

MATA KULIAH : FISIKA DASAR II
KODE MK : EL-122
Dosen : Dr. Budi Mulyanti, MSi

Pertemuan ke-6

CAKUPAN MATERI

1. HUKUM SAMBUNGAN KIRCHOFF (HUKUM KIRCHOFF I)
2. HUKUM CABANG KIRCHOFF (HUKUM KIRCHOFF II)

SUMBER-SUMBER:

1. Frederick Bueche & David L. Wallach, Technical Physics, 1994, New York, John Wiley & Sons, Inc
2. Tipler, Fisika Untuk sains dan Teknik (terjemah oleh Bambang Soegijono), Jakarta, Penerbit Erlangga, 1991
3. Gancoli Douglas C, Fisika 2 (terjemah), 2001, Penerbit Erlangga, Edisi 5.
4. Sears & Zemansky, Fisika Untuk Universitas 3 (Optika & Fisika Modern), 1991, Jakarta-New York, Yayasan Dana Buku Indonesia
5. Frederick J. Bueche, Seri Buku Schaum Fisika, 1989, Jakarta, Penerbit Erlangga
6. Halliday & Resnick, Fisika 2, 1990, Jakarta, Penerbit Erlangga
7. Sutrisno, Seri Fisika Dasar (Fisika Modern), 1989, Bandung, Penerbit ITB

ARUS SEARAH

3. 1. HUKUM SAMBUNGAN KIRCHOFF

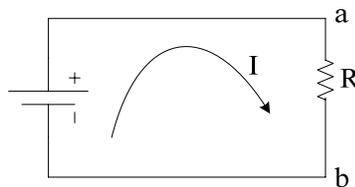
Hukum Kirchoff I:

Pada setiap sambungan, maka jumlah aljabar arus-arus haruslah nol.

Catatan:

- Arus yang menuju sambungan +
- Arus yang meninggalkan sambungan –

3. 2. HUKUM CABANG KIRCHOFF (HUKUM KIRCHOFF II)



$$\varepsilon = IR$$

$$\varepsilon - IR = 0$$

karena $V_a > V_b$, ketika arus melalui (dari a ke b) terdapat perubahan potensial sebesar: IR

ambil titik a sebagai referensi :

teorema loop

$$V_a - IR + \varepsilon = V_a \rightarrow \text{teorema Loop}$$

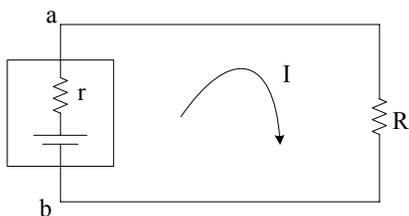
$$\varepsilon - IR = 0 \text{ (hukum Kirchoff II)}$$

Hukum Kirchoff II:

Jumlah perubahan potensial dalam suatu loop tertutup adalah nol.

Jadi :

- Jika R dilintasi dalam arah arus, perubahan potensialnya adalah $(-IR)$ dan sebaliknya
- Jika ggl dilintasi dalam arah ggl (yaitu $- \rightarrow +$) maka perubahan potensialnya $+\varepsilon$ dan sebaliknya.
- Jika di dalam sumber (ggl) terdapat hambatan dalam r. misalkan:



Ambil b sebagai referensi :

$$V_b + \varepsilon - IR - Ir = V_b$$

$$\varepsilon = I(R+r) \rightarrow I = \frac{\varepsilon}{(R+r)}$$

Ambil a sebagai referensi :

$$V_a + -IR + \varepsilon - Ir = V_a$$

$$\varepsilon = I(R+r) \rightarrow I = \frac{\varepsilon}{(R+r)}$$

Untuk menghitung beda potensial $V_{ab} = V_a - V_b$

Dari hokum Kirchoff II:

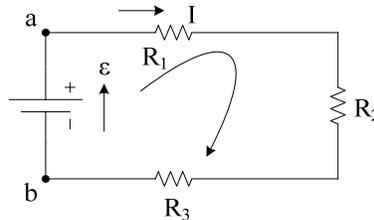
$$V_a - IR = V_b$$

Sehingga $V_a - V_b = IR$ atau $V_{ab} = IR$

Karena $V_a > V_b$, maka beda potensialnya haruslah positif.

