

TRI WULANDARI

2123025009

TUGAS ELEKTRODINAMIKA

HUKUM KIRCHHOFF

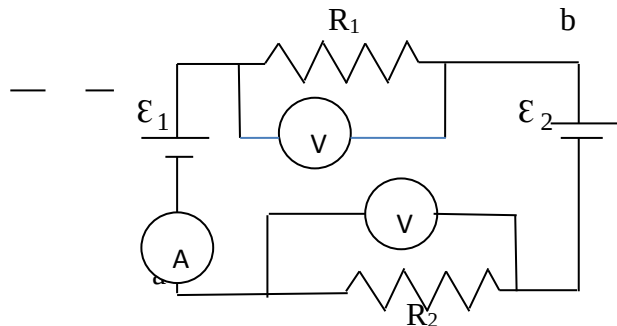
Membahas konsep arus dan tegangan pada rangkaian simpal dan multisimpal.

Menganalisis arus listrik pada rangkaian simpal (loop tunggal)

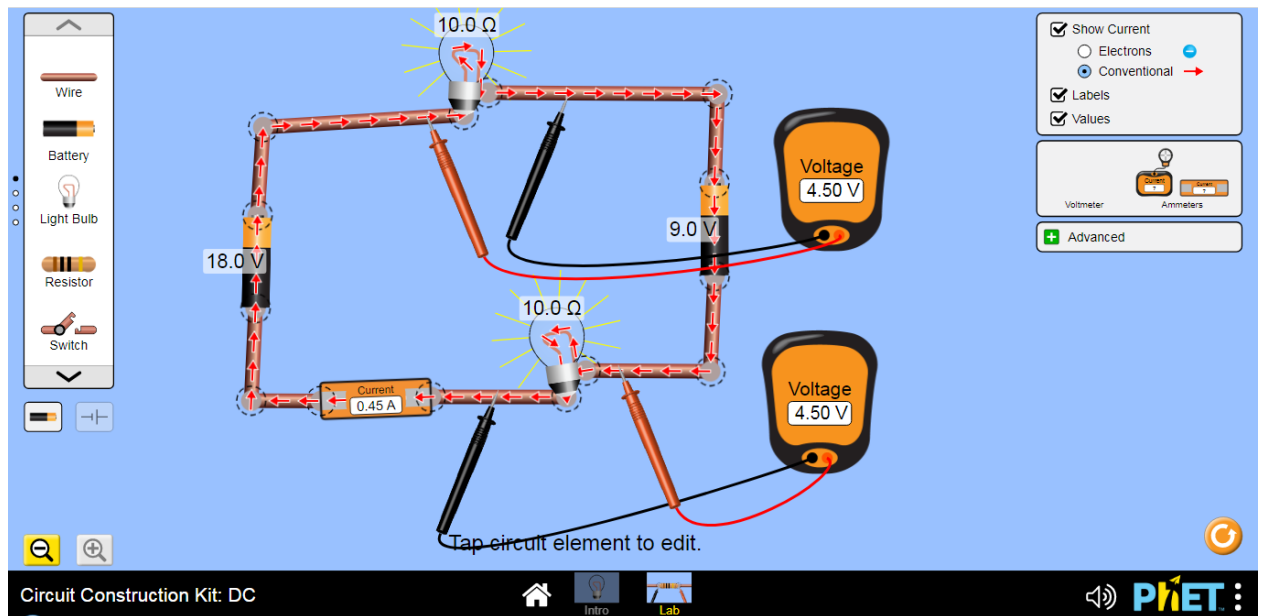
Silahkan anda klik: <http://www.phet> Colorado animasi. Pilih fisika. Pilih *electric circuit*.

Selanjutnya ikuti petunjuk berikut ini!

1. Susunlah rangkaian seperti gambar di bawah ini!



R_1 dan R_2 identik, $\epsilon_1 > \epsilon_2$, pasang voltmeter pada masing-masing hambatan secara paralel, dan amperemeter secara seri.



2. Sebelum melakukan pengukuran, buat rumusan masalahnya!

Apakah jumlah keseluruhan voltase yang ada di sekitar loop tertutup di dalam rangkaian memiliki besar sama dengan nol ?

3. Buat hipotesis atas rumusan masalah di atas!

$$Ha : \sum V + \sum I.R = 0$$

Jumlah keseluruhan voltase yang ada di sekitar loop tertutup di dalam rangkaian memiliki besar sama dengan nol.

$$Ho : \sum V + \sum I.R \neq 0$$

Jumlah keseluruhan voltase yang ada di sekitar loop tertutup di dalam rangkaian memiliki besar tidak sama dengan nol.

