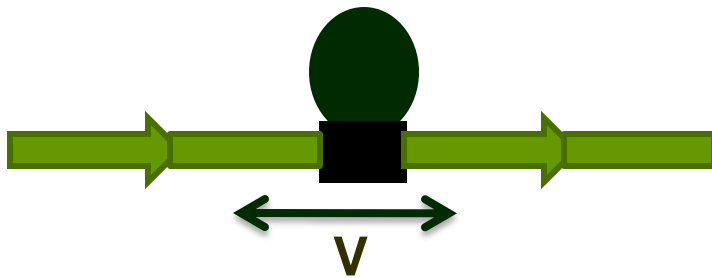




ENERGI DAN DAYA LISTRIK



ENERGI LISTRIK



$$W = Q V$$

Keterangan :

Q = muatan listrik yang melewati lampu (Coulomb)

V = tegangan listrik lampu (volt)

W = energi listrik (joule)

- ❖ Energi yang dihasilkan dari aliran muatan listrik dalam suatu rangkaian listrik tertutup disebut dengan energi listrik

ENERGI LISTRIK



$$W = Q V$$

$$\text{Karena } Q = I \times t$$

$$W = V I t$$

Keterangan :

W = Energi listrik (Joule)

I = Kuat arus listrik (Ampere)

$$\text{Karena } V = I R$$

$$\text{Karena } I = V / R$$

$$W = I^2 \times R \times t$$

Keterangan :

R = Hambatan listrik (Ohm)

t = waktu (detik =sekon)

V = Tegangan listrik (Volt)

$$W = \frac{V^2}{R} \times t$$

Energi Listrik



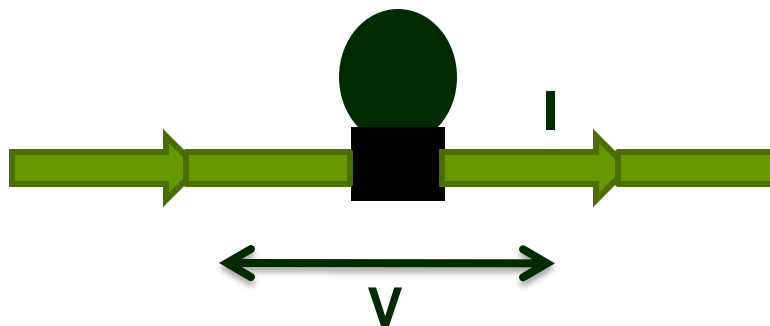
$$W = V I t$$

Nilai energi listrik ditentukan oleh

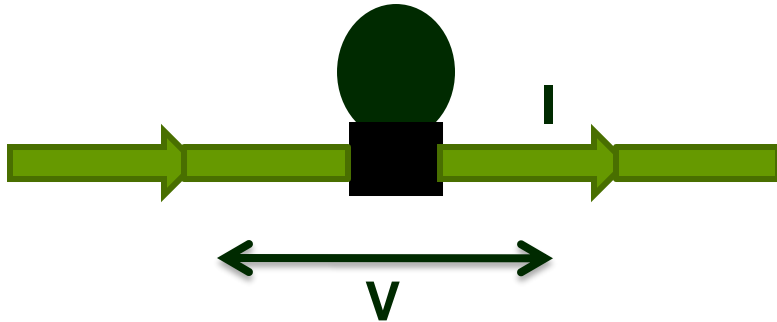
Tegangan listrik (V)

Kuat arus listrik (I)

Selang waktu (t)



Daya Listrik



$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = \frac{V \times I \times t}{t} = V \times I$$

$$P = V \times I$$

Banyaknya energi listrik yang digunakan oleh suatu alat listrik setiap satuan waktu disebut daya listrik(P)

dimana :

W = Energi listrik (Joule)

t = waktu (detik =sekon)

P = Daya listrik (Joule/sekon = watt)