Dengan memasukkan harga $I \rightarrow V_{ab} = \frac{\varepsilon}{r+R} R$

Contoh 1.



Dengan teorema loop :

$$\varepsilon - IR_1 - IR_2 - IR_3 = 0 \quad \text{atau} \quad V_{ab} = IR$$

$$\text{Sehingga: } I \rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Untuk mencari beda potensial V_{ab} :

$$V_b + \varepsilon - Ir = V_a \quad \text{atau} \quad V_a - \varepsilon + Ir = V_b$$

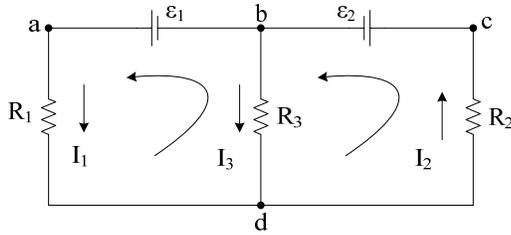
$$V_a - V_b = \varepsilon - Ir$$

$$V_{ab} = \varepsilon - Ir$$

Kesimpulan jika $r \neq 0$ maka $V_{ab} < \varepsilon$

$$r = 0 \text{ maka } V_{ab} = \varepsilon$$

Rangkaian Listrik Bercabang



Untuk memudahkan abaikan r_1 dan r_2

Disini ada 2 *junction* yaitu b dan d, dan ada 3 cabang, yaitu:

$b a d$

$b c d$

$b d$

(a) hitung arus di dalam cabang-cabang tersebut.

Jawab : ambil arah arus I_1, I_2 dan I_3 sembarang. Ketiga arus $I_1, I_2,$ dan I_3 mengangkut muatan menuju / menjauhi sambungan d. muatan tidak menimbun di d dan juga tidak semua mengalir keluar dari d. karena rangkaian dalam keadaan lunak. Jadi muatan harus dipindahkan dari sambungan oleh arus-arus dengan jumlah muatan persatuan waktu yang sama seperti yang dibawa ke sambungan tersebut.

Jika arus yang menuju sambungan dimisalkan (+) maka arus yang menjauhi sambungan (-), sehingga berlaku :

$$I_1 + I_3 - I_2 = 0 \quad \leftarrow \text{Hukum Kirchoff I (teorema sambungan)}$$

∴ pada setiap sambungan maka jumlah aljabar dari arus-arus haruslah nol.

Jadi dasar untuk memecahkan masalah :

- Hukum kekekalan energi
- Hukum kekekalan muatan

Untuk kasus diatas kita tentukan ada 2 loop tertutup, kiri dan kanan.

- Loop kiri. Misalnya kita melintasi loop dalam arah berlawanan jarum jam
 - $I_1 R_1 + I_3 R_3 + \varepsilon_1 = 0$
- Loop kanan. Dengan pemisalan sama.
 - $I_3 R_3 - I_2 R_2 - \varepsilon_2 = 0$

Sekarang kita mempunyai 3 persamaan :

$$I_1 + I_3 - I_2 = 0$$

$$-I_1 R_1 + I_3 R_3 + \varepsilon_1 = 0$$

$$-I_3 R_3 - I_2 R_2 - \varepsilon_2 = 0$$

misalkan harga harga

$R_1 = 8\Omega$, $R_3 = 5\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $\varepsilon_1 = 8V$ dan $\varepsilon_2 = 10V$ diketahui maka harga-harga I_1 , I_2 dan I_3 dapat ditentukan.

