

Bab 8

Listrik Dinamis

Tuti yang baru berusia lima tahun, pada suatu pagi bermain-main lampu senter. Ia menekan tombol merah, ternyata lampu senter menyala. Sambil melihat ibunya yang sedang menyapu, tangan Tuti memutar-mutar tutup senter sampai akhirnya tutup senter itu lepas. Tuti menekan tombol merah. Ia sangat heran karena lampu senter tidak menyala. Dari kejadian yang dilakukan oleh Tuti memunculkan suatu pertanyaan yaitu:

1. Apa yang menyebabkan lampu senter menyala?
2. Mengapa jika tutup lampu senter dilepas atau dikendorkan, lampu tersebut tidak dapat menyala?

Pertanyaan-pertanyaan di atas berhubungan dengan listrik dinamis.

Untuk menjawabnya marilah kita pelajari materi berikut.



Untuk mempermudah memahami materi ini, perhatikan peta konsep berikut ini.



Kata Kunci

Setelah kalian memahami peta konsep di atas, perhatikan kata-kata kunci berikut yang merupakan kunci dan cara memahami materi ini.

- Amperemeter
- Arus listrik
- Beda potensial
- Voltmeter



Kegiatan 8.1

A. Tujuan

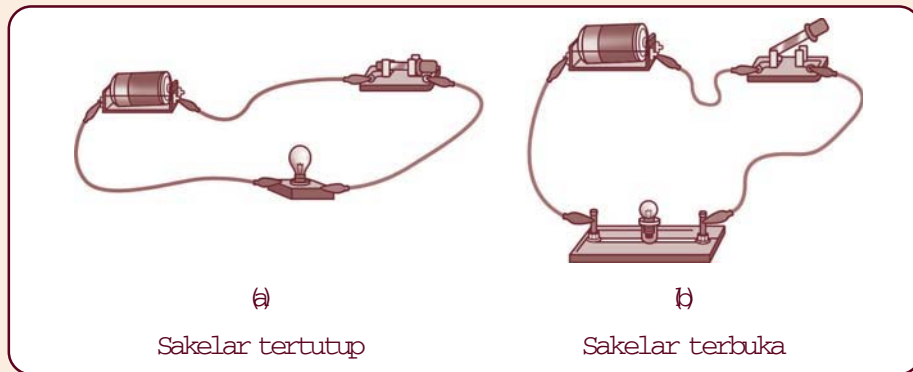
Mengamati cara kerja suatu rangkaian listrik.

B. Alat dan Bahan

1. Sebuah baterai dan tempatnya
2. Sebuah lampu pijar
3. Sakelar lengkap dengan kabel penghubung

C. Cara Kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Rangkailah baterai, lampu, dan sakelar menggunakan kabel penghubung seperti pada gambar di bawah ini.



3. Tekan sakelar, sehingga posisi sakelar seperti pada gambar a.
4. Amati lampu pijar. Apa yang terjadi?
5. Tekan sakelar, sehingga posisi sakelar seperti pada gambar b (sakelar terbuka).
6. Amati keadaan lampu pijar. Apa yang terjadi?
7. Diskusikan dengan teman sekelompok kalian mengapa semua itu terjadi?
8. Gunakan hasil diskusi dan hasil pengamatan untuk menjawab pertanyaan berikut ini:
 - a. Rangkaian listrik pada Kegiatan 8.1, pada saat sakelar dalam keadaan tertutup disebut rangkaian listrik tertutup sedangkan pada saat sakelar dalam keadaan terbuka disebut

- b. Pada saat sakelar tertutup, terdapat perbedaan . . . sehingga terjadi aliran
- c. Pada saat sakelar terbuka, tidak terdapat perbedaan . . . sehingga tidak terjadi aliran

D. Hasil Pengamatan:

Buatlah kesimpulan disertai suatu alasan!



