

Elektronika Dasar

Pertemuan ke 3

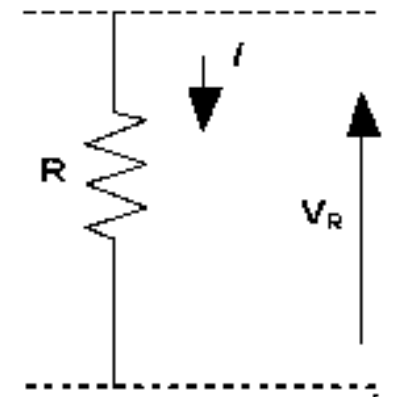
Hukum Ohm

Hukum Ohm menyatakan bahwa kuat arus listrik yang mengalir pada suatu bahan berbanding lurus dengan beda potensial/tegangan di antara terminalnya dan berbanding terbalik dengan tahanan bahan tersebut.

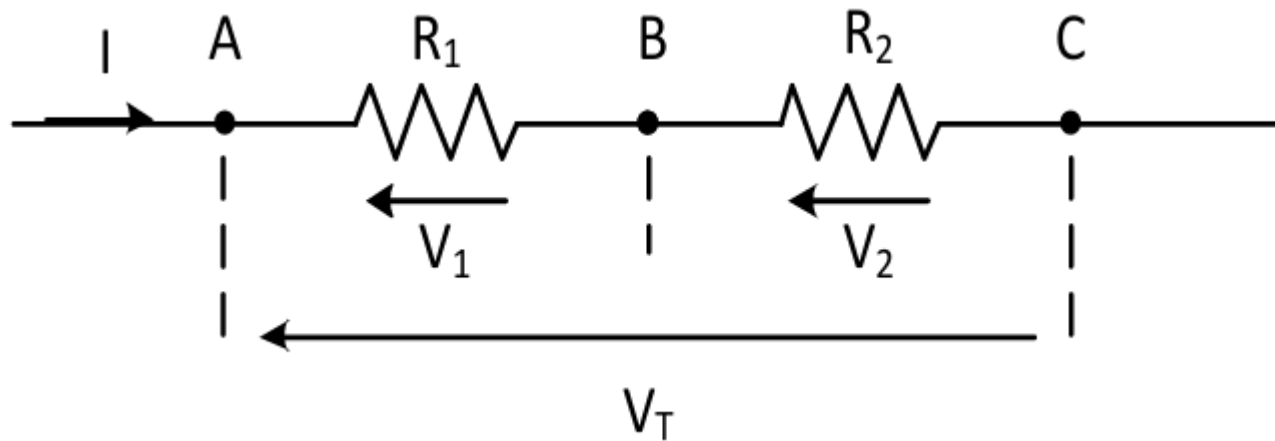
$$I = \frac{V}{R} \text{ Ampere}$$

Jika suatu resistor dilewati oleh sebuah arus maka pada kedua ujung resistor tersebut akan timbul beda potensial atau tegangan V_R , dengan menerapkan hukum Ohm, maka :

$$V_R = I \times R \text{ Volt}$$



Suatu tahanan dapat dihubungkan (dirangkaikan) menjadi hubungan seri (deret), hubungan paralel (sejajar) dan hubungan seri paralel (campuran). Tahanan hubung seri (deret) adalah hubungan dari beberapa tahanan yang dihubungkan berturut-turut atau berderet, sehingga tidak ada arus yang dicabangkan.



Apabila arus melalui tahanan R_1 dan R_2 seperti gambar, maka pada tahanan tersebut akan ada energi potensial V_1 dan V_2 dengan arah berlawanan dengan arah arus.

Pada hubungan seri ini besarnya arus yang mengalir pada tiap-tiap tahanan sama besarnya. Besarnya tegangan antara titik A dan C adalah

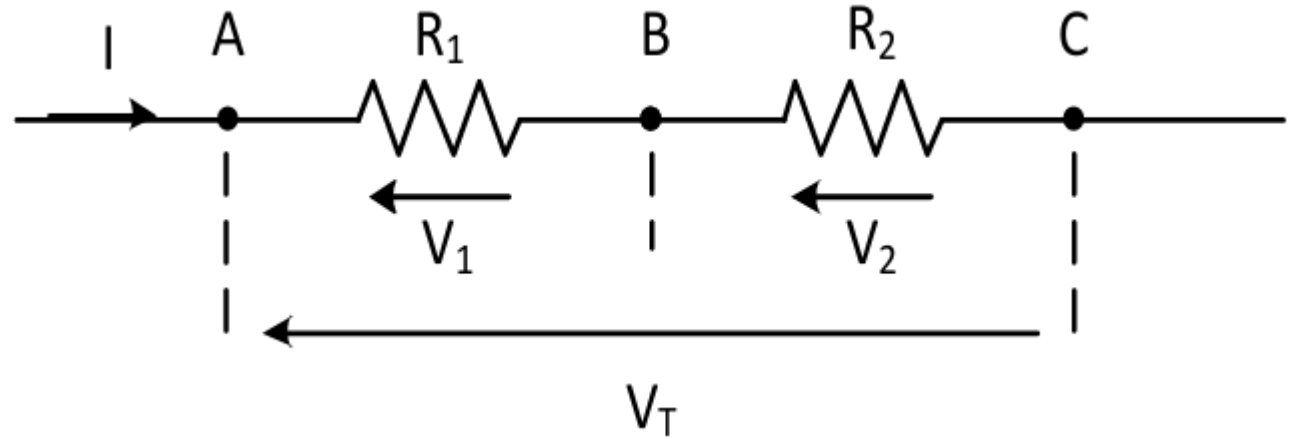
$$V_{Total} = V_1 + V_2 \text{ Volt}$$

Dalam tiap tahanan berlaku hukum Ohm :

$$V_1 = I \times R_1 \text{ Volt}$$

$$V_2 = I \times R_2 \text{ Volt}$$

Dimana: $V_1 \neq V_2$



Sehingga:

$$V_{Total} = V_1 + V_2 \text{ Volt}$$

$$V_{Total} = (I \times R_1) + (I \times R_2)$$

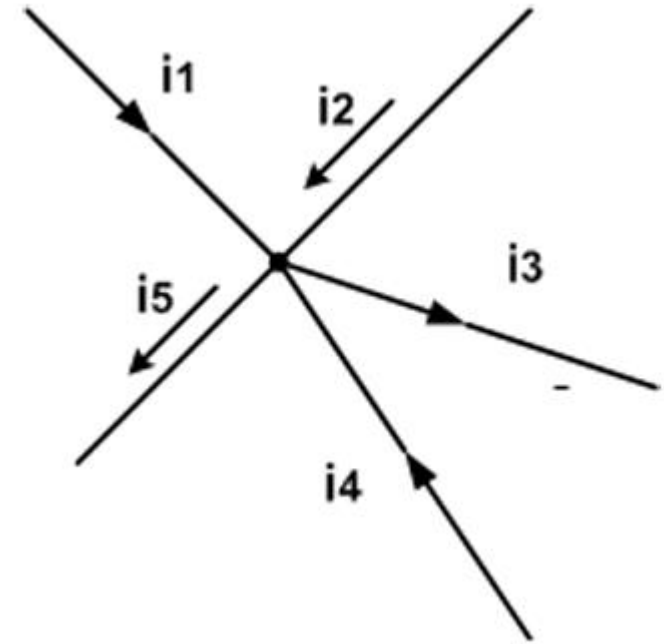
$$V_{Total} = I(R_1 + R_2)$$

Hukum Kirchhoff

Hukum Arus Kirchhoff atau Kirchhoff Current Law's (KCL) menyatakan bahwa :

