

## A. Konsep Listrik Dinamis

### Ayo, Kita Pelajari



- Arus listrik
- Rangkaian listrik
- Hukum Kirchhoff
- Sumber arus listrik
- Sumber-sumber energi listrik



### Istilah Penting

- Rangkaian seri
- Rangkaian paralel
- Daya listrik
- Generator
- Dinamo
- Sumber listrik

### Mengapa Penting?



Setelah mempelajari materi ini, kamu dapat memahami karakter rangkaian listrik, transmisi energi listrik, sumber-sumber energi listrik alternatif (termasuk bioenergi), serta berbagai upaya dalam menghemat energi listrik.

Jika kita perhatikan lampu atau peralatan elektronik lain yang menggunakan listrik, semua alat tersebut membutuhkan kabel sebagai penghubung aliran arus listrik. Dari manakah aliran arus listrik tersebut berasal? Apakah makhluk hidup dapat menghasilkan arus listrik sehingga dapat digunakan untuk menyalakan lampu?

Secara umum, aliran arus listrik bersumber dari pembangkit listrik. Pernahkah kamu berpikir bagaimana membuat atau menemukan sumber arus listrik? Ternyata, selain dihasilkan oleh pembangkit listrik seperti generator, arus listrik juga dapat dihasilkan oleh baterai, aki (*accu*), dan buah-buahan terutama buah-buahan yang mengandung



asam, misalnya jeruk. Mengapa jeruk dapat menjadi sumber arus listrik? Bagaimana dengan buah-buahan atau tumbuhan lainnya? Agar mengetahui jawabannya, pelajari materi berikut dengan penuh semangat!

## 1. Arus Listrik

Perhatikan lampu listrik di rumahmu atau di ruang kelasmu! Ketika kamu menyalakan lampu, tentunya kamu akan menekan sakelar yang terpasang di dinding. Jika satu sakelar ditekan, maka lampu akan menyala, tetapi mungkin lampu di ruangan lain tidak ikut menyala, atau ketika kamu menekan sakelar ternyata lampu-lampu di beberapa ruangan akan menyala bersamaan. Mengapa dapat terjadi demikian? Pernahkah kamu memikirkannya? Jika kamu pernah memikirkan dan mencoba mencari alasannya, maka kamu termasuk peserta didik yang kritis. Sekarang, lakukan kegiatan berikut untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tadi.



### Ayo, Kita Lakukan

#### Aktivitas 5.1 Menyalakan Lampu dengan Baterai

##### Apa yang kamu perlukan?

1. 2 buah kabel yang dilengkapi penjepit buaya
2. 1 buah baterai
3. 1 buah bola lampu

##### Apa yang harus kamu lakukan?

1. Buatlah rangkaian untuk menyalakan lampu!
2. Gambarkan diagram yang dapat menyalakan lampu dan diagram yang tidak dapat menyalakan lampu!

Berhati-hatilah saat membuat rangkaian karena baterai akan menimbulkan efek panas saat dihubungkan dengan menggunakan kabel!



### **Apa yang perlu kamu diskusikan?**

1. Bagaimanakah caramu untuk mengetahui adanya arus listrik yang mengalir dalam kabel?
2. Rangkaian listrik yang bagaimanakah yang dapat menyalakan lampu? Rangkaian listrik yang bagaimanakah yang tidak dapat menyalakan lampu?

### **Apa yang dapat kamu simpulkan?**

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?



### **Ayo, Kita Lakukan**

#### **Aktivitas 5.2 Baterai Buah**

### **Apa yang kamu perlukan?**

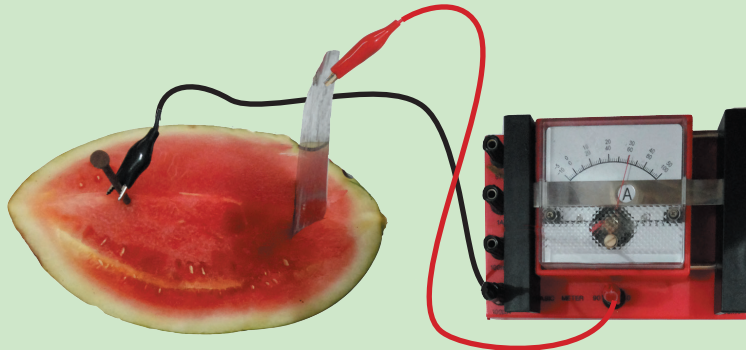
1. 1 lempeng seng
2. 1 lempeng tembaga
3. 1 buah penjepit buaya warna hitam dan 1 penjepit warna merah
4. 1 buah gunting
5. 1 buah pisau
6. 1 buah amperemeter
7. 1 buah sakelar
8. 1 buah semangka
9. 1 buah jeruk

### **Apa yang harus kamu lakukan?**

1. Tancapkan lempeng seng dan paku besi pada semangka! Lihat Gambar 5.1! Perhatikan sambungan kutub positif dengan kutub negatif baterai pada amperemeter agar arus yang terukur tidak bernilai negatif!
2. Hubungkan lempeng, sakelar, dan amperemeter dengan menggunakan kabel penjepit buaya.
3. Aturlah amperemeter dengan batas ukur arus paling kecil, kemudian nyalakan sakelar (on).
4. Bacalah kuat arus yang ditimbulkan oleh buah!



5. Ulangi langkah 1-4 dengan menggunakan buah lainnya dengan menggunakan variasi jumlah sebanyak 3, 4, 5, 6, dst., disusun secara seri maupun paralel.
6. Catat hasil pengamatanmu dalam bentuk tabel!



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 5.1** Rangkaian Percobaan Baterai Buah Semangka

### **Apa yang perlu kamu diskusikan?**

1. Bandingkan hasil pengamatan besarnya kuat arus dengan jumlah buah yang digunakan. Bagaimanakah hubungan besarnya kuat arus dengan jumlah buah?
2. Bandingkan hasil pengamatan nyala lampu dengan jumlah buah yang digunakan! Bagaimanakah hubungan antara nyala lampu dengan jumlah buah?
3. Mengapa buah dapat digunakan untuk menyalakan lampu?
4. Apa fungsi pemberian lempeng seng dan paku besi pada percobaan baterai buah ini?

### **Apa yang dapat kamu simpulkan?**

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Catatan: untuk kegiatan ini, kamu dapat menggunakan buah-buahan yang ada di sekitarmu, kemudian bandingkan hasilnya!

Kegiatan yang kamu lakukan pada Aktivitas 5.1 dan 5.2 merupakan kegiatan membuat rangkaian sederhana. Buah dapat berperan sebagai sumber tegangan karena adanya penggunaan lempeng seng dan



lempeng besi yang berfungsi untuk menimbulkan beda potensial dalam buah. Lempeng seng berfungsi sebagai kutub negatif dan lempeng besi berfungsi sebagai kutub positif. Adanya beda potensial dalam buah inilah yang mendorong elektron untuk bergerak sehingga memicu aliran listrik dalam rangkaian.

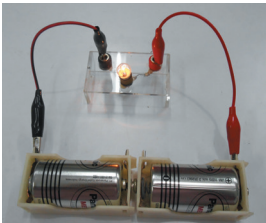

Jika kamu perhatikan sambungan dari baterai, lampu dan kabel, atau sambungan dari semangka atau jeruk, lampu, dan kabel, ternyata sambungan tersebut terhubung satu sama lain sehingga rangkaian tersebut merupakan rangkaian tertutup. Dengan demikian, sebuah rangkaian listrik yang tertutup akan menghasilkan nyala lampu. Bagaimana jika rangkaian tidak terhubung satu sama lain? Disebut apakah rangkaian tersebut? Coba lakukan dan pikirkan kegiatan berikut.