A. Arus Listrik dan Beda Potensial Listrik

1. Arus Listrik

Analisis dari lampu senter dan kegiatan 8.1 dapat diterangkan secara fisika. Dengan adanya beda potensial yang ditunjukkan oleh sumber tegangan menyebabkan adanya aliran muatan. Banyaknya aliran muatan, Q , per satuan waktu, t , disebut arus muatan, I . Jika aliran muatan positif disebut arus listrik atau kuat arus. Secara matematika dapat ditulis,

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

Dengan Q dinyatakan dalam satuan coulomb (C), t dalam satuan sekon, dan kuat arus dinyatakan dalam satuan ampere (A). Oleh karena itu, ampere dapat dinyatakan sebagai coulomb per sekon dan 1 ampere adalah 1 coulomb muatan yang mengalir dalam waktu 1 sekon. Seperti pada satuan panjang atau massa, satuan kuat arus dapat dinyatakan dalam satuan yang lebih kecil yaitu miliampere (mA) dan mikroampere (μA).

Hubungan satuan-satuan tersebut sebagai berikut:

$$1 \mu A = \frac{1}{1.000} A \quad \text{atau} \quad 1 mA = 10^{-3} A$$

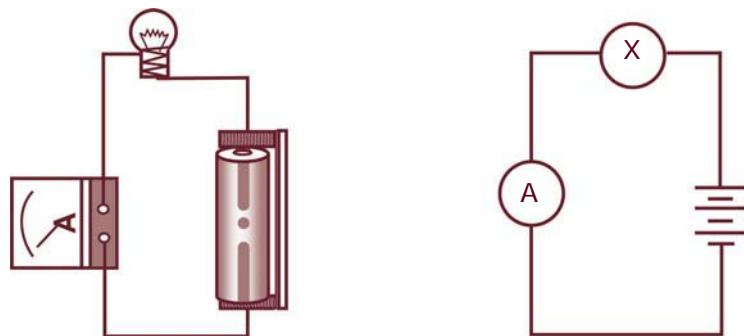
$$1 \mu A = \frac{1}{1.000.000} A \quad \text{atau} \quad 1 mA = 10^{-6} A$$

Apabila dalam suatu penghantar mengalir elektron sebanyak N dan masing-masing elektron bermuatan e coulomb, dengan $e = 1,6 \times 10^{-19}$ coulomb, maka kuat arus I adalah:

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

Arus listrik memiliki arah yaitu dari potensial tinggi ke potensial rendah. Oleh karena itu, arus listrik termasuk besaran vektor. Sedangkan kuat arus listrik tidak memiliki arah, maka kuat arus listrik termasuk besaran skalar.

Amperemeter adalah alat untuk mengukur kuat arus listrik. Untuk mengukur kuat arus listrik, diukur dengan amperemeter, yang disusun secara seri atau berurutan dengan komponen yang akan diukur kuat arusnya. Mengapa harus dipasang seri? Penyusunan amperemeter untuk mengukur kuat arus yang lewat pada lampu dalam sebuah rangkaian ditunjukkan oleh Gambar 8.1.



Gambar 8.1 Mengukur kuat arus



Tugas

Setelah kalian mempelajari tentang arus listrik, apakah perbedaan antara arus listrik dengan kuat arus listrik?

2. Beda Potensial

Aliran muatan dipengaruhi besar kecilnya potensial dari satu titik ke titik yang lain. Dengan kata lain, besarnya beda potensial akan mempengaruhi banyak muatan yang mengalir dalam suatu penghantar. Oleh karena itu, ada hubungan antara beda potensial dengan muatan listrik. Perpindahan muatan dari satu titik ke titik yang lain diperlukan energi. Jika muatannya adalah muatan elektron, maka dapat ditulis kembali dalam persamaan,

$$W = e V$$

Dengan satuan untuk energi adalah joule, sehingga berdasarkan persamaan di atas, joule dapat dinyatakan dengan satuan coulombvolt atau elektronvolt (eV).

