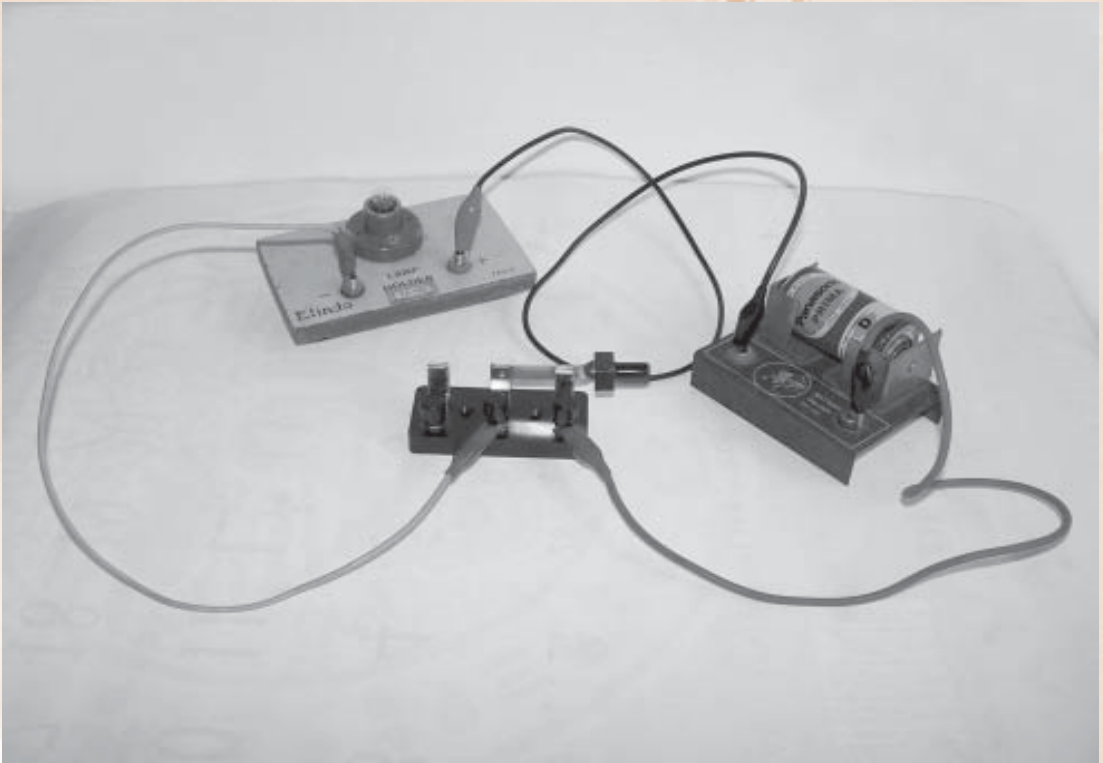


Bab

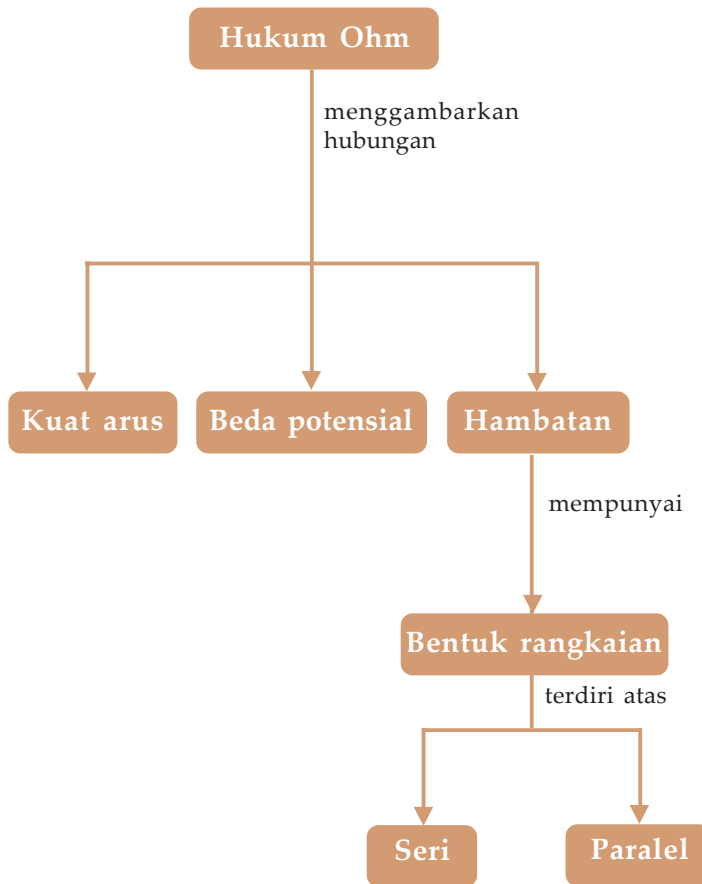
9

RANGKAIAN LISTRIK



(Sumber: Dok. Penerbit)

Kamu telah mengetahui, jika sebuah lampu dihubungkan pada kutub-kutub baterai, maka dalam rangkaian itu timbul arus listrik yang ditunjukkan oleh nyala lampu tersebut. Mengapa lampu tersebut menyala? Pada bab ini kamu akan belajar tentang *pengaruh beda potensial terhadap arus yang mengalir dalam rangkaian.*



Kata-Kata Kunci

- Hambatan
- Hukum Ohm
- Rangkaian listrik

Soal Prasyarat

- ☺ Apakah lampu di rumah padam semua jika terjadi pemutusan arus listrik?
- ☺ Rangkaian listrik jenis apakah yang digunakan di rumahmu?
- ☺ Apa fungsi dari sekering yang dipasang pada rangkaian listrik yang ada di rumahmu?

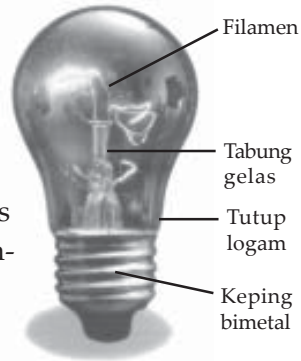


A. Hambatan dan Hukum Ohm



1. Hambatan

Pernahkah kamu memikirkan, mengapa lampu listrik dapat menyala jika ada arus listrik? Perhatikan lampu pijar pada **Gambar 9.1**. Di dalam lampu terdapat kawat halus yang disebut filamen. Jika terdapat arus listrik pada rangkaian, maka muatan-muatan listrik melewati filamen lampu tersebut. Pada saat melewati filamen, energi listrik yang dikandung muatan listrik berubah menjadi energi panas dan cahaya.



