

Hukum-hukum Rangkaian

1. Hukum Ohm

Jika sebuah penghantar atau resistansi atau hantaran dilewati oleh sebuah arus maka pada kedua ujung penghantar tersebut akan muncul beda potensial, atau Hukum Ohm menyatakan bahwa tegangan melintasi berbagai jenis bahan pengantar adalah berbanding lurus dengan arus yang mengalir melalui bahan tersebut.

Secara matematis

$$V = I.R$$

2. Hukum Kirchoff I (*Kirchoff's Current Law, KCL*)

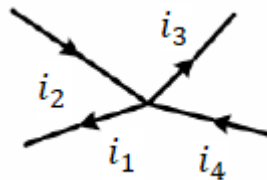
Jumlah arus yang memasuki suatu percabangan atau node atau simpul samadengan arus yang meninggalkan percabangan atau node atau simpul, dengan kata lain jumlah aljabar semua arus yang memasuki sebuah percabangan atau node atau simpul samadengan nol.

Secara matematis:

$$\Sigma \text{ Arus pada satu titik percabangan} = 0$$

$$\Sigma \text{ Arus yang masuk percabangan} = \Sigma \text{ Arus yang keluar percabangan}$$

Dapat diilustrasikan bahwa arus yang mengalir sama dengan aliran sungai, dimana pada saat menemui percabangan maka aliran sungai tersebut akan terbagi sesuai proporsinya pada percabangan tersebut. Artinya bahwa aliran sungai akan terbagi sesuai dengan jumlah percabangan yang ada, dimana tentunya jumlah debit air yang masuk akan samadengan jumlah debit air yang keluar dari percabangan tersebut.



Gambar 2.1 Hukum kirchoff I

Pada Gambar 2.1 diperoleh:

$$\sum i = 0$$

$$i_2 + i_4 - i_1 - i_3 = 0$$

$$\sum \text{ arus masuk} = \sum \text{ arus keluar}$$

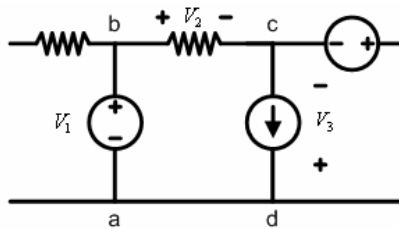
$$i_2 + i_4 = i_1 + i_3$$

3. Hukum Kirchoff II/ (*Kirchoff's Voltage Law, KVL*)

Jumlah tegangan pada suatu lintasan tertutup sama dengan nol, atau penjumlahan tegangan pada masing-masing komponen penyusunnya yang membentuk satu lintasan tertutup akan bernilai sama dengan nol.

Secara matematis:

$$\sum V = 0$$



Gambar 2.2 Hukum Kirchoff II

Pada Gambar 2.2 diperoleh:

Lintasan a-b-c-d-a:

$$V_{ab} + V_{bc} + V_{cd} + V_{da} = 0$$

$$-V_1 + V_2 - V_3 + 0 = 0$$

$$V_2 - V_1 - V_3 = 0$$

Lintasan a-d-c-b-a:

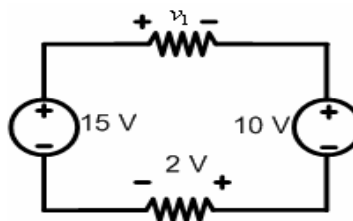
$$V_{ad} + V_{dc} + V_{cb} + V_{ba} = 0$$

$$V_3 - V_2 + V_1 + 0 = 0$$

$$V_3 - V_2 + V_1 = 0$$

Contoh Latihan:

1. Tentukan V_1 pada rangkaian tersebut!



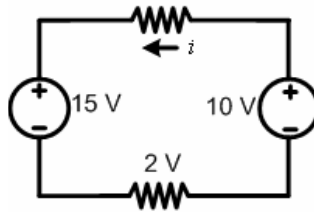
Jawaban:

Hukum KVL:

$$\sum v = 0$$

- Searah jarum jam
 $+V_1 + 10 + 2 - 15 = 0$
 $V_1 = 2V$
- Berlawanan arah jarum jam
 $-V_1 - 10 - 2 + 15 = 0$
 $V_1 = 3V$