Contoh soal 8.1:

Di dalam suatu penghantar dialiri muatan listrik sebesar 360 coulomb dalam waktu satu menit. Berapa besar arus listrik yang mengalir dalam penghantar tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui : $Q = 360$ coulomb
 $t = 1$ menit = 60 sekon

Ditanya : $I = \dots ?$

$$\begin{aligned} \text{Jawab} : I &= \frac{Q}{t} \\ &= \frac{360\text{C}}{60\text{s}} \\ &= 6 \text{ ampere} \end{aligned}$$



B. Mengukur Besar Arus Listrik dan Beda Potensial Listrik

1. Mengukur Arus Listrik



Kegiatan 8.2

A. Tujuan

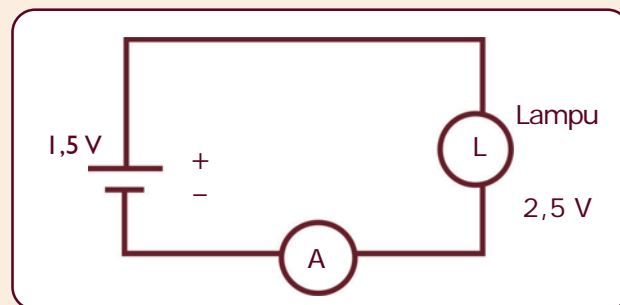
Mengukur besarnya kuat arus dalam suatu rangkaian

B. Alat dan Bahan

1. Dua buah baterai
2. Sebuah lampu bohlam
3. Kabel penghubung
4. Papan rangkaian
5. Sebuah AVometer

C. Cara Kerja

1. Hubungkan sebuah bola lampu dan sebuah baterai menggunakan kabel penghubung pada papan rangkaian, seperti gambar di bawah ini.



2. Siapkan AVometer untuk mengukur kuat arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian DC dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. Masukkan colok merah ke terminal positif (+) dan colok hitam ke terminal negatif (-).
 - b. Putarlah sakelar pilih ke daerah pengukuran DC – A.

- c. Bila jarum penunjuk tidak tepat pada angka nol aturlah pengeset jarum.
 - d. Bila jarum penunjuk sudah tepat pada angka nol, maka AVO meter telah siap digunakan untuk mengukur arus yang mengalir pada rangkaian DC.
3. Gunakan AVO meter yang berfungsi sebagai amperemeter, dengan skala batas ukur sampai 1 A.
 4. Amati apa yang terjadi pada lampu bohlam tersebut.
 5. Apabila lampu menyala, catatlah hasil penunjuk amperemeter. Berapa angka yang ditunjukkan pada amperemeter?
 6. Lepaslah salah satu kabel penghubung pada lampu. Apa yang terjadi?
 7. Pada saat lampu mati, berapa besar kuat arusnya?
 8. Bagaimana pendapat kalian tentang hubungan antara amperemeter dengan nyala atau matinya lampu dalam suatu rangkaian listrik?
 9. Lakukan dengan cara yang sama, namun gunakan 2 baterai dalam rangkaian tersebut. Dengan menggunakan dua baterai, berapa besar sumber tegangan yang digunakan?
 10. Apabila dibandingkan dengan menggunakan satu baterai, bagaimana keadaan nyala lampu ini?
 11. Bagaimana hubungan besar kuat arus terhadap sumber tegangan?

D. Hasil Pengamatan

Buatlah kesimpulan yang disertai alasan untuk menganalisis pernyataan-pertanyaan berikut:

1. Hubungan kuat arus dengan beda potensial,
2. Nyala lampu dengan sumber tegangan,
3. Apa artinya jika angka amperemeter menunjukkan angka nol, dan
4. Apakah angka yang ditunjukkan oleh amperemeter sama dengan kuat arus yang lewat pada lampu atau kuat arus yang dihasilkan oleh sumber tegangan?

2. Pengukuran Sumber Tegangan atau Beda Potensial

Secara kualitatif kita bisa menentukan besar suatu tegangan dari sumber tegangan yang digunakan dalam suatu rangkaian listrik. Misalkan, suatu baterai yang kalian gunakan dalam rangkaian pada Kegiatan 8.2, tertera 1,5 V atau mungkin 3 V. Angka ini adalah angka yang ditunjukkan oleh suatu industri di mana baterai itu dibuat. Bagaimana cara membuktikan bahwa angka-angka tersebut adalah benar adanya? Oleh karena itu, kita perlu mengadakan pengukuran yaitu dengan suatu alat yang disebut voltmeter.



