FISIKA

Kelas XII SMA/Sederajat

MATERI

Listrik Arus Searah

POGIL

Nama : .....

Kelas : .....

Irfan Yusuf, M.Pd.
Prof. Dr. Punaji Setyosari, M.Ed.,M.Pd.
Prof. Dr. Dedi Kuswandi, M.Pd.
Saida Ulfa, M.Edu.,Ph.D.

LIVEWORKSHEETS

ARUS LISTRIK

A. Identifikasi Kebutuhan Pembelajaran

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi arus listrik, pebelajar diharapkan dapat dengan tepat:

- Menganalisis arus listrik pada suatu rangkaian.
- Membedakan aliran elektron dengan aliran arus listrik.
- Membedakan hambatan ohmik dan non-ohmik.

Pengantar

Gambar 1. Penggunaan Listrik dalam Kehidupan Sehari-hari

Kita menggunakan berbagai perangkat listrik setiap hari. Saat menyalakan lampu, mengisi daya ponsel, atau mengoperasikan komputer, terdapat arus listrik yang mengalir di dalam kabel dan memungkinkan perangkat tersebut berfungsi. Perangkat seperti *virtual reality* sebagaimana pada gambar 1, menggunakan sensor haptik atau sensor sentuh kapasitif untuk mendeteksi sentuhan pengguna, menghasilkan aliran listrik kecil yang kemudian diubah menjadi sinyal perintah. Fenomena ini menunjukkan bahwa listrik memiliki peran penting dalam kehidupan karena memungkinkan berbagai kemudahan yang dinikmati setiap hari.

Listrik tidak hanya ditemukan dalam perangkat buatan manusia. Di alam, kita juga bisa menemukan fenomena serupa, seperti petir yang menyambar saat badai terjadi. Petir sebenarnya adalah aliran listrik dalam skala besar yang terjadi akibat perbedaan muatan di awan dan permukaan bumi. Di dalam tubuh manusia, listrik juga memainkan peran penting dalam sistem saraf. Setiap kali kita menggerakkan tangan atau berbicara, otak mengirimkan sinyal listrik ke otot melalui jaringan saraf, memungkinkan tubuh kita berfungsi dengan baik. Lalu, bagaimana sebenarnya listrik bisa mengalir dan menghasilkan energi yang kita manfaatkan? Konsep utama

LIVEWORKSHEETS

yang menjelaskan fenomena ini adalah arus listrik. Dengan memahami bagaimana arus listrik bekerja, kita dapat lebih mengapresiasi teknologi di sekitar kita serta lebih bijak dalam menggunakan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari.

💡 Prediksi Awal

Sebelum memahami bagaimana arus listrik bekerja, ada beberapa pertanyaan yang dapat kita renungkan terkait fenomena yang sering kita temui sehari-hari. Misalnya, Mengapa lampu dapat menyala begitu kita menekan sakelar? Apa yang sebenarnya mengalir di dalam kabel listrik sehingga perangkat elektronik dapat berfungsi? Kita juga dapat mengamati fenomena alam seperti petir yang menyambar saat badai, lalu bertanya-tanya apakah petir memiliki hubungan dengan listrik yang kita gunakan di rumah. Selain itu, dalam tubuh kita sendiri, bagaimana otak dapat mengirimkan sinyal ke tangan atau kaki untuk bergerak? Apakah listrik juga berperan dalam proses tersebut? Di sisi lain, kita sering menggunakan baterai untuk menyalakan senter atau ponsel, tetapi bagaimana baterai bisa menghasilkan energi listrik? Bagaimana tanggapan Anda terkait hal tersebut?.

Tulis jawabanmu pada kolom berikut:

LIVEWORKSHEETS

B. Menghubungkan Pengetahuan Sebelumnya

Kadang lampu meredup saat banyak alat menyala, atau sekring rumah tiba-tiba turun. Situasi-situasi seperti itu menunjukkan bahwa ada hubungan antara jumlah perangkat yang digunakan dan kondisi jaringan listrik di rumah. Setiap kali kita menggunakan peralatan listrik, ada sesuatu yang mengalir dan bekerja di balik kabel, tombol, dan stop kontak. Pengamatan sehari-hari membantu mengenali pola kerja listrik. Pengetahuan ini berguna saat mulai memahami rangkaian listrik dan bagaimana arus mengalir di dalamnya. Apa yang menyebabkan semua perangkat bisa berfungsi secara bersamaan? Apa yang terjadi ketika jumlah alat melebihi kapasitas listrik di rumah?

