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

HUKUM KIRCHOFF 2

A. Identifikasi Kebutuhan Pembelajaran

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi hukum Kirchoff 2, pebelajar diharapkan dapat dengan tepat:

- Menganalisis arus dan tegangan pada percobaan Hukum Kirchoff 2.
- Menganalisis jumlah aljabar tegangan dalam sebuah loop tertutup.

Pengantar

Gambar 1. Instalasi Pembagian

Pada kehidupan sehari-hari, kita sering menggunakan berbagai perangkat listrik yang membutuhkan daya listrik agar dapat berfungsi dengan baik. Misalnya, ketika mengisi daya ponsel, kita menghubungkannya ke sumber listrik dengan tegangan tertentu agar baterai dapat terisi. Begitu juga pada sirkuit elektronik, yaitu berbagai komponen seperti lampu, resistor, dan kapasitor memerlukan tegangan yang sesuai agar dapat bekerja dengan optimal. Namun, dalam suatu rangkaian listrik yang kompleks, tegangan tidak selalu terbagi secara sederhana, terutama ketika terdapat banyak elemen listrik yang dihubungkan dalam berbagai konfigurasi.

Pada sistem kelistrikan yang memiliki lebih dari satu jalur tertutup, seperti rangkaian bercabang yang menghubungkan berbagai komponen, tegangan dari sumber listrik akan mengalami pembagian di sepanjang jalur yang dilalui oleh arus listrik. Kita dapat melihat contoh ini pada distribusi listrik di dalam rumah, di mana beberapa peralatan tetap menerima tegangan meskipun dihubungkan dalam satu sistem yang sama. Untuk memahami bagaimana tegangan bekerja dalam suatu rangkaian tertutup dan bagaimana hukum kekekalan energi berlaku dalam sistem ini, diperlukan prinsip dasar yang menjelaskan hubungan antara tegangan, arus, dan komponen dalam rangkaian listrik.

LIVEWORKSHEETS

Salah satu prinsip fundamental dalam analisis rangkaian listrik adalah Hukum Kirchhoff 2, yang menjelaskan bagaimana tegangan dalam suatu rangkaian tertutup bekerja dan bagaimana jumlah tegangan yang diberikan oleh sumber listrik akan terbagi di antara elemen-elemen dalam jalur tersebut.

💡 Prediksi Awal

Sebelum mempelajari lebih dalam tentang Hukum Kirchhoff 2, ada beberapa hal yang bisa diprediksi berdasarkan pengalaman sehari-hari. Ketika mengisi daya ponsel, kita menggunakan adaptor dengan tegangan tertentu agar baterai dapat terisi dengan baik. Jika ada beberapa perangkat yang dihubungkan ke satu sumber listrik, bagaimana tegangan dari sumber tersebut terbagi di antara perangkat-perangkat tersebut? Apakah setiap perangkat selalu mendapatkan tegangan yang sama, atau tegangan yang diterima bergantung pada bagaimana perangkat tersebut dihubungkan dalam rangkaian?. Bagaimana tanggapan Anda terkait hal tersebut?.

Tulis jawabanmu pada kolom berikut:

LIVEWORKSHEETS

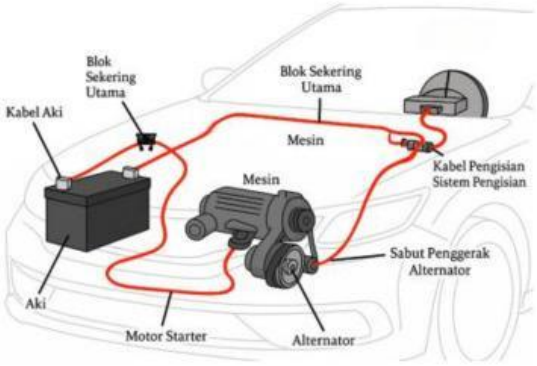
B. Menghubungkan Pengetahuan Sebelumnya

Pada konsep dasar listrik, kita telah mempelajari bahwa tegangan listrik adalah perbedaan potensial yang mendorong arus listrik mengalir dalam suatu rangkaian. Pada rangkaian sederhana dengan satu jalur, tegangan dari sumber listrik akan didistribusikan ke seluruh komponen sesuai dengan hukum Ohm. Namun, pada rangkaian yang lebih kompleks dengan lebih dari satu jalur tertutup, tegangan dapat terbagi di antara berbagai elemen rangkaian. Dalam rangkaian seri, kita telah belajar bahwa tegangan sumber akan terbagi di antara komponen sesuai dengan besar hambatannya. Sementara itu, dalam rangkaian paralel, tegangan pada setiap cabang akan tetap sama. Jika suatu rangkaian memiliki lebih dari satu loop atau jalur tertutup, bagaimana hubungan antara tegangan yang diberikan oleh sumber dengan tegangan yang ada di setiap elemen dalam loop tersebut? Bagaimana kita dapat memastikan bahwa total perubahan tegangan dalam suatu loop selalu memenuhi hukum kekekalan energi?. Jelaskan bagaimana kaitannya dengan hukum Kirchoff 2?.