4. Lakukan pengukuran dan isilah tabel di bawah ini!

Kuat arus (A)	Tegangan sumber (V)	Tegangan pada komponen hambatan (V)
$I = 0,45$	$I.R_1 = 0,45 \text{ A} \times 10 \Omega$ $= 4,5 \text{ V}$	$V_1 = -18 \text{ V}$
	$I.R_2 = 0,45 \text{ A} \times 10 \Omega$ $= 4,5 \text{ V}$	$V_2 = 9 \text{ V}$
	$\sum I.R = 9 \text{ V}$	$\sum V = -9 \text{ V}$

5. $\sum V + \sum I.R = -9 + 9 = 0$

6. Sekarang coba Anda lakukan perhitungan dan buktikan bahwa $\sum V + \sum I.R = 0$
Jika dibuat loop searah dengan arah arus (searah jarum jam), maka:

$$\sum V + \sum I.R = 0$$

$$= -V_1 + V_2 + I.R_1 + I.R_2$$

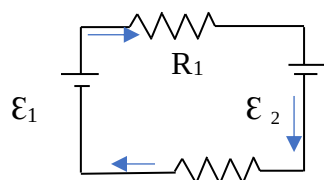
$$= -18 \text{ V} + 9 \text{ V} + (0,45 \text{ A} \cdot 10 \Omega) + (0,45 \text{ A} \cdot 10 \Omega)$$

$$= -18 \text{ V} + 9 \text{ V} + 4,5 \text{ V} + 4,5 \text{ V}$$

$$= -9 \text{ V} + 9 \text{ V}$$

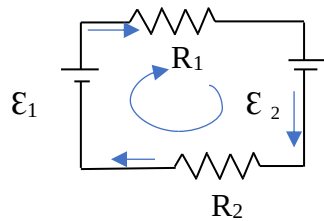
$$= 0$$

7. Gambar Arah arus listrik dalam rangkaian, jika , $\mathcal{E}_1 > \mathcal{E}_2$



R_2

8. Buat loop di dalam rangkaian sesuka hatimu!



9. Jumlahkan tegangan ($\mathcal{E}$) mengikuti arah loop, arah loop membentur tanda positif sumber tegangan, maka $\mathcal{E}$ positif dan sebaliknya.

$$\Sigma \mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2$$

$$= -18V + 9V = 9V$$

10. Jumlahkan arus dikali hambatan ($I.R$), jika arah arus searah dengan arah loop, maka $I.R$ bertanda positif dan sebaliknya.

$$\Sigma I.R = I.R_1 + I.R_2$$

$$= 0,45 A \cdot 10 \Omega + 0,45 A \cdot 10 \Omega$$

$$= 4,5 V + 4,5 V$$

$$= 9 V$$

11. Jika $\mathcal{E}_1 = 18 V$, $\mathcal{E}_2 = 9 V$, $R = 10 \text{ ohm}$, berapa arus dalam rangkaian tersebut?

$$\Sigma \mathcal{E} + \Sigma I.R = 0$$

$$\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + I.R_1 + I.R_2 = 0$$

$$-18V + 9V + I \cdot 10 \Omega + I \cdot 10 \Omega = 0$$

$$-9V + I \cdot (10 \Omega + 10 \Omega) = 0$$

$$-9V + I \cdot 20 = 0$$

$$I \cdot 20 = 9V$$

$$I = 9/20$$

$$I = 0,45 A$$

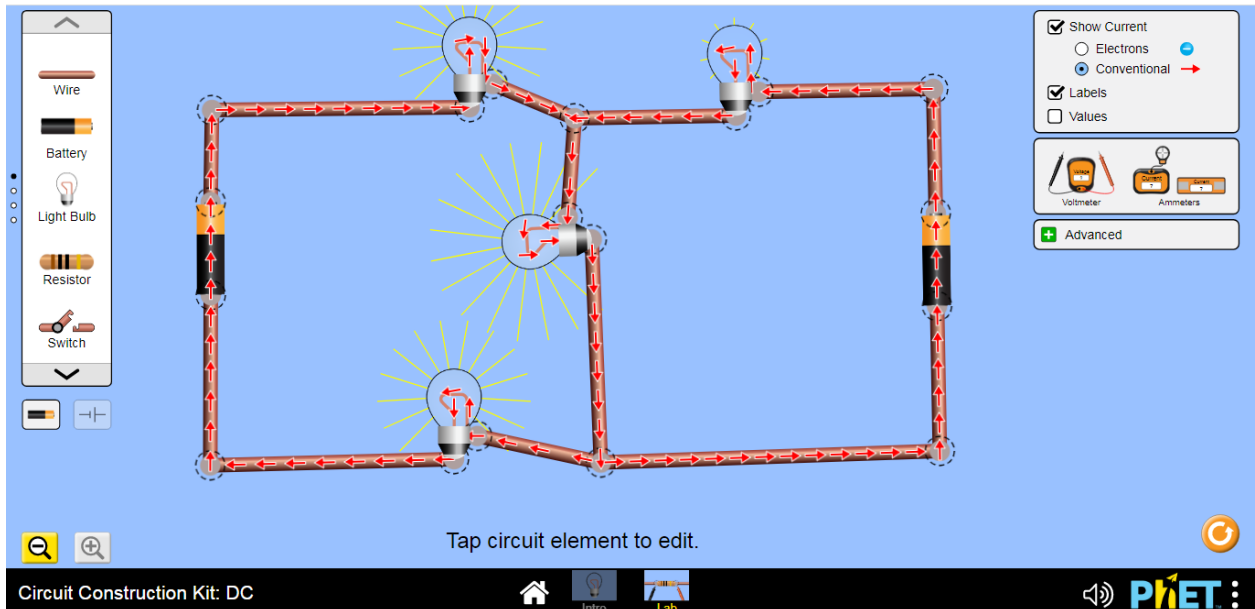
12. Apa kesimpulan Anda tentang percobaan yang telah dilakukan?

