

A.

Listrik Statis

a. Muatan Listrik

Besarnya muatan listrik dirumuskan sebagai berikut:

$$q = N \cdot e$$

Keterangan:

q : Muatan listrik (coulomb)

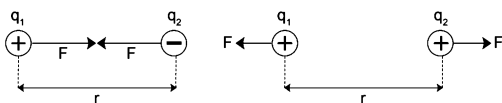
N : Jumlah elektron

e : Muatan satu elektron ($1,6 \times 10^{-19}$ C)

b. Gaya Elektrostatik

Gaya elektrostatik adalah gaya interaksi antara dua partikel bermuatan listrik.

- Jika dua partikel bermuatan listrik **TIDAK SEJENIS (POSITIF - NEGATIF)** maka terjadi gaya **TARIK-MENARIK**.
- Jika dua partikel bermuatan listrik **SEJENIS (POSITIF - POSITIF atau NEGATIF - NEGATIF)** maka terjadi gaya **TOLAK-MENOLAK**.



Besarnya gaya elektrostatik ini dirumuskan sebagai berikut:

$$F = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Keterangan:

F : Gaya elektrostatik (N)

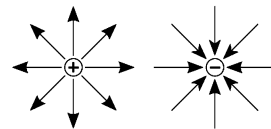
k : konstanta ($9 \cdot 10^9$ N m²/C²)

r : Jarak antara dua muatan (m)

c. Medan Listrik

Medan listrik adalah daerah di sekitar muatan listrik yang masih memiliki pengaruh gaya elektrostatis.

Muatan **POSITIF** memiliki **ARAH MEDAN LISTRIK KE LUAR**, sedangkan muatan **NEGATIF** memiliki **ARAH MEDAN LISTRIK KE DALAM**.



Besarnya medan listrik (disebut juga kuat medan listrik) di titik tertentu dirumuskan dengan:

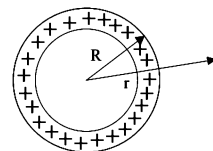
$$E_A = \frac{k \cdot q}{r^2}$$

Keterangan:

E_A : Kuat medan magnet di titik A (tesla)

r : Jarak titik A terhadap muatan (m)

• Medan Listrik oleh Bola Konduktor Bermuatan



(1). Medan magnet di dalam bola ($r < R$)

$$E = 0$$

- (2). Medan magnet di permukaan bola
($r = R$)

$$E = \frac{k \cdot q}{R^2}$$

- (3). Medan magnet di luar bola ($r > R$)

$$E = \frac{k \cdot q}{r^2}$$

d. Potensial Listrik

Potensial listrik adalah besarnya energi potensial yang dimiliki muatan satu coulomb. Pada suatu titik yang berjarak r dari muatan q dinyatakan oleh persamaan:

$$V = \frac{k \cdot q}{r}$$

Jika terdapat beberapa muatan titik persamaannya menjadi:

$$V = k \sum \frac{q}{r}$$

e. Energi Potensial Listrik

Energi potensial listrik yang dimiliki oleh dua buah muatan q_1 dan q_2

$$E_p = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{r}$$

Sedangkan, hubungan antara potensial listrik dan energi potensial listrik adalah:

$$E_p = q \cdot V$$

f. Usaha Listrik

Apabila sebuah muatan q akan dipindahkan dari suatu titik berpotensi V_1 ke titik berpotensi V_2 maka diperlukan usaha sebesar selisih energi potensial pada kedua titik dirumuskan:

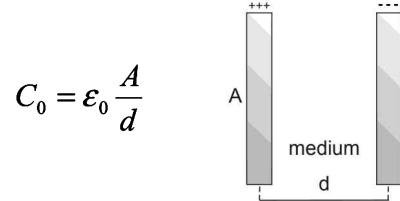
$$W = \Delta E_p = q \Delta V = q(V_2 - V_1)$$

B.