Gambar 9.1

Kawat filamen pada bola lampu pijar memiliki hambatan yang besar.

(Sumber: Dok. Penerbit)

Berpijarnya filamen ini mirip dengan air sungai di pegunungan yang melewati bebatuan, dan kamu mendengar bunyi gemericik air. Bebatuan tersebut menghambat aliran air, dan energi gerak air berubah menjadi energi bunyi. Seperti halnya bebatuan yang menghambat aliran air, filamen tersebut memiliki hambatan. Hambatan merupakan kecenderungan suatu benda untuk melawan aliran muatan listrik, mengubah energi listrik menjadi energi bentuk lain. Di dalam rangkaian listrik, hambatan diberi simbol R , dan digambarkan seperti **Gambar 9.2**.

Hambatan	
Hambatan geser	
Lampu	
Amperemeter	
Volmeter	
Baterai	

Gambar 9.2

Simbol hambatan dalam diagram rangkaian listrik, beserta simbol-simbol yang lain.



2. Hukum Ohm

Coba kamu amati air yang dialirkan melalui selang. Jika selang dinaikkan ke atas, maka lebih banyak air yang mengalir. Sebaliknya jika posisi selang kamu turunkan, air yang mengalir lebih sedikit. Ketinggian air ini mirip dengan besar beda potensial listrik, dan banyaknya air yang mengalir mirip dengan arus listrik. Jadi, semakin besar beda potensial listrik, maka semakin besar pula arus listrik yang mengalir. Sebaliknya, semakin kecil beda potensial listrik, maka semakin kecil pula arus listriknya.

Kegiatan 1

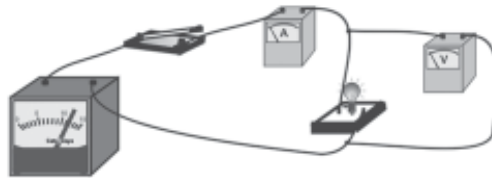
Pengaruh Beda Potensial terhadap Kuat Arus dalam Penghantar

Alat dan bahan

- satu daya
- amperemeter
- lampu kawat penghantar
- sakelar
- voltmeter

Cara kerja

1. Rangkaikan peralatan di atas seperti gambar di bawah ini.



2. Tutup sakelar rangkaian tersebut, kemudian baca beda potensial pada voltmeter. Catat hasil pembacaanmu.
3. Baca penunjukan kuat arus pada amperemeter. Catat hasil pembacaanmu.
4. Ubah besar beda potensial pada catu daya, lalu ulangi langkah 2 dan 3.

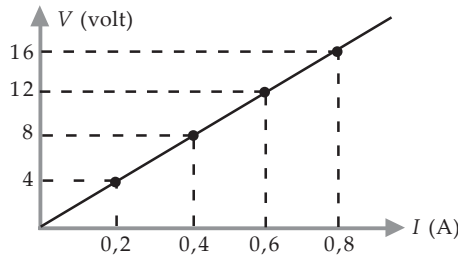
Analisis dan diskusi

1. Bagaimana pengaruh beda potensial terhadap kuat arus pada hambatan?
2. Buat kesimpulan dari kegiatanmu.

Sesuai kegiatan yang kamu lakukan dalam **Kegiatan 1**, misalkan data yang kamu hasilkan seperti tabel di bawah ini.

I (A)	0,2	0,4	0,6	0,8
(V)	4	8	12	16

Jika data tersebut kamu buat dalam bentuk grafik beda potensial (V) terhadap kuat arus (I), kamu akan memperoleh grafik seperti di samping ini.



Gambar 9.3

Grafik tegangan versus arus listrik.

Grafik di atas ini menunjukkan beda potensial sebanding dengan kuat arus. Di dalam matematika, persamaan grafik seperti di atas adalah $y = mx$, dengan m menyatakan gradien. Karena sebagai sumbu y adalah V dan sumbu x adalah I , maka persamaan grafik di atas dapat ditulis:

$$V = R \times I$$

- dengan V = beda potensial volt (V)
- I = kuat arus ampere (A)
- R = hambatan ohm (Ω)

Jika I diletakkan dalam ruas kiri, maka persamaan di atas dapat dituliskan sebagai berikut.

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

Persamaan di atas dikenal dengan hukum Ohm, sesuai dengan nama orang yang pertama kali merumuskan hukum ini, yaitu George Simon Ohm. Menurut hukum Ohm kuat arus dalam penghantar logam sebanding dengan beda potensial dan berbanding terbalik dengan hambatan penghantar tersebut.

Tokoh IPA



George Simon Ohm dilahirkan tahun 1787 di Jerman. Beliau dapat menggambarkan hubungan pokok antar voltase, arus, dan hambatan. Hubungan ini dikenal sebagai hukum ohm.
(Sumber : www.Infoenergi.com)

Hukum Ohm

Lengkapilah Tabel berikut dengan menggunakan hukum Ohm.

<i>I</i> (A)	<i>V</i> (V)	<i>R</i> (W)
....	12	75
15	240
5,5	20
5	220

Sebuah lampu pijar dihubungkan dengan beda potensial 12 V. Ternyata timbul kuat arus sebesar 0,3 A. Berapakah hambatan filamen lampu pijar itu?

Diketahui : beda potensial, $V = 12 \text{ V}$
 kuat arus, $I = 0,3 \text{ A}$

Ditanya : hambatan, R ?

Jawab

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

$$= \frac{12\text{V}}{0,3 \text{ A}}$$

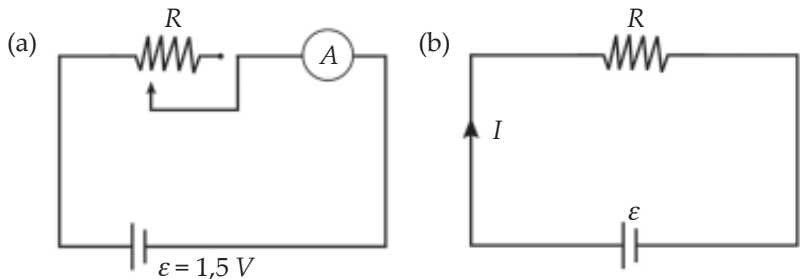
Jadi, hambatan filamen lampu pijar adalah 40 ohm.

3. Hukum Ohm dalam rangkaian tertutup

Sekarang perhatikan rangkaian sebuah hambatan dengan baterai 1,5 V seperti **Gambar 9.4(a)**. Kamu dapat memperbesar kuat arus pada hambatan (R), dengan cara memperkecil hambatan. Namun jika hambatan (R) kecil, ternyata kuat arus tidak dapat membesar lagi secara beraturan jika R diperkecil. Hal ini terjadi karena di dalam baterai terdapat hambatan. Hambatan yang terdapat di dalam sumber tegangan disebut hambatan dalam. Sedangkan hambatan (R) yang kamu pasang di luar sumber tegangan disebut hambatan luar. Jika hambatan dalam ditulis dalam rangkaian, maka penggambaran rangkaian menjadi seperti **Gambar 9.4(b)**.