2. Tentukan V_1 pada rangkaian tersebut!



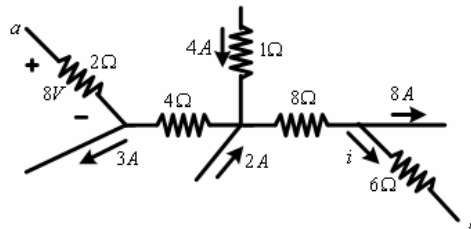
Jawaban:

$$\sum v = 0$$

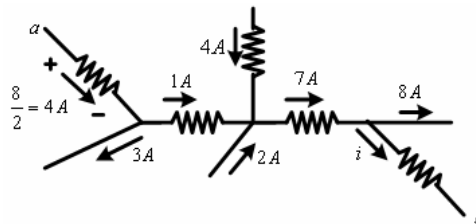
$$+v_1 - 10 + 2 + 15 = 0$$

$$v_1 = -7V$$

3. Tentukan nilai i dan v_{ab} !



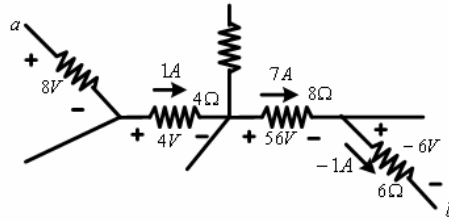
Jawaban:



Hukum KCL:

$$\sum i = 0$$

$$i = -8 + 7 = -1A$$



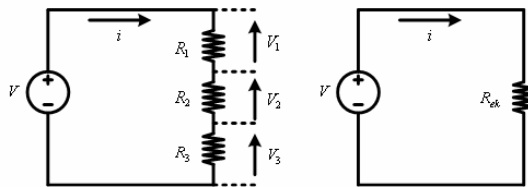
Hukum KVL:

$$\sum v = 0$$

$$v_{ab} = +8 + 4 + 56 - 6 = 62V$$

4. Hubungan Seri dan Pembagi Tegangan

Hubungan seri terjadi jika salah satu terminal dari dua elemen tersambung mengakibatkan arus yang melewati kedua elemen tersebut sama besar.



Gambar 2.3 Hubungan seri resistor, $R_{ek} = R_{ekuivalen}$

Dari Gambar 2.3 diperoleh:

$$KVL : \sum V = 0$$

$$V_1 + V_2 + V_3 - V = 0$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = iR_1 + iR_2 + iR_3$$

$$V = i(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$\frac{V}{i} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{ek} = R_1 + R_2 + R_3$$

Pembagi tegangan

$$V_1 = iR_1$$

$$V_2 = iR_2$$

$$V_3 = iR_3$$

Dimana:

$$i = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3}$$

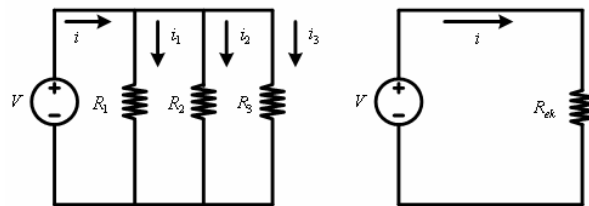
Sehingga :

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} V$$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} V$$

$$V_3 = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} V$$

5. Hubungan Paralel dan Pembagi Arus



KCL:

$$\sum i = 0$$

$$i - i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

$$\frac{V}{R_{ek}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{ek}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Pembagi arus:

$$i_1 = \frac{R_{ek}}{R_1} i$$

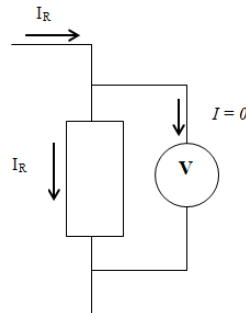
$$i_2 = \frac{R_{ek}}{R_2} i$$

$$i_3 = \frac{R_{ek}}{R_3} i$$

6. Voltmeter dan Amperemeter

Voltmeter berfungsi sebagai alat ukur tegangan. Voltmeter mempunyai karakteristik nilai hambatan dalamnya besar sekali ($R_d = \infty$).

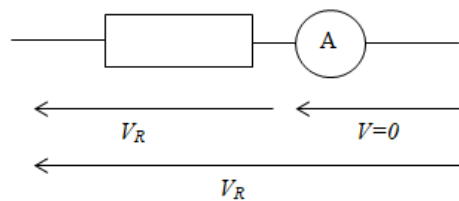
Voltmeter dipasang paralel pada komponen yang akan diukur supaya tidak ada arus yang melalui voltmeter.



Gambar 2.4 cara mengukur tegangan dengan voltmeter

Ampere meter berfungsi sebagai alat ukur arus. Ampere meter mempunyai karakteristik nilai hambatan dalamnya kecil sekali ($R_d=0$).