Jumlah keseluruhan voltase yang ada di sekitar loop tertutup di dalam rangkaian memiliki besar yang sama dengan nol.

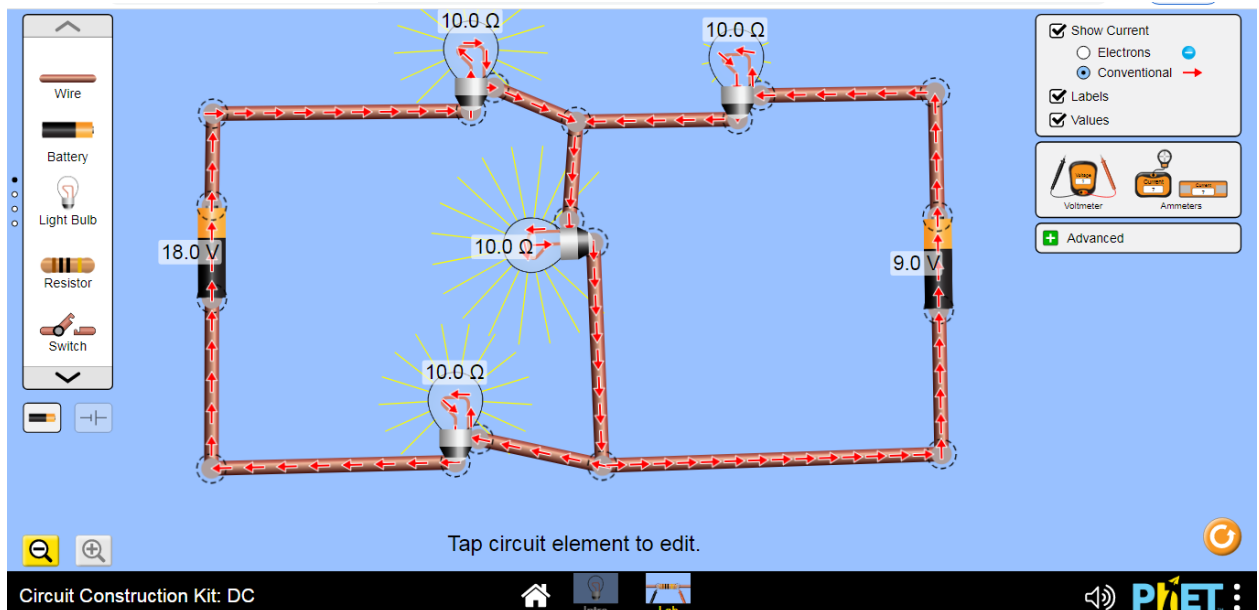
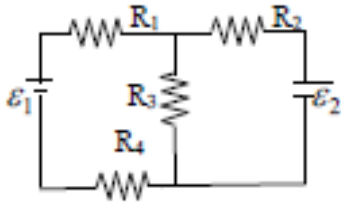
Kegiatan: 2. Menganalisis arus listrik pada rangkaian multisimpal.

Silahkan anda klik: <http://www.phet.Colorado.edu>. Pilih *circuit electric*. Cari gambar komponen-komponen yang dapat dipindahkan seperti lampu, voltmeter, amperemeter, saklar, dan kabel. Selanjutnya ikuti petunjuk berikut ini.

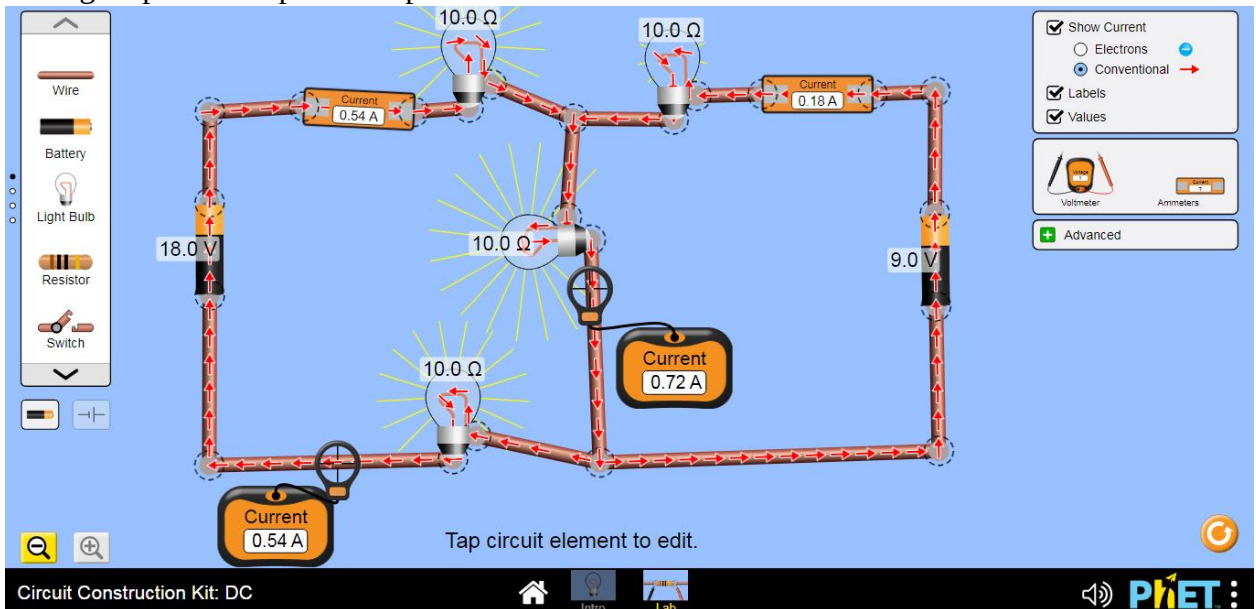
1. Susun rangkaian seperti pada gambar di bawah!