Tulis jawabanmu pada kolom berikut:

LIVEWORKSHEETS

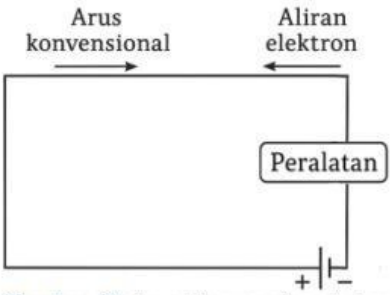
C. Eksplorasi Materi

Gambar 2. TENS sebagai Terapi Nyeri dengan Memanfaatkan Arus Listrik

Sumber: https://www.alomedika.com/cme-skp-efikasi-transcutaneous-electrical-nerve-stimulation-tens-pada-tinitus-kronis

Banyak orang mengalami nyeri otot atau saraf akibat cedera, aktivitas berat, atau kondisi medis tertentu. Salah satu solusi yang digunakan di dunia medis adalah alat bernama TENS (*Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*). Alat ini bekerja dengan mengalirkan arus listrik bertegangan rendah melalui kulit menuju saraf-saraf tertentu. Arus listrik yang dikirimkan TENS membantu menghambat sinyal nyeri yang seharusnya dikirim ke otak, sehingga tubuh merasa lebih nyaman.

Prinsip kerja TENS melibatkan konsep dasar arus listrik dalam rangkaian tertutup. Pada proses ini, muncul pertanyaan fisika yang menarik. Arus listrik seperti apa yang sebenarnya mengalir di dalam tubuh? Bagaimana arah arus memengaruhi sistem saraf manusia?.



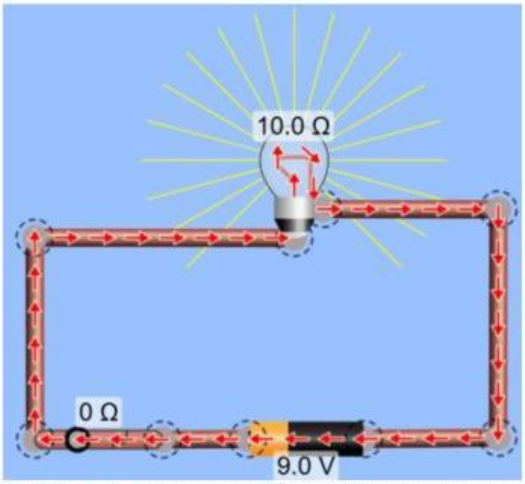
Gambar 3. Arus Konvensional dan Aliran Elektron

Ketika mempelajari listrik, sering muncul kebingungan tentang arah arus. Mengapa dalam buku-buku pelajaran arus digambarkan mengalir dari kutub positif ke negatif, padahal yang sebenarnya bergerak adalah elektron dari kutub negatif ke positif? Apakah ini sebuah kesalahan? Ataukah memang ada alasan tertentu di balik penentuan arah tersebut? Pertanyaan ini sudah muncul sejak ratusan tahun lalu dan hingga kini, arah arus tetap ditunjukkan seolah berasal dari kutub positif. Fenomena ini dikenal sebagai arus konvensional, yang menjadi dasar dalam mempelajari konsep listrik.

Para ilmuwan pada masa awal belum memiliki kemampuan untuk mengamati partikel subatomik secara langsung. Mereka menetapkan arah aliran muatan dari kutub

LIVEWORKSHEETS

positif ke negatif sebagai kesepakatan awal. Penemuan tentang elektron sebagai partikel bermuatan negatif yang bergerak justru datang setelah konvensi arah arus ditetapkan. Penetapan awal tersebut akhirnya diterima luas dan dijadikan acuan hingga kini.