Jumlah aljabar semua arus yang masuk kesuatu simpul (sambungan) sama dengan arus yang meninggalkan simpul tersebut, atau penjumlahan semua arus pada satu simpul = 0

$$\sum_{k=1}^n i_k = 0$$



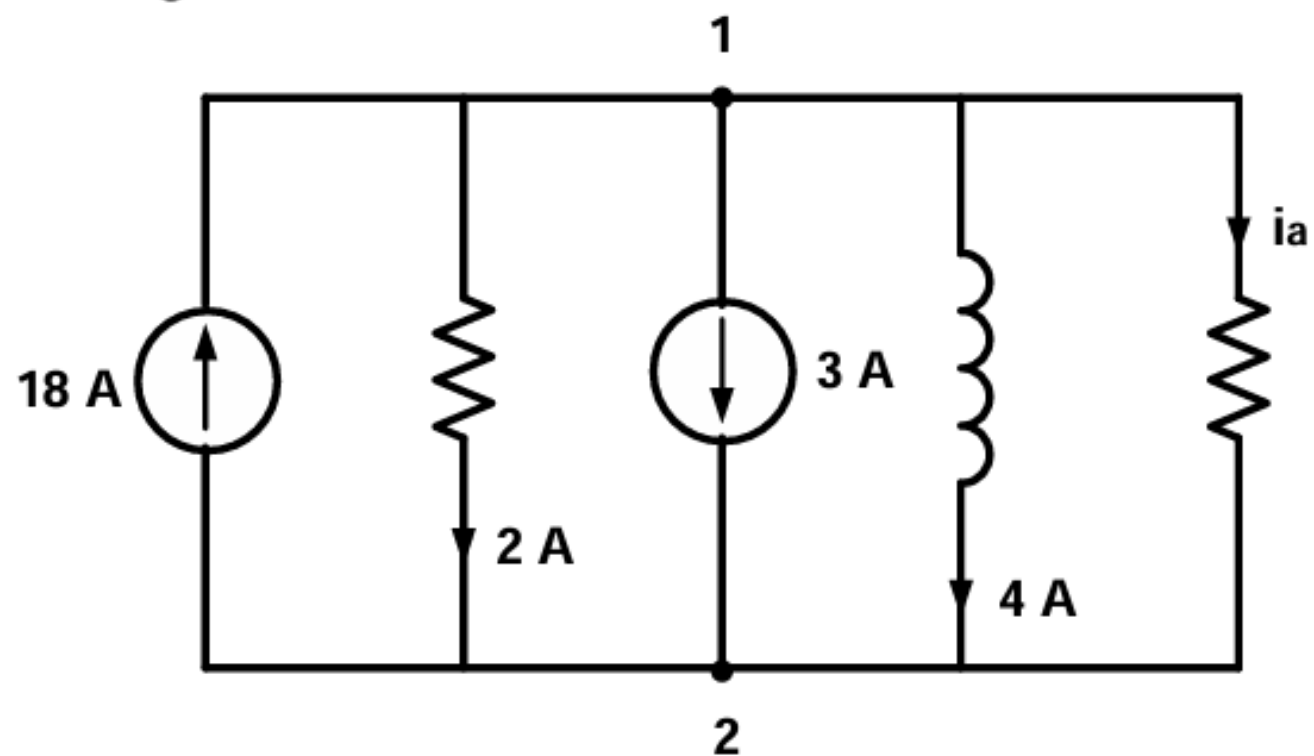
$$i_1 + i_2 + (-i_3) + i_4 + (-i_5) = 0$$

$$i_1 + i_2 + i_4 - i_3 - i_5 = 0$$

Atau

$$i_1 + i_2 + i_4 = i_3 + i_5$$

Contoh : Hitung arus i_a



Hukum Kirchhoff

Hukum Tegangan Kirchhoff atau Kirchhoff Voltage Law's (KVL) menyatakan bahwa :

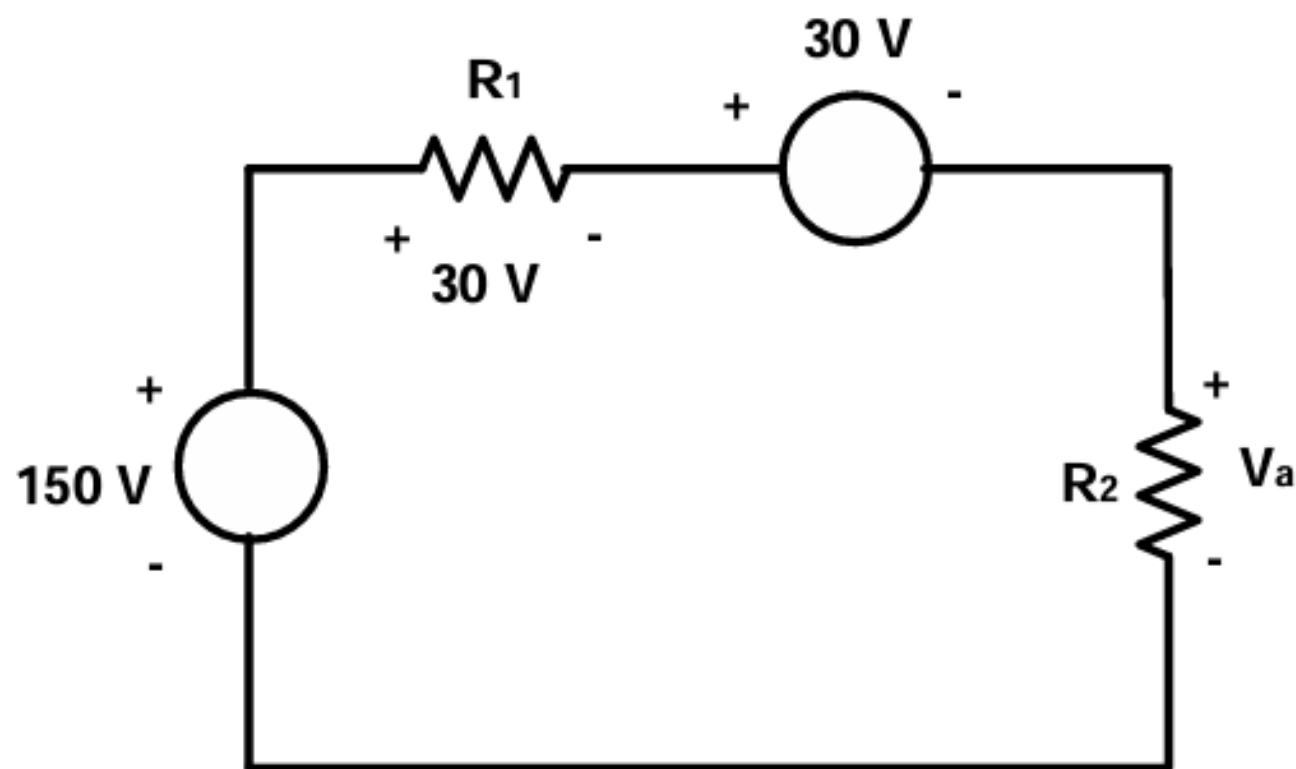
Jumlah aljabar semua tegangan pada rangkaian tertutup = 0

$$\sum_{k=1}^n V_k = 0$$

$$V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n = 0$$

Contoh :