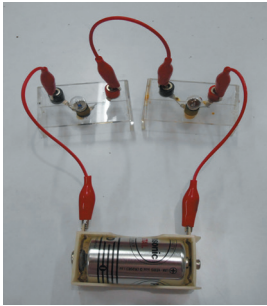
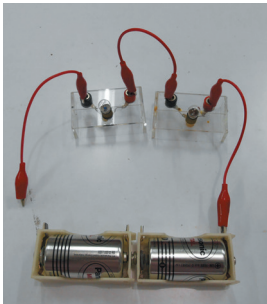
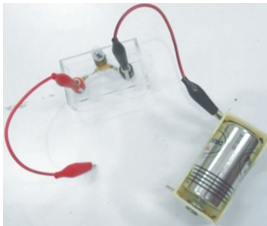
### Ayo, Kita Selesaikan

Manakah rangkaian listrik pada Tabel 5.1 yang merupakan jenis rangkaian listrik tertutup dan jenis rangkaian listrik terbuka? Jelaskan dan berikan alasanmu.

**Tabel 5.1** Rangkaian Listrik Tertutup dan Listrik Terbuka

No	Gambar	Jenis Rangkaian	Penjelasan/ Alasan
1			
2			



No	Gambar	Jenis Rangkaian	Penjelasan/ Alasan
3			
4			
5			

Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 5.2** Berbagai Rangkaian Listrik

### Apa yang perlu kamu diskusikan?

Jelaskan apa perbedaan dari rangkaian listrik tertutup dan terbuka?

Ketika kamu menghubungkan lampu dan sumber listrik dengan menggunakan kabel, artinya kamu telah membuat sebuah rangkaian listrik. Pada rangkaian listrik tertutup (sakelar tertutup atau posisi *on*), arus listrik akan mengalir dan lampu menyala. Bagaimanakah arah arus listrik tersebut? Berapakah besar arus listrik yang mengalir? Agar memahami arah aliran arus listrik dan mengetahui besar arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian, baca penjelasan berikut dengan saksama!



Arus listrik mengalir karena pada ujung-ujung rangkaian ada beda potensial listrik yang diberikan oleh baterai sebagai sumber tegangan seperti yang telah dijelaskan pada percobaan baterai buah. Ujung kawat penghantar yang memiliki banyak elektron (terhubung dengan kutub negatif baterai) dapat dikatakan memiliki potensial listrik yang rendah, sedangkan ujung kawat penghantar lainnya yang memiliki sedikit elektron (terhubung dengan kutub positif baterai) dapat dikatakan memiliki potensial listrik yang tinggi. Arus listrik mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah, sedangkan arah aliran elektron dari kutub negatif ke kutub positif.

Pada rangkaian listrik tertutup, besar arus listrik yang mengalir pada rangkaian dapat ditentukan dengan menghitung besar muatan listrik yang mengalir pada rangkaian setiap detiknya. Hal ini karena besar arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian tertutup sebanding dengan besarnya muatan listrik yang mengalir pada setiap detik, atau secara matematis besar arus listrik ditulis sebagai berikut.

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

dengan:

$I$  = arus listrik (ampere)

$q$  = muatan listrik (coulomb)

$t$  = waktu (sekon)



### Ayo, Kita Pahami

#### Contoh Soal

Arus listrik sebesar 5 mA mengalir pada suatu kawat penghantar selama 0,1 sekon. Berapakah besar muatannya?

#### Diketahui:

$$A = 5 \text{ mA} = 0,005 \text{ A}$$

$$t = 0,1 \text{ sekon}$$

**Ditanyakan:** besar muatan yang berpindah pada suatu kawat penghantar



**Jawab:**

Besar muatan listrik,

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

$$q = I \times t = 0,005 \text{ A} \times 0,1 \text{ s} = 5 \times 10^{-4} \text{ C}$$

Jadi, besar muatan yang pada suatu kawat penghantar adalah  $5 \times 10^{-4} \text{ C}$ .

## 2. Hantaran Listrik

Sering kita mendengar bahwa listrik dapat mengalir pada kabel. Apa yang mengalir dan bahan apa yang dapat mengalirkan listrik? Pernyataan bahwa listrik mengalir sebenarnya berkaitan dengan muatan yang berpindah, sebab perpindahan elektron pada bahan akan menghasilkan arus listrik yang arahnya berlawanan dengan arah perpindahan elektron tersebut. Bahan-bahan apakah yang dapat menghantarkan listrik dengan baik dan yang tidak dapat menghantarkan listrik? Agar mengetahui jawabannya, “Ayo, Kita Lakukan” kegiatan berikut!



### Ayo, Kita Lakukan

#### Aktivitas 5.3 Mengidentifikasi Jenis Bahan Isolator dan Konduktor

#### Apa yang kamu perlukan?

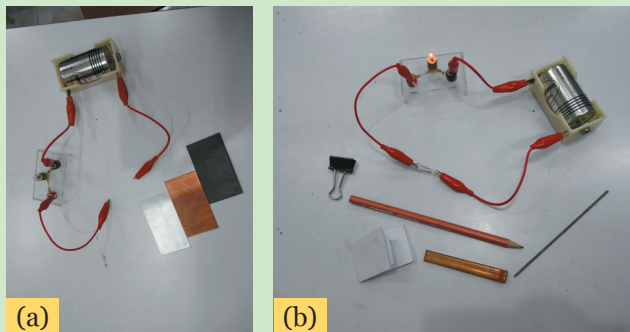
1. 1 buah baterai
2. 3 buah kabel
3. 1 buah bola lampu kecil
4. 1 buah karet
5. 1 buah kunci
6. 1 buah pensil yang terbuat dari kayu
7. 30 cm kawat besi
8. 30 cm kawat timah
9. Penghapus pensil
10. Aluminium foil





### Apa yang harus kamu lakukan?

1. Susunlah alat dan bahan seperti Gambar 5.3.



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 5.3** Rangkaian Listrik Percobaan, (a) Konduktor, (b) Isolator

2. Sambungkan bahan yang digunakan dengan menggunakan kabel yang dilengkapi penjepit buaya.
3. Amati nyala lampu yang terjadi. Catat hasil pengamatanmu dalam bentuk tabel.

### Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Apakah semua bahan dapat menghantarkan arus listrik?
2. Kelompokkan mana bahan yang termasuk konduktor dan isolator listrik!

### Apa yang dapat kamu simpulkan?

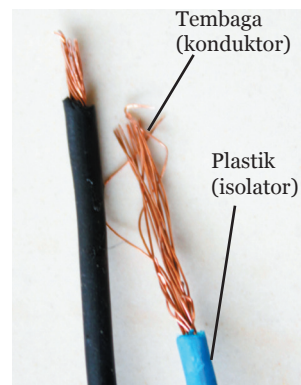
Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Sering kita melihat orang menggunakan kabel untuk menghantarkan listrik dari suatu ujung kabel ke ujung lainnya. Mengapa menggunakan kabel? Kabel biasanya terdiri atas bahan tembaga atau perak di bagian dalamnya dan dilapisi bahan plastik atau karet di bagian luarnya. Mengapa demikian? Hal ini berkaitan dengan kemampuan bahan untuk menghantarkan listrik. Setiap bahan memiliki daya hantar listrik yang berbeda-beda. Tembaga dan perak merupakan bahan yang paling baik untuk menghantarkan listrik, sedangkan plastik dan karet merupakan bahan yang tidak dapat menghantarkan listrik. Apakah kamu sudah memahami mengapa logam perak atau tembaga pada kabel dilapisi plastik atau karet? Jika masih belum mengerti, pelajari materi berikut dengan teliti dan penuh semangat!