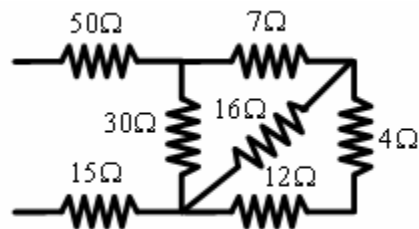
Ampere meter dipasang seri pada komponen yang akan diukur supaya tegangan pada ampermeter sama dengan nol.



Gambar 2.5 Cara mengukur arus dengan Amperemeter

7. Contoh latihan:

1. Tentukan nilai R_{ek} pada rangkaian tersebut!



Jawaban:

$$R_{s1} = 12 + 4 = 16\Omega$$

$$R_{s1} // 16\Omega \rightarrow R_{pl} = \frac{16 \times 16}{16 + 16} = 8\Omega$$

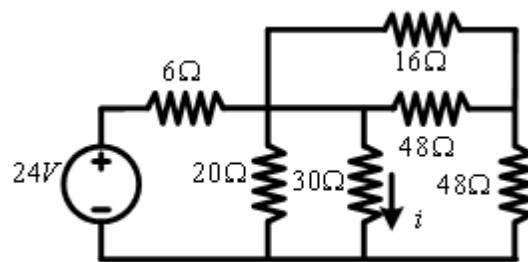
$$R_{s2} = R_{pl} + 7\Omega = 8 + 7 = 15\Omega$$

$$R_{s2} = R_{pl} + 7\Omega = 8 + 7 = 15\Omega$$

$$R_{s2} // 30\Omega \rightarrow R_{p2} = \frac{15 \times 30}{15 + 30} = 10\Omega$$

$$R_{ek} = R_{p2} + 50\Omega + 15\Omega = 10 + 50 + 15 = 75\Omega$$

2. Tentukan nilai arus i !



Jawaban:

$$R_{pl} = \frac{16 \times 48}{16 + 48} = 12\Omega$$

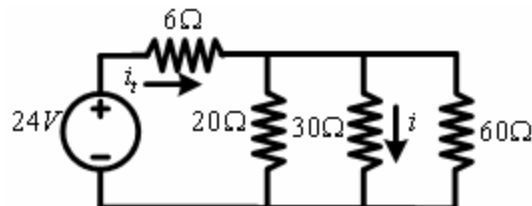
$$R_{s1} = R_{pl} + 48\Omega = 12 + 48 = 60\Omega$$

$$R_{s1} // 30\Omega // 20\Omega \rightarrow R_{p2} = \frac{R_{s1} \cdot 30 \cdot 20}{R_{s1} \cdot 30 + R_{s1} \cdot 20 + 30 \cdot 20}$$

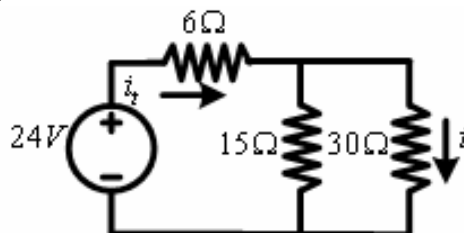
$$R_{p2} = 10\Omega$$

$$R_{ek} = R_{p2} + 6\Omega = 10 + 6 = 16\Omega$$

$$i_t = \frac{24}{16} = \frac{3}{2} A$$

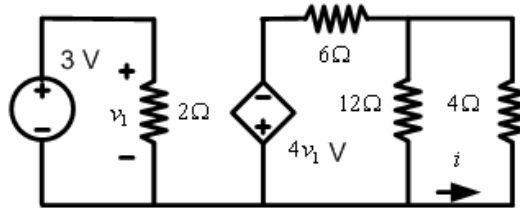


$$R_{s1} // 30\Omega \rightarrow R_p = \frac{20 \cdot 60}{20 + 60} = 15\Omega$$



$$i = \frac{15}{15 + 30} i_t = \frac{15}{45} \cdot \frac{3}{2} = \frac{1}{2} A$$

3. Tentukan nilai arus i !



Jawaban:

$$v_1 = 3v$$

$$12\Omega // 4\Omega \rightarrow R_p = \frac{12 \times 4}{12 + 4} = 3\Omega$$

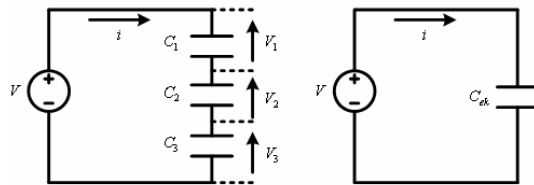
$$v_{Rp} = \frac{R_p}{R_p + 6\Omega} \times 4v_1 = \frac{3}{9} \times 12 = 4v$$