1. Pada rangkaian elektrik berikut, hitung tegangan (v_a)



Tahanan hubung paralel (sejajar) adalah beberapa tahanan yang dihubungkan sejajar satu sama lainnya, sehingga hanya mempunyai dua titik hubung yang sama dan terjadi pencabangan arus.

dengan menerapkan KCL dimana :

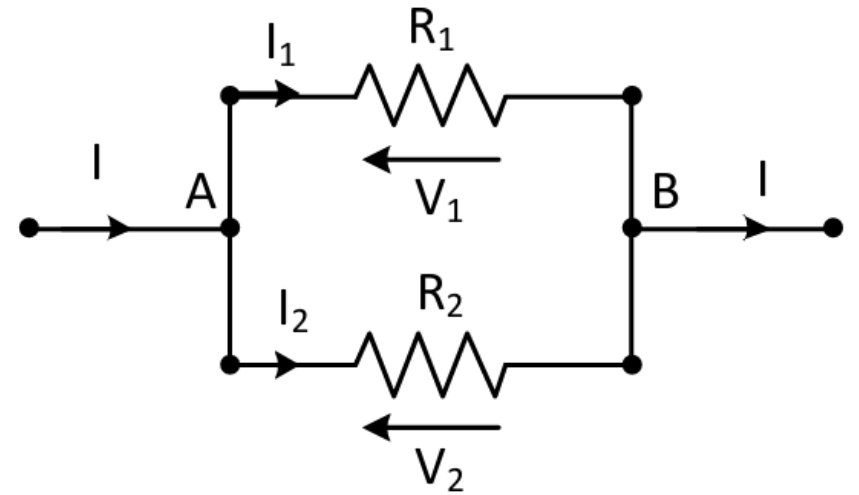
$$I_1 \neq I_2 \Rightarrow I = I_1 + I_2$$

$$\text{Atau } I - I_1 - I_2 = 0$$

$$V_1 = V_2 = V_{AB}$$

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_{AB}}{R_1} \text{ Ampere}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{V_{AB}}{R_2} \text{ Ampere}$$



$$\text{Sehingga : } V_{AB} = I_1 \times R_1 \text{ Volt}$$

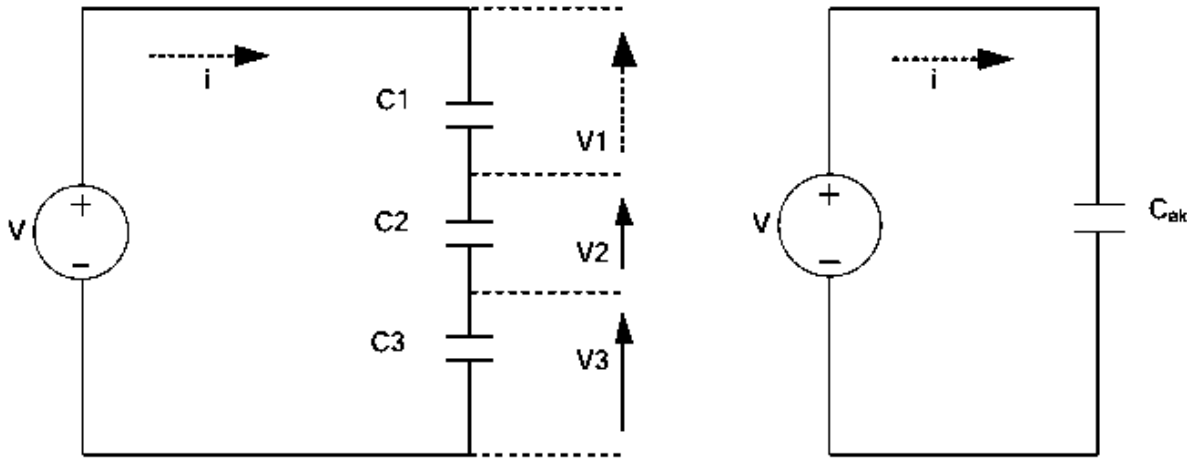
$$\text{Atau : } V_{AB} = I_2 \times R_2 \text{ Volt}$$

$$\text{Maka : } I = \frac{V_{AB}}{R_1} + \frac{V_{AB}}{R_2} \text{ Ampere}$$

$$I = V_{AB} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \text{ Ampere}$$

Kapasitor

Hubungan seri dan pembagi tegangan pada kapasitor



KVL:

$$\sum V = 0$$

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

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

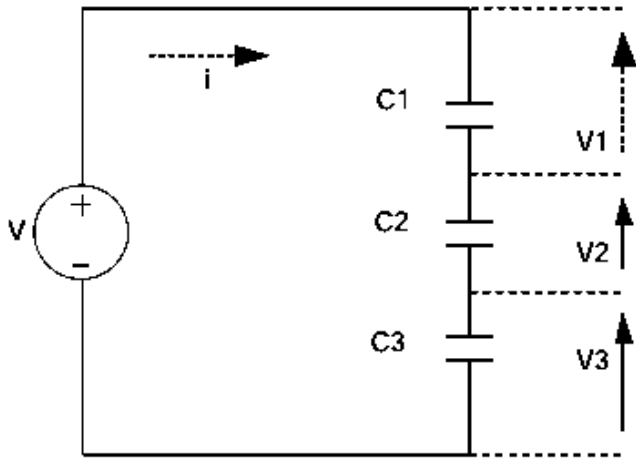
$$V = \frac{1}{C_1} \int i dt + \frac{1}{C_2} \int i dt + \frac{1}{C_3} \int i dt$$