Daya Listrik



$$V = I \times R$$

$$P = V \times I$$

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

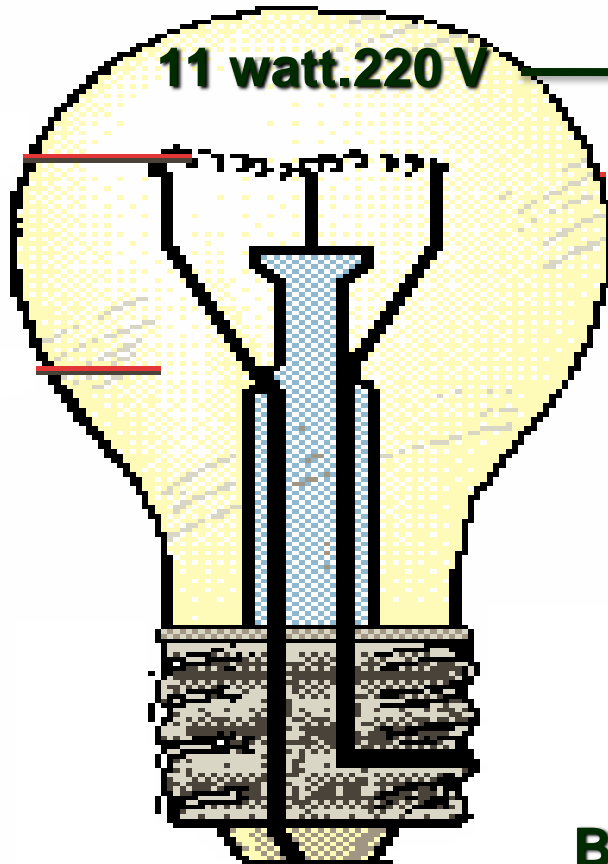
$$P = (I \times R) \times I \longleftrightarrow$$

$$P = I^2 \times R$$

$$P = V \times \frac{V}{R} \longleftrightarrow$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Daya Listrik



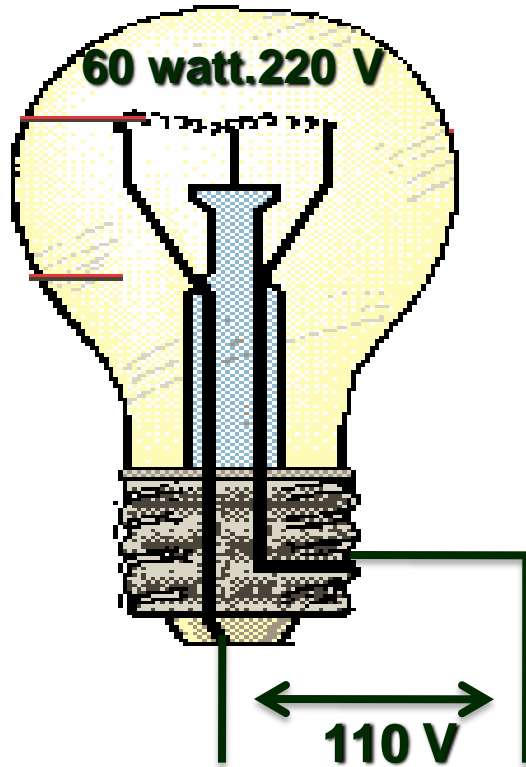
→ Apa arti tulisan ini?

1. Lampu menyala dengan baik bila dihubungkan dengan tegangan 220 volt
2. Lampu memakan daya listrik 11 watt bila dihubungkan dengan tegangan 220 volt
3. Hambatan listrik lampu

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{220 \times 220}{11} = 4400 \Omega = 4,4 \text{ k}\Omega$$

Bila dihubungkan dengan tegangan 110 volt, berapakah daya listrik yang digunakan ?

Daya Listrik



$$P = \frac{V^2}{R}$$



$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2$$

$$\frac{60}{P_2} = \left(\frac{220}{110} \right)^2$$

$$\Leftrightarrow P_2 = \left(\frac{110}{220} \right)^2 \times 60 = \frac{1}{4} \times 60$$

$$\Leftrightarrow P_2 = 15 \text{ watt}$$

Hubungan Satuan Energi dan Daya



Dalam satuan sistem internasional (SI) daya listrik dinyatakan dengan watt

$$W = P \times t$$

Tabel Satuan

Daya (P)	Waktu (t)	Energi (W)
Watt	detik	Joule (J)
watt	Jam	Watt.jam (wj) = watt.hour (Wh)

$$1000 \text{ Wj (Wh)} = 1 \text{ kWj (kWh)}$$

$$1 \text{ Wh} = 1 \text{ watt} \cdot 3600 \text{ detik} = 3600 \text{ joule}$$

Kesetaraan Kalor dengan Energi Listrik



Energi listrik



W

$P t$

$V i t$

$I^2 R t$

$$\frac{V^2}{R} \times t$$

=

=

=

=

=

=

Kalor



Q

$m c \Delta T$

$m c \Delta T$

$m c \Delta T$

$m c \Delta T$

Dimana

Q = kalor (joule)

m = massa zat (kg)

c = kalor jenis zat ($J/kg^\circ C$)