### a. Konduktor listrik

Mengapa kabel digunakan untuk mengalirkan arus listrik dari sumber listrik ke peralatan elektronik? Agar arus listrik dapat disalurkan dengan baik, maka dibutuhkan bahan yang mampu menghantarkan arus listrik dengan baik pula. Pada bahan ini, elektron dapat mengalir dengan mudah. Bahan-bahan yang dapat digunakan untuk menghantarkan listrik disebut dengan konduktor listrik. Contoh dari konduktor listrik adalah tembaga, perak, dan emas. Meskipun perak dan emas merupakan konduktor yang sangat baik, tetapi karena harganya yang sangat mahal, kabel rumah tangga biasanya menggunakan bahan dari tembaga.



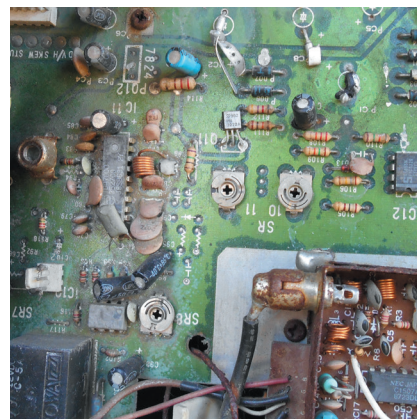
Sumber: Dok. Kemdikbud  
**Gambar 5.4** Kabel Listrik dari Tembaga dengan Pelapis Plastik

### b. Isolator listrik

Mengapa kabel listrik perlu dilapisi dengan plastik atau karet? Pemberian plastik atau karet sebagai pelapis kabel bertujuan agar kabel lebih aman digunakan. Sifat plastik dan karet tidak dapat menghantarkan arus listrik sehingga kedua bahan tersebut masuk ke dalam kelompok bahan isolator. Bahan isolator ini adalah bahan yang sangat buruk untuk menghantarkan listrik karena di dalam bahan ini elektron sulit mengalir.

### c. Semikonduktor listrik

Bahan semikonduktor listrik adalah bahan-bahan yang jika berada pada suhu rendah bersifat sebagai isolator, sementara pada suhu tinggi bersifat sebagai konduktor. Contoh bahan semikonduktor listrik adalah karbon, silikon, dan germanium. Pada bidang elektronika, bahan semikonduktor digunakan untuk membuat transistor yang kemudian dirangkai menjadi *integrated circuit* (IC) seperti pada Gambar 5.5.



Sumber: Dok. Kemdikbud  
**Gambar 5.5** Beberapa Jenis Semikonduktor: Resistor, Diode, Transistor, dan IC





### Tahukah Kamu?

Petir dapat menimbulkan korban karena membawa energi yang sangat besar. Petir cenderung akan menyambar benda-benda yang tinggi seperti pohon, tiang bendera, dan bangunan-bangunan yang tinggi. Oleh sebab itu, pada konstruksi bangunan-bangunan tersebut selalu diberi penangkal petir yang dipasang di atap. Untuk menghindari terkena petir, sebaiknya kamu tidak bermain-main di luar saat hujan yang disertai petir. Tahukah kamu bagaimana sistem kerja penangkal petir?



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 5.6** Penangkal Petir

Penangkal petir dibuat runcing dari bahan konduktor (logam) dipasang di atas sebuah bangunan atau gedung yang dihubungkan dengan kabel sampai ke tanah, kemudian kabel tersebut ditanam di dalam tanah dengan tujuan agar arus petir yang sangat besar dapat segera dinetralkan ke dalam tanah (*grounding*). Masih ingatkah kamu bagaimana sifat konduktor? Coba jelaskan alasan penggunaan bahan konduktor untuk membuat penangkal petir!



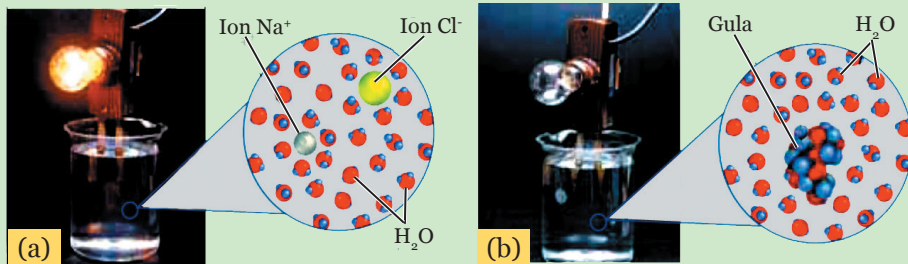
### Ayo, Kita Selesaikan

Tidak hanya benda padat seperti tembaga dan perak, zat cair pun ada yang dapat menghantarkan arus listrik dan ada juga yang tidak dapat menghantarkan arus listrik, contohnya larutan garam dan larutan gula. Larutan garam merupakan salah satu jenis elektrolit karena dapat menghantarkan arus listrik, sedangkan larutan gula disebut sebagai non elektrolit karena tidak dapat menghantarkan arus listrik.

Cobalah lakukan kegiatan menyalakan bola lampu dengan membuat larutan garam dan larutan gula terlebih dahulu. Kamu dapat menggunakan alat dan bahan sederhana seperti kabel yang



dilengkapi penjepit buaya dan amperemeter untuk mendeteksi ada tidaknya arus listrik yang mengalir. Perhatikan Gambar 5.7!



Sumber: Biggs, 2008

**Gambar 5.7** Larutan Garam dan Larutan Gula

Bandingkan hasilnya antara lampu yang menggunakan larutan garam dan larutan gula. Selanjutnya, buatlah laporannya untuk dipajang di majalah dinding di sekolahmu!

Tahukah kamu? Setiap bahan memiliki kemampuan yang berbeda dalam menghantarkan listrik. Kemampuan tersebut tergantung pada nilai hambatan jenis suatu benda atau bahan. Semakin kecil hambatan jenis suatu bahan, semakin baik kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan listrik. Tabel 5.2 menyajikan beberapa nilai hambatan jenis bahan.

Berdasarkan Tabel 5.2, coba pikirkan bahan apakah yang paling baik digunakan sebagai konduktor listrik? Mengapa?

**Tabel 5.2** Hambatan Jenis Bahan

Bahan	Hambatan Jenis pada Suhu 20 °C ( $\Omega\text{m}$ )
<b>Konduktor</b>	
Aluminium	$2,82 \times 10^{-8}$
Tembaga	$1,72 \times 10^{-8}$
Emas	$2,44 \times 10^{-8}$
Besi	$9,71 \times 10^{-8}$
Konstantan	$49 \times 10^{-8}$
Nikrom	$100 \times 10^{-8}$
Platina	$10,6 \times 10^{-8}$
Perak	$1,59 \times 10^{-8}$
Tungsten	$5,65 \times 10^{-8}$
<b>Semikonduktor</b>	
Karbon (grafit)	$3,5 \times 10^{-5}$
Germanium (murni)	$5 \times 10^{-4}$
Silikon (murni)	$6,4 \times 10^2$
<b>Isolator</b>	
Kaca	$10^{10}-10^{14}$
Kuarsa	$7,5 \times 10^{17}$

Sumber: Serway dkk., 2004





### Ayo, Kita Lakukan

#### Aktivitas 5.4 Percobaan Besar Hambatan Listrik pada Kawat Konduktor

Pada aktivitas ini kamu akan menyelidiki pengaruh panjang dan luas penampang kawat penghantar terhadap besar hambatannya.

#### Apa yang kamu perlukan?

- 1 kawat penghantar dengan rincian pada Tabel 5.3!

**Tabel 5.3** Rincian Kawat Penghantar

No	Jenis Kawat	Panjang Kawat (cm)	Diameter Kawat (mm)
A	Kawat tembaga atau kabel dengan konduktor tembaga	30	0,5
B		30	1
C		40	0,5
D		40	1
E	Kawat nikelin atau kabel dengan konduktor nikrom	30	0,5

- 1 buah Ohmmeter (multimeter).