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

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

Kapasitor

Hubungan seri dan pembagi tegangan pada kapasitor

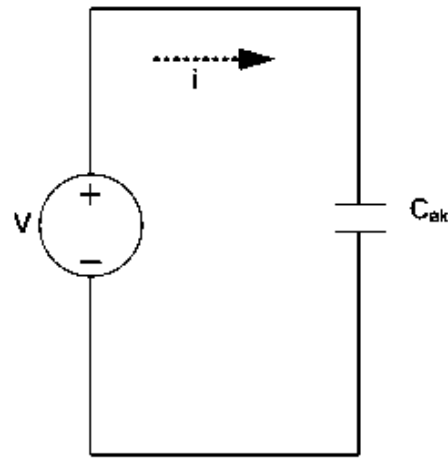


Pembagi Tegangan :

$$V_1 = \frac{1}{C_1} \int i dt$$

$$V_2 = \frac{1}{C_2} \int i dt$$

$$V_3 = \frac{1}{C_3} \int i dt$$



Dimana :

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

Sehingga :

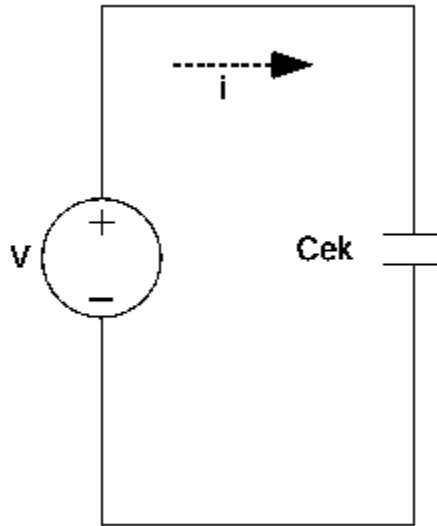
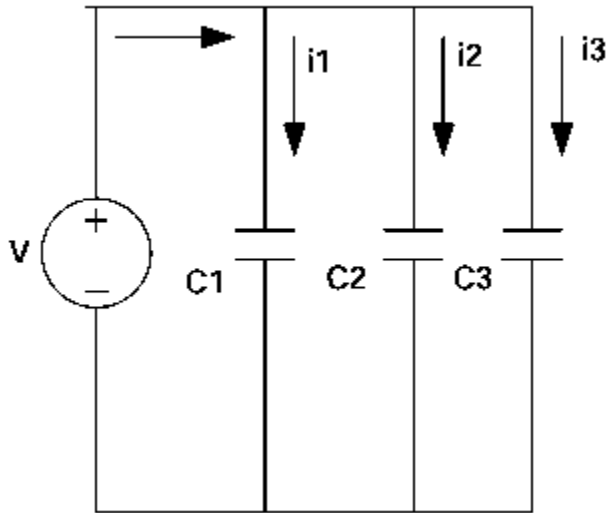
$$V_1 = \frac{C_{ek}}{C_1} V$$

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

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

Kapasitor

Hubungan paralel dan pembagi arus pada kapasitor



KCL :

$$\sum i = 0$$

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

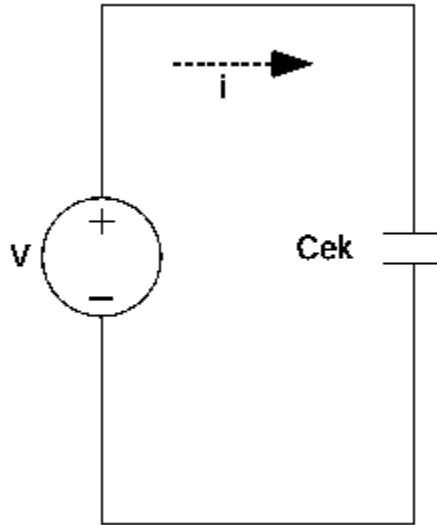
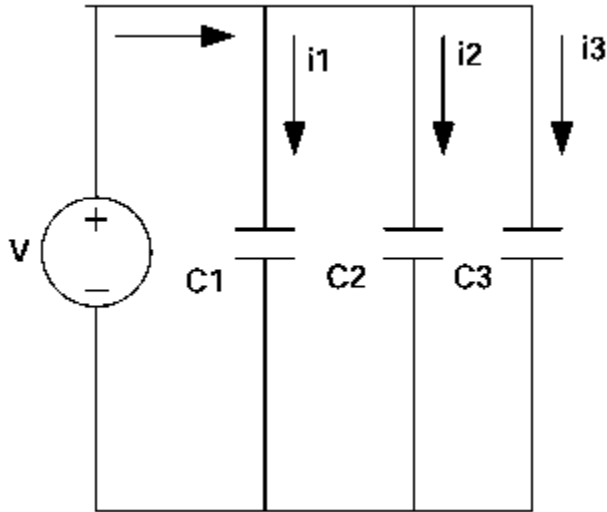
$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

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

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

Kapasitor

Hubungan paralel dan pembagi arus pada kapasitor



Pembagi Arus :

$$i_1 = C_1 \frac{dV}{dt} \quad i_3 = C_3 \frac{dV}{dt}$$

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

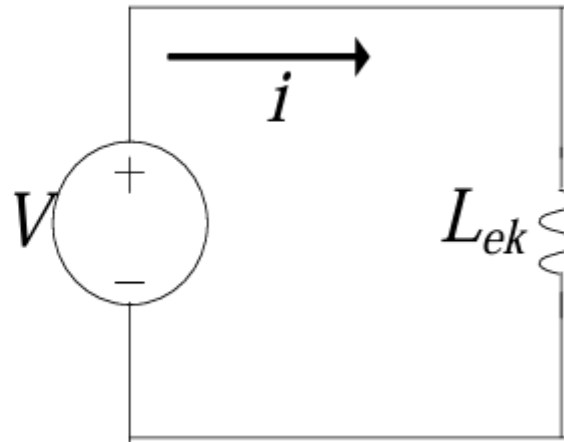
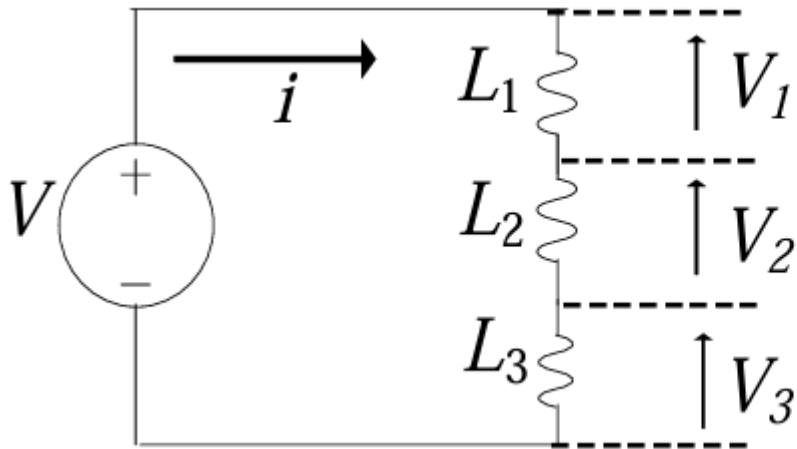
Sehingga :

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

$$i_1 = \frac{C_1}{C_{ek}} i \quad i_2 = \frac{C_2}{C_{ek}} i \quad i_3 = \frac{C_3}{C_{ek}} i$$