Gambar 4. Arah Arus Listrik yang Ditampilkan melalui Simulasi Laboratorium Virtual PhET

Arus atau yang lebih dikenal dengan istilah *current* merupakan muatan yang bergerak dari satu daerah ke daerah yang lain dengan proses konduksi pada bahan konduktor seperti logam maupun lakur, semi konduktor, dielektrik tak sempurna, gas terion hingga hampa udara di sekitar katoda yang mengakibatkan panas dengan memancarkan ion. Muatan yang bergerak dapat berupa positif dan negatif.

Pada Gambar 3 terlihat arus listrik mengalir dari kutub positif (+) ke kutub negatif (-) baterai, arah gerakan elektronnya kebalikan. Simbol untuk melambangkan baterai yaitu:

disimbolkan:

Arus listrik merupakan sejumlah muatan yang mengalir melalui luas penampang persatuan waktu yaitu:

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

Keterangan:

ΔQ = sejumlah muatan (C)

Δt = waktu yang ditempuh (detik atau sekon)

Satu coulomb per sekon disebut ampere (A), yaitu satuan arus listrik secara Standar Internasional. Nama satuan ini diambil dari matematikawan Prancis André-Marie Ampère (1775–1836) yang dikenal sebagai pelopor dalam ilmu elektrodinamika. Besar muatan merupakan kelipatan bilangan

LIVEWORKSHEETS

bulat dari muatan elementer (e), sehingga persamaan arus listrik dapat dituliskan:

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

dengan n yaitu jumlah muatan dan e adalah muatan elementer $1{,}6 \times 10^{-19}$ C.

Komponen elektronik yang dapat digunakan untuk mengatur arus listrik dalam rangkaian adalah resistor. Sebuah resistor memiliki resistansi atau hambatan dengan satuan ohm atau Ω. Selain resistor yang memiliki nilai hambatan, kawat juga memiliki nilai hambatan. Demikian juga bola lampu (bohlam) karena di dalamnya terdapat kawat tipis yang memiliki hambatan.

Alat-alat listrik yang memiliki nilai hambatan tetap dengan grafik linier antara tegangan dan arus dikenal dengan hambatan ohmik. Tidak semua nilai hambatan bernilai tetap atau memenuhi hukum Ohm, ada juga yang berubah bergantung pada besaran lainnya. Hambatan dengan nilai berubah disebut hambatan non-ohmik, contohnya lampu filamen. Lampu filamen memancarkan cahaya setelah filamen kawat di dalamnya menjadi panas, memiliki hambatan yang tidak konstan namun dipengaruhi oleh suhu kawat.

Berbeda dengan lampu filamen yang memancarkan cahaya karena pemanasan, LED akan memancarkan cahaya *monokromatik* ketika dihubungkan dengan tegangan pada kondisi panjar maju. Jika sebuah resistor dan LED dihubungkan dengan sumber tegangan dalam rangkaian tertutup, maka arus listrik akan mengalir.

D. Contoh Soal

Menganalisis 1

Mince adalah pebelajar SMA dari Papua yang sedang mengikuti praktikum fisika untuk menganalisis arus listrik pada suatu rangkaian menggunakan media laboratorium virtual. Dia mencatat jumlah muatan listrik yang mengalir melalui kabel logam saat alat dihubungkan dengan sumber listrik selama beberapa waktu. Mince mencatat dua situasi berbeda:

LIVEWORKSHEETS

- Situasi A: Dalam waktu 30 detik, kabel menghantarkan muatan sebesar 90 Coulomb.
- Situasi B: Dalam waktu 15 detik, kabel menghantarkan muatan sebesar 60 Coulomb.

Mince nampak bingung karena pada Situasi B, muatan yang mengalir lebih sedikit, tetapi lampu yang terpasang justru tampak lebih terang.

Pertanyaan:

Berdasarkan data yang diperoleh Mince, analisis perbandingan besar arus listrik pada kedua situasi. Apa yang menyebabkan perbedaan intensitas terang lampu pada kedua situasi, dan hubungan antara muatan, waktu, dan kuat arus yang dapat kamu simpulkan?

