

# Rangkaian Arus Searah

## A. DEFINISI UMUM

Arus listrik searah (*Direct Current* atau DC) adalah aliran elektron dari suatu titik yang **energi potensialnya tinggi ke titik lain yang energi potensialnya lebih rendah.**

## B. BESARAN DAN PERSAMAAN UMUM

### Kuat Arus Listrik

Kuat arus listrik adalah **banyaknya muatan listrik yang mengalir melalui penghantar per satuan waktu**, dirumuskan :

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

Dengan :

- I = kuat arus (ampere atau A)
- q = muatan listrik (Coulomb atau C)
- t = waktu (detik atau s)

kuat arus yang mengalir pada penampang kawat penghantar dirumuskan :

$$I = vq_e nA$$

Dengan :

- v = kecepatan electron (m/s)
- q<sub>e</sub> = muatan electron (-1.6 \* 10<sup>-19</sup> C)
- n = jumlah electron per satuan volume
- A = luas penampang kawat (m<sup>2</sup>)

### Hukum Ohm

Hukum Ohm menerangkan hubungan beda potensial (**V, satuannya Volt atau V**) dengan kuat arus (**I, satuannya Ampere atau A**) dan hambatan (**R, satuannya Ohm atau Ω**), yaitu :

$$V = IR$$

### Hambatan Jenis

Besarnya hambatan pada kawat penghantar bergantung kepada **hambatan jenis kawat** (ρ, satuannya Ωm), **Panjang kawat** (l, satuannya m), dan **Luas penampang** (A, satuannya m<sup>2</sup>), dirumuskan :

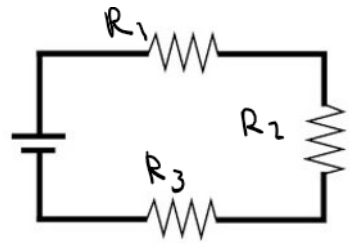
$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Besarnya hambatan jenis juga tergantung pada **suhu (T), koefisien temperatur rata-rata (α), dan hambatan awal (R<sub>0</sub>)**, dirumuskan

$$R_t = R_0(1 + \alpha \Delta T)$$

## C. RANGKAIAN HAMBATAN LISTRIK

### Rangkaian Seri

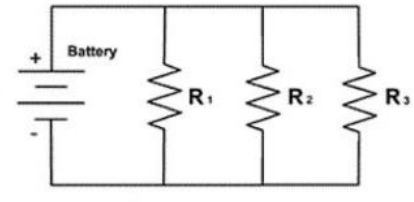


Rangkaian Seri

Hambatan pengganti (R<sub>s</sub>) dirumuskan :

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3$$

### Rangkaian Paralel

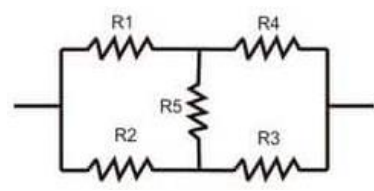


Rangkaian Paralel

Hambatan pengganti (R<sub>p</sub>) dirumuskan :

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

### Jembatan Wheatstone



Jika :  $R_1 R_3 = R_2 R_4$   
maka **R<sub>5</sub> dapat diabaikan**

### D. GAYA GERAK LISTRIK (GGL)

- GGL ( $\epsilon$ ) adalah **beda potensial (tegangan) dari sumber tegangan sebelum mengalirkan arus** dan dapat dirumuskan :

$$V_{AB} = \sum \epsilon - \sum Ir$$

Dengan :

$V_{AB}$  = tegangan di antara kutub sumber tegangan (V)

$\epsilon$  = GGL Sumber tegangan (V)

$I$  = kuat arus (A)

$R$  = hambatan di dalam sumber tegangan ( $\Omega$ )

- Rangkaian GGL Seri**

GGL pengganti ( $\epsilon_s$ ) dirumuskan :

$$\epsilon_s = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \dots + \epsilon_n$$

