

## TOPIK 6

### **RANGKAIAN ARUS SEARAH (DC)**

#### **Arus Searah (DC)**

Pada rangkaian DC hanya melibatkan arus dan tegangan searah, yaitu arus dan tegangan yang tidak berubah terhadap waktu. Elemen pada rangkaian DC meliputi:

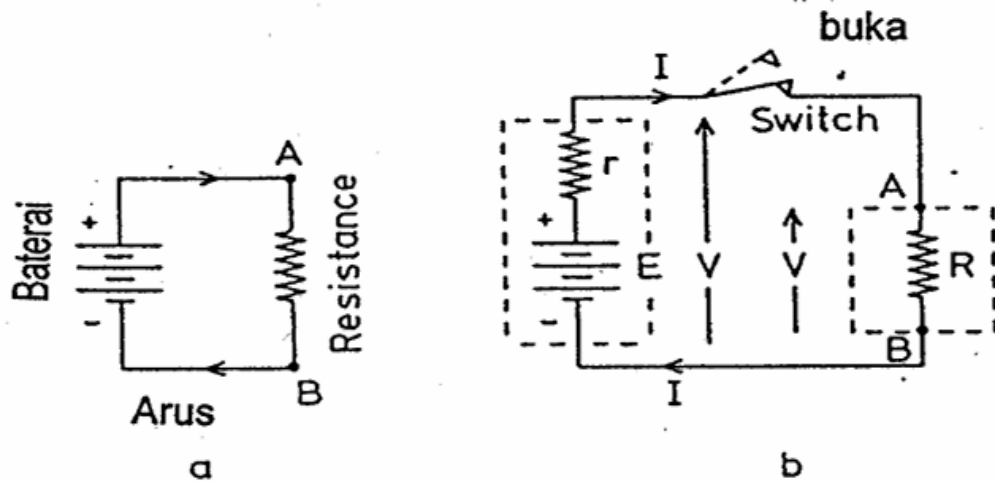
- i) baterai
- ii) hambatan dan
- iii) kawat penghantar

Baterai menghasilkan e.m.f untuk menggerakkan elektron yang akhirnya menghasilkan aliran listrik. Sebutan “rangkaiian” sangat cocok digunakan karena dalam hal ini harus terjadi suatu lintasan elektron secara lengkap – meninggalkan kutub negatif dan kembali ke kutub positif. Hambatan

kawat penghantar sedemikian kecilnya sehingga dalam prakteknya harganya dapat diabaikan.

Bentuk hambatan (resistor) di pasaran sangat bervariasi, berharga mulai  $0,1 \Omega$  sampai  $10 \text{ M} \Omega$  atau lebih besar lagi. Resistor standar untuk toleransi  $\pm 10 \%$  biasanya bernilai resistansi kelipatan 10 atau 0,1 dari: 10 12 15 18 22 27 33 39 47 56 68 82

Sebuah rangkaian yang sangat sederhana terdiri atas sebuah baterai dengan sebuah resistor ditunjukkan pada gambar 2.1-a. Perhatikan bagaimana kedua elemen tersebut digambarkan dan bagaimana menunjukkan arah arus (dari kutub positif melewati resistor menuju kutub negatif).



**Gambar Rangkaian arus searah :**

Pada gambar telah ditambahkan dua komponen lain pada rangkaian, yaitu:

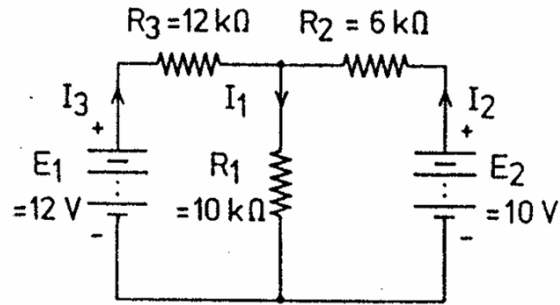
- i) Sebuah saklar untuk memutus rangkaian.
- ii) Sebuah resistor dengan simbol  $r$  (huruf kecil) untuk menunjukkan fakta bahwa tegangan baterai cenderung untuk menurun saat arus yang ditarik dari baterai tersebut dinaikkan.