Induktor

Hubungan seri dan pembagi tegangan pada induktor



KVL :

$$\sum_{L=1}^3 V_L = 0$$

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

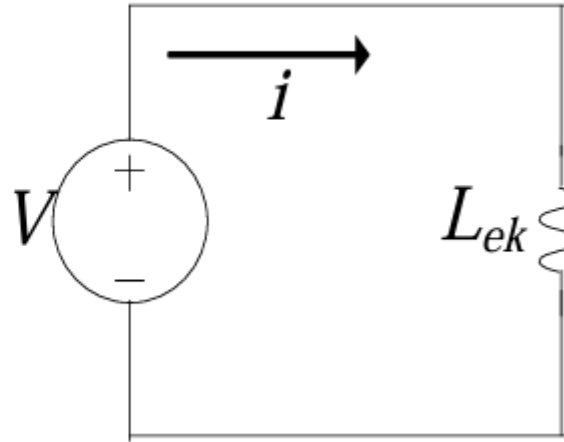
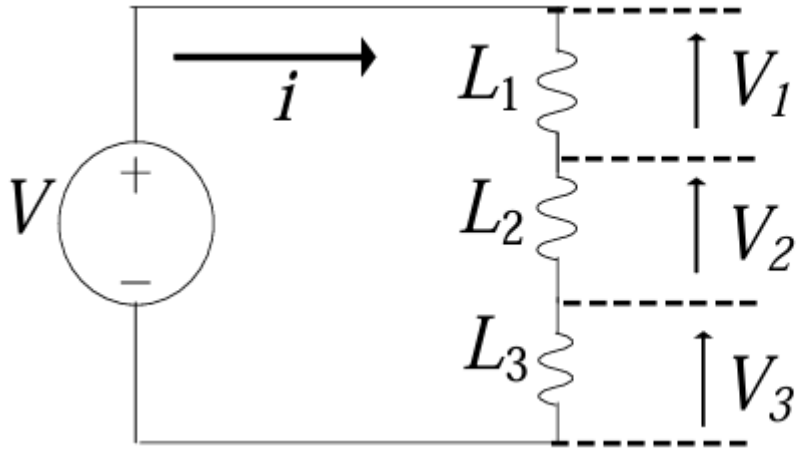
$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V = L_1 \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} + L_3 \frac{di}{dt}$$

$$\boxed{L_{ek} = L_1 + L_2 + L_3}$$

Induktor

Hubungan seri dan pembagi tegangan pada induktor



Pembagi Tegangan :

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

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

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

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

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

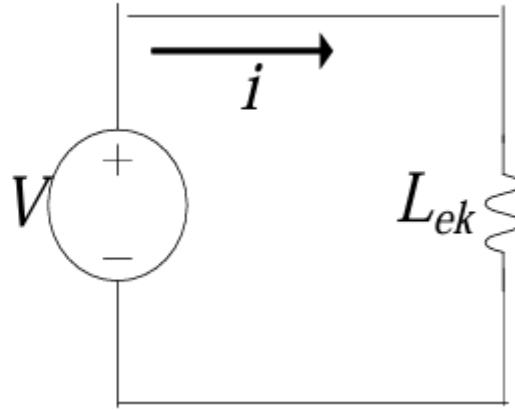
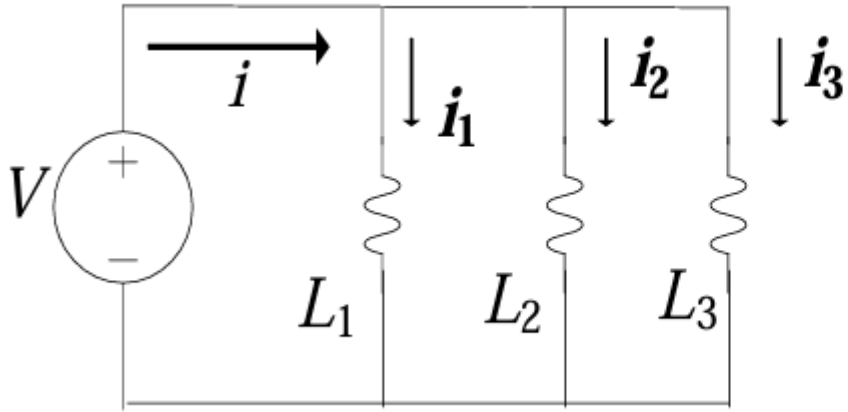
$$V_3 = \frac{L_3}{L_{ek}} V$$

Dimana : $V = L_{ek} \frac{di}{dt}$

Sehingga : $\frac{di}{dt} = \frac{V}{L_{ek}}$

Induktor

Hubungan paralel dan pembagi arus pada induktor



KCL :

$$\sum i = 0$$

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

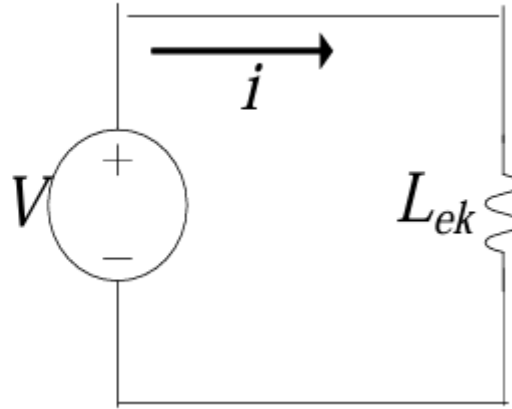
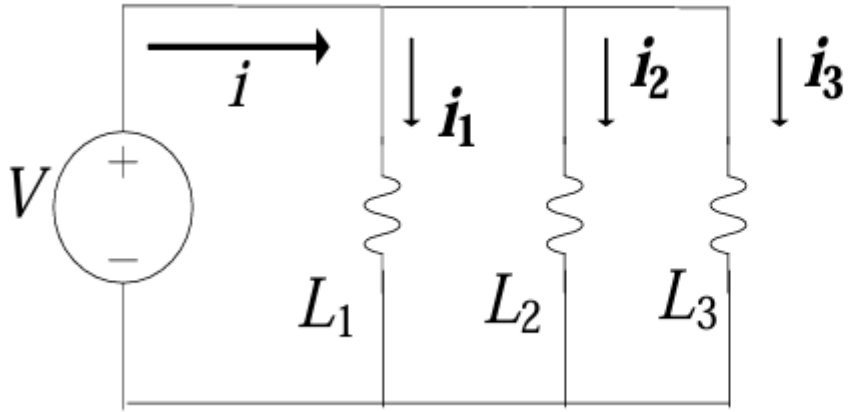
$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

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

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

Induktor

Hubungan paralel dan pembagi arus pada induktor



Pembagi Arus :

$$i_1 = \frac{1}{L_1} \int V dt \quad i_3 = \frac{1}{L_3} \int V dt$$
$$i_2 = \frac{1}{L_2} \int V dt$$

Dimana :

