BAB 17

LISTRIK DINAMIS

A. Hukum Ohm

Pada rangkaian listrik terjadi kuat arus listrik. Kuat arus listrik adalah hasil pembagian tegangan oleh hambatan.

Pada hukum ohm berlaku:

a. Bunyinya:
   " Kuat arus yang mengalir pada suatu penghantar sebanding dengan beda potensial antara ujung – ujung penghantar itu bila suhunya tetap."
b. Semakin besar tegangan semakin kecil pula kuat arusnya
c. Semakin kecil tegangan semakin kecil pula kuat arusnya
d. Semakin besar penghantarnya semakin kecil kuat arusnya
e. Semakin kecil penghantar semakin besar kuat arusnya
f. Penghantar pada rangkaian listrik disebut hambatan
g. Rumus hukum ohm: I = $\frac{V}{R}$

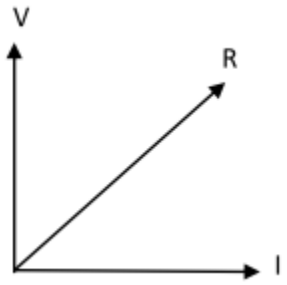
Hambatan diturunkan dari konsep kuat arus menurut hukum ohm, sehingga hambatan adalah tegangan atau beda potensial (V) dibagi kuat arus (I).

Maka rumusnya: R = $\frac{V}{I}$

Artinya hambatan sebagai hasil bagi.

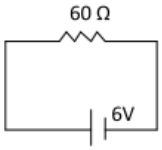
Dimana: I = kuat arus listrik (A)
V = beda potensial (volt)
R = hambatan (ohm/Ω)

Grafik hubungan tegangan/beda potensial (V) dengan kuat arus (I):

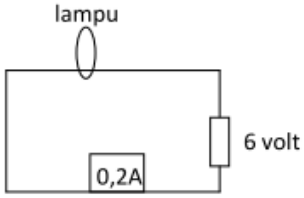


Contoh penggunaan rumus:

1. Pada rangkaian listrik tegangan 12 V dengan hambatan 100 Ω, maka besar kuat arus listriknya adalah…..
   Dik: V = 12 volt R = 100 Ω
   Dit: I?
   Jawab: I = $\frac{V}{R}$ = $\frac{12\ volt}{100\ \Omega}$ = 0,12 A



2. Kuat arus dari rangkaian ini adalah…
   Dik: V = 6 volt R = 60 Ω
   Dit: I?
   Jawab: I = $\frac{V}{R} = \frac{6\ volt}{60\Omega}$ = 0,1 A
3. Besarnya hambatan pada lampu yang tampak pada gambar di samping ini adalah….

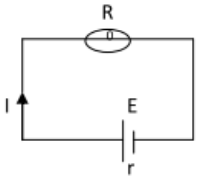


   Dik: I = 0,2 A V = 6 volt
   Dit: R?
   Jawab: R = $\frac{V}{I} = \frac{6\ volt}{0{,}2\ A}$ = 30 Ω

Penerapan hukum ohm dalam kehidupan sehari – hari, misalnya pada:

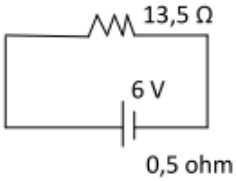
a) Penggunaan alat – alat listrik seperti lampu. TV, kulkas, dan sebagainya harus disesuaikan dengan tegangan
b) Bila alat listrik diberi tegangan yang lebih kecil dari tegangan yang seharusnya, arus akan mengecil sehingga alat itu tidak bekerja normal (misalnya lampu redup).
c) Contoh:
   1) Lampu padam karena tegangan lampu yang dibutuhkan 4,5 V sedangkan tegangan dari baterai 1,5 V
   2) Lampu redup karena tegangan yang dibutuhkan 4,5 V sedangkan tegangan dari batu baterai 3 V sehingga kekurangan tegangan
   3) Lampu menyala terang karena tegangan lampu yang dibutuhkan 4,5 V sama dengan tegangan dari batu baterai 4,5 V
   4) Lampu menyala sangat terang karena tegangan yang dibutuhkan lampu 4,5 V sedangkan dari baterai 6 V sehingga tegangan melebihi lampu. Akibat ini lampu cepat mati/putus.

