$

W = usaha/energi listrik (joule)

q = muatan listrik (coulomb)

i = kuat arus listrik (ampere)

V = beda potensial/tegangan listrik (volt)

t = waktu (sekon)

R = hambatan listrik (Ω)

P = daya listrik (watt)

CONTOH SOAL

1. Sebuah keluarga menyewa listrik PLN sebesar 900 watt dengan tegangan 110 volt. Jika untuk penerangan keluarga ini menggunakan lampu 200 watt/220 volt, jumlah lampu maksimum yang dapat dipasang adalah

Pembahasan:

Diketahui: $P_1 = 200$ watt

$$V_1 = 220 \text{ volt}$$

$$V_2 = 110 \text{ volt}$$

Ditanya: $P_2 = \dots ?$

Jawab:

$$P = V \cdot i \text{ maka } P = V \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R}, \text{ nampak}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2$$

$$\frac{200}{P_2} = \left(\frac{220}{110} \right)^2$$

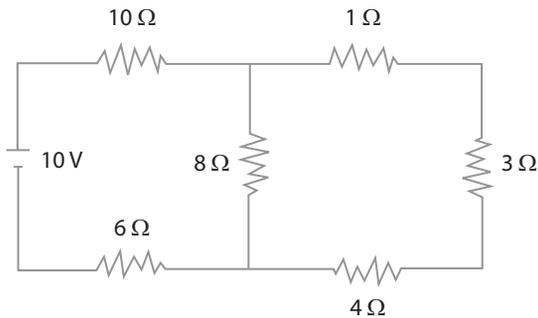
$$\frac{200}{P_2} = \left(\frac{4}{1} \right)$$

$$P_2 = \frac{200}{4} = 50 \text{ watt}$$

Maka banyaknya lampu yang bisa dipasang (n):

$$n = \frac{P_{\text{total}}}{P_2} = \frac{900}{50} = 18 \text{ buah}$$

2. Perhatikan rangkaian listrik di bawah ini!

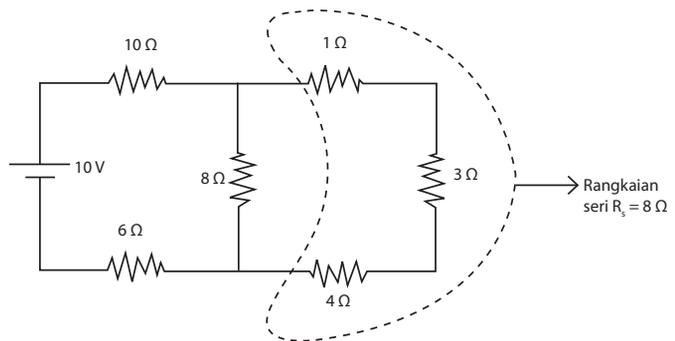


Besarnya tegangan jepit pada hambatan 3 Ω adalah

- A. 0,5 volt
- B. 1,5 volt
- C. 2,0 volt
- D. 0,4 volt
- E. 0,75 volt

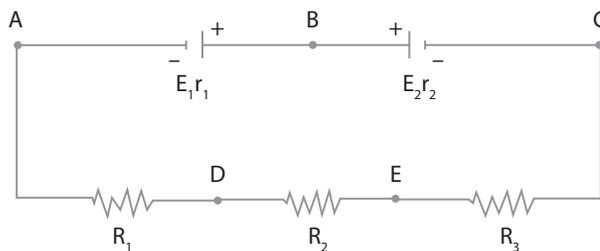
Pembahasan:

- $R_{PQ} = \frac{8 \times 8}{8 + 8} = 4 \Omega$
- $R_{total} = 10 + 4 + 6 = 20 \Omega$
- $I_{total} = \frac{V_{total}}{R_{total}} = \frac{10}{20} = 0,5 A$
- $i_1 = i_2 = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ ampere}$
- $V_{jepit} = i_1 \cdot R$
 $= 0,25 \times 3$
 $= 0,75 \text{ volt}$