#### Apa yang harus kamu lakukan?

1. Hubungkan kawat A dengan multimeter/Ohmmeter, kemudian ukur hambatan pada rangkaian dengan menggunakan multimeter/Ohmmeter.
2. Ulangi percobaan di atas untuk mengukur kawat penghantar B, C, D, dan E. Catat hasil pengamatan kamu pada Tabel 5.4!

**Tabel 5.4** Data Percobaan Hambatan Kawat

No	Jenis Kawat	Panjang Kawat (cm)	Diameter Kawat (mm)	Luas Penampang Kawat (m <sup>2</sup> )	Besar Hambatan yang Terukur oleh Ohmmeter ( $\Omega$ )
A	Tembaga	30	0,5		
B		30	1		
C		40	0,5		
D		40	1		
E	Nikrom	30	0,5		



### **Apa yang perlu kamu diskusikan?**

1. Buatlah grafik hubungan antara besar hambatan listrik dengan panjang kawat! Letakkan data panjang kawat pada sumbu x dan data besar hambatan listrik pada sumbu y (gunakan data A, B, C, dan D)!
2. Amati pada grafik, bagaimana hubungan antara besar hambatan listrik dengan panjang kawat?
3. Buatlah grafik hubungan antara besar hambatan listrik dengan luas penampang kawat! Letakkan data luas penampang kawat pada sumbu x dan data besar hambatan listrik pada sumbu y (gunakan data A, B, C, dan D)!
4. Amati pada grafik, bagaimana hubungan antara besar hambatan listrik dengan luas penampang kawat?
5. Berdasarkan jawaban nomor 2 dan 4, bagaimanakah hubungan antara panjang dan luas penampang kawat penghantar dengan besar hambatannya?

### **Apa yang dapat kamu simpulkan?**

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Besar hambatan setiap jenis kawat yang panjangnya satu satuan panjang per satu satuan luas penampang disebut hambatan jenis ( $\rho$ ). Besar hambatan jenis berbeda-beda untuk setiap jenis kawat (lihat Tabel 5.2), sehingga dapat dituliskan:

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

dengan:

$R$  = hambatan kawat ( $\Omega$ )

$\rho$  = hambatan jenis kawat ( $\Omega\text{m}$ )

$L$  = panjang kawat (m)

$A$  = luas penampang kawat ( $\text{m}^2$ )





### Ayo, Kita Diskusikan

Menurut kamu, apakah hasil percobaan sesuai dengan persamaan tersebut? Jelaskan!

## 3. Rangkaian Listrik

Tahukah kamu mengapa ada sebuah sakelar yang dapat digunakan untuk menyalakan beberapa lampu sekaligus, tetapi ada juga sebuah sakelar yang hanya dapat digunakan untuk menyalakan sebuah lampu saja? Apa yang menyebabkan hal ini terjadi? Menyala atau tidaknya lampu listrik tergantung pada rangkaian listrik. Agar dapat menjawab permasalahan tersebut, lakukan kegiatan berikut dengan hati-hati!



### Ayo, Kita Lakukan

#### Aktivitas 5.5 Rangkaian Lampu Secara Seri dan Paralel

##### Apa yang kamu perlukan?

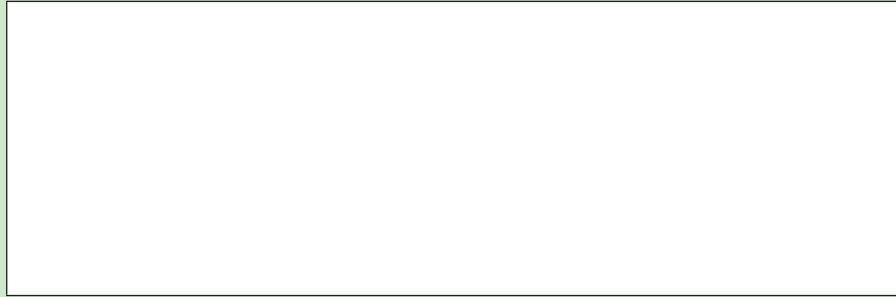
1. 6 utas kabel dengan penjepit buaya
2. 1 buah baterai
3. 2 buah lampu bohlam kecil

##### Apa yang harus kamu lakukan?

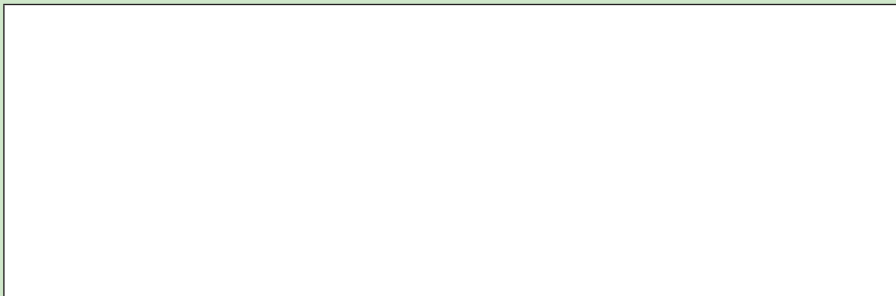
1. Buatlah rangkaian listrik dengan susunan satu baterai sehingga dua lampu menyala terang! Gambarkan rangkaian yang kamu peroleh! Jika salah satu lampu dilepas, bagaimana dengan keadaan lampu yang lain? Disebut apakah rangkaian yang kamu peroleh tersebut?







2. Buatlah rangkaian listrik dengan susunan satu baterai sehingga dua lampu menyala redup! Gambarkan rangkaian yang kamu peroleh! Jika salah satu lampu dilepas, bagaimana dengan keadaan lampu yang lain? Disebut apakah rangkaian yang kamu peroleh tersebut?



### **Apa yang dapat kamu simpulkan?**

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?



### **Ayo, Kita Lakukan**

#### **Aktivitas 5.6 Rangkaian Baterai secara Seri dan Paralel**

### **Apa yang kamu perlukan?**

1. 1 lampu bohlam
2. 6 kabel dengan penjepit buaya
3. 3 baterai 1,5 volt dan dudukannya



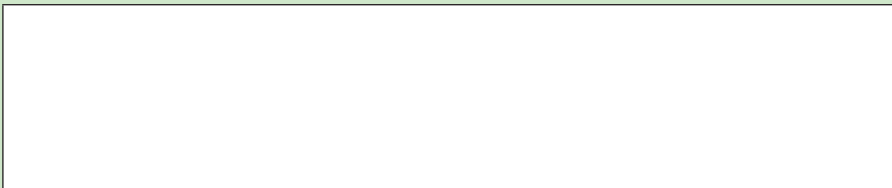


### **Apa yang harus kamu lakukan?**

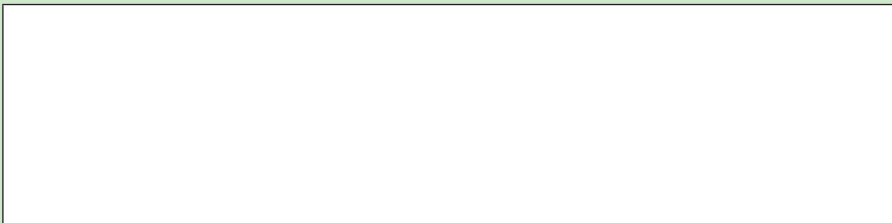
1. Buatlah rangkaian listrik dengan susunan satu baterai sehingga lampu menyala! Gambarkan rangkaian yang kamu peroleh!



2. Buatlah rangkaian listrik dengan susunan dua baterai sehingga lampu menyala! Lakukan susunan baterai dengan berbagai cara dan perhatikan nyala lampu! Gambarkan rangkaian yang kamu peroleh!