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

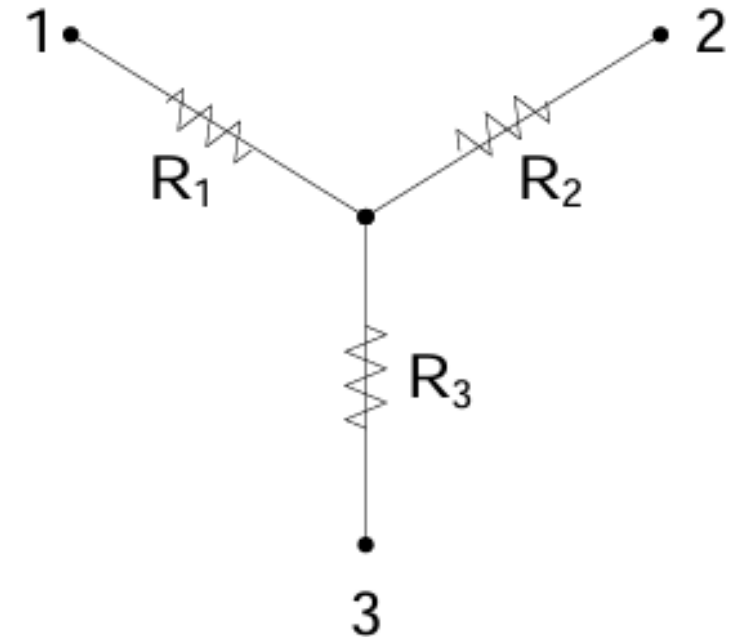
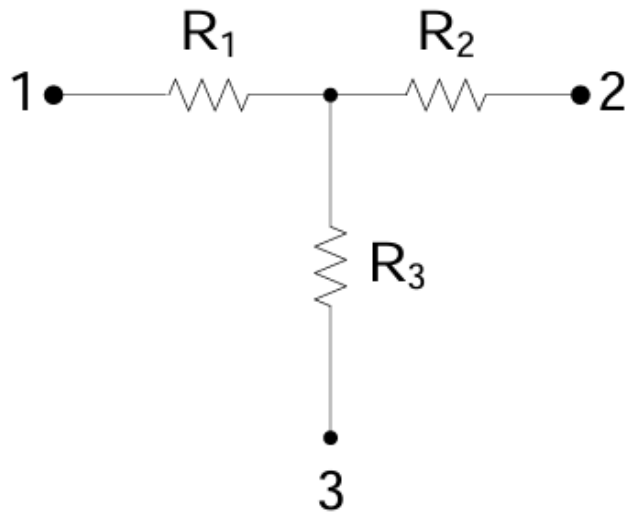
Sehingga :

$$i_1 = \frac{L_{ek}}{L_1} i \quad i_3 = \frac{L_{ek}}{L_3} i$$
$$i_2 = \frac{L_{ek}}{L_2} i$$

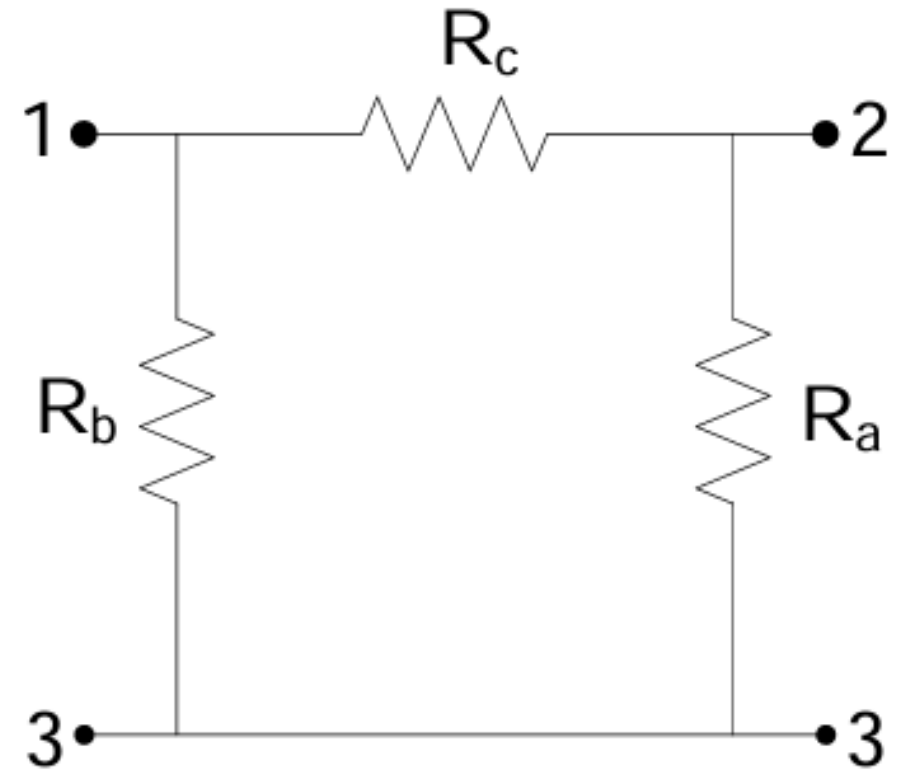
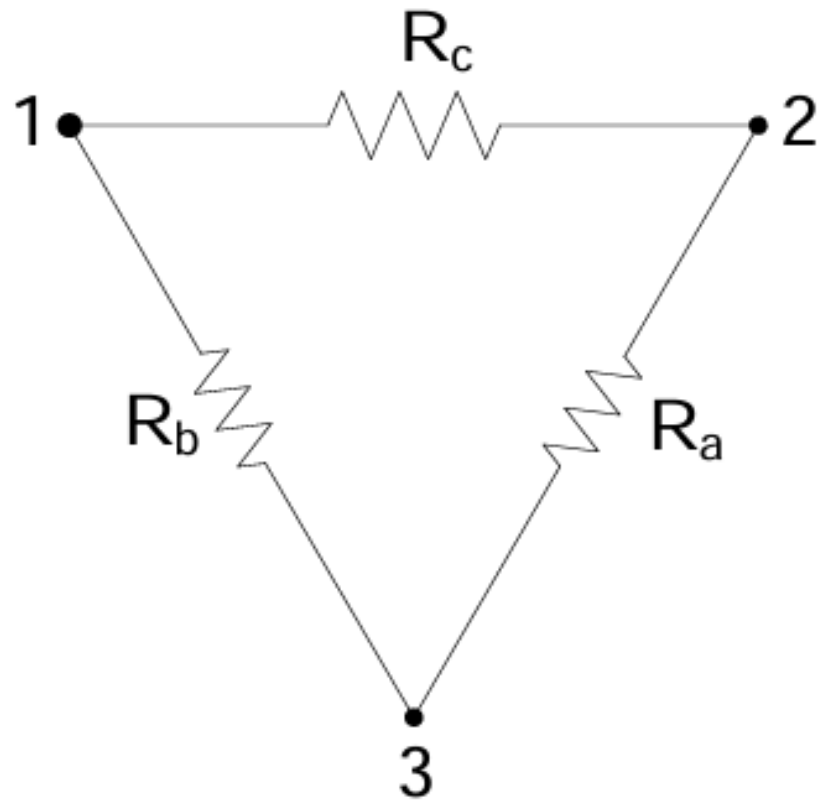
Transformasi

Jika sekumpulan resistansi saat dianalisis ternyata tidak membentuk hubungan seri ataupun parallel seperti yang telah dibahas sebelum nya, melainkan membentuk hubungan Star (bintang) dan hubungan Delta (segitiga). Untuk menyelesaikannya harus di transformasi terlebih dahulu.