Tulis jawabanmu pada kolom berikut:

LIVEWORKSHEETS

C. Eksplorasi Materi



Gambar 2. Diagram *Vehicle Electrical System* pada Mobil

Sistem kelistrikan kendaraan (*Vehicle Electrical System*) merupakan bagian penting yang mendukung fungsi berbagai komponen elektronik seperti sistem penerangan, starter, dan kontrol mesin. Masalah umum yang sering muncul adalah distribusi tegangan yang tidak merata akibat kompleksitas rangkaian tertutup yang saling terhubung. Ketidakseimbangan ini dapat menyebabkan penurunan kinerja atau bahkan kerusakan pada komponen. Pemahaman tentang aliran arus dan tegangan menjadi kunci dalam merancang sistem yang efisien dan andal. Prinsip dasar kelistrikan sangat dibutuhkan agar analisis terhadap rangkaian dapat dilakukan secara tepat.

Permasalahan mengenai bagaimana tegangan tersebar dalam rangkaian tertutup membawa kita pada Hukum Tegangan Kirchhoff (Kirchhoff 2) atau *Kirchhoff Voltage Law* (KVL). Hukum ini menyatakan bahwa jumlah perubahan potensial sepanjang lintasan tertutup dalam suatu rangkaian harus sama dengan nol. Apakah mungkin merancang sistem kelistrikan kendaraan yang kompleks tanpa memahami hukum dasar seperti Hukum Kirchhoff 2?

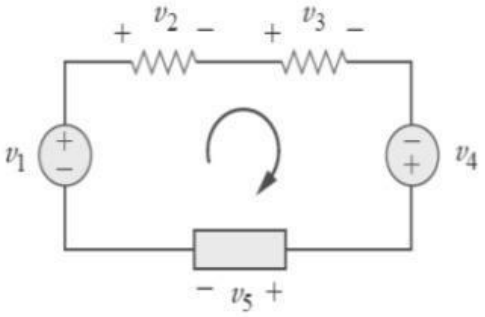
Hukum kirchoff 2 atau lebih dikenal dengan hukum loop. Secara matematis, KVL dinyatakan dalam bentuk:

$$\sum_{m=1}^{M} v_m = 0$$

Keterangan:
m adalah jumlah tegangan dalam loop (atau jumlah cabang dalam loop) dan v_m merupakan tegangan.

LIVEWORKSHEETS

Gambar 18 menggambarkan KVL. Perhatikan sirkuit pada setiap tegangan adalah polaritas terminal yang pertama kali kita temui pada rangkaian loop. Kita dapat mulai dengan cabang apa saja dan berputar pada rangkaian loop-loop baik searah jarum jam atau berlawanan arah jarum jam. Misalkan kita mulai dengan sumber tegangan dan searah jarum jam di rangkaian loop pada Gambar 18 yaitu:



Gambar 3. Tegangan Lintasan Loop

$$-v_{1,}\ +v_2,\ +v_3,\ -v_{4,}\ \text{dan}\ +v_{5,}$$

Misalkan, ketika kita mencapai cabang 3, dimana terminal positif bertemu pertama kali. Pada cabang 4, mencapai terminal negatif terlebih dahulu. Jadi, KVL menghasilkan:

$$-v_{1,} + v_2 + v_3 - v_4 + v_5 = 0$$

Kemudian kita atur kembali,

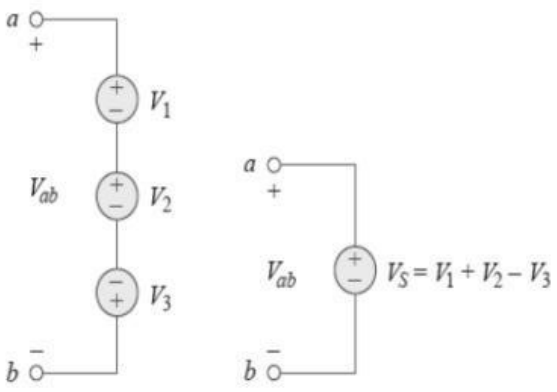
$$v_2 + v_3 + v_5 = v_1 + v_4$$

yang dapat diartikan sebagai,

Jumlah voltase turun = Jumlah voltase naik

Ketika sumber tegangan dihubungkan secara seri, KVL dapat diterapkan untuk mendapatkan total tegangan. Tegangan gabungan adalah jumlah aljabar dari tegangan masing-masing sumber.