3. Buatlah rangkaian listrik dengan susunan tiga baterai sehingga lampu menyala! Lakukan susunan baterai dengan berbagai cara dan perhatikan nyala lampu! Gambarkan rangkaian yang kamu peroleh!



### **Apa yang perlu kamu diskusikan?**

1. Jika dibandingkan dengan Aktivitas 5.5 pada rangkaian lampu, disebut apakah rangkaian baterai yang kamu temukan?
2. Bandingkan hasil pengamatan pada langkah 1, 2, dan 3! Bagaimanakah susunan baterai yang digunakan dan nyala lampu yang terjadi?

### **Apa yang dapat kamu simpulkan?**

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?



Berdasarkan Aktivitas 5.5 dan 5.6, apa yang kamu simpulkan tentang rangkaian seri dan paralel? Jika dilihat dari gambar rangkaiannya, seharusnya kamu sudah dapat menentukan mana yang rangkaian seri dan rangkaian paralel, baik untuk lampu maupun baterai.

Pada rangkaian listrik yang tidak memiliki percabangan kabel, rangkaian tersebut disebut **rangkaian seri**. Ketiadaan percabangan kabel pada rangkaian listrik seri mengakibatkan aliran listrik akan terputus jika salah satu ujung kabel terputus, sehingga arus tidak ada yang mengalir di dalam rangkaian dan seluruh lampu akan mati. Pada rangkaian listrik yang memiliki percabangan kabel, rangkaian tersebut disebut **rangkaian paralel**. Jika salah satu ujung kabel terputus, maka arus listrik akan tetap mengalir pada kabel lainnya yang masih terhubung dan beberapa lampu lainnya akan tetap menyala.

Sekarang, perhatikan lampu-lampu yang dipasang di rumahmu. Dapatkah kamu menentukan rangkaian apakah yang digunakan? Sekarang kamu sudah dapat menjelaskan mengapa jika kita menekan satu sakelar di salah satu kamar, maka lampu-lampu yang ada di kamar lainnya tidak ikut terpengaruh.



### Ayo, Kita Lakukan

#### **Aktivitas 5.7 Mengetahui Hubungan antara Kuat Arus, Hambatan, dan Tegangan Listrik pada Suatu Rangkaian Listrik (Hukum Ohm)**

##### **Apa yang kamu perlukan?**

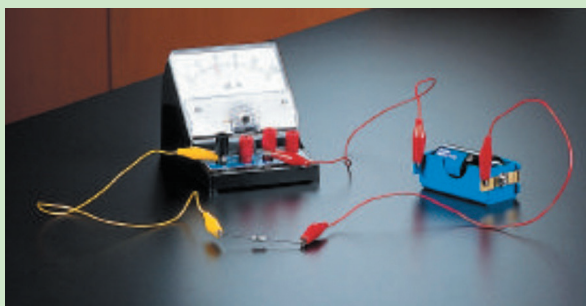
1. 4 buah baterai besar 1,5 volt dan dudukan baterai
2. 4 buah resistor dengan besar hambatan bervariasi
3. 1 buah amperemeter
4. 5 buah penjepit buaya

##### **Apa yang kamu lakukan?**

#### **A. Menyelidiki hubungan besar arus listrik terhadap variasi besar hambatan pada resistor**

1. Letakkan sebuah baterai pada dudukan baterai!
2. Buatlah rangkaian seri untuk baterai, resistor, dan amperemeter dengan menggunakan penjepit buaya seperti pada Gambar 5.8.





Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 5.8** Rangkaian Percobaan Hubungan antara Kuat Arus, Hambatan, dan Tegangan Listrik pada Suatu Rangkaian Listrik

3. Catat besar hambatan resistor dan besar kuat arus listrik yang mengalir pada rangkaian dengan melihat hasil pengukuran amperemeter pada Tabel 5.5!
4. Ulangi langkah 2 dan 3 untuk variasi resistor.

**Tabel 5.5** Data Pengamatan Besar Hambatan dan Kuat Arus Listrik terhadap Tegangan

Tegangan (V)	Hambatan ( $\Omega$ )	Kuat arus listrik (A)
1,5		
1,5		
1,5		
1,5		

### **B. Menyelidiki hubungan besar arus listrik terhadap variasi besar tegangan listrik**

1. Susun rangkaian listrik tertutup seperti pada petunjuk kerja A langkah nomor 1 dan 2!
2. Catat besar tegangan baterai dan besar kuat arus listrik yang mengalir pada rangkaian dan masukkan hasil pengukuran amperemeter pada Tabel 5.6!
3. Tambahkan sebuah baterai padaudukan baterai (2 baterai disusun secara seri), kemudian catat kembali besar tegangan baterai dan besar kuat arus listrik yang mengalir pada rangkaian dan masukkan hasil pengukuran amperemeter pada Tabel 5.6!
4. Tambahkan sebuah baterai pada kedudukan baterai (3 baterai disusun secara seri), kemudian catat kembali besar tegangan baterai dan besar kuat arus listrik yang mengalir pada rangkaian dan masukkan hasil pengukuran amperemeter pada Tabel 5.6!



5. Tambahkan sebuah baterai pada kedudukan baterai (4 baterai disusun secara seri), kemudian catat kembali besar tegangan baterai dan besar kuat arus listrik yang mengalir pada rangkaian dan masukkan hasil pengukuran amperemeter pada Tabel 5.6.

**Tabel 5.6** Data Pengamatan Hambatan terhadap Tegangan dan Kuat Arus

No	Hambatan ( $k\Omega$ )	1 Baterai		2 Baterai		3 Baterai		4 Baterai	
		V (V)	I ( $\mu A$ )	V (V)	I ( $\mu A$ )	V (V)	I ( $\mu A$ )	V (V)	I ( $\mu A$ )
1	10								
2	10								
3	10								
4	10								

**Keterangan:**  
 V : Tegangan  
 I : Kuat arus listrik  
 R : Hambatan

### Apa yang kamu analisis?

1. Berdasarkan data pada Tabel 5.5, buatlah grafik hubungan antara kuat arus dengan besar hambatan listrik! Besar hambatan listrik pada sumbu x dan besar arus listrik pada sumbu y.
2. Berdasarkan data pada Tabel 5.6, buatlah grafik hubungan antara kuat arus dengan besar tegangan listrik! Besar tegangan listrik pada sumbu x dan besar arus listrik pada sumbu y.
3. Selain besar hambatan, berdasarkan percobaan A faktor apakah yang memengaruhi besar arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian? Bagaimana caranya agar arus listrik yang mengalir dalam rangkaian tersebut dapat diperbesar?
4. Selain banyaknya jumlah baterai yang digunakan, berdasarkan percobaan B faktor apakah yang memengaruhi besar arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian? Bagaimana caranya agar arus listrik yang mengalir dalam rangkaian tersebut dapat diperbesar?

### Apa yang kamu diskusikan?

1. Perhatikan grafik nomor 1 yang telah kamu buat! Bagaimana hubungan antara besar hambatan dengan kuat arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian? Jelaskan!