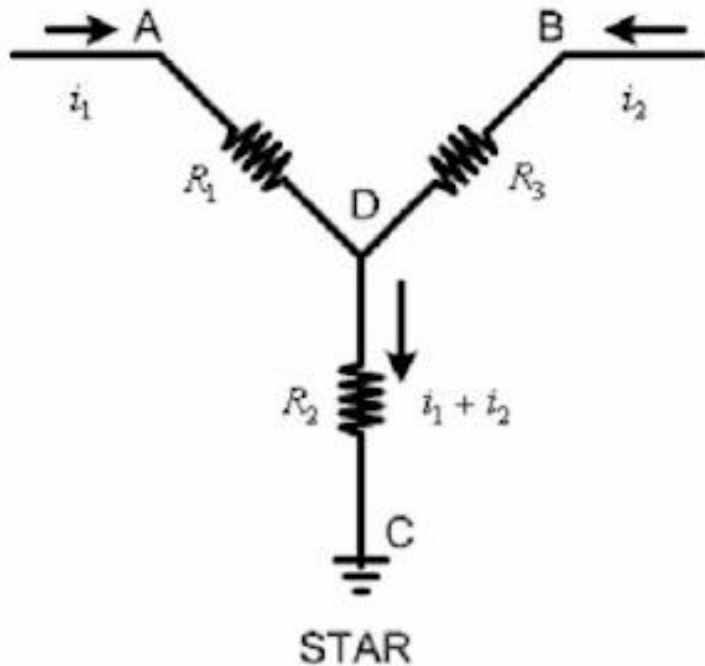
Hubungan Star atau wye disebut juga hubungan bintang (Y) atau hubungan T, rangkaian wye sebagai berikut :



Hubungan delta disebut juga hubungan segitiga atau hubungan pi, rangkaian delta sebagai berikut :



Rangkaian Bintang



Tinjau node D dengan analisis node di mana node C sebagai ground:

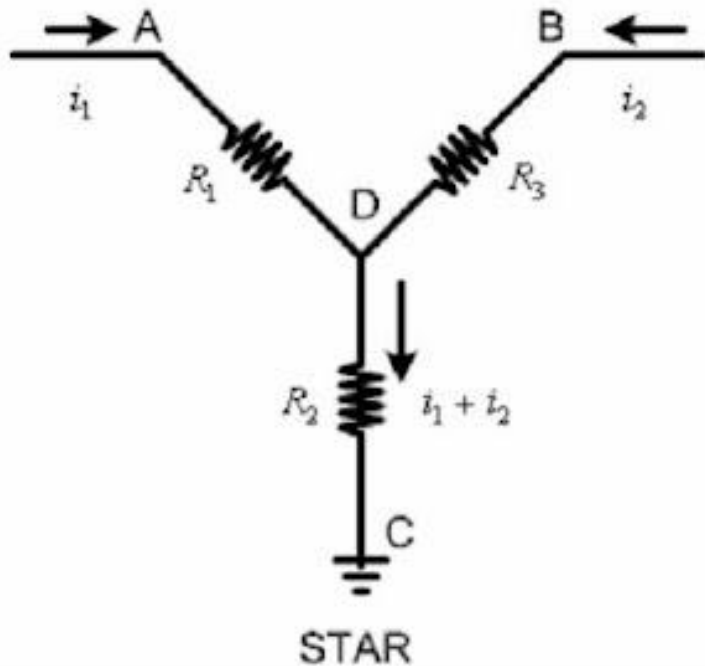
$$\frac{V_D - V_A}{R_1} + \frac{V_D - V_B}{R_3} + \frac{V_D}{R_2} = 0$$

$$V_D \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{V_A}{R_1} + \frac{V_B}{R_3}$$

$$V_D \left(\frac{R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3}{R_1 R_2 R_3} \right) = \frac{V_A}{R_1} + \frac{V_B}{R_3}$$

$$V_D = \left(\frac{R_2 R_3}{R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3} \right) V_A + \left(\frac{R_1 R_2}{R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3} \right) V_B$$

Rangkaian Bintang



Tinjau node D dengan analisis node di mana node C sebagai ground:

$$i_1 = \frac{V_A - V_D}{R_1} = \frac{V_A}{R_1} - \frac{V_D}{R_1}$$

$$i_1 = \frac{V_A}{R_1} - \frac{1}{R_1} \left[\frac{R_2 R_3}{R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3} V_A + \frac{R_1 R_2}{R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3} V_B \right]$$

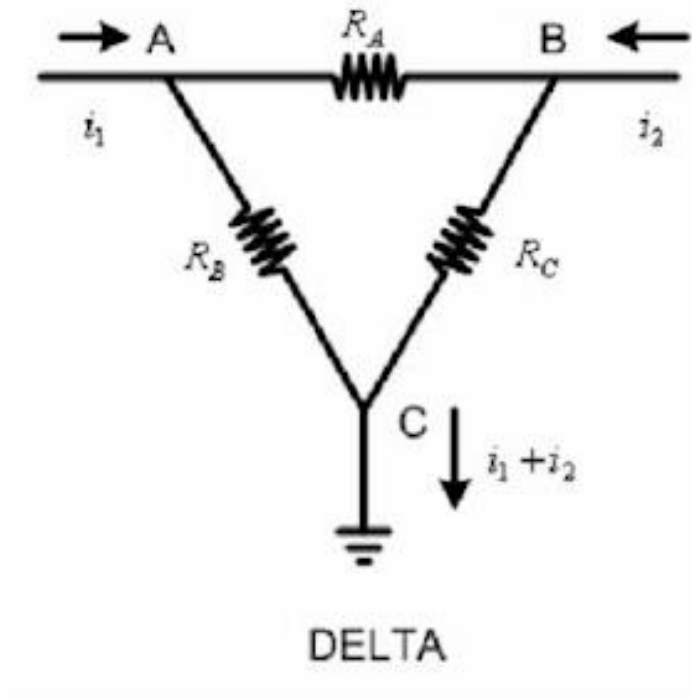
$$i_1 = \frac{R_2 R_3}{R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3} V_A - \frac{R_2}{R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3} V_B$$

$$i_2 = \frac{V_B - V_D}{R_3} = \frac{V_B}{R_3} - \frac{V_D}{R_3}$$

$$i_2 = \frac{V_B}{R_3} - \frac{1}{R_3} \left[\frac{R_2 R_3}{R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3} V_A + \frac{R_1 R_2}{R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3} V_B \right]$$

$$i_2 = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3}{R_3 (R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3)} V_A - \frac{R_1 R_2}{R_3 (R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3)} V_B$$