Saklar mempunyai dua kondisi:

ON : Kondisi ini biasa disebut sebagai “hubung singkat” (*short circuit*), dimana secara ideal mempunyai karakteristik:  **$V = 0$  untuk semua harga  $I$  (yaitu  $R = 0$ )**

OFF : Kondisi dimana arus tidak mengalir atau biasa disebut sebagai “rangkaiian terbuka” (*open circuit*), secara ideal mempunyai karakteristik:  **$I = 0$  untuk semua harga  $V$  (yaitu  $R = \infty$ ).**

Untuk menganalisis lebih lanjut, rangkaian di atas perlu dipahami hukum dasar rangkaian yang disebut hukum Kirchhoff. Terdapat beberapa cara untuk menyatakan hukum Kirchhoff, kita coba untuk menyatakan supaya mudah diingat:



Gambar 2. Rangkaian sederhana dengan tiga *loop*

i) Arus total yang masuk pada suatu titik sambungan/cabang adalah nol (Hukum I, disebut KCL – *Kirchhoff current law* ).

$$\sum i_n = 0 \tag{6.1}$$

Arah setiap arus ditunjukkan dengan anak panah, jika arus berharga positif maka arus mengalir searah dengan anak panah, demikian sebaliknya.

Dengan demikian untuk rangkaian seperti pada Gambar 2.2 kita dapat menuliskan:

$$\sum i_n = 0$$
$$-I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

Tanda negatif pada  $I_1$  menunjukkan bahwa arus keluar dari titik cabang dan jika arus masuk titik cabang diberi tanda positif.

ii) Pada setiap rangkaian tertutup (*loop*), jumlah penurunan tegangan adalah nol (Hukum II, sering disebut sebagai KVL – *Kirchhoff voltage law*)

$$\sum V_n = 0 \tag{6.2}$$

Pada Gambar 2 dengan menggunakan KVL kita dapat menuliskan tiga persamaan , yaitu:

Untuk loop sebelah kiri :  $-E_1 + R_3 I_3 + R_1 I_1 = 0$

Untuk loop sebelah kanan :  $-E_2 + R_2 I_2 + R_1 I_1 = 0$

Untuk loop luar :  $-E_1 + R_3 I_3 - R_2 I_2 + E_2 = 0$

Kembali ke rangkaian pada gambar 2.1, bahwa semua komponen dilewati arus I.

Menurut hukum II berlaku:

$$\begin{aligned} \sum V_n &= 0 \\ -E + Ir + IR &= 0 \end{aligned} \tag{6.3}$$

jadi besarnya arus yang mengalir tersebut adalah

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

Kita tertarik pada

$$\begin{aligned} V &= IR \\ &= E \frac{R}{(R+r)} \end{aligned} \tag{6.4}$$

atau dari persamaan 6.3 diperoleh

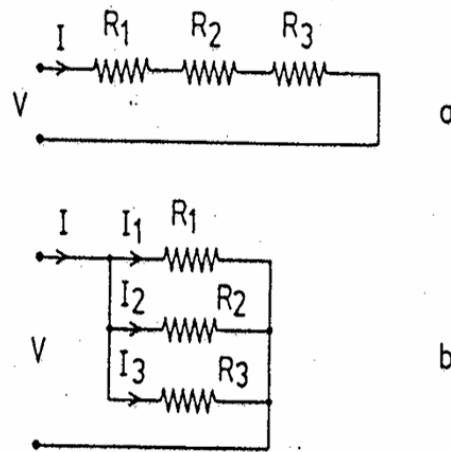
$$V = E - Ir \tag{6.5}$$

Persamaan 6.5 memperlihatkan bahwa tegangan  $V$  merupakan hasil penurunan tegangan akibat adanya beban yang dialiri arus. Simbul  $r$  disebut hambatan dalam baterai. Nampak bahwa  $V$  merupakan bagian (fraksi) dari  $E$ . Rangkaian semacam ini biasa disebut sebagai “pembagi tegangan” (akan dibicarakan lebih lanjut).

### **Resistor dalam Rangkaian Seri dan Paralel**

Ini merupakan konsep dasar yang memungkinkan kita secara cepat dapat menyederhanakan rangkaian yang relatif kompleks.





Gambar 3 Resistor dalam rangkaian: a) seri dan b) paralel.

Seperti terlihat pada Gambar 3-a, pada rangkaian seri semua resistor teraliri **arus yang sama**. Jika arus yang mengalir sebesar  $I$ , kita mempunyai

$$V = I(R_1 + R_2 + R_3) \tag{6.6}$$

$$V / I = R = R_1 + R_2 + R_3$$

Nampak bahwa untuk rangkaian seri, ketiga resistor tersebut dapat digantikan dengan

sebuah resistor tunggal sebesar  $R$ .