Kesimpulan:

Perubahan Potensial

- Beda potensial antara kedua ujung hambatan R yang dialiri arus I adalah IR .
- Ujung hambatan dimana arus masuk berpotensi lebih tinggi dari pada ujung lainnya.
- Arus listrik selalu mengalir dari titik berpotensi tinggi ke titik berpotensi rendah.
- Setelah waktu tertentu, kedua ujung hambatan memiliki potensial sama, sehingga arus berhenti mengalir.
- Kutub positif suatu baterai selalu merupakan titik berpotensi tinggi, jika hambatan dalam baterai rendah (atau dapat diabaikan) dan tidak bergantung arah arus mengalir.

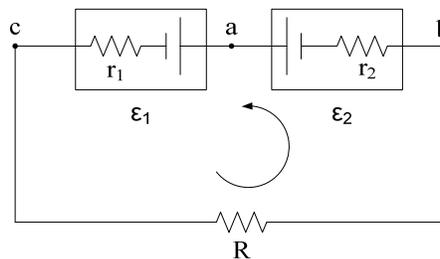
Dengan demikian, Hukum Kirchoff II:

Jumlah perubahan potensial dalam suatu loop tertutup adalah nol.

Jadi :

- Jika R dilintasi dalam arah arus, perubahan potensial $-IR$ dan sebaliknya
- Jika ggl dilintasi dalam arah ggl ($- \rightarrow +$) maka perubahan potensialnya $+\varepsilon$ dan sebaliknya

Contoh 2:



Diketahui:

$$\varepsilon_1 = 2V, r_1 = 1\Omega$$

$$\varepsilon_2 = 4V, r_2 = 2\Omega$$

$$R = 5\Omega$$

Hitung arus yang melewati R !

Jawab: misal diambil arus searah jarum jam

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - Ir_1 - Ir_2 - IR = 0$$

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = I(r_1 + r_2 + R)$$

$$I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{r_1 + r_2 + R} = \frac{2 - 4}{8} = -0,25 \text{ A}$$

Karena hasilnya negatif, berarti arus mengalir berlawanan arah jarum jam.

- Hitung beda potensial antara a dan b (V_{ab}) !

$$V_{ab} = V_a - V_b$$

$$V_a - \varepsilon_2 + Ir_2 = V_b \quad \text{atau} \quad V_b - Ir_2 + \varepsilon_2 = V_a$$

$$V_a - V_b = \varepsilon_2 - Ir_2$$

$$V_a - V_b = 4 - 0,5 = 3,5 \text{ V}$$

- Hitung beda potensial antara titik a dan c (V_{ac}) !

$$V_{ac} = V_a - V_c$$

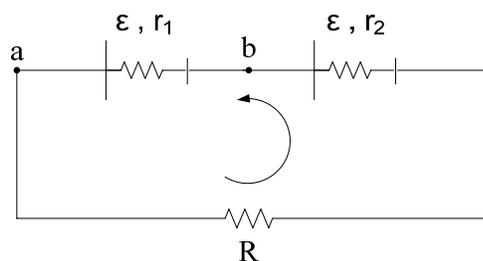
$$V_a - \varepsilon_1 - Ir_1 = V_c$$

$$V_a - V_c = \varepsilon_1 + Ir_1$$

$$V_a - V_c = 2 + 0,25 = 2,25 \text{ V}$$

Contoh 3:

Dua baterai mempunyai ggl yang sama dengan hambatan dalam yang berbeda r_1 dan r_2 dihubungkan seri ke sebuah hambatan luar R . Cari nilai R agar beda potensial antara terminal-terminal dari baterai yang pertama adalah nol.