ΔT = Perubahan suhu zat ($^\circ C$)

Persamaan ideal untuk pemanas listrik

Efisiensi Pemanas Listrik (η)



Energi listrik

$$W = V \times I \times t$$
$$W = I^2 \times R \times t$$
$$W = V^2 \times t / R$$



Pemanas
listrik



Kalor(Q)



Energi terbuang

$$\eta = \frac{Q}{W} \times 100\%$$

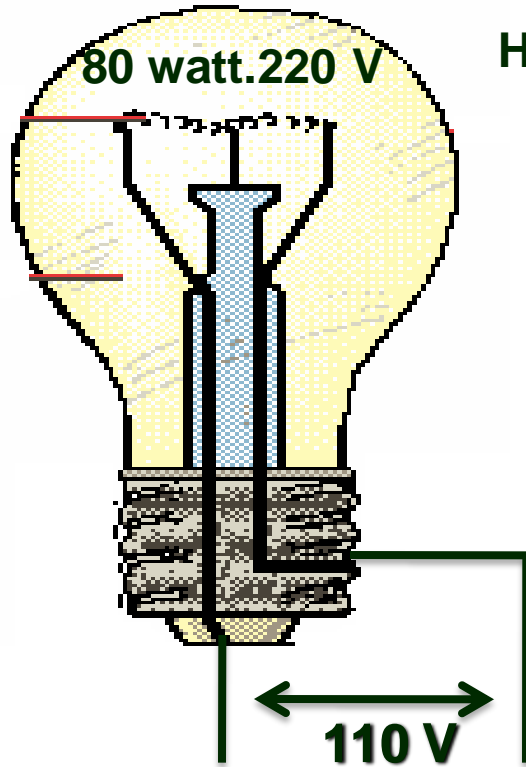
atau

$$Q = \eta \times W$$

Contoh Soal



1)

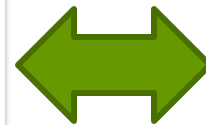


Hitunglah energi yang digunakan lampu selama 3 jam !

Penyelesaian

Daya yang digunakan oleh lampu

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2$$



$$\frac{80}{P_2} = \left(\frac{220}{110} \right)^2$$

$$\Leftrightarrow P_2 = \left(\frac{110}{220} \right)^2 \times 80 = \frac{1}{4} \times 80$$

$$\Leftrightarrow P_2 = 20 \text{ watt}$$

Energi yang digunakan oleh lampu

$$W = P \cdot t = 20 \text{ watt} \times 10800 \text{ detik} = 2,16 \times 10^5 \text{ joule}$$

Contoh Soal



2)

Pemanas
Listrik



Hitunglah energi listrik yang digunakan selama 2 jam ?

Penyelesaian

$$W = I^2 \times R \times t$$

$$W = 2^2 \times 5000 \times 2$$

$$W = 40000 \text{ Wh} = 40 \text{ kWh}$$

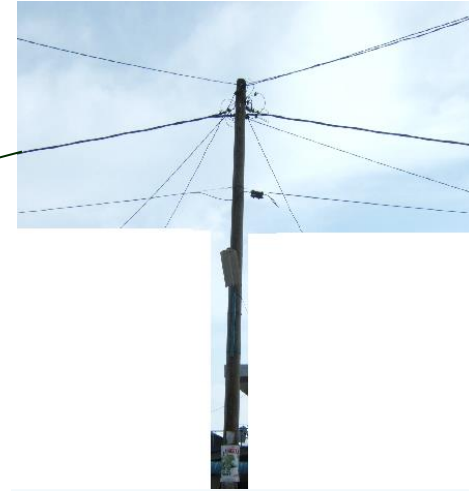
Contoh Soal



3)