2. Perhatikan grafik nomor 2 yang telah kamu buat! Bagaimana hubungan antara besar tegangan dengan kuat arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian? Jelaskan!
3. Besar kuat arus 1 A, adalah kuat arus yang mengalir pada suatu penghantar yang memiliki hambatan sebesar  $1 \Omega$  pada saat diberi tegangan sebesar 1 V. Berdasarkan pengertian tersebut, berapakah besar kuat arus (I) pada suatu penghantar yang besar hambatannya (R) jika diberi tegangan sebesar (V)? Tuliskan bentuk persamaannya! Persamaan itulah yang disebut Hukum Ohm.
4. Jelaskan apa yang akan terjadi jika sebuah alat listrik yang pada awalnya dipasang pada rangkaian listrik dengan tegangan 220 V, kemudian dipasang pada rangkaian listrik dengan tegangan 110 V?
5. Mengapa lampu dengan tegangan 110 V tidak boleh langsung dipasang pada rangkaian listrik dengan tegangan 220 V?
6. Sebuah rangkaian listrik yang menggunakan baterai sebagai sumber arus dengan besar tegangan 1,5 volt memiliki hambatan sebesar  $0,3 \Omega$ . Hitunglah berapa besar kuat arus listrik yang mengalir dalam rangkaian tersebut!

### **Apa yang dapat kamu simpulkan?**

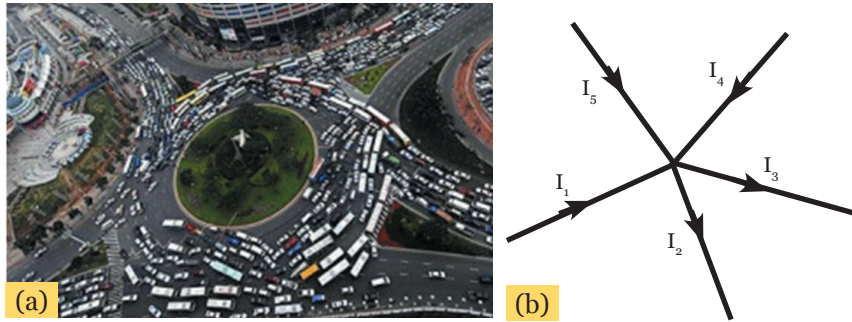
Berdasarkan analisis dan diskusimu, buatlah kesimpulan tentang hubungan antara kuat arus, hambatan, dan tegangan listrik pada suatu rangkaian listrik.

## **4. Karakteristik Rangkaian Listrik**

### **a. Hukum Kirchhoff**

Perhatikan Gambar 5.9! Mobil yang masuk dari jalur utama akan berpisah di persimpangan jalan dan menuju tujuan masing-masing. Jumlah mobil yang masuk dan yang keluar jalur akan tetap sama, hal ini juga berlaku pada listrik. Menurut hukum Kirchhoff, besar arus listrik yang masuk ke dalam titik cabang kawat penghantar nilainya sama dengan besar arus listrik yang keluar dari titik cabang kawat penghantar tersebut.





Sumber: freedigitalphotos.net

**Gambar 5.9** (a) Arus Kendaraan di Bundaran HI, Jakarta (b) Arus Listrik yang Masuk dan Keluar dari Percabangan

Secara matematis, pada setiap titik cabang berlaku:

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

Jika diketahui besar arus listrik  $I_1 = 2 \text{ A}$ ,  $I_2 = I_3 = 4 \text{ A}$ , dan  $I_4 = 5 \text{ A}$ , maka besar arus  $I_5$  pada Gambar 5.9b adalah:

$$\begin{aligned} \sum I_{\text{masuk}} &= \sum I_{\text{keluar}} \\ I_1 + I_4 + I_5 &= I_2 + I_3 \\ I_5 &= (I_2 + I_3) - (I_1 + I_4) = (4 + 4) - (2 + 5) = 1 \text{ A} \end{aligned}$$

Jadi besar arus listrik yang mengalir pada  $I_5$  adalah 1 ampere.

## b. Rangkaian Hambatan Listrik

Pada suatu rangkaian listrik, hambatan listrik juga dapat dipasang secara seri dan paralel seperti pada lampu dan baterai (Ingat hasil percobaan pada Aktivitas 5.5 dan 5.6). Pola pemasangan hambatan listrik ini ternyata juga memengaruhi besar arus listrik yang mengalir pada suatu rangkaian listrik. Tahukah kamu mengapa? Perhatikan penjelasan berikut!

### 1) Rangkaian Hambatan Listrik Seri

Pada rangkaian seri kuat arusnya bernilai sama tetapi tegangannya berbeda-beda, sehingga:

$$\begin{aligned} V_1 &\neq V_2 \neq \dots \neq V_n \\ V_{\text{total}} &= V_1 + V_2 + \dots + V_n \end{aligned}$$



Menurut hukum Ohm

$$V_1 = I \cdot R_1$$

$$V_2 = I \cdot R_2$$

$$V_{total} = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2)$$

Karena :

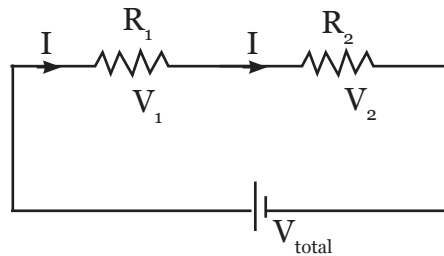
$$V_s = I \cdot R_s = V_{total}$$

maka,  $R_s$

$$R_s = R_1 + R_2$$

Jika ada n buah hambatan yang disusun secara seri maka:

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



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 5.10** Rangkaian Seri Hambatan Listrik

## 2) Rangkaian Hambatan Listrik Paralel

Pada rangkaian paralel, tegangan listrik bernilai sama tetapi besar kuat arusnya berbeda, sehingga:

$$I_1 \neq I_2 \neq \dots \neq I_n$$

Menurut hukum Ohm

$$I_1 = \frac{V}{R_1} \text{ dan } I_2 = \frac{V}{R_2}$$

$$I_{total} = I_1 + I_2$$

$$I_{total} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Karena:

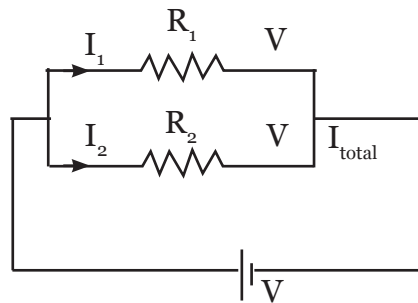
$$I_{total} = \frac{V}{R_p}$$

maka,

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

Sehingga, untuk n buah hambatan paralel:

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



Sumber: Dok. Kemdikbud

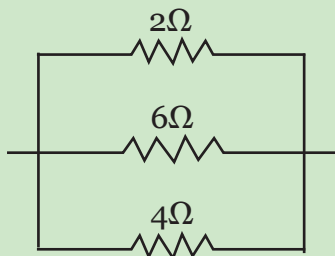
**Gambar 5.11** Rangkaian Paralel Hambatan Listrik



### Ayo, Kita Selesaikan

Perhatikan Gambar 5.12-5.15! Hitunglah besar hambatan pengganti beberapa rangkaian hambatan berikut!

a. Rangkaian hambatan 1



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 5.12** Rangkaian Hambatan 1

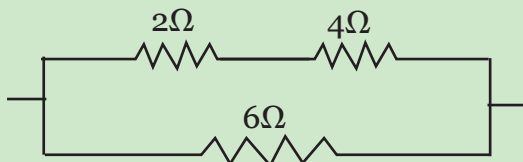
b. Rangkaian hambatan 2



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 5.13** Rangkaian Hambatan 2

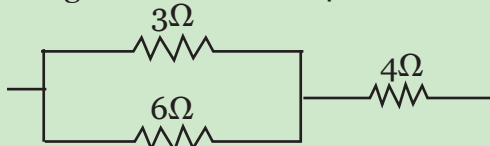
c. Rangkaian hambatan 3



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 5.14** Rangkaian Hambatan 3

d. Rangkaian hambatan 4



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 5.15** Rangkaian Hambatan 4