Kegiatan 8.3

A. Tujuan

Menentukan besar sumber tegangan dari suatu rangkaian.

B. Alat dan Bahan

1. 4 buah baterai
2. Basicmeter (voltmeter)
3. Kabel secukupnya
4. Kotak tempat baterai

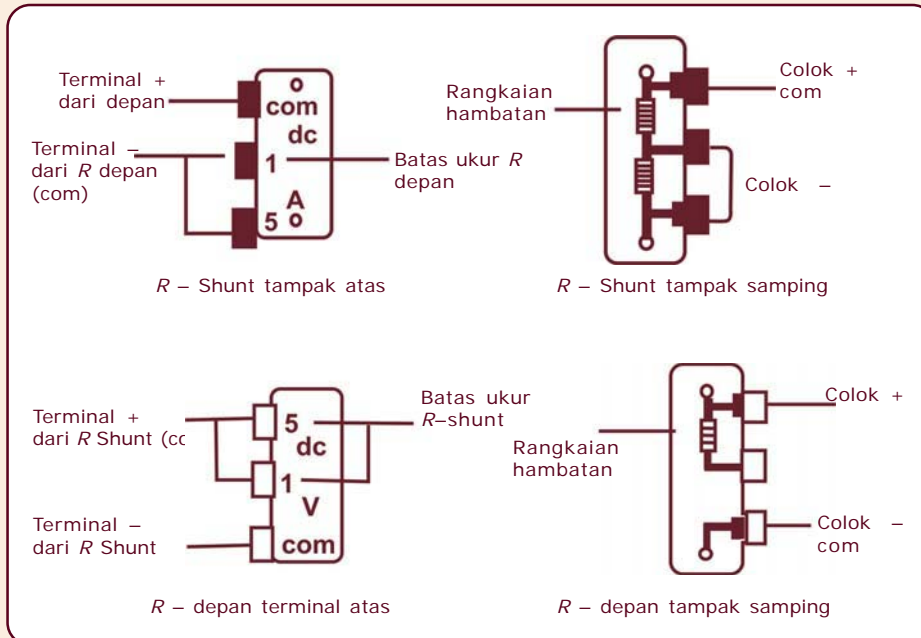
C. Cara Kerja

1. Beri tulisan pada masing-masing baterai E_1 , E_2 , E_3 , dan E_4 .
2. Cara menggunakan Basicmeter:
Sebelum kita menggunakan Basicmeter, marilah kita pelajari dahulu mikroamperemeter. Bagian-bagian mikroamperemeter:
 - a. Jarum penunjuk
 - b. Terminal (+) mikroampere
 - c. Terminal (-) mikroampere
 - d. Skala penunjuk
 - e. Sekrup pengatur nol

Catatan:

- a. Apabila dalam mikroamperemeter dipasang hambatan depan (R – depan) atau hambatan Shunt (R – Shunt) maka mikroamperemeter itu disebut Basicmeter Unit (BMU). Basic Meter Unit ini sering hanya disebut Basicmeter.
- b. Kalau Basicmeter digunakan untuk mengukur kuat arus searah (DC) maka padanya harus dipasang R – Shunt.

- c. Sedangkan untuk mengukur beda potensial atau beda tegangan maka pada mikroamperemeter harus dipasang R – depan. Lihat gambar di bawah ini.



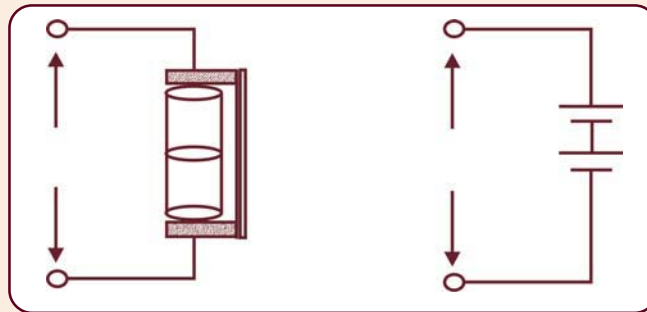
Terminal positif (+) dan negatif (–) dari mikroamperemeter berfungsi sebagai penghubung atau soket untuk colok-colok dari R – Shunt atau R – depan.