Gambar 9.4

- (a) Rangkaian hambatan dengan baterai,
- (b) Rangkaian dengan adanya hambatan dalam pada baterai.

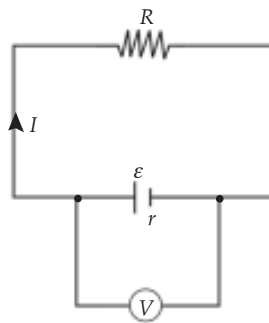


Arus dalam rangkaian **Gambar 9.4(b)** akan melewati hambatan luar (R) dan hambatan dalam (r). Oleh karena itu hambatan totalnya merupakan gabungan hambatan luar (R) dan hambatan dalam (r), yaitu $R + r$. Kuat arus dalam rangkaian tersebut dapat dicari dengan hukum Ohm.

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

- dengan ε = gaya gerak listrik baterai volt
 I = arus listrik ampere (A)
 R = hambatan ohm (Ω)
 r = hambatan dalam ohm (Ω)

Akibat adanya hambatan dalam, maka tegangan baterai setelah dipasang pada rangkaian lebih kecil daripada gaya gerak listriknya. Beda potensial antara kutub-kutub baterai setelah dipasang hambatan luar disebut tegangan jepit. Perhatikan **Gambar 9.5**. Tegangan jepit dapat dihitung dengan cara berikut.



Gambar 9.5
Pengukuran tegangan jepit.

$$V = I \times R \quad \text{atau} \quad V = \varepsilon - Ir$$

Contoh

Sebuah aki dengan ggl 12 V dan hambatan dalam 0,5 ohm dihubungkan dengan lampu berhambatan 2 ohm.

- Berapa kuat arus pada rangkaian itu?
- Berapa tegangan jepitnya?

Diketahui : ggl (ε) = 12 V
 hambatan dalam (r) = 0,5 W
 hambatan luar (R) = 2 W

Ditanya : kuat arus (I)?

Jawab

$$\begin{aligned} \text{a. } I &= \frac{\varepsilon}{R + r} \\ I &= \frac{12V}{(2 + 0,5)\Omega} \\ &= \frac{12V}{2,5\Omega} = 4,8 \text{ A} \end{aligned}$$

Jadi, besar kuat arus pada rangkaian adalah 4,8 A.

$$\begin{aligned} \text{b. } V &= I \times R \\ &= 4,8 \text{ A} \times 2 \Omega \\ &= 9,6 \text{ V} \end{aligned}$$

Jadi, besar tegangan jepitnya adalah 9,6 A.

4. Faktor-faktor yang mempengaruhi hambatan pada penghantar

Pernahkah kamu membuka pemanas listrik dan melihat elemen pemanasnya? Apa perbedaan antara elemen tersebut dengan kawat penghantar biasa? Elemen pemanas harus memiliki hambatan yang relatif besar, untuk mengubah energi listrik menjadi energi panas. Kawat penghantar memiliki hambatan yang kecil, agar energi listrik tidak terbuang sia-sia melalui penghantar. Elemen pemanas terbuat dari bahan yang berbeda dengan kawat penghantar. Kawat penghantar umumnya terbuat dari tembaga, sedangkan elemen pemanas terbuat dari bahan nikelin. Jadi, jenis logam penghantar berpengaruh terhadap besar hambatan penghantar.

Elemen pemanas dibuat berupa kumparan, karena kawat elemen pemanas relatif panjang. Jika dibuat pendek, maka hambatan elemen pemanas tersebut menjadi kecil, sehingga tidak berfungsi. Jadi, semakin panjang kawat penghantar, hambatan kawat tersebut semakin besar. Hal ini akan kamu amati jika kamu melakukan kegiatan dalam **Kegiatan 2**.



Kegiatan 2

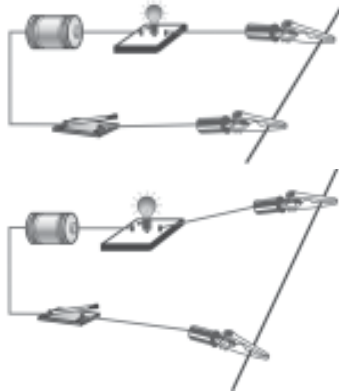
Pengaruh Panjang Kawat terhadap Hambatan Kawat

Alat dan bahan

- baterai besar
- bola lampu 5 watt dengan dudukannya
- kabel dengan penjepit buaya
- sakelar
- kawat nikelin 30 cm dan 60 cm

Cara kerja

1. Rangkaikan peralatan di atas seperti gambar di samping.
2. Tutup sakelar, kemudian amati nyala lampu.
3. Ulangi langkah 1 dan 2 dengan kawat nikelin yang lebih panjang, seperti gambar di samping ini.



Perhatian

Berhati-hatilah kamu ketika memasang kawat nikelin. Jangan sampai tanganmu terkena kawat.

Analisis dan diskusi

1. Apakah nyala lampu pada langkah 1 dan 2 sama?
2. Mana yang lebih terang nyalanya, lampu pada langkah 1 atau 2?
3. Nyala lampu terang menunjukkan kuat arusnya besar, dan sebaliknya nyala lampu redup menunjukkan kuat arusnya kecil.
4. Buat kesimpulan bagaimana pengaruh panjang kawat penghantar terhadap besar hambatan kawat tersebut.

Jika kamu mengamati jaringan transmisi listrik PLN, maka kamu akan melihat kawat penghantar yang digunakan berukuran besar. Hal ini dimaksudkan agar hambatan kawat tersebut kecil. Jadi, semakin besar luas penampang kawat, ternyata hambatannya semakin kecil.

Akhirnya, secara matematis hambatan listrik dipengaruhi ketiga faktor di atas melalui hubungan sebagai berikut.

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

dengan l = panjang kawat penghantar m

A = luas penampang kawat penghantar m²

ρ = hambatan jenis kawat penghantar $\Omega \cdot m$

Lab Saku

Kawat tembaga dengan hambatan jenis $1,7 \times 10^{-8} \text{ ohm} \cdot m$ panjangnya 20 m, luas penampangnya $5 \times 10^{-8} m^2$. Hitunglah hambatan kawat tersebut.