Kuat arus pada rangkaian tertutup:



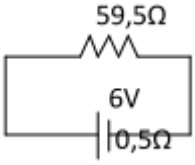
1. Batu Baterai/ Elemen:

I = kuat arus listrik (A)
R = hambatan luar pada alat (Ω)
V = tegangan jepit (volt)
r = hambatan dalam baterai/elemen
E = gaya gerak listrik suatu elemen (volt)
V_h = tegangan yang hilang
$I = \frac{E}{R+r}$; V = I . R ; V_h = E – V → V_h = I . r
Contohnya:

1) 

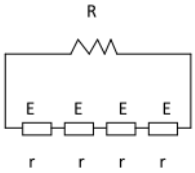
Dik: R = 13,5 Ω
E = 6 V
r = 0,5 Ω

a) Kuat arus (I) = $\frac{E}{R+r} = \frac{6\ volt}{13{,}5\ \Omega + 0{,}5\ \Omega} = \frac{6}{14} = \frac{3}{7}$ A
b) Tegangan jepit (V) = I . R = $\frac{3}{7}$ A x 13,5 Ω = 5,5 volt
c) Tegangan yang hilang(V_h) = E – V = 6 volt – 5,5 volt = 0,5 volt

2) 

Dik: R = 59,5 Ω
E = 6 volt
r = 0,5 Ω

a) Kuat arus (I) = $\frac{E}{R+r} = \frac{6\ volt}{59{,}5\ \Omega + 0{,}5\ \Omega} = \frac{6}{60}$ = 0,1 A
b) Tegangan jepit (V) = I x R = 0,1 A x 59,5 Ω = 5,95 volt
c) Tegangan yang hilang (V_h) = E – V = 6 V – 5,95 V = 0,05 V



2. Beberapa baterai yang dipasang seri
Banyaknya baterai atau elemen = n
$I = \frac{n\ .\ E}{R+(n\ .\ r)}$; V = I x R ; Vh = n . E – V
Contoh:

1. Empat elemen masing – masing 1,5 V dan 0,25 W dipasang seri dihubungkan dengan lampu 59 W, maka:

   Dik: n = 4

   E = 1,5 V

   r = 0,25 Ω

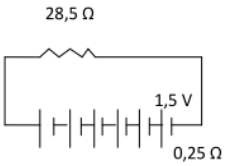
   R = 59 Ω

   a) Kuat arus (I) = $\frac{n\ .\ E}{R+(n\ .\ r)} = \frac{4\ .\ 1{,}5\ V}{59\ \Omega+(4\ .\ 0{,}25\Omega)} = \frac{6}{60}$ = 0,1 A

   b) Tegangan jepit (V) = I x R = 0,1 A x 59 Ω = 5,9 V

   c) Tegangan yang hilang (V_h) = n . E – V = 4 . 1,5 V - 5,9 V = 0,1 V

   d) Jumlah hambatan dalam (n . r) = 4 x 0,25 Ω = 1 Ω



2. Perhatikan gambar!

   Dik: R = 28,5 Ω

   n = 6

   E = 1,5 V

   r = 0,25 Ω

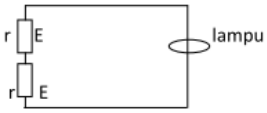
   maka:

   a) Kuat arus (I) = $\frac{n\ .\ E}{R+(n\ .\ r)} = \frac{6\ .\ 1{,}5\ V}{28{,}5\ \Omega+(6\ .\ 0{,}25\Omega)} = \frac{9}{30}$ = 0,3 A

   b) Tegangan jepit (V) = I x R = 0, A x 28,5 Ω = 8,55 V

   c) Tegangan yang hilang (V_h) = n . E – V = 6 . ,5 V - 8,55 V = 0,45 V

   d) Jumlah hambatan dalam (n . r) = 6 x 0,25 Ω = 1,5 Ω



3. Beberapa elemen yang dipasang parallel!

   I = $\frac{E}{R+\left(\frac{r}{n}\right)}$; V = I . R ; V_h = E – V; n = banyaknya elemen