Sehingga:

$$i = \frac{v_{Rp}}{4\Omega} = \frac{4}{4} = 1A$$

Kapasitor (C)

Hubungan Seri



$$KVL: \sum V = 0$$

$$V_1 + V_2 + V_3 - V = 0$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V = \frac{1}{C_1} \int i dt + \frac{1}{C_2} \int i dt + \frac{1}{C_3} \int i dt$$

$$\frac{1}{C_{ek}} \int i dt = \frac{1}{C_1} \int i dt + \frac{1}{C_2} \int i dt + \frac{1}{C_3} \int i dt$$

$$\frac{1}{C_{ek}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Pembagi tegangan:

$$V = \frac{1}{C_1} \int i dt$$

$$V = \frac{1}{C_1} \int i dt \int i dt$$

$$V = \frac{1}{C_3} \int i dt$$

$$\text{Dimana} \rightarrow V = \frac{1}{C_{ek}} \int i dt$$

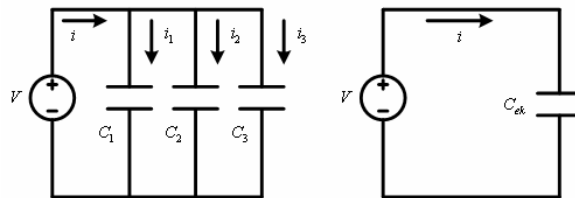
Sehingga:

$$V_1 = \frac{C_{ek}}{C_1} V$$

$$V_2 = \frac{C_{ek}}{C_2} V$$

$$V_3 = \frac{C_{ek}}{C_3} V$$

Hubungan paralel:



KCL:

$$\sum i = 0$$

$$i - i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

$$C_{ek} \frac{dV}{dt} = C_1 \frac{dV}{dt} + C_2 \frac{dV}{dt} + C_3 \frac{dV}{dt}$$

$$C_{ek} = C_1 + C_2 + C_3$$

Pembagi arus:

$$i_1 = C_1 \frac{dV}{dt}$$

$$i_2 = C_2 \frac{dV}{dt}$$

$$i_3 = C_3 \frac{dV}{dt}$$

$$\text{Dimana} \rightarrow i = C_{ek} \frac{dV}{dt} \rightarrow \frac{dV}{dt} = \frac{i}{C_{ek}}$$

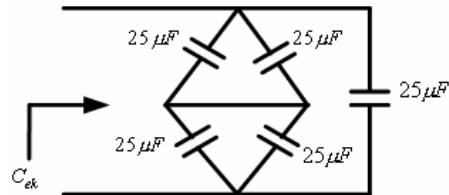
Sehingga:

$$i_1 = \frac{C_1}{C_{ek}} i$$

$$i_2 = \frac{C_2}{C_{ek}} i$$

$$i_3 = \frac{C_3}{C_{ek}} i$$

4. Tentukan C_{ek} pada rangkaian tersebut!



Jawaban:

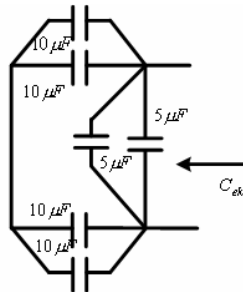
$$C_{P1} = 25\mu F + 25\mu F = 50\mu F$$

$$C_{P2} = 25\mu F + 25\mu F = 50\mu F$$

$$C_s = \frac{50 \times 50}{50 + 50} = 25\mu F$$

$$C_{ek} = C_s + 25\mu F = 25 + 25 = 50\mu F$$

5. Tentukan C_{ek} !



Jawaban:

$$C_{p1} = 10\mu F + 10\mu F = 20\mu F$$

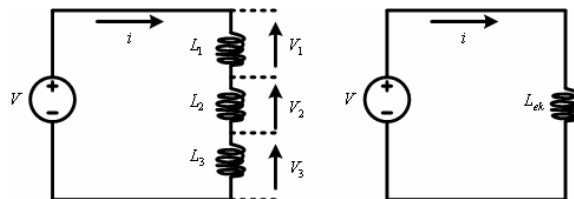
$$C_{p1} = 10\mu F + 10\mu F = 20\mu F$$

$$C_s = \frac{20 \times 20}{20 + 20} = 10\mu F$$

$$C_{ek} = C_s + 5\mu F + 5\mu F = 20\mu F$$

Induktor (L)