Kuat arus dalam rangkaian dirumuskan (di sini  $r_s$  adalah hambatan dalam yang disusun secara seri dan  $R$  adalah hambatan pada rangkaian) :

$$I = \frac{\epsilon_s}{r_s + R}$$

- Rangkaian GGL Paralel**

GGL pengganti ( $\epsilon_p$ ) dirumuskan :

$$\epsilon_p = \epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon_n$$

Kuat arus dalam rangkaian dirumuskan (di sini  $r_p$  adalah hambatan dalam yang disusun secara paralel dan  $R$  adalah hambatan pada rangkaian) :

$$I = \frac{\epsilon_p}{r_p + R}$$

### E. HUKUM KIRCHHOFF

- Hukum 1 Kirchhoff**

“Jumlah kuat arus listrik yang masuk ke titik percabangan sama dengan jumlah kuat arus yang keluar dari titik percabangan tersebut”.

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

- Hukum 2 Kirchhoff**

“Pada rangkaian tertutup jumlah aljabar gaya gerak listrik dengan penurunan tegangan sama dengan nol”.

$$\sum \epsilon + \sum IR = 0$$

### F. ENERGI DAN DAYA LISTRIK

- Energi Listrik**

Energi listrik ( $W$ , dalam Joule) diperlukan untuk mengalirkan arus listrik selama selang waktu tertentu ( $t$ ), dirumuskan :

$$W = VIt$$

- Daya Listrik**

Daya listrik ( $P$ , satuannya Watt) adalah energi listrik yang dihasilkan tiap satuan waktu, dirumuskan :

$$P = \frac{W}{t} = VI$$

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

### G. ALAT UKUR LISTRIK

- Amperemeter**

Alat untuk mengukur kuat arus, dipasang secara seri. Terdapat hambatan shunt ( $R_{SH}$ ), dirumuskan ( $n$  adalah daya pembesar arus dan  $r_a$  adalah hambatan dalam amperemeter) :

$$R_{SH} = \frac{r_a}{n - 1}$$



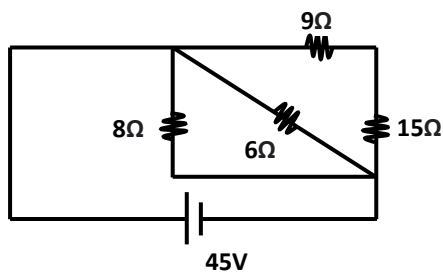
**Voltmeter**

Alat untuk **mengukur tegangan listrik, dipasang secara paralel**. Dipasang dengan hambatan depan ( $R_d$ ), dirumuskan ( **$n$  adalah daya pembesar tegangan dan  $r_v$  adalah hambatan dalam voltmeter**) :

$$R_d = (n - 1)r_v$$

**H. CONTOH SOAL**

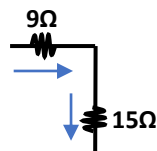
- Perhatikan rangkaian berikut ini!



Tentukan bebsar total daya yang bekerja pada rangkaian ini!

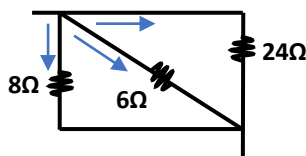
**Pembahasan:**

Perhatikan bagian ini



Arus tidak mempunyai cabang maka ini adalah **rangkaian seri**.

Kita bisa cari hambatan penggantinya dengan di tambah jadi **24Ω**, maka rangkaianya menjadi seperti ini.



Arus terpisah menjadi tiga bagian, maka ini adalah **3 rangkaian paralel**.