Jawaban:

✅ Menuliskan yang diketahui:

Situasi A:

- Q = 90 C
- t = 30 s

Situasi B:

- Q = 60 C
- t = 15 s

✅ Menuliskan yang ditanyakan:

Perbandingan arus listrik pada kedua situasi. Perbedaan kecerahan lampu. Simpulan hubungan Q, t, dan I.

✅ Mencari jawaban:

Gunakan rumus dasar arus listrik:

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

Situasi A:

$$I = \frac{90}{30} = 3\,A$$

Situasi B:

$$I = \frac{60}{15} = 4\,A$$

✅ Menuliskan kesimpulan akhir:

Arus listrik pada Situasi B lebih besar (4 A) dibandingkan Situasi A (3 A), meskipun muatan yang mengalir lebih

LIVEWORKSHEETS

sedikit. Ini terjadi karena waktu tempuh muatan pada Situasi B lebih singkat, sehingga laju aliran muatan per detik (arus listrik) lebih tinggi. Lampu pada Situasi B tampak lebih terang karena kecerahan lampu sebanding dengan kuat arus yang mengalir. Semakin besar arus, semakin banyak energi listrik yang diserap lampu per detik, sehingga nyalanya lebih terang. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa:

- Arus listrik berbanding lurus dengan jumlah muatan (Q)
- Arus listrik berbanding terbalik dengan waktu (t)
- Kecerahan lampu sebanding dengan besar arus listrik yang mengalir.

Menganalisis 2

Rikardus melakukan percobaan virtual untuk menganalisis bagaimana jumlah elektron memengaruhi besar arus listrik. Dia membuat rangkain yang terdiri dari suatu penghantar dan dialiri arus listrik konstan. Dalam satu skenario, tercatat bahwa selama waktu 4 detik, sebanyak $1{,}25 \times 10^{19}$ elektron mengalir dalam rangkaian tersebut. Dia ingin memahami bagaimana pergerakan muatan ini membentuk arus listrik, serta membandingkannya dengan skenario lain jika jumlah elektron berbeda.

Pertanyaan:
Bagaimana jika jumlah elektron yang mengalir menjadi dua kali lipat dalam waktu yang sama, apakah arus listrik juga menjadi dua kali lipat?.

Jawaban:

- ✅ Menuliskan yang diketahui:
  Jumlah elektron $n=1{,}25\times10^{19}$
  Waktu $t=4$ s
  Muatan elektron $e=1{,}6\times10^{-19}$ C

- ✅ Menuliskan yang ditanyakan:
  Perbandingan arus listrik jika jumlah elektron yang mengalir menjadi dua kali lipat dalam waktu yang sama.

LIVEWORKSHEETS

- Mencari jawaban:
  Gunakan rumus arus listrik:

$$I = \frac{n \cdot e}{t} = \frac{(1{,}25 \times 10^{19}) \cdot (1{,}6 \times 10^{-19})}{4} = \frac{2}{4} = 0{,}5 \text{ A}$$

  Besar arus listrik adalah 0,5 A.
  Jika n menjadi dua kali lipat (yaitu $2{,}5 \times 10^{19}$), dan waktu tetap 4 detik, maka:

$$I = \frac{2{,}5 \times 10^{19} \cdot 1{,}6 \times 10^{-19}}{4} = \frac{4}{4} = 1{,}0 \text{ A}$$

  Secara matematis, arus menjadi dua kali lipat.

- Menuliskan kesimpulan akhir:
  Arus listrik mencerminkan laju aliran muatan. Ketika jumlah muatan (elektron) yang berpindah per detik meningkat, maka laju perpindahan muatan juga meningkat, ini berarti arus listrik akan naik. Peningkatan jumlah elektron langsung meningkatkan jumlah total muatan yang berpindah tiap detik karena waktu konstan, sehingga arus juga meningkat secara proporsional.