   Contoh:

   Ada empat elemen masing – masing 1,5 V, 0,25 Ω dipasang parallel dihubungkan dengan hambatan 14,93875 Ω, maka:

   Dik: E = 1,5 V

   r = 0,25 Ω

   n = 4

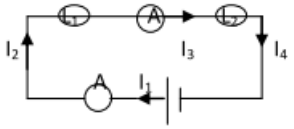
   R = 14,93875 Ω

   Maka:

   a. Kuat arus (I) = $\frac{E}{R+\left(\frac{r}{n}\right)} = \frac{1{,}5\ \Omega}{14{,}93875\ \Omega+\frac{0{,}25\Omega}{4}} = \frac{1{,}5\ \Omega}{14{,}93875\ \Omega+0{,}06125\ \Omega} = \frac{1{,}5}{15}$ = 0,1 A

   b. Tegangan jepit (V) = I x R = 0,1 A x 14,93875 Ω = 1,493875 V

c. Tegangan yang hulang (V_h) = E – V = 1,5 V – 1,493875 V = 0,006125 V

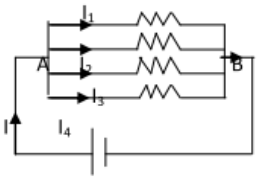


B. Rangkaian Listrik Tak Bercabang dan Bercabang

Rangkaian listrik tidak bercabang:

a. I_1 = kuat arus yang meninggalkan baterai menuju lampu satu,
b. I_2 = kuat arus yang masuk ke lampu
c. I_3 = kuat arus yang meninggalkan lampu pertama menuju lampu kedua,
d. I_4 = kuat arus yang meninggalkan lampu kedua,
e. Besarnya $I_1 = I_2 = I_3 = I_4$

Kuat arus listrik pada rangkaian listrik tidak bercabang adalah sama besarnya di setiap titiknya

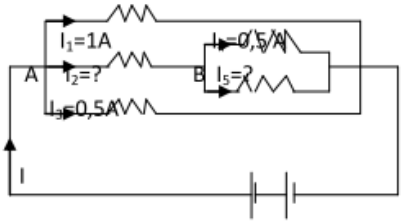


Rangkaian listrik bercabang

a. Arus listrik dari baterai ke I (A)
b. Dari I ke I_1, I_2,I_3, dan I_4
c. Selanjutnya menuju ke titik B
d. Jadi arus listrik menuju ke beberapa arah

Hukum I Kirchoff pada rangkaian listrik bercabang:

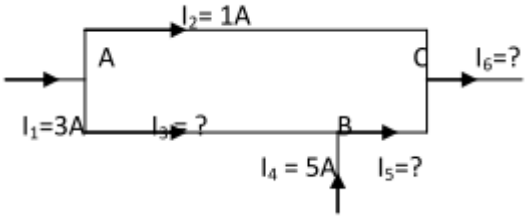
a. Kuat arus dari baterai ke I = 2A menuju ke titik A sebagai titik percabangan
b. Dari titik percabangan A = 2A keluar menuju I_1= 1 A; I_2= 0,7A; I_3= 0,3A
c. Dari percabangan – percabangan itu menuju ke titik percabangan B = 2A
d. Sehingga kuat arus yang masuk sama dengan jumlah kuat arus dari jumlah percabangannya.
e. Bunyi hukum I Kirchoff:
   " Jumlah kuat arus yang masuk ke titik percabangan sama dengan jumlah kuat arus yang keluar dari titik percabangan."
f. Rumus hukum I Kirchoff:
   Kuat arus yang masuk = kuat arus yang keluar
   $I_{masuk} = I_{keluar}$
   $I = I_1 + I_2 + I_3 + I_{....}$
   Contoh:



1. Dari gambar disamping ini, maka:

$I_{masuk} = I_{keluar}$	$I_{masukB} = I_{keluarB}$
$I = I_1 + I_2 + I_3$	$I_2 = I_4 + I_5$
$5 = 1 + I_2 + 0,5$	$3,5 = 0,5 + I_5$
$5 = 1,5 + I_2$	$I_5 = 3,5 – 0,5$
$I_2 = 5 – 1,5 = 3,5$ A	$I_5 = 3$ A