Kapasitor

a. Kapasitas Kapasitor Keping Sejajar

Jika sebuah kapasitor, medium antara dua buah kepingnya adalah vakum/udara maka kapasitas kapasitor adalah:



$$C_0 = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Jika terdapat medium berupa bahan dielektrik maka kapasitas kapasitor menjadi:

$$C = K \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

Keterangan:

C : Kapasitas kapasitor (farad)

A : Luas keping (m^2)

d : Jarak antara dua keping (m)

C_0 : Kapasitas kapasitor pada ruang vakum (F)

ϵ_0 : Permittivitas listrik vakum ($8,85 \times 10^{-12}$)

Sedangkan, muatan listrik yang disimpan di dalam kapasitor adalah:

$$Q = C \cdot V$$

Energi yang tersimpan di dalam kapasitor adalah:

$$W = \frac{1}{2} C \cdot V^2 = \frac{1}{2} Q \cdot V = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

Keterangan:

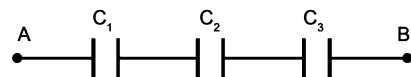
Q : Muatan yang tersimpan (C)

V : Potensial listrik (V)

W : Energi yang tersimpan (J)

b. Rangkaian Kapasitor

• Kapasitor Dirangkai Secara Seri



$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$Q_s = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

$$V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3$$

Keterangan:

C_s : Kapasitas kapasitor seri (F)

Q_s : Muatan total seri (C)

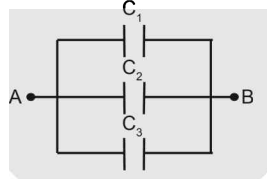
V_{AB} : Beda potensial AB (V)

• Kapasitor Dirangkai Secara Paralel

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3$$

$$V_{AB} = V_1 = V_2 = V_3$$

$$Q_p = Q_1 + Q_2 + Q_3$$



Keterangan:

C_p : Kapasitas kapasitor paralel (F)

Q_p : Muatan total paralel (C)

V_{AB} : Beda potensial AB (V)

C.

Listrik Dinamis Arus DC

a. Kuat Arus Listrik

Kuat arus listrik adalah besar muatan yang mengalir pada suatu konduktor tiap satuan waktu.

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

b. Hambatan Konduktor

Pada konduktor akan memiliki nilai hambatan sebesar:

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

$$R' = R_0(1 + \alpha \Delta T)$$

Keterangan:

R : Hambatan konduktor (ohm = W)

ρ : Hambatan jenis (Ω m)

L : Panjang konduktor (m)

A : Luas penampang konduktor (m^2)

R' : Hambatan setelah terjadi perubahan suhu (W)

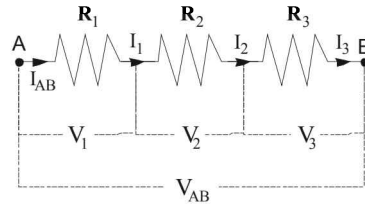
R_0 : Hambatan awal (W)

α : Koefisien hambatan ($^{\circ}C$)

ΔT : Perubahan suhu ($^{\circ}C$)

c. Rangkaian Hambatan

• Rangkaian Seri



$$R_s = R_1 + R_2 + R_3$$

$$I_{AB} = I_1 = I_2 = I_3$$

$$V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3$$

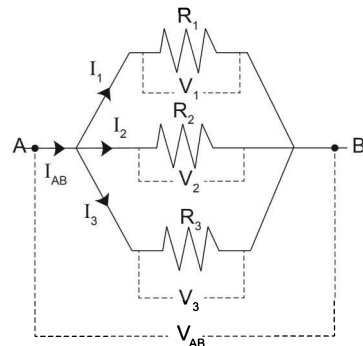
Keterangan:

R_s : Hambatan seri (W)

I_{AB} : Kuat arus total (A)

V_{AB} : Beda potensial listrik total (V)

• Rangkaian Paralel

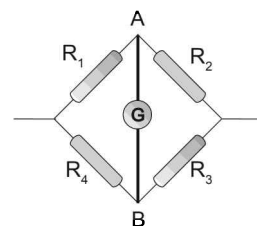


$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$V_{AB} = V_1 = V_2 = V_3$$

$$I_{AB} = I_1 + I_2 + I_3$$

• Rangkaian Jembatan Wheatstone



Jika perkalian antara hambatan yang berhadapan sama maka beda potensial AB adalah nol.