2. Gunakan hambatan masing-masing 10 ohm dan $\mathcal{E}_1 = 18$ volt, $\mathcal{E}_2 = 9$ volt



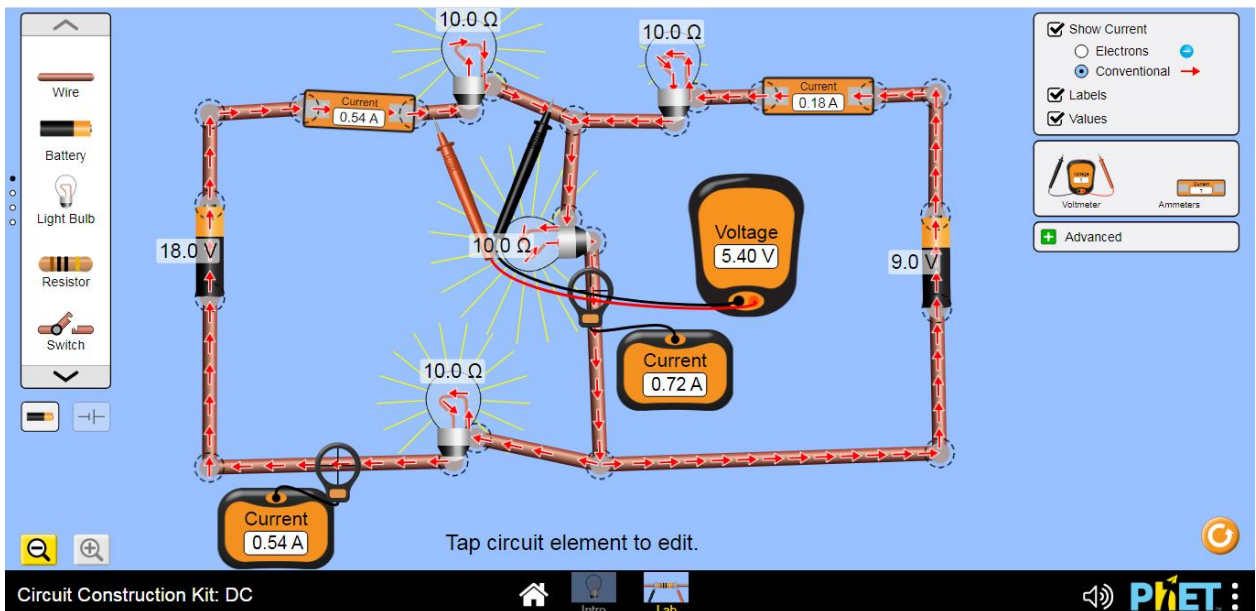
3. Pasang amperemeter pada setiap hambatan secara seri.



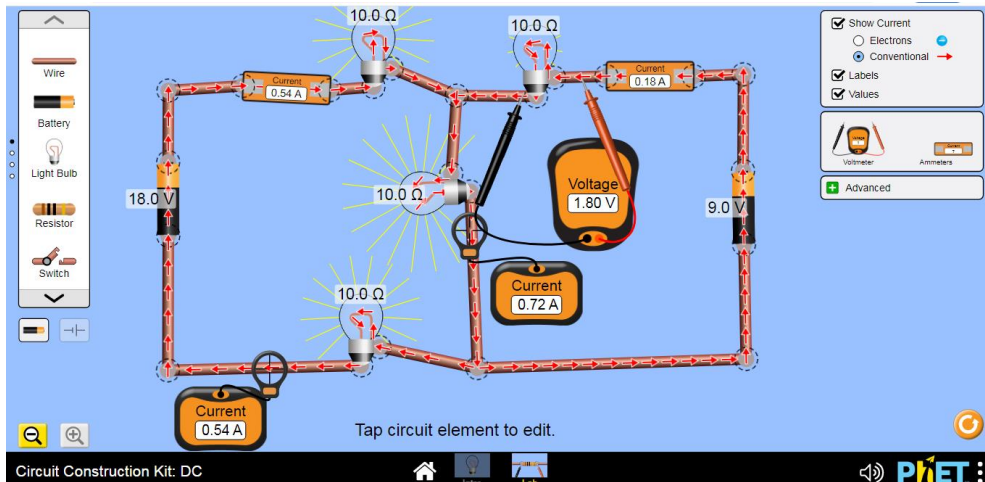
4. Catat arus listrik pada setiap hambatan.