### c. Rangkaian GGL dan Hukum Ohm pada Rangkaian Tertutup

Baterai baru yang belum dipakai umumnya memiliki Gaya Gerak Listrik (GGL) = 1,5 V. Artinya sebelum dirangkai untuk menghasilkan arus listrik, di antara kutub-kutub baterai ada tegangan sebesar 1,5 V. Jika baterai dihubungkan dengan suatu rangkaian sehingga ada arus yang mengalir, maka tegangan di antara kutub-kutub baterai disebut **tegangan jepit**. Perbedaan besar GGL dan tegangan jepit baterai terjadi karena adanya hambatan dalam pada baterai. Coba kamu ingat kembali hasil percobaan pada Aktivitas 5.7. Menurut Hukum Ohm, besar kuat arus yang mengalir pada rangkaian tertutup adalah:

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

Sehingga, besar tegangan jepitnya menjadi,

$$\begin{aligned} I \cdot R &= E - (i \cdot r) \\ V &= E - (i \cdot r) \end{aligned}$$

dengan:

$r$  = hambatan dalam ( $\Omega$ )

$R$  = hambatan luar ( $\Omega$ )

$E$  = GGL baterai (volt)

$V$  = tegangan jepit (volt)

$I$  = arus listrik (ampere)

Elemen listrik yang sama dipasang secara seri dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$\begin{aligned} E_{total} &= E_1 + E_2 + \dots + E_n = n \cdot E \\ r_{total} &= r_1 + r_2 + \dots + r_n = n \cdot r \end{aligned}$$

sehingga besar kuat arusnya adalah:

$$I = \frac{n \cdot E}{R + (n \cdot r)}$$



#### Ayo, Kita Diskusikan

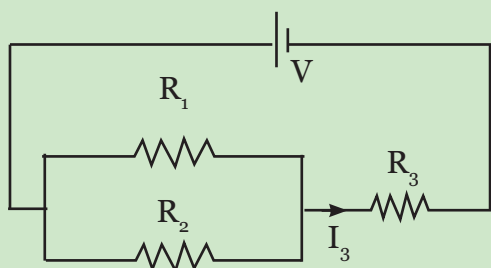
Bagaimana jika elemen listrik yang sama dipasang secara paralel? Jelaskan!





### Ayo, Kita Selesaikan

Perhatikan Gambar 5.16!



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 5.16** Contoh Soal Rangkaian Hambatan Seri dan Paralel

Jika  $R_1 = 3 \, \Omega$ ,  $R_2 = 6 \, \Omega$ ,  $R_3 = 2 \, \Omega$ , dan  $I_3 = 3 \, \text{A}$ , hitung:

- Hambatan total rangkaian
- Tegangan total ( $V_{AB}$ )
- Arus listrik yang mengalir pada  $R_1$
- Arus listrik yang mengalir pada  $R_2$

## 5. Sumber Arus Listrik

Listrik adalah energi, sehingga sesuai dengan hukum kekekalan energi, untuk menghasilkan energi listrik perlu adanya alat yang dapat mengubah energi lain menjadi energi listrik. Secara umum, sumber arus listrik terdiri atas dua jenis, yaitu sumber arus searah *Direct Current* (DC) dan sumber arus bolak-balik *Alternating Current* (AC). Agar lebih memahami, perhatikan Tabel 5.7!

Elemen volta, baterai, dan akumulator adalah sumber arus DC yang dihasilkan dari reaksi kimia, sehingga disebut juga sebagai **elektrokimia**. Berdasarkan dapat atau tidaknya diisi ulang, sumber arus listrik dibedakan menjadi elemen primer dan elemen sekunder. **Elemen primer** adalah sebutan bagi sumber arus listrik yang tidak dapat diisi ulang ketika energinya habis, contohnya seperti baterai kering dan elemen volta. **Elemen sekunder** adalah sebutan bagi sumber arus listrik yang dapat diisi ulang ketika energinya habis,



contohnya seperti akumulator dan baterai Lithium-ion (Li-ion) yang digunakan pada telepon genggam atau kamera.

**Tabel 5.7** Jenis Sumber Arus Listrik

Jenis Sumber Arus Listrik	Sumber Arus	Proses Perubahan Energi
DC ( <i>direct current</i> )	Elemen volta	Kimia → listrik
	Elemen kering (baterai)	Kimia → listrik
	Akumulator (ACCU)	Kimia → listrik
	Solar sel	Kalor → listrik
AC ( <i>alternating current</i> )	Generator	Gerak → listrik

## 6. Sumber-Sumber Energi Listrik

Tahukah kamu, bagaimana cara membangkitkan energi listrik yang biasa kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari? Apa hanya dari minyak bumi dan batubara saja? Mengingat keterbatasan energi tambang, kini listrik tidak hanya dihasilkan dari minyak bumi atau batu bara, tetapi juga dari energi **matahari, angin, air, dan bioenergi**. Sumber-sumber energi tersebut merupakan energi alternatif karena ketersediaannya di alam yang dianggap sangat melimpah atau tidak akan pernah habis jika digunakan. Agar mengetahui berbagai sumber energi alternatif tersebut, bacalah uraian berikut dengan saksama.

### a. Energi Matahari

Energi matahari merupakan sumber energi terbesar dan paling melimpah. Melalui penggunaan panel surya, energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik. Energi yang diperoleh saat matahari bersinar terang akan disimpan dalam baterai agar dapat digunakan saat cuaca mendung atau bahkan malam hari. Pada saat cuaca mendung, energi listrik yang diperoleh tidak dapat dihasilkan secara maksimal.



Sumber: freedigitalphotos.net

**Gambar 5.17** Panel Sel Surya

Penggunaan energi surya di Indonesia diterapkan dalam dua macam teknologi, yaitu teknologi energi surya termal dan energi surya fotovoltaik. Suhu yang tinggi dari energi surya termal digunakan untuk memasak (kompor surya), mengeringkan hasil pertanian, dan memanaskan air. Energi surya fotovoltaik digunakan untuk menghasilkan listrik yang nantinya dapat digunakan untuk menyalakan lampu, memutar pompa air, menyalakan televisi, dan sebagai energi alat telekomunikasi.

## b. Energi Angin (Kincir Angin)

Angin adalah salah satu contoh sumber energi alternatif yang dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik. Energi gerak, yang dihasilkan oleh gerakan angin terhadap kincir, diubah oleh generator menjadi energi listrik. Berbeda dengan batu bara, gas, dan minyak bumi, kincir angin tidak menyebabkan polusi bagi lingkungan, sehingga kincir angin dipercaya ramah lingkungan.

Oleh sebab itu, pada tahun 1930, pemerintah Amerika mulai menggunakan kincir angin sebagai sumber energi listrik utamanya. Di daerah California, saat ini sudah ada 13.000 kincir angin yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik hingga 1,5 – 4 juta kWh setiap tahunnya, ini berarti setiap kincir angin digunakan untuk menyuplai kebutuhan listrik 150 hingga 400 rumah. Namun, ketika tidak ada angin yang berhembus, maka tidak akan ada energi listrik yang dihasilkan, sehingga masih diperlukan sejumlah batubara, gas, atau minyak bumi untuk memenuhi energi listrik pada saat tersebut.



Sumber: Dok. kemdikbud

**Gambar 5.18** Sumber Energi Angin

Tidak kalah dengan California, Indonesia telah membangun beberapa unit kincir angin di Yogyakarta dengan kapasitas masing-masing 80 KW dan menargetkan pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Baru (PLTB) yang mampu menghasilkan 250 MW pada tahun 2025.



### c. Energi Air (Hydropower)

Air yang mengalir dari hulu ke hilir, khususnya pada sungai-sungai yang deras, dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif untuk membangkitkan energi listrik. Arus air sungai tersebut dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin yang terhubung pada generator sehingga energi listrik dapat dihasilkan.