2. Dari gambar di samping ini, maka:



$I_{masukA} = I_{keluarA}$	$I_{masukB} = I_{keluarB}$	$I_{masukC} = I_{keluarC}$
$I_1 = I_2 + I_3$	$I_3 + I_4 = I_5$	$I_2 + I_5 = I_6$
$3 = 1 + I_3$	$2 + 5 = I_5$	$1 + 7 = I_6$
$I_3 = 3 - 1$	$I_5 = 7$ A	$I_5 = 8$ A
$I_3 = 2$ A		

C. Hambatan Listrik

Factor – factor yang mempengaruhi nilai hambatan kawat:

a. Panjang kawat; semakin panjang semakin besar nilainya
b. Jenis kawat atau hambat jenis kawat maka semakin besar pula nilainya
c. Luas penampang atau besar kecilnya kawat; semakin besar luas penampangnya maka semakin kecil nilainya.

Rumus nilai hambatan suatu kawat:

$$R = \frac{\rho \; x \; \ell}{A} \; ; \; \rho = \frac{A \; x \; R}{\ell}$$

Dimana:

R = nilai hambatan suatu kawat (Ω)

ρ = hambatan jenis kawat (Ωm)

ℓ = panjang kawat (m)

A = luas penampang kawat (m^2)

contoh:

1. Kawat tembaga yang panjangnya 10 m dijadikan hambatan, hambatan jenisnya 1,7 x $10^{-8}\Omega$m, sedangkan luas penampangnya 2 x 10^{-6} m^2 akan memiliki nilai:
   Dik: ℓ = 10 m
   ρ = 1,7 x $10^{-8}\Omega$m
   A = 2 x 10^{-6} m^2
   Maka: nilai hambatan (R):
   $R = \frac{\rho \ x \ \ell}{A} = \frac{1{,}7 \text{ x } 10^{-8}\Omega\text{m x } 10 \text{ m}}{2 \text{ x } 10^{-6} \text{ m}^2}$ = 8,5 x 10^{-2} Ω
2. Kawat alumunium yang hambatan jenisnya 2,9 x 10^{-8} Ωm dengan panjang 6 m dan luas penampang 2 mm^2, maka nilai hambatannya itu:
   Dik: ρ = 2,9 x 10^{-8} Ωm
   ℓ = 6 m
   A = 2 mm^2 = 2 x 10^{-6} m^2
   $R = \frac{\rho \ x \ \ell}{A} = = \frac{2{,}9 \text{ x } 10^{-8}\Omega\text{m x } 6 \text{ m}}{2 \text{ x } 10^{-6}\text{m}^2} = 8{,}7 \text{ x } 10^{-2}\ \Omega$

Penerapan hambatan kawat penghantar dalam kehidupan sehari – hari:

a. Semakin panjang kawat penghantar maka nilai hambatannya semakin besar
b. Semakin besar nilai hambatannya maka semakin kecil kuat arus listriknya
c. Semakin kecil kuat arus listrik maka semakin kecil pula tegangannya
d. Jadi pada penggunaan kawat penghantar yang panjang dapat menimbulkan tegangan turun

Benda menurut daya hantar listrik terdiri dari:

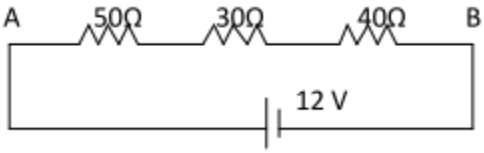
a. Konduktor listrik yaitu benda yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik. Hal ini disebabkan karena electron – electron pada benda itu terikat dengan kawat sehingga sulit bergerak/berpindah.
b. Isolator yaitu benda yang tidak dapat menghantarkan atau mengalirkan arus listrik. Hal ini dikarenakan electron – electron pada benda ini terikat dengan kuat sulit bergerak/berpindah.
   Contohnya: karet, kayu. Plastic, dsb.
   Isolator dapat menjadi konduktor bila diberi tegangan yang tinggi.
c. Semikonduktor yaitu benda yang sifatnya berada di antara konduktor dan isolator. Hal ini disebabkan oleh electron – electron yang terdapat pada benda ini agak terikat sehingga ada kesulitan untuk berpindah.
d. Semikonduktor dapat menjadi konduktor bila diberi kenaikan suhu pada bendanya.
   Contohnya: silicon dan Germanium