Metakognitif

1. Bayangkan kamu sedang bermain dengan sebuah mobil mainan yang bergerak dengan menggunakan baterai. Mobil tersebut memiliki motor kecil yang dihubungkan dengan rangkaian listrik. Ketika kamu menekan tombol di *remote*, mobil tersebut langsung bergerak. Setelah beberapa saat, mobil mulai bergerak lebih lambat. Apakah ada hubungan antara kuat arus listrik dengan waktu berdasarkan konsep muatan listrik?
   Jawaban:
   Ya, ada hubungan antara kuat arus listrik dan waktu. Hubungan ini dijelaskan oleh persamaan:

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

   Artinya, semakin lama waktu berjalan, semakin banyak muatan yang sudah mengalir selama rangkaian aktif. Ketika mobil mainan digunakan terus-menerus, baterai mulai kehilangan energinya, sehingga jumlah muatan yang mampu dialirkan setiap detik menjadi lebih sedikit. Hal ini

LIVEWORKSHEETS

menyebabkan kuat arus menurun seiring waktu, yang menyebabkan motor mobil bergerak lebih lambat. Jadi, secara tidak langsung, kuat arus listrik bisa berubah terhadap waktu tergantung pada sumber daya listrik dan kondisi rangkaian, dan perubahan ini memengaruhi kinerja alat seperti mobil mainan.

2. Antonius sedang mempelajari konsep dasar listrik dalam pelajaran fisika. Ketika mencoba memahami arah arus listrik dalam rangkaian, dia merasa bingung karena di buku pelajaran disebutkan bahwa arah arus listrik konvensional berlawanan dengan arah aliran elektron. Bagaimana sebenarnya perbedaan antara aliran elektron dan arah arus listrik konvensional? Jelaskan berdasarkan konsep fisika dan alasan historis penetapan arah arus!
   Jawaban:
   Perbedaan antara aliran elektron dan arah arus listrik konvensional dapat dijelaskan sebagai berikut:
   Aliran elektron bergerak dari kutub negatif ke kutub positif dalam rangkaian listrik, karena elektron bermuatan negatif dan bergerak menuju daerah dengan potensial lebih tinggi. Arus listrik konvensional didefinisikan bergerak dari kutub positif ke kutub negatif, berdasarkan kesepakatan historis sebelum elektron ditemukan. Meskipun secara fisik elektron mengalir berlawanan arah dengan arus listrik konvensional, dalam perhitungan teknik listrik dan elektronika, tetap menggunakan arah arus konvensional sebagai standar.

3. Mince sedang melakukan eksperimen di laboratorium fisika, dia menghubungkan berbagai bahan konduktor dalam rangkaian listrik untuk mengukur hubungan antara arus dan tegangan. Pada percobaannya, dia menemukan bahwa pada beberapa bahan, hubungan antara arus dan tegangan tidak linier, berbeda dengan bahan konduktor lain yang mengikuti Hukum Ohm. Mengapa ada bahan yang tidak mengikuti Hukum Ohm? Apa yang menyebabkan hubungan antara arus dan tegangan pada bahan-bahan tersebut menjadi berbeda?
   Jawaban:
   Beberapa bahan tidak mengikuti Hukum Ohm karena hambatan listriknya tidak konstan dan dapat berubah

LIVEWORKSHEETS

tergantung pada tegangan atau arus yang diberikan. Bahan seperti ini disebut non-ohmik. Contoh bahan non-ohmik:

- Dioda: Hambatannya sangat kecil saat dalam keadaan bias maju, tetapi sangat besar saat dalam bias mundur.
- Lampu pijar: Saat suhu filamen meningkat, hambatan juga meningkat, sehingga tidak mengikuti hubungan linier antara tegangan dan arus.
- Semikonduktor (misalnya transistor dan thermistor): Hambatannya bergantung pada suhu atau medan listrik eksternal.

Faktor-faktor yang memengaruhi sifat non-ohmik:

- Suhu: Hambatan dapat berubah karena kenaikan suhu, seperti pada filamen lampu pijar.
- Medan listrik: Pada bahan semikonduktor, medan listrik eksternal dapat mengubah jumlah pembawa muatan.
- Karakteristik bahan: Struktur atom dan ikatan dalam suatu bahan menentukan apakah ia akan memiliki hambatan konstan atau tidak.

Tulis tanggapanmu terhadap eksplorasi materi di atas pada kolom berikut:

LIVEWORKSHEETS