Contoh

Kawat nikrom pada elemen pemanas memiliki panjang 5 m dan luas penampangnya $4 \times 10^{-8} m^2$. Jika hambatan jenis nikrom $10^{-6} \text{ ohm} \cdot m$, maka berapa hambatan kawat tersebut?

Diketahui : panjang kawat (l) = 5 m

luas penampang (A) = $4 \times 10^{-8} m^2$

hambatan jenis (r) = $10^{-6} \text{ W} \cdot m$

Ditanya : hambatan (R)?

Jawab

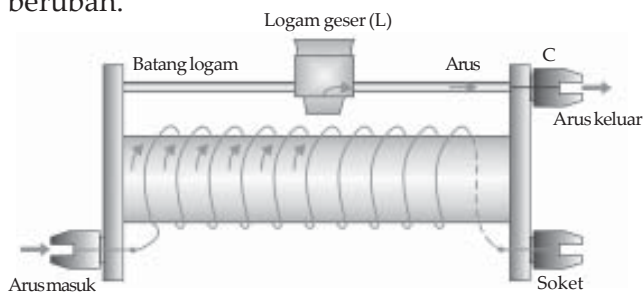
$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$= \frac{10^{-6} \Omega \cdot m \times 5 m}{4 \times 10^{-8} m^2} = 125 \Omega$$

Jadi, hambatan kawat tersebut sebesar 125 W.

5. Hambatan geser

Untuk keperluan tertentu, misalnya untuk mengubah besar volume radio atau TV, kita memerlukan hambatan yang besarnya berubah-ubah. Melalui **Kegiatan 2** kamu mengetahui bahwa dengan mengubah panjang kawat penghantar, hambatan penghantar tersebut juga berubah. Perubahan hambatan tersebut mempengaruhi perubahan arus, ditunjukkan oleh nyala lampu yang berubah.



Gambar 9.6

Bagan hambatan geser

Kenyataan ini dapat dimanfaatkan untuk membuat hambatan geser, seperti **Gambar 9.6**. Hambatan geser dibuat dari kawat yang hambat jenisnya besar, biasanya kawat nikelin. Kawat tersebut dililitkan pada batu tulis. Panjang kawat yang dilalui arus diatur oleh logam geser (L). Arus listrik akan melalui lilitan kawat hingga sejauh logam geser, selanjutnya melalui logam geser arus keluar melalui C. Besar arus dapat diubah-ubah dengan mengubah kedudukan logam geser. Jika logam geser di ujung kiri, maka panjang kawat kecil, dan akibatnya hambatannya juga kecil (kuat arus besar). Sebaliknya jika logam geser di ujung kanan, maka panjang kawat besar, dan akibatnya hambatannya juga besar (kuat arus kecil).

Latihan 1

Tulis jawaban pada buku kerjamu.

1. Apa yang terjadi pada kuat arus yang mengalir pada hambatan, jika beda potensial hambatan itu diperbesar?
2. Bagaimana pengaruh panjang kawat penghantar dan luas penampang kawat penghantar terhadap hambatan kawat penghantar tersebut?
3. Sebuah pemanas listrik dihubungkan pada beda potensial 220 V. Ternyata kuat arus yang mengalir pada kawat pemanas tersebut 5 A. Berapakah hambatan kawat pemanas itu?
4. Sepotong kawat penghantar berhambatan 60 ohm dihubungkan dengan baterai 3 V. Berapakah kuat arus yang timbul pada kawat tersebut?
5. Berapakah kuat arus yang mengalir pada sebuah penghantar, jika hambatan penghantar itu 15 ohm dan beda potensialnya 12 volt?

Bina Keterampilan

Sebuah hambatan 7 ohm dihubungkan pada kutub-kutub baterai 1,5 volt yang hambatannya dalamnya 1 ohm. Berapa miliampere kuat arus yang mengalir?





B. Rangkaian Listrik



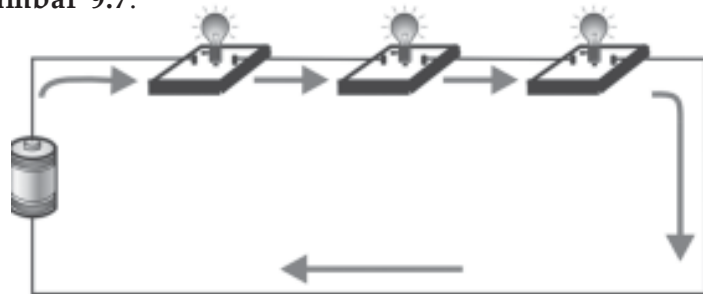
Amati berbagai peralatan listrik di sekitarmu. Lampu, kulkas, dan seterika listrik dihubungkan dengan sumber tegangan listrik, membentuk rangkaian listrik.

Ada dua jenis rangkaian listrik. Jenis rangkaian tersebut bergantung pada bagaimana bagian-bagian rangkaian (sumber tegangan, kawat penghubung, dan hambatan-hambatan) disusun. Rangkaian tersebut adalah rangkaian seri dan paralel.

1. Rangkaian seri

Mungkin kamu pernah memasang lampu dekorasi untuk *penjor* peringatan hari kemerdekaan. Jika salah satu lampu tersebut putus, semua lampu mati, dan biasanya kamu kesulitan mencari lampu mana yang putus. Lampu-lampu tersebut dirangkai secara seri.

Pada rangkaian seri, hanya terdapat satu lintasan arus listrik. Bagian rangkaian dipasang secara berurutan, tanpa ada percabangan. Perhatikan diagram rangkaian seri pada **Gambar 9.7**.

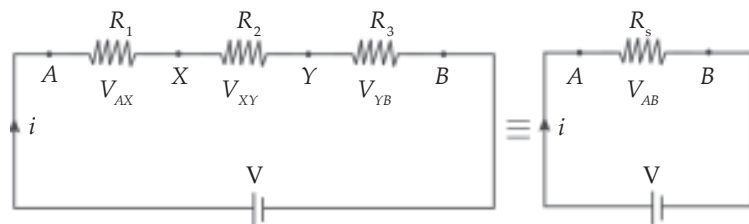


Gambar 9.7

Dalam rangkaian seri, hanya ada satu jalan untuk arus listrik.

2. Hambatan pengganti dalam rangkaian seri

Kita dapat mengganti beberapa hambatan yang dirangkai secara seri dengan sebuah hambatan. Sebagai contoh, R_1 , R_2 , dan R_3 dalam **Gambar 9.8**, dapat kita ganti dengan R_s . Kita akan mencari besar R_s .



Gambar 9.8

Hambatan R_1 , R_2 , dan R_3 dapat diganti dengan sebuah hambatan, yaitu R_s .



Karena hanya ada satu lintasan arus, maka kuat arus pada rangkaian seri di mana-mana besarnya sama. Coba kamu lakukan **Kegiatan 3**.