Jawaban: E

3. Sebuah elemen sekunder dengan GGL E_1 dan E_2 seperti pada gambar.



Jika,

$$E_1 = 12 \text{ volt}$$

$$E_2 = 6 \text{ volt}$$

$$r_1 = 1 \Omega$$

$$r_2 = 1 \Omega$$

$$R_1 = 1,5 \Omega$$

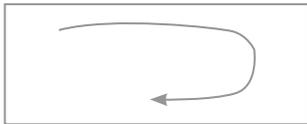
$$R_2 = 0,5 \Omega$$

$$R_3 = 1 \Omega$$

Tentukan tegangan jepit BC!

Pembahasan:

Model loop-nya



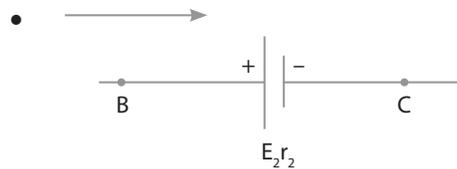
- $\sum iR + \sum E = 0$

$$I(r_1 + r_2 + R_1 + R_2 + R_3) - E_1 + E_2 = 0$$

$$I(1 + 1 + 1,5 + 0,5 + 1) - 12 + 6 = 0$$

$$5I - 6 = 0$$

$$I = \frac{6}{5} = 1,2 \text{ A}$$

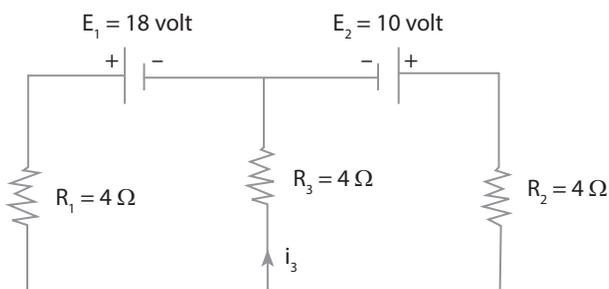


$$V_{BC} = E_2 + i \cdot r_2$$

$$= 6 + 1,2(1)$$

$$= 7,2 \text{ volt}$$

4. Perhatikanlah gambar rangkaian!



Besar arus pada i_3 adalah

Pembahasan:

$$\begin{aligned}i_3 &= \frac{E_1 R_2 + E_2 R_1}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} \\&= \frac{18(4) + 10(2)}{2(4) + 2(6) + 4(6)} \\&= \frac{92}{44} \text{ ampere} \\&= 2,09 \sim 2,1 \text{ ampere}\end{aligned}$$

5. Suatu pemanas air berhambatan 11Ω dimasukkan dalam 4 kg air bersuhu 100°C . Jika kalor uap $2,2 \times 10^6 \text{ J/kg}$ dan dipasang pada tegangan 220 volt , waktu yang diperlukan untuk menguapkan seluruh air tersebut adalah

Pembahasan:

Diketahui:

$$V = 220 \text{ volt} \quad m = 4 \text{ kg}$$

$$R = 11 \Omega \quad L = 2,2 \times 10^6 \text{ J/kg}$$

Soal ini adalah konsep konversi energi, yakni konversi energi listrik menjadi energi kalor uap.

$$W_{\text{listrik}} = Q$$

$$\frac{V^2 \cdot t}{R} = mL$$

$$\frac{220 \cdot 220 \cdot t}{11} = 4 \times 2,2 \times 10^6$$

$$\frac{22^2 \cdot 20 \cdot 220 \cdot t}{11} = 4 \times 220 \times 10^4$$

$$20t = 4 \times 10^4$$

$$t = \frac{4 \times 10^4}{20} = 2000 \text{ detik}$$

$$t = \frac{2000}{60} = 33,3 \text{ menit}$$