Batas ukur dari BMU sudah berubah sesuai dengan batas ukur yang tertera dalam R – depan atau R – Shunt yang kita pilih.

- d. Cara membaca skala pengukuran Basic Meter Unit (BMU) sebagai berikut:

$$\frac{\text{Skala yang ditunjuk}}{\text{Skala maksimum}} \text{ batas ukur}$$

3. Aturlah batas ukur Basicmeter pada posisi 10 volt.
4. Ukurlah tegangan tiap baterai (sel) menggunakan Basic meter. Catat hasil pengukuran kalian.
5. Ambil 2 buah baterai E_1 dan E_2 kemudian rangkailah secara seri, seperti gambar berikut ini.



6. Ukur dan catatlah hasil penunjukan voltmeter.
7. Ambillah baterai E_3 kemudian ketiga baterai E_1 , E_2 , dan E_3 dirangkai secara seri. Ukur dan catat hasil penunjukan voltmeter.
8. Ambillah baterai E_4 kemudian keempat baterai, E_1 , E_2 , E_3 , dan E_4 dirangkai secara seri! Ukur dan catat hasil penunjukan voltmeter.
9. Hitunglah tegangan terminal E_T masing-masing untuk,

$$E_T = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n$$

D. Hasil Pengamatan

Buatlah kesimpulan yang disertai alasan dari data yang kalian peroleh! Berilah pernyataan yang berkaitan dengan hasil pengukuran secara seri dengan penjumlahan secara matematika, apakah ada perbedaan dan mengapa!

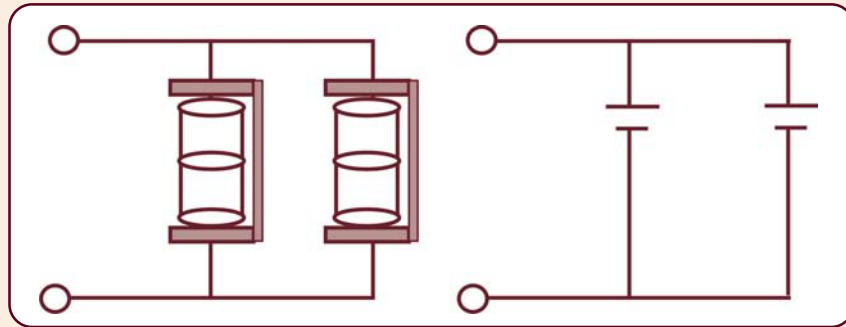
Info MEDIA

Basicmeter merupakan alat ukur listrik yang berfungsi ganda. Basicmeter bisa digunakan untuk mengukur kuat arus listrik dan juga beda potensial.



Kegiatan 8.4

1. Lakukan dengan cara yang sama seperti pada Kegiatan 8.3, namun baterai tersebut kalian susun secara paralel, seperti gambar di bawah ini. Catatlah hasil pengukuran kalian.



Buatlah kesimpulan yang disertai alasan dari data yang sudah diperoleh! Berilah pernyataan yang berkaitan dengan hasil pengukuran secara paralel jika nilai E_T sama dengan nilai E dari masing-masing baterai. Apakah ada perbedaan dan mengapa?

Setelah kalian melakukan kegiatan sendiri/kelompok untuk rangkaian paralel, apa yang bisa kalian kemukakan tentang perbedaan sumber tegangan yang disusun secara seri dan paralel. Pada susunan seri, terminal positif dihubungkan dengan terminal negatif dan seterusnya, sebaliknya untuk susunan paralel, terminal positif semua dihubungkan bersama begitu pula untuk semua terminal negatif.