Rangkaian Delta



Tinjau node A dengan analisis node di mana node C sebagai ground:

$$\frac{V_A - V_B}{R_A} + \frac{V_A}{R_B} = i_1$$

$$\left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} \right) V_A - \frac{1}{R_A} V_B = i_1$$

Bandingkan dengan persamaan pada rangkaian bintang :

$$\frac{R_2 + R_3}{R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3} V_A - \frac{R_2}{R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3} V_B = i_1$$

$$\left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} \right) V_A - \frac{1}{R_A} V_B = i_1$$

Rangkaian Delta

$$\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} = \frac{R_2 + R_3}{R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3}$$

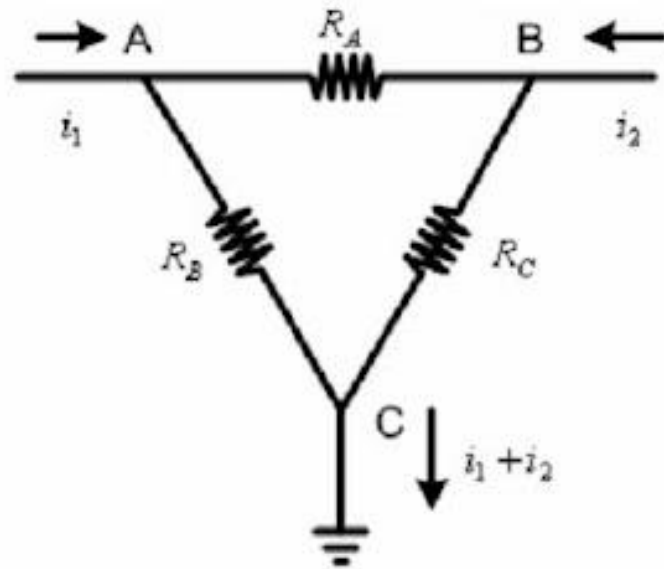
$$\frac{1}{R_A} = \frac{R_2}{R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3}$$

$$R_A = \frac{R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3}{R_2}$$

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

$$R_B = \frac{R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3}{R_3}$$

Rangkaian Delta



DELTA

Tinjau node B dengan analisis node di mana node C sebagai ground: :

$$\frac{V_B - V_A}{R_A} + \frac{V_B}{R_C} = i_2$$

$$-\frac{1}{R_A} V_A + \left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_C} \right) V_B = i_2$$

Bandingkan dengan persamaan pada rangkaian bintang :

$$\frac{R_1 R_2 + R_1 R_3}{R_3 (R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3)} V_A - \frac{R_1 R_2}{R_3 (R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3)} V_B = i_2$$

$$-\frac{1}{R_A} V_A + \left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_C} \right) V_B = i_2$$

Rangkaian Delta

$$\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_C} = - \frac{R_1 R_2}{R_3 (R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3)}$$

$$\frac{1}{R_C} = - \frac{R_1 R_2}{R_3 (R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3)} - \frac{1}{R_A}$$

$$\frac{1}{R_C} = - \frac{R_1 R_2}{R_3 (R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3)} + \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3}{R_3 (R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3)}$$

$$R_C = \frac{R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3}{R_1}$$

Transformasi dapat dilakukan dengan 2 (dua) cara, yaitu :

1. Transformasi dari Bintang ke Delta,
2. Transformasi dari Delta ke Bintang.

1. Transformasi Bintang ke Delta.

Hubungan rangkaian berbentuk bintang atau T akar kita transformasi ke bentuk delta, seperti pada gambar.

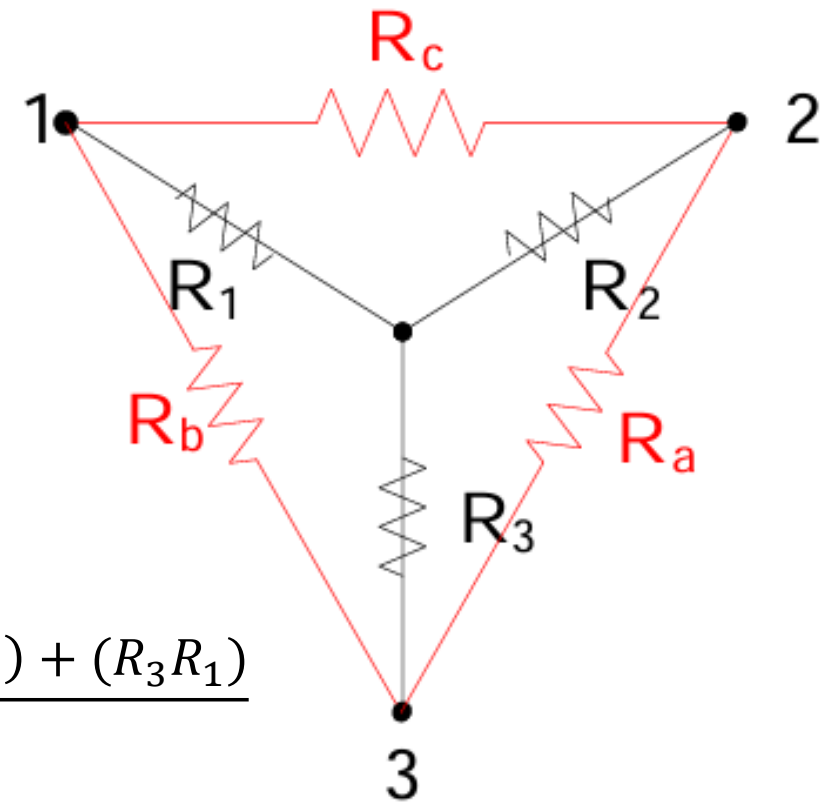
Persamaannya sebagai berikut :

$$R_{\Delta} = \frac{\text{Jumlah hasil kali dua sisi Y}}{\text{Sisi yang didepan nya}}$$

$$R_a = \frac{(R_1 R_2) + (R_2 R_3) + (R_3 R_1)}{R_1}$$

$$R_b = \frac{(R_1 R_2) + (R_2 R_3) + (R_3 R_1)}{R_2}$$

$$R_c = \frac{(R_1 R_2) + (R_2 R_3) + (R_3 R_1)}{R_3}$$



2. Transformasi delta ke bintang.

Hubungan rangkaian berbentuk delta atau pi akan kita transformasi ke bentuk bintang atau T, seperti gambar.

Persamaannya sebagai berikut :

$$R_Y = \frac{\text{Hasil kali dua sisi } \Delta \text{ yang mengapit}}{\text{Jumlah ketiga sisi } \Delta}$$

$$R_1 = \frac{R_b \times R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_2 = \frac{R_c \times R_a}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_3 = \frac{R_a \times R_b}{R_a + R_b + R_c}$$