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 5.19** PLTA Karangkates yang Memanfaatkan Aliran Sungai Brantas

Banyaknya sungai dan danau air tawar membuat Indonesia membangun banyak Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di seluruh wilayahnya. Potensi tenaga air di seluruh Indonesia diperkirakan sebesar 75.684 MW, tetapi yang sudah dimanfaatkan masih 100 MW dengan jumlah pembangkit sekitar 800 buah. Salah satu contoh PLTA yaitu PLTA Karangkates yang ada di Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur.

### d. Bioenergi

Bioenergi adalah energi yang diperoleh dari biomassa. Biomassa merupakan bahan organik yang berasal dari makhluk hidup, baik dari tumbuhan maupun hewan. Limbah dari budidaya pertanian, perkebunan, kehutanan, peternakan, maupun perikanan juga dapat digunakan sebagai sumber bioenergi.



Sumber: [www.goodnewsfinlad.com](http://www.goodnewsfinlad.com)

**Gambar 5.20** Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa

Energi yang diperoleh dari biomassa ini dapat diubah menjadi energi listrik dengan cara mengolah biomassa menjadi bahan bakar nabati, misalnya etanol atau biodisel. Bahan bakar nabati ini selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan bakar generator atau diesel untuk menghasilkan listrik.

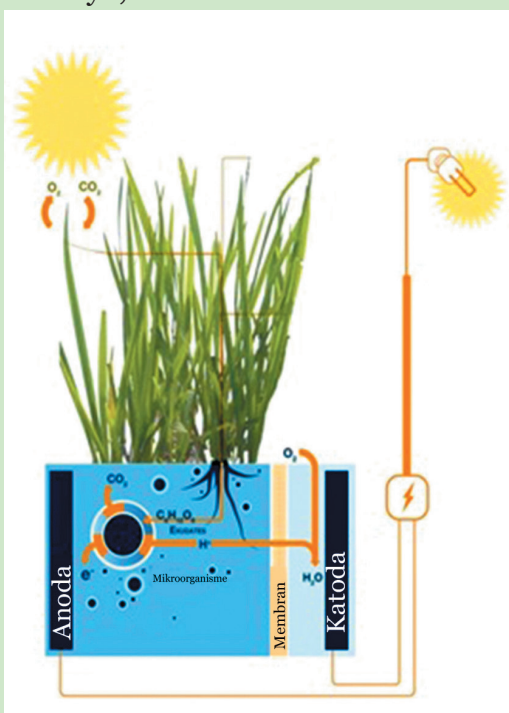


### Tahukah Kamu?

Pernahkan kamu berpikir bahwa tanaman dapat menghasilkan arus listrik? **Sumber listrik baru** telah dikembangkan oleh Marjolein Helder dari Universitas Wageningen Belanda. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada saat tumbuh, tanaman memperoleh listrik dari interaksi antara akar tanaman dengan bakteri tanah.

Akar tanaman tersebut mampu mengeluarkan cairan dan gas hingga 70% ke tanah. Selanjutnya bakteri yang ada di sekitar akar mengurai bahan organik sehingga membentuk sumber energi listrik baru. Saat menguji penelitiannya, Helder meletakkan sebuah elektrode dekat bakteri untuk menyerap elektron dan hasilnya menunjukkan ada arus listrik yang mengalir di antara elektrode tersebut.

Mikroba pada tanaman mikrobial dapat menghasilkan arus 0,4 watt per meter persegi dari tanaman hidup. Di waktu mendatang, energi listrik dari tanaman ini akan dikembangkan hingga dapat memproduksi sebanyak 3,2 watt meter persegi. Ini artinya akar dalam wilayah 100 meter persegi dapat memenuhi kebutuhan listrik sebuah rumah dengan pemakaian 2.800 kWh per tahun.



Sumber: [tabloidpula.co.id](http://tabloidpula.co.id)

**Gambar 5.21** Tumbuhan sebagai Sumber Energi Listrik





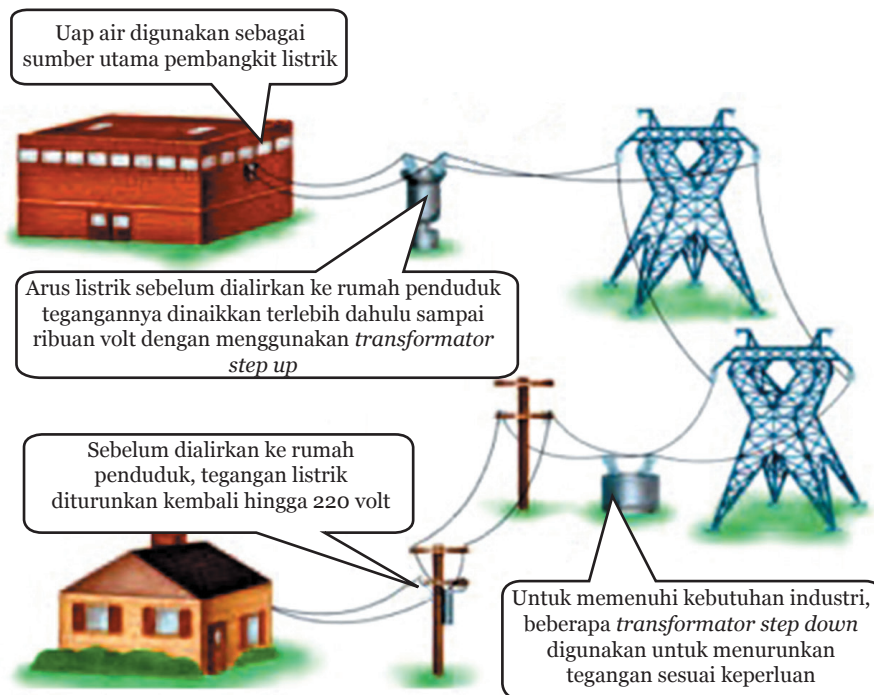


## Ayo, Kita Cari Tahu

Tahukah kamu bahwa energi nuklir, gas hidrogen, panas bumi, gelombang air laut, dan piezoelektrik juga merupakan sumber energi listrik alternatif? Coba cari informasi sebanyak-banyaknya tentang pengertian dan cara kerja tiap-tiap sumber energi tersebut! Tuliskan dalam bentuk makalah, konsultasikan kepada gurumu, dan kemudian presentasikan di depan kelas!

### 7. Transmisi Energi Listrik

Tahukah kamu bagaimana energi listrik dapat disalurkan ke rumah-rumah dengan efektif dan efisien? Perhatikan Gambar 5.22!



Sumber: Bigss dkk., 2008

**Gambar 5.22** Transmisi Energi Listrik Jarak Jauh

Transmisi listrik jarak jauh dilakukan dengan menaikkan tegangan listrik. Jika tegangan listrik untuk transmisi jarak jauh rendah, maka arus listriknya akan menjadi besar sehingga diperlukan kabel listrik



yang besar dan banyak energi yang terbuang menjadi kalor saat listrik disalurkan dari PLN ke rumah-rumah. Namun, dengan tegangan yang tinggi, arus listrik akan menjadi kecil sehingga kabel listrik yang dibutuhkan kecil dan tidak terlalu banyak energi yang terbuang.

Agar tegangan listrik dari PLN dapat dinaikkan, maka diperlukan transformator *step up*. PLN memproduksi listrik dengan tegangan sebesar 10.000 volt, sehingga perlu dinaikkan menjadi sekitar 150.000 volt. Transmisi energi listrik dengan tegangan sebesar ini dilakukan dengan menaikkan kabel pada gardu-gardu listrik yang tinggi agar aman bagi penduduk. Pada transmisi berikutnya digunakan transformator *step down* untuk menurunkan tegangan hingga menjadi 220 volt sehingga dapat langsung didistribusikan ke penduduk.