LIVEWORKSHEETS

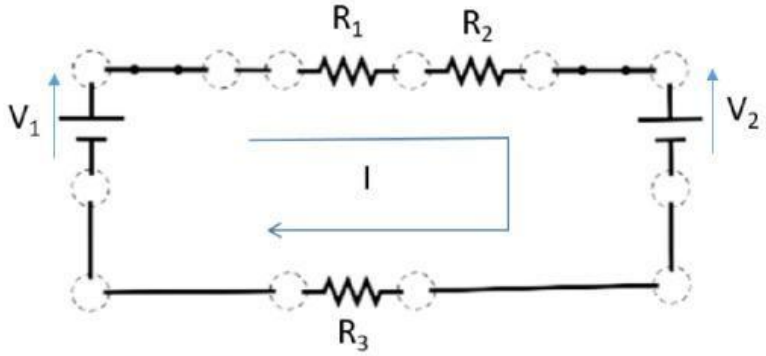


Gambar 4. Voltase Sumber

Voltase sumber sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 24 yaitu tegangan gabungan diperoleh dengan menerapkan KVL yaitu:

$$-v_{ab} + v_1 + v_2 - v_3 = 0$$
$$v_{ab} = v_1 + v_2 - v_3$$

Penerapan Kirchhoff 2 dapat juga dilakukan dengan menentukan sembarang arah arus terlebih dahulu. Apabila arus seaarah dengan arah arus yang keluar dari sumber maka sumber bertanda positif dan sebaliknya apabila arah arus berlawanan arah arus yang keluar dari sumber maka sumber bertanda negatif. Apabila diperoleh nilai arus negatif dalam perhitungan, maka arah arus berlawanan dengan pemisalan arah arus dan sebaliknya.



Gambar 5. Penerapan Hukum Tegangan Kirchoff

LIVEWORKSHEETS

Berdasarkan Gambar 25 diperoleh persamaan Kirchhoff 2, yaitu:

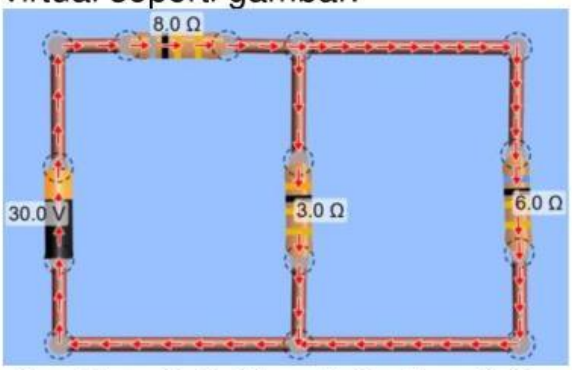
$$V + \sum IR = 0$$

$$-V_1 + I_1R_1 + I_2R_2 + V_2 + I_3R_3 = 0$$

D. Contoh Soal

Menganalisis

Karlos membuat sebuah rangkaian tertutup melalui percobaan virtual seperti gambar.



Jika R_1 = 8 Ω, R_2 = 3 Ω, R_3 = 6 Ω, dan V_S = 30 V dengan arah arus sebagaimana pada gambar.

Pertanyaan:

Bagaimana nilai hambatan masing-masing resistor dan posisi sumber tegangan tersebut berkontribusi terhadap nilai arus pada ketiga resistor?. Analisis hubungan sebab-akibat tersebut bekerja dalam menentukan arus pada masing-masing cabang!

Jawaban:

- Menuliskan yang diketahui:
  R_1 = 8 Ω
  R_2 = 3 Ω
  R_3 = 6 Ω
  V_S = 30 V

- Menuliskan yang ditanyakan:
  I_1 ,I_2, I_3, V_1, V_2, dan V_3 serta alasan perbedaan nilai

LIVEWORKSHEETS

- Mencari jawaban:
  $V_1 = 8I_1;\ V_2 = 3I_2;\ V_3 = 6I_3$
  Tegangan dan arus dari masing-masing resistor terkait hukum ohm seperti yang ditunjukkan pada gambar:
  $$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$
  Pada loop I:
  $$30 - V_1 - V_2 = 0$$
  $$30 - 8I_1 - 3I_2 = 0$$
  $$I_1 = \frac{(30-3I_2)}{8}$$
  Pada Loop II:
  $$-V_2 + V_3 = 0$$
  $$V_3 = V_2$$
  $6I_3 = 3I_2$ dan $I_3 = \frac{I_2}{2}$ sehingga dapat disubsitusikan pada persamaan yaitu:
  $$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$
  $$\frac{(30-3I_2)}{8} - I_2 - \frac{I_2}{2} = 0$$
  $$I_2 = 2A$$
  Dari persamaan di atas akan diperoleh,
  $I_1 = 3A\ ;\ I_2 = 2A;\ I_3 = 1A;\ V_1 = 24V;\ V_2 = 6V\ ;\ V_3 = 6V$