Pada rangkaian paralel (Gambar 3-b), nampak bahwa masing-masing resistor mendapat **tegangan yang sama**. Jadi

$$I_1 = V / R_1$$

$$I_2 = V / R_2$$

$$I_3 = V / R_3$$

dan

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V / R = V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (6.7)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

atau

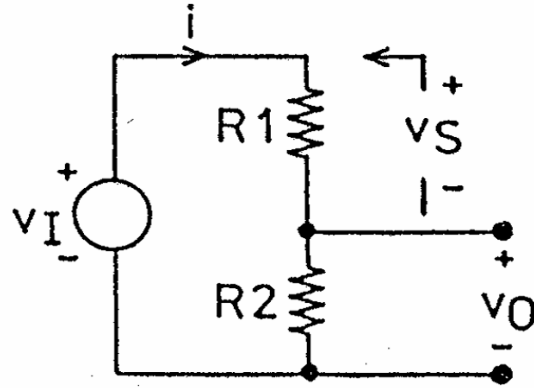
$$G = G_1 + G_2 + G_3 \quad (6.8)$$

dimana  $G$  biasa disebut sebagai konduktansi, jadi  $G = 1/R$ , dinyatakan dalam satuan

*siemen* (dengan simbol S atau mho atau  $\Omega^{-1}$ ).

### **Pembagi Tegangan (*Potential Divider*)**

Biasanya rangkaian ini digunakan untuk memperoleh tegangan yang diinginkan dari suatu sumber tegangan yang besar. Gambar 2.4 memperlihatkan bentuk sederhana rangkaian pembagi tegangan, yaitu diinginkan untuk mendapatkan tegangan keluaran  $V_o$  yang merupakan bagian dari tegangan sumber  $v_1$  dengan memasang dua resistor  $R_1$  dan  $R_2$ .



Gambar 4 Rangkaian pembagi tegangan

Nampak bahwa arus  $i$  mengalir lewat  $R1$  dan  $R2$ , sehingga

$$v_1 = v_0 + v_s \quad (6.9)$$

$$v_s = i.R1 \quad (6.10)$$

$$v_0 = i.R2 \quad (6.11)$$

$$v_1 = i.R2 + iR1 \quad (6.12)$$

Dari persamaan 6.10 dan 6.12 diperoleh

$$V_0 / V_s = R2 / R1 \quad (6.13)$$

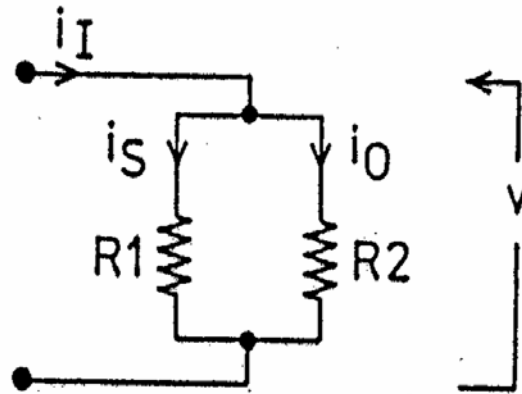
Nampak bahwa tegangan masukan terbagi menjadi dua bagian ( $v_0, v_s$ ), masing-masing sebanding dengan harga resistor yang dikenai tegangan tersebut. Dari persamaan 6.11 dan 6.12 kita peroleh

$$v_0 = v_s X \frac{R2}{(R1 + R2)} \quad (6.14)$$

Rangkaian pembagi tegangan adalah sangat penting sebagai dasar untuk memahami rangkaian DC atau rangkaian elektronika yang melibatkan berbagai komponen yang lebih rumit.

### **Pembagi Arus (*Current Divider*)**

Rangkaian pembagi arus tidaklah sepenting rangkaian pembagi tegangan, namun perlu dipahami utamanya saat kita menghubungkan alat ukur arus secara paralel.



Gambar 7 Rangkaian pembagi arus

Pada gambar 7 nampak bahwa  $v$  diambil dari resistor 1  $R$  dan 2  $R$  , jelas bahwa

$$i_I = i_o + i_s \quad (6.15)$$

$$i_s = v / R1 \quad (6.16)$$

$$i_o = v / R2 \quad (6.17)$$

$$i_I = \frac{v}{R2} + \frac{v}{R1} \quad (6.18)$$

Dari persamaan 6.16 dan 6.17 diperoleh

$$\frac{i_o}{i_s} = \frac{R1}{R2} \quad (6.19)$$

atau

$$\frac{i_o}{i_s} = \frac{G1}{G2} \quad (6.20)$$

dimana  $G=1/R =$  konduktasi.

Persamaan 6.20 menunjukkan bahwa arus masukan terbagi menjadi dua bagian ( $i_0$  dan  $i_s$ ), masing-masing sebanding dengan besarnya harga konduktansi yang dilewati arus tersebut. Dari persamaan 6.17 dan 6.18 diperoleh

$$\begin{aligned}i_0 &= v / R2 \\i_0 &= \left( \frac{i_t}{R2} \right) \left( \frac{1}{G1 + G2} \right) \\i_0 &= i_t \frac{G1}{G1 + G2}\end{aligned} \tag{6.21}$$

Jadi arus keluaran  $i_0$  merupakan bagian (fraksi) dari arus masukan.