**450 watt,
110 volt**



<http://imbalo.files.wordpress.com/2009/01/dscf0...>

- ❖ Sebuah keluarga menggunakan listrik dari PLN sebesar 450 watt dengan tegangan 110 volt. Jika untuk penerangan mereka menggunakan lampu 90 watt, 220 V, maka hitunglah :
 - A. Jumlah lampu maksimum yang dapat dipasang
 - B. Biaya untuk 3 buah lampu dalam sebulan jika 3 lampu tersebut digunakan selama 6 jam per hari (Rp. 100,00/kWh)

Contoh soal



❖ Solution

a. Jumlah maksimum lampu

$$P_2 = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 \times P_1 = \left(\frac{110}{220} \right)^2 \times 90 \text{ watt} = 22,5 \text{ watt}$$

Sehingga, jumlah lampu maksimum adalah

$$n = \left(\frac{P_{\text{total}}}{P_2} \right) = \frac{450}{22,5} = 20$$

Contoh Soal



b. Biaya 3 lampu

Energi yang digunakan selama 1 bulan

$$\begin{aligned} W &= P \cdot t = 3 \cdot 22,5 \text{ watt} \cdot 30 \cdot 6 \text{ jam} \\ &= 12150 \text{ Wh} = 12,15 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Biaya 3 lampu adalah

$$\begin{aligned} &12,15 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 100,00/\text{kWh} \\ &= 1.215,00 \end{aligned}$$



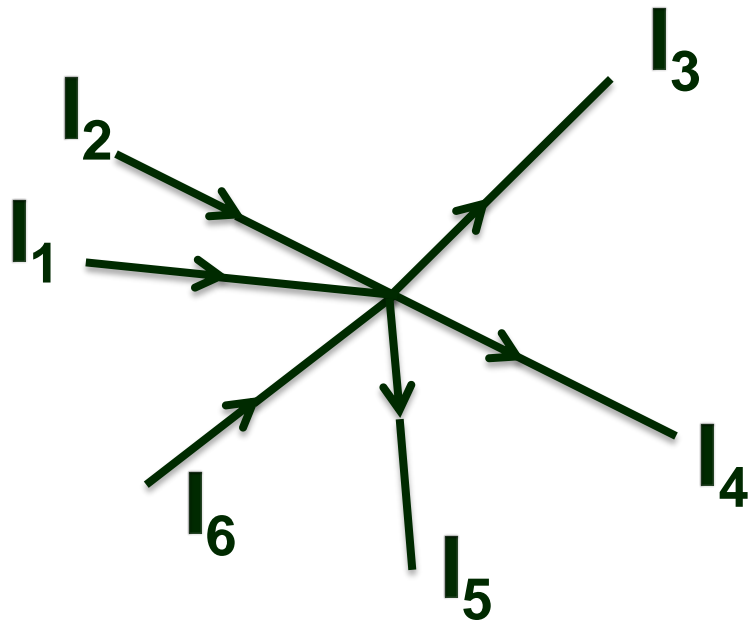
HUKUM KELISTRIKAN ARUS SEARAH



HUKUM I KIRCHOFF



Jumlah kuat arus listrik yang memasuki suatu titik percabangan = jumlah kuat arus listrik yang keluar dari titik percabangan