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$$

$$V_{AB} = 0$$

d. Hukum Ohm

$$V = I \cdot R \text{ atau } I = \frac{V}{R} \text{ atau } R = \frac{V}{I}$$

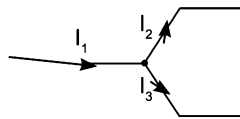
e. Hukum Kirchoff

• **Hukum I Kirchoff**

"JUMLAH kuat ARUS listrik yang MASUK ke suatu titik cabang SAMA DENGAN jumlah kuat arus yang KELUAR dari titik cabang."

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

Contoh:

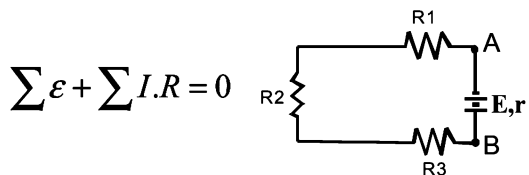


Maka dari hukum I Kirchoff berlaku:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

• **Hukum II Kirchoff**

"Di dalam sebuah rangkaian tertutup, JUMLAH aljabar GAYA GERAK LISTRIK ($\sum \mathcal{E}$) DENGAN PENURUNAN TEGANGAN ($\sum I \cdot R$) SAMA DENGAN NOL."



Sedangkan, beda potensial antara titik A dan B disebut tegangan jepit, yaitu:

$$V_{AB} = \sum \mathcal{E} + \sum I \cdot R$$

$$V_{jepit} = I \cdot R_{total} = \mathcal{E} - I \cdot r$$

Keterangan:

$\sum \mathcal{E}$: GGL total loop (V)

r : Hambatan dalam (W)

f. Energi dan Daya Listrik

$$P = V \cdot I = \frac{V^2}{R} = I^2 \cdot R \quad W = P \cdot t$$

Keterangan:

P : Daya listrik (watt)

W : Energi listrik (J)

t : Waktu (s)



LISTRIK STATIS DAN LISTRIK DINAMIS ARUS SEARAH

CONTOH SOAL

1. Soal SNMPTN

Sebuah kawat silindris yang mempunyai jari-jari r dan panjang L dialiri arus sebesar I . Jika baik r maupun L diperbesar dua kali dan arus yang mengalir dipertahankan tetap. Pernyataan yang benar mengenai kawat tersebut adalah....

- A. Resistansinya berkurang
- B. Daya listrik yang diubah menjadi panas bertambah.
- C. Konduktivitas kawat berkurang.
- D. Beda potensial di ujung-ujung kawat bertambah.
- E. Resistansinya tetap.

PEMBAHASAN:

$$r_2 = 2 \cdot r_1$$

$$L_2 = 2 \cdot L_1$$

Hambatan pada penghantar memiliki rumus:

$$R = \rho \frac{L}{A} = \rho \frac{L}{4\pi r^2}$$

Perbandingan resistansi adalah:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{L_2}{L_1} \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{2L_1}{L_1} \left(\frac{r_1}{2r_1} \right)^2$$

$$\frac{R_2}{R_1} = 2 \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$$

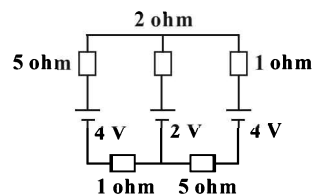
$$R_2 = \frac{1}{2} R_1$$

Jadi, resistansinya berkurang

Jawaban: A

2. Soal SPMB

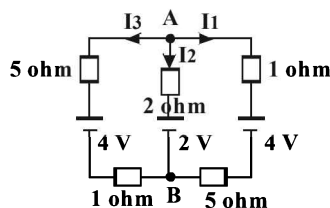
Perhatikan gambar rangkaian listrik berikut ini. Arus yang melalui hambatan 2Ω sebesar...