Kegiatan 3

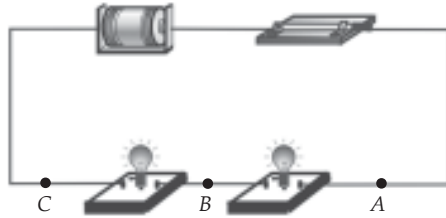
Sifat-sifat Arus dan Tegangan pada Rangkaian Seri

Alat dan bahan

- baterai
- 2 buah lampu dengan dudukannya
- sakelar pisau
- kabel dengan penjepit buaya
- multimeter

Cara kerja

1. Rangkaikan lampu dengan baterai seperti gambar berikut.
2. Tutup sakelarnya, kemudian amati nyala lampu-lampu tersebut.
3. Gunakan multimeter untuk mengukur kuat arus pada titik *A*, *B*, dan *C*.
4. Lakukan langkah 3 untuk beda potensial antara *AB*, *BC*, dan *AC*.



Perhatian

Berhati-hatilah kamu ketika memasang lampu, jangan sampai jatuh.

Analisis dan diskusi

1. Setelah mengetahui nyala lampu tersebut, buat hipotesis (dugaan), bagaimanakah kuat arus pada titik *A* jika dibandingkan dengan pada titik *B* dan *C*, dan jelaskan mengapa hipotesismu seperti itu.
2. Berdasarkan data pengamatanmu, buat kesimpulan tentang besar arus pada rangkaian seri.

Dalam **Kegiatan 3** kamu mengetahui bahwa jumlah beda potensial pada tiap-tiap hambatan sama dengan beda potensial sumber tegangan. Sesuai **Gambar 9.8**, maka:

$$V_{AB} = V_{AX} + V_{XY} + V_{YB}$$

Sesuai dengan hukum Ohm, yaitu $V = I \times R$, persamaan di atas dapat ditulis:

$$I \times R_s = I \times R_1 + I \times R_2 + I \times R_3$$

Karena I di mana-mana besarnya sama, maka:

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3$$

Secara umum, jika terdapat rangkaian seri dengan n buah hambatan yang besarnya $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$, maka hambatan penggantinya adalah:

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Lab Saku

Empat buah hambatan, 14 ohm, 12 ohm, 6 ohm, dan 18 ohm dirangkai secara seri pada beda potensial 12 V. Berapakah hambatan penggantinya? Berapakah kuat arus dalam rangkaian tersebut?

Contoh

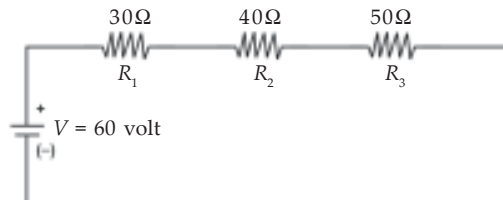
Tiga buah hambatan, masing-masing sebesar 30 ohm, 40 ohm, dan 50 ohm dirangkai seri dengan sumber tegangan 60 volt.

- Berapa hambatan penggantinya?
- Berapa kuat arus pada rangkaian tersebut?

Diketahui : hambatan $R_1 = 30 \text{ ohm}$, $R_2 = 40 \text{ ohm}$,
 $R_3 = 50 \text{ ohm}$ dirangkai seri
 sumber tegangan, $V = 60 \text{ volt}$

- Ditanya : a. hambatan pengganti, R_s ;
 b. kuat arus, I ?

Jawab



- $R_s = R_1 + R_2 + R_3$
 $R_s = 30 \text{ W} + 40 \text{ W} + 50 \text{ W}$
 $R_s = 120 \text{ W}$

Jadi, besar hambatan penggantinya adalah 120 W.

$$b. I = \frac{V}{R_s}$$

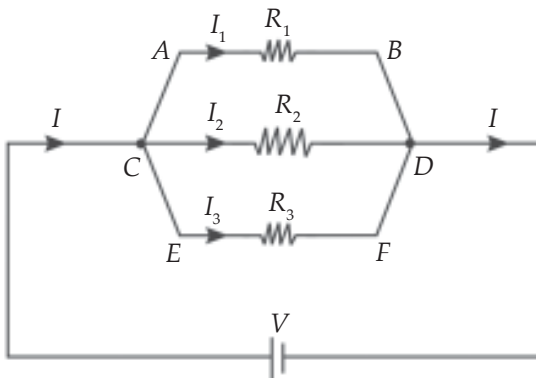
$$I = \frac{60 \text{ volt}}{125 \Omega}$$

$$I = 0,5 \text{ A}$$

Jadi, kuat arus pada rangkaian tersebut sebesar 0,5 A.

3. Rangkaian paralel

Apa yang terjadi jika lampu-lampu di rumahmu dirangkai seri? Seperti telah kamu lakukan dalam **Kegiatan 3**, begitu salah satu lampu mati, maka lampu yang lain juga akan padam. Untungnya berbagai peralatan listrik di rumahmu terhubung secara paralel. *Rangkaian paralel* terdiri atas beberapa cabang arus.



Gambar 9.9

Hambatan R_1 , R_2 , dan R_3 dihubungkan secara paralel.

Perhatikan rangkaian paralel pada **Gambar 9.9**. Arus listrik terpisah menjadi tiga, mengalir pada tiap cabang. Jika kuat arus pada tiap cabang dijumlahkan, maka besarnya sama dengan kuat arus sebelum memasuki cabang. Ini merupakan bunyi dari Hukum I Khirrrchoff, persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut.

$$I_{\text{masuk}} = I_1 + I_2 + I_3 = I_{\text{keluar}}$$

Jika persamaan di atas diperluas untuk setiap cabang dalam rangkaian, maka akan berlaku kuat arus yang memasuki titik cabang sama dengan kuat arus yang meninggalkan titik cabang. Jika kenyataan ini diterapkan pada titik cabang A , maka akan berlaku seperti berikut.



$$I_{\text{masuk ke titik cabang A}} = I_{\text{keluar dari titik cabang A}}$$

atau

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

Kamu dapat memahami dengan melakukan **Kegiatan 4**.

Kegiatan 4

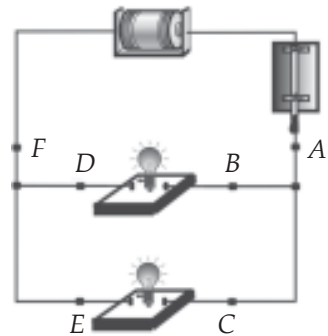
Sifat-sifat Arus pada Rangkaian Paralel

Alat dan bahan

- baterai
- 2 buah lampu dengan dudukannya
- sakelar pisau
- kabel dengan penjepit buaya
- multimeter

Cara kerja

1. Rangkailah lampu dengan baterai seperti gambar di samping.
2. Tutup sakelarnya, kemudian amati nyala lampu-lampu tersebut.
3. Gunakan multimeter untuk mengukur kuat arus pada titik *A*, *B*, dan *C*.
4. Lakukan kegiatan 6 untuk beda potensial antara *AF*, *BD*, dan *CE*.