Jawab :

Dari Teorema Loop:

$$-\varepsilon + Ir_1 - \varepsilon + Ir_2 + IR = 0$$

$$I(r_1 + r_2 + R) = 2\varepsilon$$

$$I = \frac{2\varepsilon}{r_1 + r_2 + R} \quad \text{pers 1}$$

$$V_a - \varepsilon + Ir_1 = V_b$$

$$V_{ab} = \varepsilon - Ir_1 = 0$$

$$I = \frac{\varepsilon}{r_1} \quad \text{pers 2}$$

$$\text{pers 1} = \text{pers 2}$$

$$\frac{2\varepsilon}{r_1 + r_2 + R} = \frac{\varepsilon}{r_1}$$

$$2r_1 = r_1 + r_2 + R$$

$$R = r_1 - r_2$$

Contoh 4.

Dua bola lampu yang satu dengan hambatan R_1 , dan yang kedua adalah R_2 . Bila R_1 dan R_2 dihubungkan (a) paralel, (b) seri. [$R_2 < R_1$] yang manakah yang lebih terang.

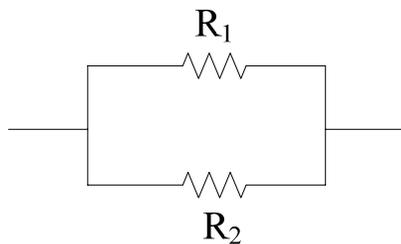
Jawab :

$$\text{a) } P_1 = I_1 V = \frac{V^2}{R_1}$$

$$P_2 = I_2 V = \frac{V^2}{R_2}$$

Karena $R_2 < R_1$

Maka $P_2 > P_1$, sehingga lampu 2 lebih terang



$$\text{b) } P_1 = I^2 R_1$$

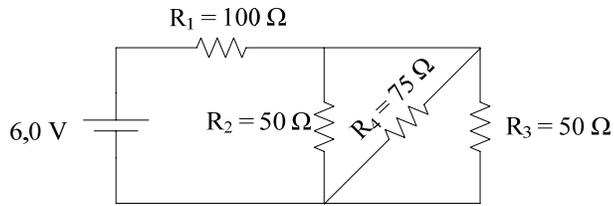
$$P_2 = I^2 R_2$$

Karena $R_2 < R_1$

Maka $P_2 < P_1$, sehingga lampu 1 lebih terang



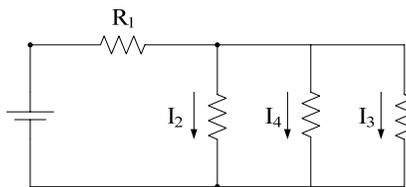
Contoh 5. Pada rangkaian berikut ini:



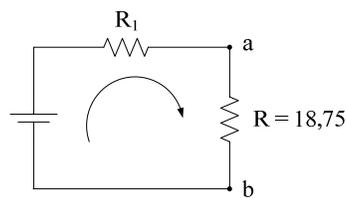
Gambar 1

- Ditanya : a) R_{ek}
 b) arus-arus I_1, I_2, I_4, I_3

Jawab :



Gambar 2



Gambar 3

$$R_{ek} = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3}} = 100 + \frac{1}{\frac{1}{50} + \frac{1}{75} + \frac{1}{50}}$$

$$R_{ek} = 100 + \frac{1}{\frac{3}{150} + \frac{2}{150} + \frac{3}{150}}$$

$$R_{ek} = 100 + \frac{150}{8}$$

$$R_{ek} = 118,75 \Omega$$

a) Gambar 3

$$V_a + IR_1 - \varepsilon = V_b$$

$$V_{ab} = \varepsilon - IR_1$$

$$IR = \varepsilon - IR_1$$

$$I(R + R_1) = \varepsilon$$

$$I = \frac{6}{118,75} = 0,05 A$$

b) Gambar 2

$$V_{ab} = \varepsilon - IR_1$$

$$V_{ab} = 6 - (0,05)100$$

$$V_{ab} = 1 V$$

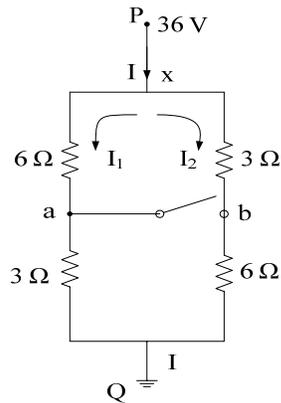
$$I_2 = \frac{V_{ab}}{R_2} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{V_{ab}}{R_3} = 0,02 \text{ A}$$

$$I_4 = \frac{V_{ab}}{R_4} = \frac{1}{75} = 0,013 \text{ A}$$

Contoh 6.