Sumber tegangan	Arus pada tiap hambatan	Pengukuran tegangan
$\mathcal{E}_1 = 18\text{ V}$	$I_{R1} = 0,54\text{ A}$	$V_{R1} = 5,40\text{ V}$
$\mathcal{E}_2 = 9\text{ V}$	$I_{R2} = 0,18\text{ A}$	$V_{R2} = 1,80\text{ V}$
	$I_{R3} = 0,72\text{ A}$	$V_{R3} = 7,20\text{ V}$
	$I_{R4} = 0,54\text{ A}$	$V_{R4} = 5,40\text{ V}$

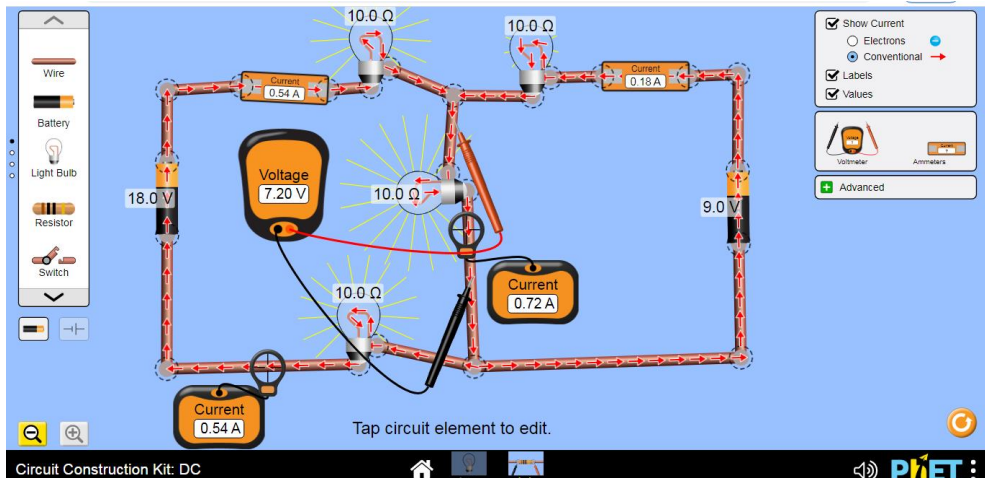
V_{R1}



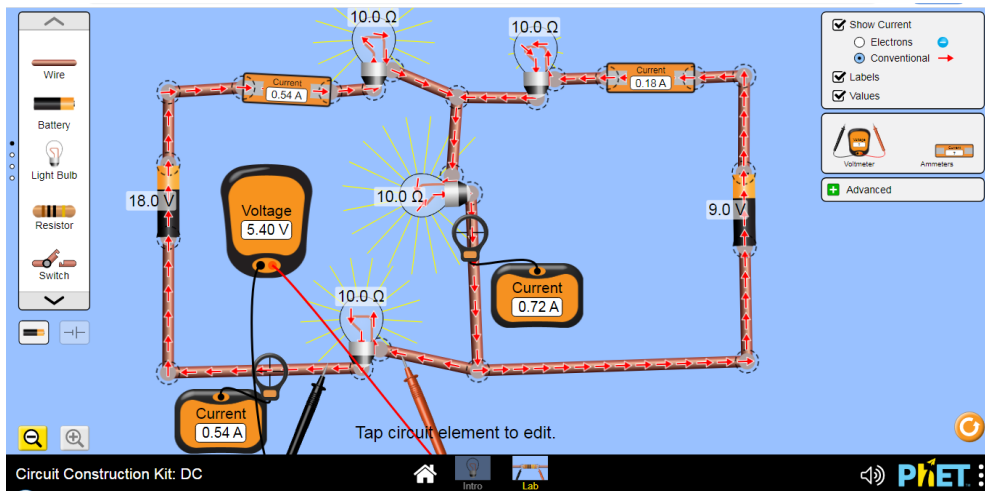
V_{R2}



V_{R3}



V_{R4}



- Perhatikan loop I. Masukkan hasil pengukuran di atas, dan buktikan rumus berikut ini.

$$\sum \mathcal{E} + \sum I.R = \mathcal{E}_1 + I_1.R_1 + I_1.R_4 + I_3.R_3 = 0$$

$$\sum \mathcal{E} + \sum I.R = -18 \text{ V} + (0,54 \text{ A} \times 10 \Omega) + (0,54 \text{ A} \times 10 \Omega) + (0,72 \text{ A} \times 10 \Omega)$$

$$\begin{aligned} \sum \mathcal{E} + \sum I.R &= -18 \text{ V} + 5,4 \text{ V} + 5,4 \text{ V} + 7,2 \text{ V} \\ &= -18 \text{ V} + 18 \text{ V} \\ &= 0 \end{aligned}$$