Dari hasil kegiatan 8.3 dan 8.4, menunjukkan bahwa besarnya tegangan terminal E_T , untuk sumber tegangan, E , yang disusun secara seri merupakan jumlah dari setiap sumber tegangan. Secara matematika dapat ditulis,

$$E_T = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n$$

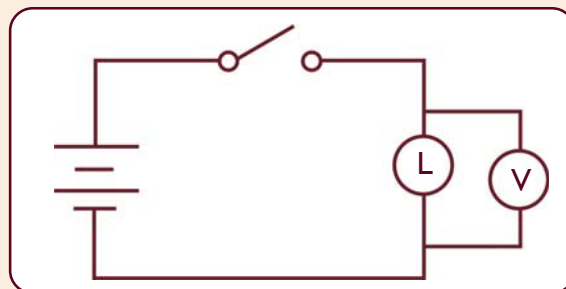
Sebaliknya untuk sumber tegangan yang sama disusun secara paralel maka tegangan terminal yang didapatkan adalah sama dengan sumber tegangan untuk satu sumber tegangan (satu baterai),

$$E_T = E_1 = E_2 = E_3 = \dots + E_n$$

Sistem penggunaan baterai secara paralel biasa digunakan oleh seseorang yang akan menghidupkan salah satu mobil yang kebetulan akinya dalam posisi lemah arus sehingga tidak kuat untuk menghidupkan mesin saat distater. Prinsip yang digunakan adalah di mana baterai yang lemah (R -nya tinggi) dihubungkan secara paralel dengan baterai yang sehat (R -nya rendah) yang akan mengalirkan arus sehingga mobil dapat distater. Jika setiap sumber tegangan berbeda disusun secara paralel tentunya akan mendapatkan situasi yang lebih kompleks.

Dari hasil pengukuran pada Kegiatan 8.3 dan 8.4 mengapa tegangan yang terukur sebelum dan sesudah dirangkai dengan lampu, menghasilkan tegangan terminal yang berbeda baik secara seri maupun paralel jika dibandingkan dengan angka yang tertera pada masing-masing baterai. Untuk mengetahui jawabannya kalian bisa melakukan kegiatan secara kelompok untuk mengukur kuat arus maupun tegangan yang melewati lampu. Lihat voltase dan arus maksimumnya yang tertera pada lampu pijar sebelum dirangkai, misalkan tertera 2,4 V, 0,5 A, apa artinya?

- Perhatikan gambar di bawah ini. Lakukan pengukuran tegangan yang lewat lampu dengan menggunakan voltmeter. Catatlah hasil pengukuran yang sudah kalian peroleh.



Hasil Pengamatan

Berdasarkan data yang kalian peroleh, bandingkan tegangan pada catu daya dengan tegangan pada bola lampu! Kesimpulan apa yang kalian dapat?

Contoh soal 8.2

Tiga buah baterai yang masing-masing memiliki GGL sebesar E , dirangkai secara seri maka berapakah GGL total atau GGL terminalnya?

Penyelesaian:

Diketahui : n = 3 buah
 GGL = E Seri
Ditanya : E_T = . . . ?
Jawab : E_T = $E + E + E$
= $n E$
= $3 E$

Rangkuman

1. Arus listrik: aliran muatan listrik karena adanya beda potensial pada sumber tegangan.
2. Arus listrik dinyatakan dalam besaran kuat arus listrik

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

3. Amperemeter: alat untuk mengukur kuat arus listrik.
4. Beda potensial mempengaruhi besar kecilnya aliran muatan.
5. Untuk memindahkan muatan dari satu titik ke titik yang lain dibutuhkan energi sebesar:

$$W = e V$$

6. Voltmeter: alat untuk mengukur beda potensial.

Refleksi

Sebagai bahan refleksi untuk menguji kemampuan kalian tentang listrik dinamis, jelaskan terjadinya arus listrik dan cara mengukurnya, serta sebutkan penerapan listrik dinamis di lingkungan sekitar kalian! Jika kalian mampu menjawab pertanyaan di atas, silakan melanjutkan pembelajaran ke bab berikutnya.



Uji Kompetensi

A. Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf *a*, *b*, *c*, atau *d*!