Maka hambatan totalnya

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_t} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \\ \frac{1}{R_t} &= \frac{1}{24} + \frac{1}{6} + \frac{1}{8} \\ \frac{1}{R_t} &= \frac{1 + 4 + 3}{24} \\ R_t &= \frac{24}{8} \\ R_t &= 3 \end{aligned}$$

$$3\Omega$$

Lalu cari arus totalnya dengan menggunakan hukum Ohm

$$\begin{aligned} I &= \frac{V}{R} \\ I &= \frac{45}{3} \\ I &= 15 \end{aligned}$$

$$15 \text{ Ampere}$$

Lalu gunakan rumus daya

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ P &= 45 \cdot 15 \\ P &= 675 \end{aligned}$$

$$675 \text{ Watt}$$

- Sebuah kawat mempunyai arus yang mengalir dengan kecepatan 420m/s dalam 1 menit. Maka berapa besar luas penampang kawat! ( $q_e = 1,6 \times 10^{-19}$ )

**Pembahasan:**

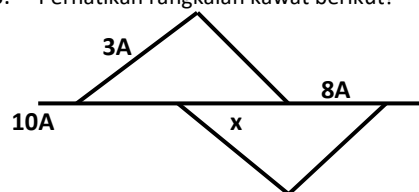
1 menit = 60 detik

Kita pakai rumus  $I = \frac{q}{t}$  dan  $I = v \cdot n \cdot q_e \cdot A$   
Samakan rumusnya.  
Lalu gunakan  $n = \frac{q}{q_e}$

$$\begin{aligned} \frac{q}{t} &= v \cdot n \cdot q_e \cdot A \\ \frac{q}{60} &= 70 \cdot \frac{q}{q_e} \cdot q_e \cdot A \\ A &= \frac{1}{4200} \\ A &= \frac{1}{42} \cdot 10^{-2} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{42} \cdot 10^{-2} m^2$$

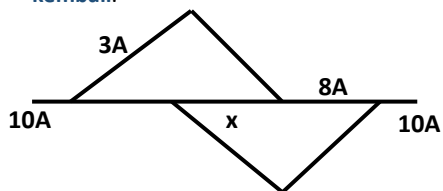
- Perhatikan rangkaian kawat berikut!



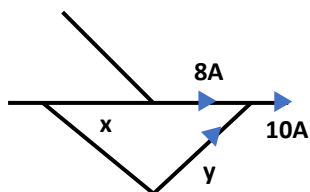
Tentukan besar arus yang dilambangkan dengan x

**Pembahasan:**

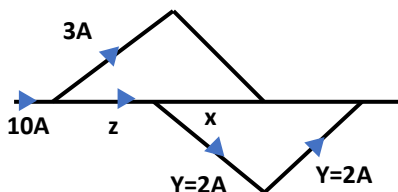
Berdasarkan hukum kirchoff **arus masuk = arus keluar**, maka arus awal dan arus akhir akan sama karena semua **kawat menyatu kembali**.



Perhatikan bagian ini



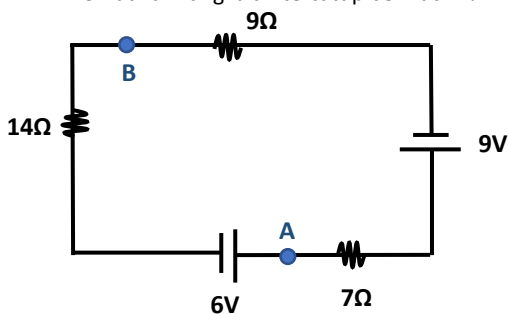
Dengan hukum kirchoff kita dapatkan **y** adalah **10 - 8 = 2** Ampere  
Lalu perhatikan bagian ini



Darisini kita bisa mencari **z**, yaitu **10 - 3 = 7** Ampere.  
Selanjutnya cari **x**, yaitu **z - y**, maka **x** adalah **7 - 2 = 5**

**5 Ampere**

4. Perhatikan rangkaian tertutup berikut ini!



Tentukan kuat arus dalam rangkaian dan tegangan antara titik a dan c!