6. Perhatikan loop 2. Masukkan hasil pengukuran di atas, dan buktikan rumus berikut ini.

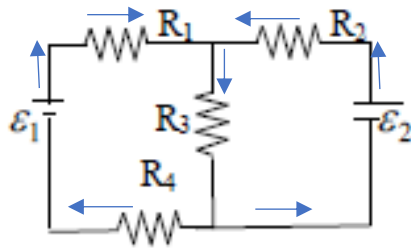
$$\sum \mathcal{E} + \sum I.R = \mathcal{E}_1 + I_1.R_1 + I_1.R_4 + I_3.R_3 = 0$$

$$\sum \mathcal{E} + \sum I.R = -18 \text{ V} + (0,18 \text{ A} \times 10 \Omega) + (0,72 \text{ A} \times 10 \Omega)$$

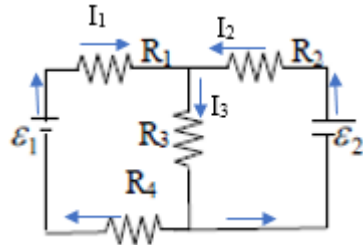
$$\begin{aligned} \sum \mathcal{E} + \sum I.R &= -9 \text{ V} + 1,8 + 7,2 \text{ V} \\ &= -9 \text{ V} + 9 \text{ V} \\ &= 0 \end{aligned}$$

7. Cocokkan hasil pengukuran yang Anda lakukan dengan hasil perhitungan dengan menggunakan aturan-aturan dalam hukum Kirchoff, yaitu:

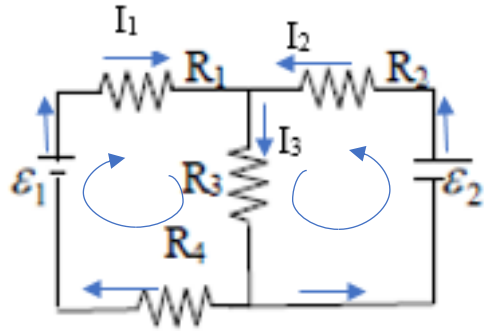
- a. Gambar arah arus dengan memperhatikan sumber tegangan yang ada!



- b. Beri nama arus yang mengalir pada masing-masing cabang, seperti arus dari sumber tegangan ($\mathcal{E}_1$) adalah I_1 dan arus pada R_2 adalah I_2 , dan R_3 adalah I_3



- c. Buat loop sesuka Anda!



- d. Jumlahkan sumber tegangan pada loop 1, jika arah loop mengarah pada tanda negatif sumber tegangan, berarti nilai sumber tegangan negatif dan sebaliknya! Jumlahkan perkalian arus dan hambatan pada loop tersebut!

Jika arah loop berlawanan dengan arah arus, berarti nilai arus negatif, dan sebaliknya!

$$\sum \mathcal{E} + \sum I.R = \mathcal{E}_1 + I_1.R_1 + I_1.R_4 + I_3.R_3$$

$$\sum \mathcal{E} + \sum I.R = -18 \text{ V} + (0,54 \text{ A} \times 10 \Omega) + (0,54 \text{ A} \times 10 \Omega) + (0,72 \text{ A} \times 10 \Omega)$$

$$\begin{aligned} \sum \mathcal{E} + \sum I.R &= -18 \text{ V} + 5,4 \text{ V} + 5,4 \text{ V} + 7,2 \text{ V} \\ &= -18 \text{ V} + 18 \text{ V} \\ &= 0 \end{aligned}$$

- e. Lakukan hal yang sama pada loop 2!

$$\sum \mathcal{E} + \sum I.R = \mathcal{E}_1 + I_1.R_1 + I_1.R_4 + I_3.R_3$$

$$\sum \mathcal{E} + \sum I.R = -18 \text{ V} + (0,18 \text{ A} \times 10 \Omega) + (0,72 \text{ A} \times 10 \Omega)$$

$$\begin{aligned} \sum \mathcal{E} + \sum I.R &= -9 \text{ V} + 1,8 + 7,2 \text{ V} \\ &= -9 \text{ V} + 9 \text{ V} \\ &= 0 \end{aligned}$$

- f. Jumlahkan loop 1 dan loop 2 untuk menghitung arus listrik tiap-tiap loop!