1. Banyaknya muatan listrik yang mengalir tiap detik melalui suatu penghantar dinamakan
 - a. arus elektron
 - b. kuat arus
 - c. arus listrik
 - d. kapasitas
2. Arus listrik dapat mengalir dalam suatu rangkaian tertutup, jika
 - a. terdapat hambatan
 - b. terdapat beda potensial di antara dua titik
 - c. dipasang sumber tegangan sehingga potensialnya menjadi sama
 - d. dipasang sakelar
3. Perbedaan antara arus listrik dan kuat arus listrik, yaitu
 - a. arus listrik memiliki arah sedangkan kuat arus listrik tidak
 - b. arus listrik besaran skalar sedangkan kuat arus listrik besaran vektor
 - c. keduanya memiliki arah yang berlawanan
 - d. arus listrik terjadi dari muatan sedangkan kuat arus listrik terjadi dari elektron
4. Ani mengukur besar arus yang lewat pada suatu penghantar. Ternyata ia dapatkan hasil 36 miliampere. Data yang diperoleh Ani ini setara dengan
 - a. $3,6 \times 10^{-3}$ ampere
 - b. $3,6 \times 10^{-2}$ ampere
 - c. 3,6 ampere
 - d. 36 ampere
5. Muatan listrik sebesar satu coulomb yang mengalir selama satu detik disebut
 - a. satu farad
 - b. satu coulomb detik
 - c. satu ohm
 - d. satu ampere

6. Ali melakukan percobaan, ia mendapatkan hasil pengukuran besar arus listrik yaitu 4,2 mikroampere. Hasil ini setara dengan
- $4,2 \times 10^{-6}$ A
 - $4,2 \times 10^{-5}$ A
 - 4,2 A
 - 42 A
7. Seorang anak hendak mengukur besar arus yang mengalir melalui bola lampu pijar menggunakan amperemeter. Maka amperemeter dan lampu pijar harus disusun secara
- campuran
 - seri
 - paralel
 - seri dan dapat pula paralel
8. Perhatikan pernyataan-pernyataan berikut!
- 1) Aliran arus listrik dari potensial tinggi ke rendah.
 - 2) Aliran arus listrik selalu melawan arah aliran elektron.
 - 3) Besarnya arus listrik tidak dapat diukur.
 - 4) Arus listrik mengalir memerlukan penghantar.
- Pernyataan di atas yang benar adalah
- 1, 2
 - 1, 2, dan 3
 - 1, 2, dan 4
 - 1, 2, 3, dan 4
9. Selama sepuluh detik banyaknya muatan listrik yang mengalir dalam penghantar sebesar 20 coulomb, maka kuat arus listriknya
- 200 ampere
 - 20 ampere
 - 10 ampere
 - 2 ampere
10. 240 coulomb muatan listrik mengalir melalui penghantar selama t detik. Apabila besar arus yang timbul 2 ampere. Maka t adalah
- 2 menit
 - 4 menit
 - 12 menit
 - 120 menit

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas!

1. Empat buah baterai masing-masing memiliki GGL 1,5 volt dan hambatan dalam 0,1 ohm, dirangkai seri. Kemudian rangkaian seri baterai ini dihubungkan dengan hambatan 5,6 ohm sehingga terjadi aliran listrik. Hitunglah besar arus yang keluar dari sumber tegangan tersebut!
2. Empat buah baterai masing-masing memiliki GGL dan hambatan dalam 1,5 volt dan 0,1 ohm. Keempat baterai dirangkai paralel. Kemudian rangkaian ini dihubungkan dengan hambatan sebesar 5,975 ohm sehingga terjadi aliran listrik. Hitunglah besar arus yang timbul pada rangkaian ini!
3. Sebuah penghantar dilalui arus listrik sebesar 150 miliampere. Berapakah muatan listrik yang dapat dipindahkan selama 10 menit?
4. Sebuah sumber tegangan mengeluarkan energi sebesar 2.500 joule untuk memindahkan 100 coulomb muatan listrik dan satu titik ke titik lain. Berapakah beda potensial sumber tegangan tersebut?
5. Sebuah sumber tegangan mengeluarkan energi 15.000 joule. Jika beda potensial sumber adalah 150 volt, tentukan besar muatan yang dipindahkan!

Proyek

Buatlah lampu kelap-kelip bersama kelompok kalian dengan rangkaian paralel dan seri. Kemudian bandingkan hasil pengamatan kalian.