- Menuliskan kesimpulan akhir:
  Arus dan Voltase pada rangkaian yang tidak ada pada gambar yaitu:
  $I_1 = 3A\ ;\ I_2 = 2A;\ I_3 = 1A;\ V_1 = 24V;\ V_2 = 6V\ ;\ V_3 = 6V.$
  Resistor yang berada dalam satu rangkaian tertutup memiliki arus yang berbeda karena nilai hambatannya berbeda. Nilai resistansi menentukan besar kecilnya arus yang mengalir. Prinsip ini dijelaskan melalui analisis rangkaian listrik berdasarkan Hukum Ohm dan Hukum Kirchoff.

Metakognitif

1. Arnoldus sedang memecahkan soal tentang rangkaian tertutup yang terdiri dari beberapa resistor dan sumber tegangan. Dia menyusun persamaan berdasarkan besar tegangan dan arus pada setiap komponen, lalu memeriksa apakah hasilnya masuk akal. Setelah beberapa kali

LIVEWORKSHEETS

mencoba, dia sadar bahwa saat menjumlahkan semua tegangan dalam satu loop tertutup, hasilnya selalu nol, tidak peduli berapa banyak resistor atau sumber tegangan yang ada. Apakah ini dapat berlaku di semua loop tertutup?

Jawaban:

Ya, penemuan Arnoldus benar dan berlaku secara umum, yaitu dalam setiap loop tertutup di suatu rangkaian listrik, jumlah aljabar tegangan selalu sama dengan nol, tidak peduli berapa banyak resistor atau sumber tegangan yang ada di dalam loop tersebut. Fenomena ini dijelaskan oleh Hukum Kirchhoff 2 atau Hukum Tegangan Kirchhoff, secara matematis, dinyatakan sebagai: $\sum V=0$.

2. Tinus sedang bekerja pada proyek rangkaian listrik yang lebih kompleks, yaitu ada beberapa komponen yang terhubung dalam bentuk loop tertutup. Bagaimana cara menganalisis jumlah aljabar tegangan dalam sebuah loop tertutup menggunakan Hukum Kirchhoff 2? Jelaskan langkah-langkah perhitungan dan penerapan hukum ini dalam rangkaian listrik!

   Jawaban:

   Tegangan dalam loop tertutup dapat dianalisis menggunakan Hukum Kirchhoff 2, langkah-langkah berikut dapat dilakukan:

   Langkah 1: Tentukan loop yang akan dianalisis
   - Identifikasi jalur tertutup dalam rangkaian yang ingin dihitung.
   - Tentukan arah loop (searah atau berlawanan jarum jam).

   Langkah 2: Tentukan tanda tegangan
   - Tegangan dari sumber tegangan (baterai) diberi tanda positif.
   - Tegangan jatuh pada resistor atau komponen lain diberi tanda negatif.

   Langkah 3: Tulis persamaan Hukum Kirchhoff 2
   - Jumlahkan semua tegangan dalam loop menggunakan persamaan: $\sum V=0$

   Langkah 4: Substitusi nilai dan hitung

3. Yulianus sedang mempelajari hukum-hukum dasar dalam rangkaian listrik. Dia menemukan bahwa dalam setiap loop

LIVEWORKSHEETS

tertutup, jumlah aljabar tegangan selalu sama dengan nol. Setelah memeriksa beberapa contoh, dia mulai bertanya, mengapa jumlah aljabar tegangan dalam suatu loop tertutup selalu sama dengan nol? Jelaskan berdasarkan prinsip dasar hukum konservasi energi!

Jawaban:

Jumlah aljabar tegangan dalam suatu loop tertutup selalu nol karena berdasarkan hukum konservasi energi, yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi hanya dapat berubah bentuk. Pada konteks rangkaian listrik yaitu sumber tegangan memberikan energi listrik untuk mendorong arus. Komponen dalam rangkaian (resistor, lampu, dll.) menggunakan energi listrik dan mengubahnya menjadi bentuk lain seperti panas atau cahaya. Total tegangan yang diberikan oleh sumber harus sama dengan total tegangan jatuh pada komponen karena tidak ada energi yang hilang dalam loop tertutup. Konsep tersebut dapat dianalogikan yaitu ketika membayangkan berjalan naik ke bukit setinggi 10 meter (sumber tegangan) dan turun kembali ke titik awal melalui beberapa anak tangga (resistor). Total perubahan ketinggian adalah nol, karena kembali ke posisi awal setelah naik dan turun.

Tulis tanggapanmu terhadap eksplorasi materi di atas pada kolom berikut:

LIVEWORKSHEETS