Dari rangkaian berikut berapakah besar V_{ab} jika saklar s terbuka?, dan berapakah I_s jika saklar s tertutup?



Jawab :

Saklar s terbuka

$$R_{ek} = \frac{1}{\frac{1}{9} + \frac{1}{9}} = \frac{9}{2} = 4,5 \Omega$$

Maka :

$$I = \frac{V}{R_{ek}} = \frac{36}{4,5} = 8 \text{ A}$$

$$I_1(9) = (I - I_1) 9$$

$$I_1 = (I - I_1)$$

$$I_1 = \frac{I}{2} = 4 \text{ A}$$

Sehingga :

$$I_2 = 8 - 4 = 4 \text{ A}$$

$$V_{ab} = V_a - V_b$$

$$V_{ab} = (36 - V_{xa}) - (36 - V_{xb}) \rightarrow V_{xb} - V_{xa} = -12 \text{ V}$$

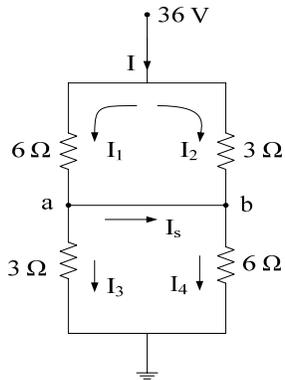
$$V_{ab} = V_{xb} - V_{xa}$$

$$V_{ab} = 4(3) - 4(6)$$

$$V_{ab} = -12 \text{ V} \rightarrow \text{artinya } V_b > V_a$$

$$V_{ba} = 12 \text{ V}$$

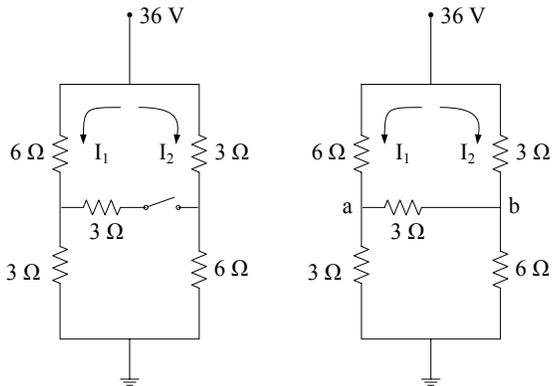
Jika saklar s ditutup:



$$V_a = V_b, \text{ sehingga tidak ada arus. } I_s = 0$$

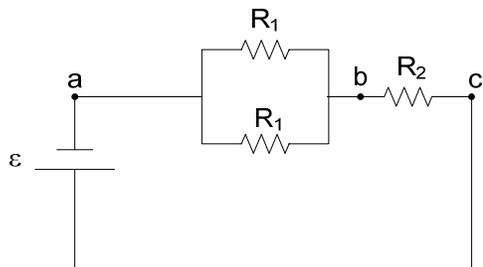
Soal 1: Perhatikan rangkaian di bawah ini!

Jika saklar dibuka: $V_{ab} = -12 \text{ V}$ (sama dengan contoh 5).



Jika saklar ditutup, berapakah arus I_s ?

2. Perhatikan rangkaian berikut:



Jika diketahui $R_1 = 6 \Omega$ dan $R_2 = 2 \Omega$ serta $\varepsilon = 12 V$. Tentukan:

- a. I_1 & I_2
- b. V_{ba} & V_{bc}