Perhatian

Berhati-hatilah kamu ketika bekerja, jangan sampai tanganmu terluka.

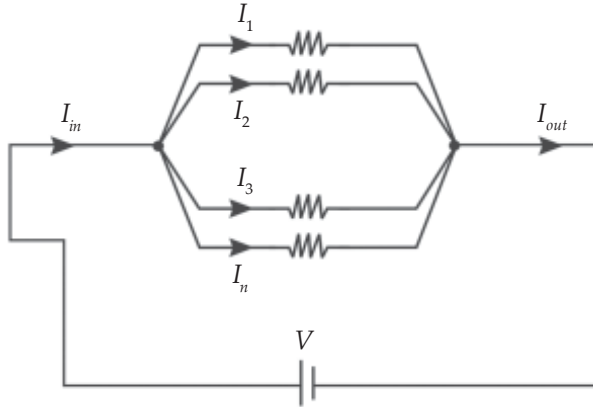
Analisis dan diskusi

1. Setelah mengetahui nyala lampu tersebut, buat hipotesis (dugaan), bagaimanakah kuat arus pada titik *A* jika dibandingkan dengan pada titik *B* dan *C*, dan jelaskan mengapa hipotesismu seperti itu?
2. Berdasarkan data pengamatanmu, buatlah kesimpulan tentang besar arus pada rangkaian paralel.

4. Hambatan pengganti dalam rangkaian paralel

Beberapa hambatan yang dirangkai secara paralel dapat kita ganti dengan satu hambatan pengganti. Berapa besar hambatan pengganti dalam rangkaian paralel?

Perhatikan tiga hambatan yang dirangkai paralel pada **Gambar 9.10**.



Gambar 9.10

Arus yang masuk cabang (I_{in}) sama dengan arus yang keluar (I_{out}).

Dalam rangkaian tersebut berlaku hubungan kuat arus sebagai berikut.

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

Sesuai dengan hukum Ohm, persamaan tersebut dapat ditulis:

$$\frac{V}{R_p} = \frac{V_{AB}}{R_1} + \frac{V_{CD}}{R_2} + \frac{V_{EF}}{R_3}$$

Seperti yang kamu amati dalam **Kegiatan 4**, beda potensial antara ujung-ujung hambatan pada rangkaian paralel besarnya sama dengan beda potensial sumber, atau $V = V_{AB} = V_{CD} = V_{EF}$. Akibatnya persamaan di atas dapat ditulis:

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

atau

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

Persamaan di atas dapat diperluas untuk mencari hambatan pengganti $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ yang dirangkai paralel. Hambatan pengganti dapat diperoleh dari persamaan berikut.



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

dengan R_p = hambatan pengganti paralel Ω

Contoh

Dua buah lampu, masing-masing berhambatan 12 ohm dan 6 ohm dirangkakan paralel dengan sumber tegangan 12 volt.

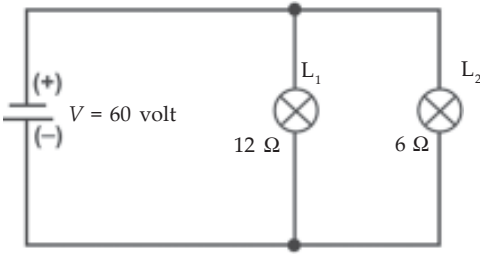
- a. Berapa hambatan penggantinya?
- b. Berapa kuat arus yang mengalir pada masing-masing lampu?
- c. Berapa kuat arus total dalam rangkaian?

Diketahui : hambatan $R_1 = 12 \text{ W}$, $R_2 = 12 \text{ W}$ dirangkakan paralel beda potensial sumber, $V = 12 \text{ V}$

- Ditanya :
- a. hambatan pengganti, R_p ;
 - b. kuat arus pada R_1 dan R_2 , yaitu I_1 dan I_2 ;
 - c. kuat arus total, I ?

Jawab

Gambar rangkaian listrik yang terjadi



a.
$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{12} + \frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{12} + \frac{2}{12}$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{3}{12}$$

$$R_p = \frac{13}{12} = 4\Omega$$

Jadi, besar hambatan penggantinya adalah 4 W.

b. $I_1 = \frac{V}{R_1} + \frac{12V}{12\Omega} = 1 \text{ A}$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} + \frac{12V}{6\Omega} = 2 \text{ A}$$

Jadi, besar I_1 dan I_2 masing-masing adalah 1 A dan 2 A.

c. $I_3 = \frac{V}{R_p} + \frac{12V}{4\Omega} = 3 \text{ A}$

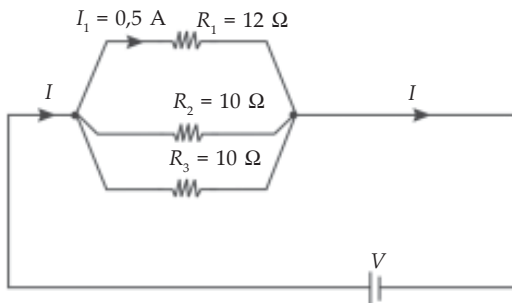
(Kuat arus total dapat pula diperoleh dari hubungan

$$I = I_1 + I_2 = 1 \text{ A} + 2 \text{ A} = 3 \text{ A})$$

Jadi, kuat arus total sebesar 3 A.



Perhatikan rangkaian di bawah ini.



Berapa hambatan penggantinya?

Berapa kuat arus totalnya?

Berapa beda potensial sumbernya?

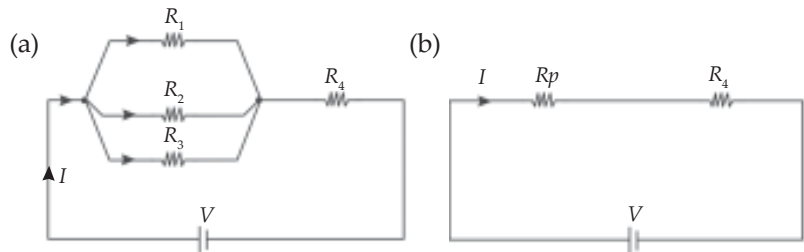


5. Rangkaian campuran seri dan paralel

Dalam rangkaian yang kompleks, seperti rangkaian pada perangkat elektronik, kamu dapat menjumpai rangkaian yang terdiri dari gabungan rangkaian seri dan paralel. Sebagai contoh, kamu dapat melihat pada **Gambar 9.11(a)**. Untuk menghitung hambatan penggantinya kamu cari dulu hambatan pengganti R_1 , R_2 , dan R_3 yang terangkai secara paralel. Rangkaian selanjutnya dapat disederhanakan menjadi **Gambar 9.11(b)**, yang tidak lain adalah rangkaian seri.