Hukum I Kirchhoff

$$I_1 + I_2 = I_3 \rightarrow I_1 = I_3 - I_2 \dots (1)$$

Loop 1

$$\sum \mathcal{E} + \sum I.R = 0$$

$$-\mathcal{E}_1 + I_1 R_1 + I_3 R_3 + I_1 R_4 = 0$$

$$-18 + I_1 \cdot 10 + I_3 \cdot 10 + I_1 \cdot 10 = 0$$

$$-18 + 10I_1 + 10I_3 + 10I_1 = 0$$

$$-18 + 20I_1 + 10I_3 = 0$$

$$20I_1 + 10I_3 = 18$$

$$10I_1 + 5I_3 = 9 \dots (2)$$

Loop 2

$$\sum \mathcal{E} + \sum IR = 0$$

$$-\mathcal{E}_2 + I_2 R_2 + I_3 R_3 = 0$$

$$-9 + I_2 \cdot 10 + I_3 \cdot 10 = 0$$

$$-9 + 10I_2 + 10I_3 = 0$$

$$10I_2 + 10I_3 = 9 \dots (3)$$

Masukkan Persamaan 1 ke Persamaan 2

$$10I_1 + 5I_3 = 9$$

$$10(I_3 - I_2) + 5I_3 = 9$$

$$10I_3 - 10I_2 + 5I_3 = 9$$

$$15I_3 - 10I_2 = 9 \dots (4)$$

Eliminasi Persamaan 3 dan Persamaan 4

$$10I_3 + 10I_2 = 9$$

$$15I_3 - 10I_2 = 9 +$$

$$25I_3 + 0 = 18$$

$$I_3 = 18/25$$

$$I_3 = 0,72 \text{ A}$$

Masukkan Nilai I_3 ke Persamaan 3

$$10I_2 + 10I_3 = 9$$

$$10I_2 + 10(0,72) = 9$$

$$10I_2 + 7,2 = 9$$

$$10I_2 = 9 - 7,2$$

$$10I_2 = 1,8$$

$$I_2 = 1,8/10 = 0,18 \text{ A}$$

Masukkan Nilai I_2 dan I_3 ke Persamaan 1

$$I_1 = I_3 - I_2$$

$$I_1 = 0,72 \text{ A} - 0,18 \text{ A}$$

$$I_1 = 0,54 \text{ A}$$

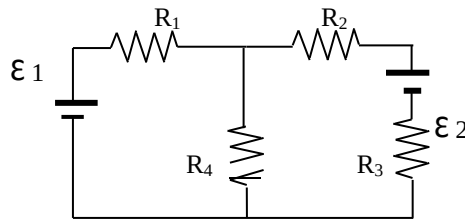
Cocokkan hasil perhitungan dengan hasil pengukuran di atas!

Hasil perhitungan dan juga percobaan menggunakan phet simulation memiliki hasil yang sama.

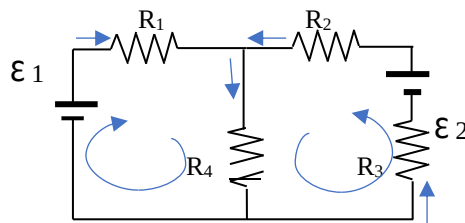
8. Apa kesimpulan Anda tentang arus listrik dalam rangkaian multisimpal atau loop ganda?
Hasil percobaan menggunakan phet simulation dan hasil perhitungan menggunakan rumus hukum kirchoff memiliki hasil yang sama.

Soal

1. Rancanglah sebuah rangkaian seri yang terdiri dari dua buah accu, masing-masing mempunyai tegangan 12 volt, dengan hambatan dalam 0,2 ohm dan 10 volt, dengan hambatan dalam 0,2 ohm. Hitunglah arus hasil rancanganmu itu! Sekarang ubahlah hasil rancanganmu itu dengan mengubah arah hubungan kutub salah satu accu. Hitunglah arus listrik yang mengalir dalam rangkaian tersebut. Coba Anda pikirkan dimana kasus ini dijumpai dalam kehidupan sehari-hari!
2. Hitung arus listrik pada setiap hambatan pada rangkaian berikut ini, jika nilai hambatan masing-masing 5 ohm, dan sumber tegangan masing-masing 15 V, dan 10 V



Jawab:



Hukum I Kirchhoff

$$I_1 + I_2 = I_3 \rightarrow I_1 = I_3 - I_2 \dots (1)$$

Loop 1

$$\sum \epsilon + \sum IR = 0$$

$$-\epsilon_1 + I_1 R_1 + I_4 R_4 = 0$$

$$-15 + I_1 \cdot 5 + I_4 \cdot 5 = 0$$

$$-15 + 5I_1 + 5I_4 = 0$$

$$5I_1 + 5I_4 = 15 \dots (2)$$

Loop 2

$$\sum \epsilon + \sum IR = 0$$

$$-\epsilon_2 + I_2 R_2 + I_4 R_4 + I_2 R_3 = 0$$

$$-10 + I_2 \cdot 5 + I_4 \cdot 5 + I_2 \cdot 5 = 0$$

$$-10 + 5I_2 + 5I_4 + 5I_2 = 0$$

$$10I_2 + 5I_4 = 10 \dots (3)$$

Masukkan Persamaan 1 ke Persamaan 2

$$5I_1 + 5I_4 = 15$$

$$\begin{aligned}
 5(I_4 - I_2) + 5I_4 &= 15 \\
 5I_4 - 5I_2 + 5I_4 &= 15 \\
 10I_4 - 5I_2 &= 15 \dots (4)
 \end{aligned}$$

Eliminasi Persamaan 3 dan Persamaan 4

$$\begin{array}{rcl}
 10I_4 - 5I_2 = 15 & \times 2 & 20I_4 - 10I_2 = 30 \\
 5I_4 + 10I_2 = 10 & \times 1 & 5I_4 + 10I_2 = 10 \quad + \\
 \hline
 25I_4 & = & 40 \\
 I_4 & = & 40/25 = 1,6 \text{ A}
 \end{array}$$