Hubungan Seri:



$$KVL: \sum V = 0$$

$$V_1 + V_2 + V_3 - V = 0$$

$$\begin{aligned}
 V &= V_1 + V_2 + V_3 \\
 V &= L_1 \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} + L_3 \frac{di}{dt} \\
 L_{ek} \frac{di}{dt} &= L_1 \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} + L_3 \frac{di}{dt} \\
 L_{ek} &= L_1 + L_2 + L_3
 \end{aligned}$$

Pembagi tegangan:

$$V_1 = L_1 \frac{di}{dt}$$

$$V_2 = L_2 \frac{di}{dt}$$

$$V_3 = L_3 \frac{di}{dt}$$

$$\text{dimana} \rightarrow V = L_{ek} \frac{di}{dt} \rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{V}{L_{ek}}$$

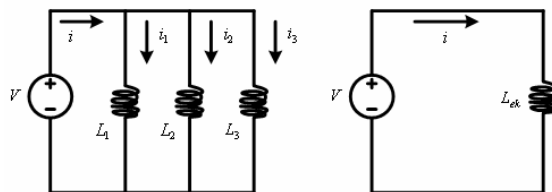
sehingga:

$$V_1 = \frac{L_1}{L_{ek}} V$$

$$V_2 = \frac{L_2}{L_{ek}} V$$

$$V_3 = \frac{L_3}{L_{ek}} V$$

Hubungan paralel:



KCL:

$$\sum i = 0$$

$$i - i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

$$\frac{1}{L_{ek}} \int v dt = \frac{1}{L_1} \int v dt + \frac{1}{L_2} \int v dt + \frac{1}{L_3} \int v dt$$

$$\frac{1}{L_{ek}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

Pembagi arus:

$$i_1 = \frac{1}{L_1} \int V dt$$

$$i_2 = \frac{1}{L_2} \int V dt$$

$$i_3 = \frac{1}{L_3} \int V dt$$

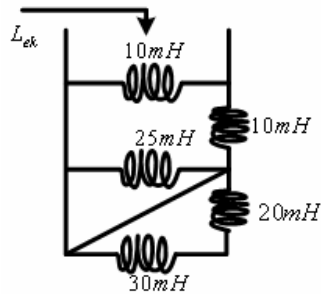
$$\text{dimana} \rightarrow i = \frac{1}{L_{ek}} \int V dt \rightarrow \int V dt = L_{ek} i$$

$$i_1 = \frac{L_{ek}}{L_1} i$$

$$i_2 = \frac{L_{ek}}{L_2} i$$

$$i_3 = \frac{L_{ek}}{L_3} i$$

6. Tentukan nilai L_{ek} !



Jawaban:

$$L_{s1} = 30mH + 20mH = 50mH$$

$$L_{s1} // 0 // 25mH \rightarrow L_{p1} = 0mH$$

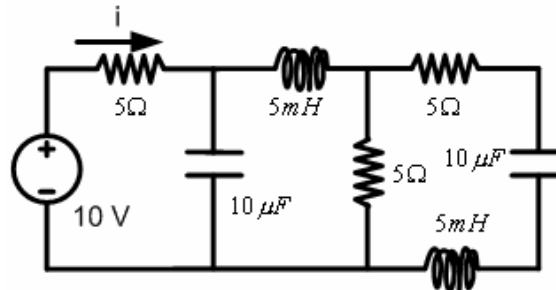
$$L_{s2} = L_{p1} + 10mH = 0 + 10 = 10mH$$

$$L_{s2} // 10mH \rightarrow L_{ek} = \frac{L_{s2} \times 10}{L_{s2} + 10}$$

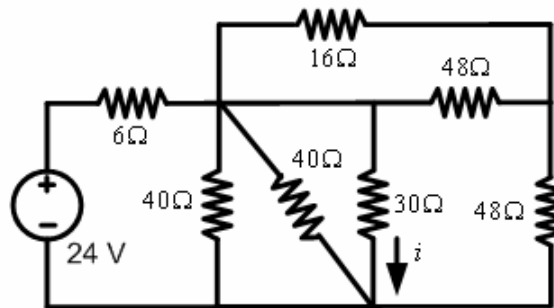
$$L_{ek} = \frac{10 \times 10}{10 + 10} = 5mH$$

Soal untuk dikerjakan:

1. Tentukan nilai arus i jika diberikan sumber tegangan DC 10V!



2. Tentukan nilai arus i !



3. Tentukan tahan totalnya