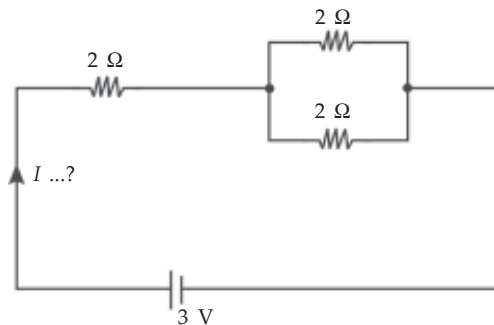
Gambar 9.11

(a) R_1 , R_2 , dan R_3 terangkai paralel, dengan hambatan pengganti R_p ,
(b) Hambatan pengganti totalnya adalah rangkaian seri R_p dengan R_4 .



Contoh

Perhatikan gambar di bawah ini.



Berapa kuat arus I pada rangkaian tersebut?

Diketahui : hambatan $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ W}$, rangkaian campuran seri dan paralel

beda potensial sumber, $V = 3 \text{ V}$

Ditanya : kuat arus, I ?

Jawab

Pilih persamaannya: $I = \frac{V}{R}$

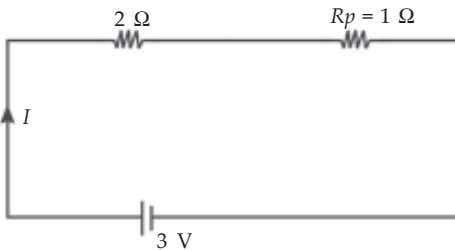
Strategi: cari dulu R penggantinya

R_2 dan R_3 terangkai secara paralel:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$$

$$R = 1 \Omega$$

Rangkaian menjadi:



Berarti R penggantinya dapat dihitung dengan cara berikut.

$$\begin{aligned} R &= R_1 + R_p = 2 \Omega + 1 \Omega \\ &= 3 \Omega \end{aligned}$$

Sehingga kuat arus dalam rangkaian dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{3}{3} = 1 \text{ A}$$

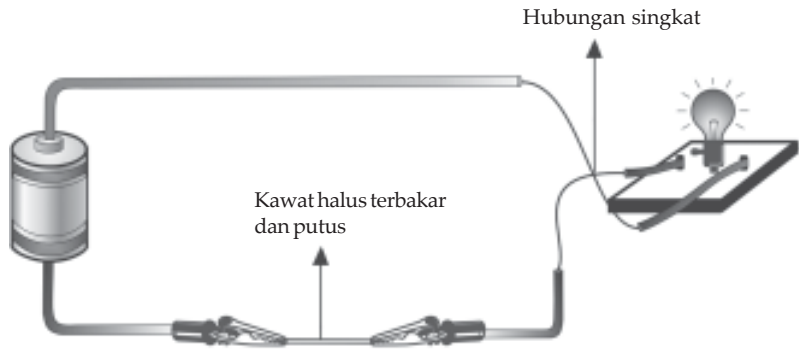
Jadi, kuat arus rangkaian sebesar 1 A.

6. Pemutus Arus

Tegangan listrik jala-jala (PLN) di rumahmu sebesar 220 V dan kuat arus yang mengalir dalam rangkaian listrik tersebut cukup besar. Arus yang mengalir bisa menjadi sangat besar, jika terjadi hubungan singkat. Pada peristiwa hubungan singkat, arus listrik tidak melewati hambatan, tetapi langsung melewati kawat penghantar. Peristiwa hubungan singkat terjadi jika isolator pembungkus kawat terkelupas. Akibat besarnya arus listrik pada kawat penghantar, maka terdapat energi listrik yang berubah menjadi panas. Coba kamu perhatikan gambar berikut.



Gambar 9.12
Dengan memasang kawat halus pada rangkaian, kawat halus akan terbakar dan segera putus saat terjadi hubungan singkat.



Untuk mencegah hubungan singkat, maka rangkaian listrik harus segera *terbuka* (arus tidak mengalir) begitu terjadi hubungan singkat. Caranya adalah dengan memasang kawat penghantar yang relatif mudah terputus pada rangkaian listrik.

Jika terdapat arus berlebih pada rangkaian, dan arusnya melebihi batas arus pada sekering, maka sekering tersebut segera meleleh dan putus. Pemilik rumah tinggal mencari dan memperbaiki apa yang menyebabkan terjadi hubungan singkat. Selanjutnya ia harus mengganti sekering yang telah putus dengan sekering baru yang sama dengan sekering semula.



Gambar 9.13
Pemutus arus (sekering).

Peralatan lain yang lebih praktis untuk mencegah terjadinya hubung singkat adalah pemutus arus, seperti ditunjukkan **Gambar 9.13**. Pemutus arus dalam kehidupan sehari-hari kita kenal sekering. Pemutus arus (sekering) terdiri atas logam yang dapat bengkok jika logam tersebut panas. Bengkoknya logam tersebut menyebabkan aliran listrik terputus. Rangkaian dapat difungsikan kembali dengan mengembalikan sakelar pemutus arus ke posisi semula. Namun sebelum itu, kamu harus mengecek apa yang menyebabkan terjadinya hubungan singkat itu.



Tulis jawaban pada buku kerjamu.

1. Jelaskan ciri-ciri rangkaian seri dan ciri-ciri rangkaian paralel, dilihat dari cara merangkainya, kuat arus pada rangkaian, dan beda potensial pada ujung-ujung hambatan.
2. Tiga buah hambatan, 4 ohm, 6 ohm, dan 12 ohm dirangkai secara paralel pada beda potensial 3 volt.
 - a. Berapa hambatan penggantinya?
 - b. Berapa kuat arus total dalam rangkaian tersebut?
3. Dua hambatan, 1 ohm dan 4 ohm dirangkai seri pada beda potensial tertentu, dan kuat arus yang ada pada rangkaian itu diukur. Ternyata kuat arusnya 200 mA. Berapakah beda potensial tersebut?
4. Dua hambatan, 40 ohm dan 60 ohm dirangkai paralel dengan sumber tegangan 3 volt. Berapa miliampere kuat arus pada rangkain tersebut?