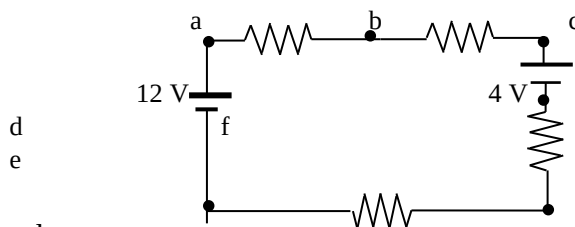
Masukkan Nilai I_4 ke Persamaan 3

$$\begin{aligned}
 10I_2 + 5I_4 &= 10 \\
 10I_2 + 5(1,6) &= 10 \\
 10I_2 + 8 &= 10 \\
 10I_2 &= 10 - 8 \\
 10I_2 &= 2 \\
 I_2 &= 2/10 = 0,2 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Masukkan Nilai I_2 dan I_4 ke Persamaan 1

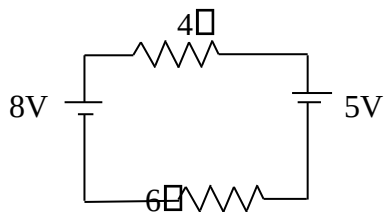
$$\begin{aligned}
 I_1 &= I_4 - I_2 \\
 I_1 &= 1,6 \text{ A} - 0,2 \text{ A} \\
 I_1 &= 1,4 \text{ A}
 \end{aligned}$$

3. tegangan pada titik f = 0, R masing-masing 5 ohm, hitung tegangan pada titik a, b, c, d, dan e dalam rangkaian di bawah ini.



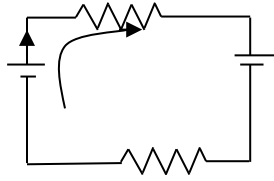
Contoh penerapan

Hitung arus dalam rangkaian!



Langkah 1

Menampilkan model, menentukan arah arus, dan menggambar arah loop sesuai dengan keinginan anda.



Langkah 2

Menganalisis model. Jika arah arus berlawanan dengan arah loop, maka arah IR menjadi negatif, dan sebaliknya. Jika arah loop menjumpai tanda negatif sumber tegangan, maka $\square$ bertanda negatif.

$$\square\square + \square IR = 0$$

$$-8 + 5 + I(6 + 4) = 0$$

$$3 = 10 I$$

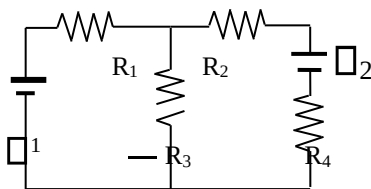
$$I = 0,3 \text{ A}$$

Langkah 3

Validasi model

Jadi arus yang mengalir dalam rangkaian adalah 0,3 A, hal ini berarti arus akan mengalir tanpa menimbulkan kepanasan yang berlebihan pada kedua sumber tegangan tersebut.

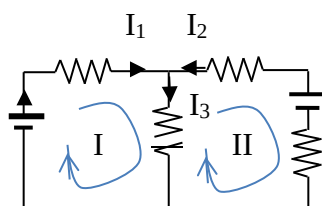
Contoh untuk multisimpal



Nilai hambatan masing-masing besarnya 10 ohm, sumber tegangan satu 21 volt dan sumber tegangan dua 18 volt. Hitung besarnya arus pada masing-masing hambatan!

Solusi:

Langkah 1: Menampilkan model



Loop dibuat searah jarum jam.

Langkah 2 : analisis model

$$\text{Loop I. } -\square_1 + I_1 R_1 + (I_1 + I_2) R_4 = 0 \quad -21 + 20I_1 + 10 I_2 = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Loop II. } + \square_2 - (I_1 + I_2) R_4 - I_2 R_2 = 0 \quad 18 - 10 I_1 - 20 I_2 = 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

Persamaan (1) dan (2)

$$-21 + 20I_1 + 10 I_2 = 0$$

$$\underline{36 - 20 I_1 - 40 I_2 = 0} +$$

$$15 - 30I_2 = 0 \quad I_2 = 0,5 \text{ A}$$

$$20 I_1 - 20 = 0. \quad I_1 = 16/20 = 0,8 \text{ A}$$

Langkah 3 : validasi model.

Jadi arus listrik yang melalui hambatan R_4 adalah 1,3 A, arus pada hambatan R_1 adalah 0,8 A, dan arus pada hambatan R_2 dan R_3 adalah 0,5 A. Perhitungan arus listrik dalam rangkaian multisimpal dapat dilakukan dengan tinjauan loop dan arah arus yang berbeda, tetapi harus diingat jika tanda arus negatif berarti menggambarkan arah arus terbalik.

Daftar Pustaka

- Griffiths, D.J. (1989). *Introduction to Electrodynamics*. Second edition. Prentice hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Kheng, Y.T. (2008). *Science proses Skills*. Malaysia Pearson Longman.
- Savage, M. & Williams, J. (1990). *Mechanics in Action: modelling and practical Investigation*. Cambridge university Press New York port Chester melbourne Sydney.
- Tipler. (1996). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. jilid II. Penerbit airlangga.