Cara pemasangan hambatan seri

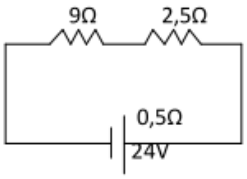
a. Dari ketiga hambatan itu dapat diganti dengan satu hambatan yang disebut hambatan pengganti seri (R_s).
b. Rumusnya: $R_s = R_1 + R_2 + R_3$

Contoh:

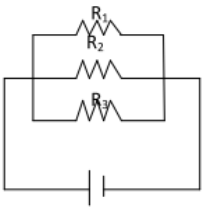
1. Ada empat hambatan nilainya 3Ω, 6Ω, 7Ω, dan 4Ω dipasang seri, maka hambatan



penggantinya?
$R_s = R_1 + R_2 + R_3 = 3 + 6 + 7 + 4 = 20\ \Omega$
2. Dari gambar disamping ini, maka:
   - Hambatan penggantinya:
     $R_s = R_1 + R_2 + R_3 = 50 + 30 + 40 = 120\ \Omega$
   - Kuat arus:
     $I = \frac{V_{AB}}{R} = \frac{12\ volt}{120\ \Omega} = 0{,}1$ Ampere



3. Dari gambar disamping ini, maka:
   - Hambatan pengganti:
     $R_s = R_1 + R_2 = 9 + 2{,}5 = 11{,}5\Omega$
   - Kuat arus:
     $I = \frac{E}{R_s + r} = \frac{24\ volt}{11{,}5 + 0{,}5} = 2$ A
   - Tegangan jepit:
     V = I x R = 2 x 11,5 = 23 A



Cara pemasangan hambatan parallel

a. Ketiga hambatan itu dapat diganti dengan satu hambatan pengganti yang disebut hambatan pengganti parallel
b. Rumusnya: $R_p = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

Contohnya:

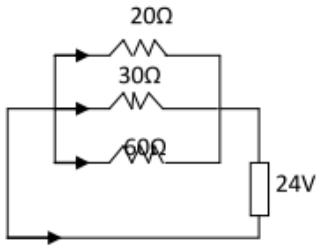
1. Ada tiga hambatan masing – masing 30Ω dipasang parallel, maka hambatan penggantinya:

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

   $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{30} + \frac{1}{30} + \frac{1}{30}$

   $\frac{1}{R_p} = \frac{3}{30}$

   $R_p = \frac{30}{3} = 10\ \Omega$

2. 

   a. hambatan penggantinya

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

      $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} + \frac{1}{60}$ (samakan penyebutnya)

      $\frac{1}{R_p} = \frac{3+2+1}{60}$

      $R_p = \frac{60}{6} = 10\ \Omega$

   b. kuat arus:

      $I = \frac{V}{R} = \frac{24}{10} = 2{,}4$ A

   c. kuat arus pada I_1:

      $I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{24}{20} = 1{,}2$ A

   d. kuat arus pada I_2:

      $I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{24}{30} = 0{,}8$ A

   e. kuat arus pada I_3:

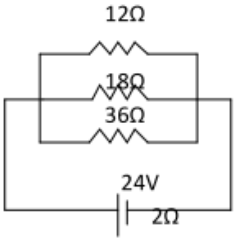
      $I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{24}{60} = 0{,}4$ A

   Sesuai dengan hukum kirchoff:

   $I_{masuk} = I_{keluar}$

   $I = I_1 + I_2 + I_3$

   $I = 1{,}2 + 0{,}8 + 0{,}4 = 2{,}4$ A

3. 