- A. 0,1 A
- B. 0,2 A
- C. 0,3 A
- D. 0,4 A
- E. 0,5 A

PEMBAHASAN:

Perhatikan gambar di bawah ini:



Umpamakan terdapat titik A dan B seperti pada gambar di atas. Tentukan kuat arus listrik percabangan (di titik A). Sesuai dengan hukum I Kirchoff:

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

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$\frac{V_{AB} - 4}{6} + \frac{V_{AB} - 2}{2} + \frac{V_{AB} - 4}{6} = 0$$

$$\frac{V_{AB} - 4 + 3V_{AB} - 6 + V_{AB} - 4}{6} = 0$$

$$\frac{5V_{AB} - 14}{6} = 0$$

$$5V_{AB} - 14 = 0$$

$$V_{AB} = \frac{14}{5} V$$

Besarnya arus yang melalui hambatan 2Ω , yaitu I_2 adalah:

$$I_2 = \frac{V_{AB} - 2}{2} = \frac{\frac{14}{5} - 2}{2} = \frac{\frac{14-10}{5}}{2}$$

$$I_2 = \frac{4}{5 \cdot 2} = \frac{4}{10} = 0,4A$$

Jawaban: D

3. Soal SNMPTN

Pada gambar adalah bola-bola konduktor berjari-jari $r_1 = 1$ cm dan $r_2 = 2$ cm. Sebelum kedua bola dihubungkan dengan kawat, bola kecil diberi muatan 2×10^{-7} C, sedangkan bola besar tidak diberi muatan. Kedua bola akhirnya dihubungkan dengan kawat.



Pernyataan berikut yang benar adalah:

- (1). Medan listrik di dalam bola pertama adalah 2×10^{-2} N/C
- (2). Muatan pada bola pertama adalah $\frac{4}{3} \cdot 10^{-7}$ C
- (3). Rapat muatan pada bola pertama adalah $0,08$ C/m²
- (4). Potensial listrik pada bola kedua adalah 6×10^4 V

PEMBAHASAN:

$$r_1 = 1 \text{ cm}$$

$$r_2 = 2 \text{ cm}$$

$$q_1 = 2 \times 10^{-7} \text{ C}$$

Jawab:

1. Kuat medan listrik jika terletak di dalam bola maka akan bernilai sama dengan nol. Poin 1 salah.
2. Untuk menentukan q_2 gunakan perbandingan. Nilai muatan (q) adalah berbanding lurus dengan jari-jari bola konduktor maka perbandingannya adalah:

$$q_2 = \frac{r_2}{r_1 + r_2} q_1$$

$$q_2 = \frac{2}{1+2} 2 \times 10^{-7} \text{ C}$$

$$q_2 = \frac{4}{3} \times 10^{-7} \text{ C}$$

Poin 2 Benar

3. Setelah dihubungkan dengan kawat, muatan pada bola konduktor 1 menjadi:

$$q_1' = q_1 - q_2$$

$$q_1' = 2 \cdot 10^{-7} - \frac{4}{3} \cdot 10^{-7}$$

$$q_1' = \frac{2}{3} \cdot 10^{-7} \text{ C}$$

Maka rapat muatan bola 1 adalah:

$$\frac{q_1'}{A} = \frac{\frac{2}{3} \cdot 10^{-7}}{4 \cdot \pi \cdot r_1^2}$$

$$\frac{q_1'}{A} = \frac{10^{-7}}{6 \cdot \pi \cdot (10^{-2})^2}$$

$$\frac{q_1'}{A} = \frac{1}{6\pi} 10^{-3} \text{ C/m}^2$$

$$\frac{q_1'}{A} = 5,3 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^2$$

Poin 3 Salah

4. Potensial listrik bola kedua adalah:

$$V_2 = \frac{k \cdot q_2}{r_2}$$

$$V_2 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4}{3} \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 10^{-2}}$$

$$V_2 = 6 \cdot 10^4 \text{ Volt}$$

Poin 4 Benar

Jawaban: C