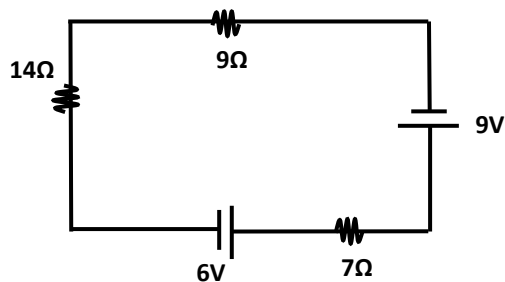
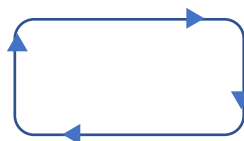
**Pembahasan:**

Pertama, tentukan arah **loop**, yaitu **permisalan arah gerak arus**.

Arus yang **menabrak sisi - baterai** akan membuat **V nya negatif** dan arus yang **menabrak sisi + baterai** akan membuat **V nya positif**.

**Ingat, I selalu sama asal tidak ada percabangan**

Agar mudah tentukan **loop yang membuat V yang bernilai negatif lebih besar** dari yang bernilai positif, maka jadi seperti ini.



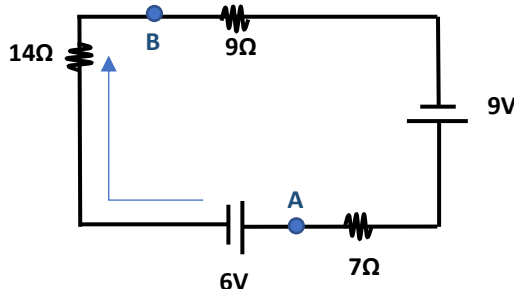
Lalu gunakan hukum kirchoff ke-2

$$\begin{aligned} \Sigma \varepsilon + \Sigma I \cdot R &= 0 \\ (-9V + 6V) + \{ I (9 + 14 + 7) \} \\ -3 + 30I &= 0 \\ 30I &= 3 \\ I &= 0,1 \end{aligned}$$

**0,1 Ampere**

**Catatan: Jika hasil arus negatif, artinya arah arus berlawanan dengan asumsi loop kita.**

Selanjutnya untuk mencari tegangan dari titik A ke B gunakanlah arah dan besaran arus yang sudah diketahui.



Lalu kita gunakan persamaan-

$$\begin{aligned}
 V_{AB} &= \Sigma \varepsilon + \Sigma I \cdot R \\
 V_{AB} &= 6V + (0,1 \cdot 14) \\
 V_{AB} &= 6 + 1,4 \\
 V_{AB} &= 7,4
 \end{aligned}$$

**7,4 V**

**Catatan:** Bisa juga memakai jalur yang satunya lagi, yaitu jalur kekanan, asalkan memakai nilai arus negatif, karena melawan arus.

5. Pada suhu 37 derajat C, sebuah kawat dengan 12V mempunyai arus sebesar 5 Ampere. Lalu kawat dipanaskan sehingga arusnya menjadi 3,75 Ampere. Berapa besar perubahan suhu? ( $\alpha = 6,5 \cdot 10^{-3}$ )

**Pembahasan:**

Cari hambatan awal

$$\begin{aligned}
 R_o &= \frac{V}{I} \\
 R_o &= \frac{12}{5} \\
 R_o &= 2,4
 \end{aligned}$$

**2,4Ω**

Cari hambatan akhir

$$\begin{aligned}
 R_t &= \frac{V}{I} \\
 R_t &= \frac{12}{3,75} \\
 R_t &= 3,2
 \end{aligned}$$

**3,2Ω**

Lalu gunakan rumus pemuaiian

$$\begin{aligned}
 R_t &= R_o(1 + \alpha \cdot \Delta T) \\
 R_t &= R_o + R_o \alpha \Delta T \\
 R_t - R_o &= R_o \alpha \Delta T \\
 \Delta T &= \frac{R_t - R_o}{R_o \alpha}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta T &= \frac{R_t - R_o}{R_o \alpha} \\
 \Delta T &= \frac{3,2 - 2,4}{2,4 \cdot 6,5 \cdot 10^{-3}} \\
 \Delta T &= \frac{0,8}{2,4 \cdot 6,5 \cdot 10^{-3}} \\
 \Delta T &= 51,3
 \end{aligned}$$

**5, 13°C**