R_p = …

E =

R = 2Ω

a) Hambatan pengganti:

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

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{12} + \frac{1}{18} + \frac{1}{36}$$ (samakan penyebutnya)

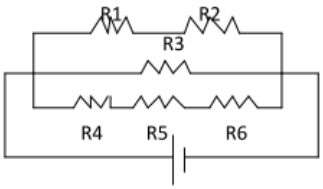
$$\frac{1}{R_p} = \frac{3+2+1}{36}$$

$$R_p = \frac{36}{6} = 6\ \Omega$$

b) Kuat arus

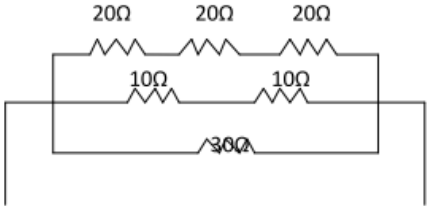
$$I = \frac{E}{R_p + r} = \frac{24\ volt}{6+2} = 3\ A$$

Cara pemasangan parallel yang di dalamnya terdapat seri:



Rumusnya: $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5 + R_6}$

Contoh:

1. 

$R_1 = R_2 = R_3 = 20\ \Omega$

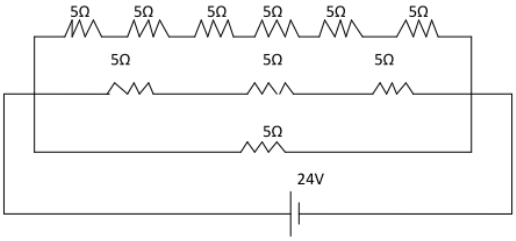
$R_4 = R_5 = 10\ \Omega$

$R_6 = 30\ \Omega$

Hambatan pengganti (Rp)

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5} + \frac{1}{R_6}$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{20+20+20} + \frac{1}{10+10} + \frac{1}{30}$$
$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{60} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30}$$
$$\frac{1}{R_p} = \frac{1+3+2}{60} = \frac{6}{60}$$
$$\text{Rp} = \frac{60}{6} = 10\Omega$$



2.

a. hambatan pengganti (Rp):

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1+R_2+R_3+R_4+R_5+R_6} + \frac{1}{R_7+R_8+R_9} + \frac{1}{R_{10}+R_{11}}$$
$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{5+5+5+5+5+5} + \frac{1}{5+5+5} + \frac{1}{5+5}$$
$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{30} + \frac{1}{15} + \frac{1}{10}$$
$$\frac{1}{R_p} = \frac{1+2+3}{30} = \frac{6}{30}$$

$$R_p = \frac{30}{6} = 5\ \Omega$$

b. kuat arus (I):

$$I = \frac{V}{R_p} = \frac{24}{5} = 4{,}8\ \text{A}$$

c. kuat arus pada I_1:

$$I_1 = \frac{V}{R_{s1}} = \frac{V}{R_1+R_2+R_3+R_4+R_5+R_6} = \frac{24}{5+5+5+5+5+5} = \frac{24}{30} = 0{,}8\ \text{A}$$

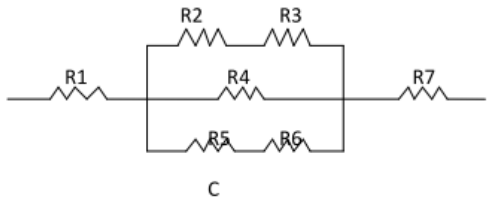
d. kuat arus pada I_2:

$$I_2 = \frac{V}{R_{s2}} = \frac{V}{R_7+R_8+R_9} = \frac{24}{5+5+5} = \frac{24}{15} = 1{,}6\ \text{A}$$

e. kuat arus pada I_3:

$$I_3 = \frac{V}{R_{s3}} = \frac{V}{R_{710}+R_{11}} = \frac{24}{5+5} = \frac{24}{10} = 2{,}4\ \text{A}$$

Cara pemasangan hambatan campuran:



a. $R_s = R_1$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_2 + R_3 + R_4}$$

$R_{campuran} = R_{total} = R_s + R_p$

b. $R_s = R_1 + R_2 + R_6$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_3 + R_4 + R_5}$$

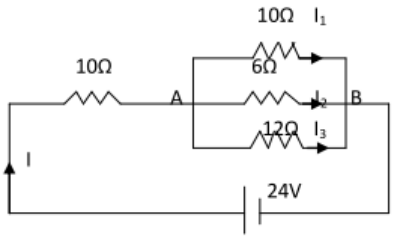
$R_{total} = R_s + R_p$

c. $R_s = R_1 + R_7$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_2 + R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5 + R_6}$$

$R_{total} = R_s + R_p$

Contoh:



1.