 **Bina Keterampilan**

Hambatan kawat tembaga yang panjangnya 1 cm pada berbagai suhu ditunjukkan di bawah ini.

Tabel Hambatan tembaga pada berbagai suhu

No.	Suhu dalam °C	Hambatan dalam mW
1.	50	2
2.	200	3
3.	475	5

Buat grafik untuk data di atas. Apakah hantaran listrik tembaga lebih baik pada hari yang dingin atautkah hari yang panas?





1. Hambatan merupakan kecenderungan suatu benda untuk melawan aliran muatan listrik, mengubah energi listrik menjadi energi bentuk lain.
2. Hukum Ohm menyatakan bahwa besar kuat arus dalam hambatan berbanding lurus dengan beda potensial dan berbanding terbalik dengan hambatan penghantar.
3. Besar hambatan pada kawat penghantar berbanding lurus dengan panjangnya dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya. Besar hambatan pada kawat penghantar juga bergantung pada jenis kawat tersebut. Secara matematis dirumuskan:

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

4. Dalam rangkaian seri, arus hanya mempunyai satu jalan untuk lewat. Sedangkan dalam rangkaian paralel, terdapat beberapa jalan yang dapat dilewati arus.
5. Dalam rangkaian seri kuat arus di mana-mana sama. Sedangkan dalam rangkaian paralel, kuat arus sebelum memasuki cabang sama dengan jumlah kuat arus pada tiap cabang.
6. Dalam rangkaian seri beda potensial sumber sama dengan jumlah beda potensial pada masing-masing hambatan. Sedangkan dalam rangkaian paralel, beda potensial hambatan sama besar dengan beda potensial sumber.
7. Hambatan pengganti pada rangkaian seri dapat ditemukan melalui hubungan:
 $R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$.
8. Hambatan pengganti dalam rangkaian paralel dapat ditemukan melalui hubungan:

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

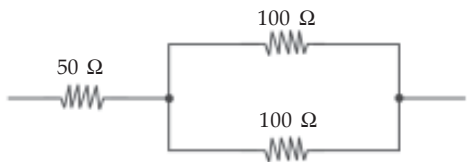
9. Sekering dan pemutus arus digunakan untuk mencegah terjadinya bahaya kebakaran akibat hubungan singkat dalam rangkaian listrik.



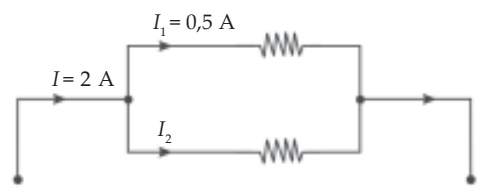
A. Pengecekan Konsep 

Pilih salah satu jawaban yang tepat. Tulis jawaban pada buku kerjamu.

- Hambatan pada kawat penghantar menyebabkan energi listrik dapat diubah menjadi ... oleh penghantar itu.
 - energi kimia
 - energi nuklir
 - energi panas
 - energi bunyi
- Agar hambatan pada kawat penghantar bertambah besar, yang harus dilakukan adalah
 - memotong kawat penghantar
 - mengganti dengan kawat yang jenisnya sama, namun diameternya lebih besar
 - memberi beda potensial yang besar pada kawat tersebut
 - mengganti dengan kawat yang sama, namun lebih panjang
- Berikut ini merupakan persamaan-persamaan yang menyatakan hukum Ohm, kecuali
 - $V = IR$
 - $I = \frac{V}{R}$
 - $R = VI$
 - $R = \frac{V}{I}$
- Dalam sebuah rangkaian listrik, jika kawat penghantarnya makin panjang maka nilai kuat arusnya makin kecil. Hal ini menunjukkan
 - nilai hambatannya makin kecil
 - nilai hambatannya makin besar
 - energi listriknya makin besar
 - beda potensialnya makin kecil
- Nilai hambatan pengganti pada rangkaian di bawah ini adalah



 - 25 ohm
 - 100 ohm
 - 150 ohm
 - 250 ohm
- Perhatikan gambar rangkaian berikut. Besar kuat arus I_2 adalah

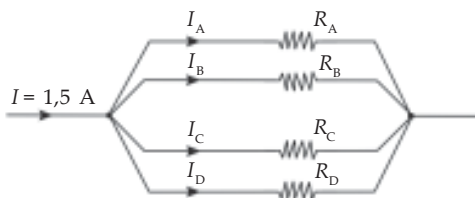


 - 0,5 A
 - 1,5 A
 - 2 A
 - 2,5 A
- Kuat arus yang paling besar dari kombinasi di bawah ini adalah
 - tegangan 3 V dan hambatan 15 W
 - tegangan 4,5 V dan hambatan 30 W
 - tegangan 6 V dan hambatan 40 W
 - tegangan 4,5 V dan hambatan 30 W
- Pada sebuah penghantar yang memiliki hambatan 120 ohm terdapat beda potensial 60 V. Arus yang mengalir melalui penghantar itu adalah
 - 7.200 A
 - 60 A
 - 2 A
 - 0,5 A

9. Hambatan kawat dapat diukur secara langsung menggunakan

- ohmmeter
- voltmeter
- multimeter
- amperemeter

10. Perhatikan gambar di bawah ini.



Jika $I_A = I_D = 0,4$ A dan $I_B = I_C$, maka I_B sebesar

- 0,35 A
- 0,4 A
- 0,7 A
- 1,1 A

B. Pemahaman Konsep

Tulis jawaban pertanyaan di bawah ini di buku kerjamu.

1. Bagaimana hubungan antara hambatan, beda potensial, dan kuat arus dalam sebuah rangkaian?
2. Kamu memiliki dua logam yang jenisnya sama. Apakah hambatan keduanya juga mesti sama? Jelaskan mengapa jawabanmu seperti itu.
3. Sebuah mobil mainan berhambatan 2 ohm memerlukan arus 1,5 A. Berapakah beda potensial yang diperlukannya?
4. Dua buah hambatan yang besarnya sama dirangkai seri dengan beda potensial tertentu. Arus yang mengalir diukur, besarnya I_1 . Selanjutnya hambatan tersebut dirangkai paralel dengan beda potensial yang sama. Arus yang mengalir diukur, besarnya I_2 . Besar manakah harga I_1 dengan I_2 ? Jelaskan mengapa jawabanmu seperti itu.
5. Mengapa burung dapat bertengger dengan kedua kakinya pada kawat bertegangan tinggi tanpa tersengat listrik?



- ◆ Apakah kamu kesulitan ketika belajar materi bab ini?
- ◆ Adakah materi yang belum kamu pahami?
- ◆ Materi mana yang sulit pemahamannya? Coba kamu tanyakan pada gurumu supaya kamu lebih mudah memahaminya.