$R_1 = 10\ \Omega$

$R_2 = 4\Omega$

$R_3 = 6\ \Omega$

$R_4 = 12\ \Omega$

$V = 12\ V$

Maka:

a. Hambatan pengganti total:

$R_s = R_1 = 10\ \Omega$

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

$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12}$

$\frac{1}{R_p} = \frac{3+2+1}{12} = \frac{6}{12}$

$R_p = \frac{12}{6} = 2\ \Omega$

$R_{total} = R_s + R_p = 10\ \Omega + 2\ \Omega = 12\ \Omega$

b. Kuat arus utama: $I = \frac{V}{R_{total}} = \frac{24}{12} = 2$ A

c. Tegangan antara titik A – B (V_{AB}):

$V_{AB} = I \times R_p = 2 \times 2 = 4$ volt

d. kuat arus pada I_1:

$I_1 = \frac{V_{AB}}{R_2} = \frac{4}{4} = 1$ A

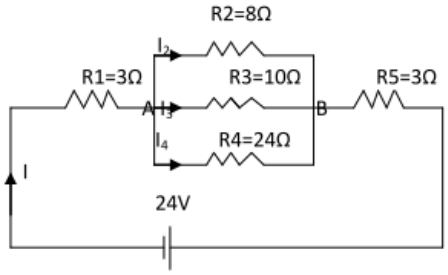
e. kuat arus pada I_2:

$I_2 = \frac{V_{AB}}{R_3} = \frac{4}{6} = 0{,}67$ A

f. kuat arus pada I_3:

$I_3 = \frac{V_{AB}}{R_4} = \frac{4}{12} = 0{,}33$ A

2. untuk menentukan I_2 diperlukan langkah – langkah:



a. mencari R_{total}:

$R_s = 3 + 3 = 6\ \Omega$

$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{8} + \frac{1}{12} + \frac{1}{24}$

$\frac{1}{R_p} = \frac{3+2+1}{24} = \frac{6}{24}$

$R_p = \frac{24}{6} = 4\ \Omega$

$R_{total} = R_s + R_p = 6\ \Omega + 4\ \Omega = 10\ \Omega$

b. mencari I:

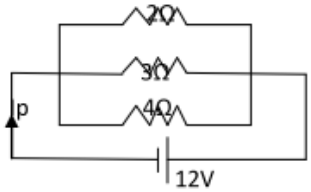
$I = \frac{V}{R_{total}} = \frac{24}{10} = 2{,}4$ A

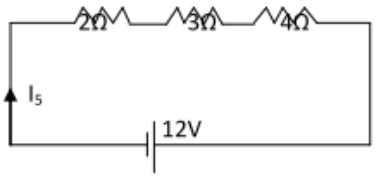
c. mencari tegangan A-B (V_{AB}):

V_{AB} = I x R_p = 2,4 x 4 = 9,6 volt

d. mencari I_2:

$I_2 = \frac{V_{AB}}{R_2} = \frac{9,6}{12} = 0,8$ A





Sifat hambatan pengganti seri:

R_s selalu lebih besar dari R_p

Dimana: n = 1,2,3,4,…

Sifat hambatan pengganti parallel

R_p selalu lebih kecil dari R_s

Dimana: n = 1,2,3,4,…

Sifat kuat arus pada hambatan seri dan parallel. Pada rangkaian dengan komposisi hambatan yang sama dan pada tegangan yang sama, maka kuat arus pada rangkaian seri lebih kecil dari kuat arus pada rangkaian parallel.

Contoh:

$I_p = \frac{12}{R_p} = \frac{12}{\frac{12}{13}} = 13$ A $\qquad$ $I_s = \frac{12}{R_s} = \frac{12}{9} = 1\frac{1}{3}$

Maka $I_p > I_s$ atau $I_s < I_p$