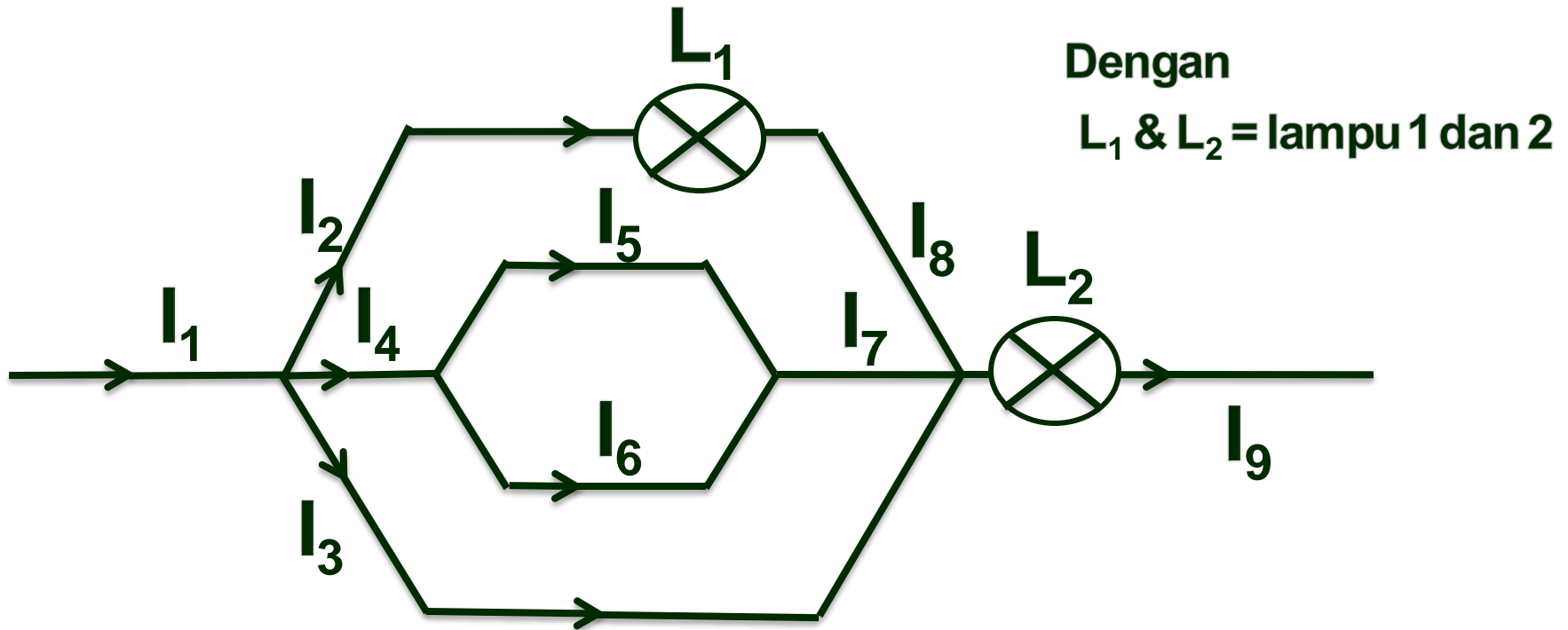
$$\Sigma I_{\text{masuk}} = \Sigma I_{\text{keluar}}$$

$$I_1 + I_2 + I_6 = I_3 + I_4 + I_5$$

Dengan

I = arus listrik (A)

CONTOH PERHITUNGAN HUKUM I KIRCHHOFF



$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

$$I_4 = I_5 + I_6$$

$$I_1 = I_9$$

$$I_5 + I_6 = I_7$$

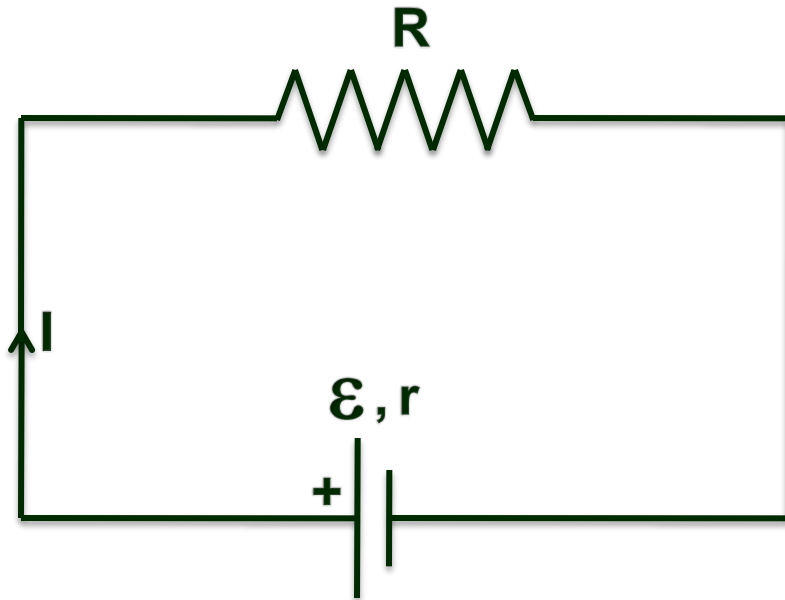
$$I_2 = I_8$$

$$I_3 + I_7 + I_8 = I_9$$

HUKUM II KIRCHOFF



- ❖ Pada rangkaian listrik tertutup, jumlah aljabar gaya gerak listrik (ε) dengan penurunan tegangan (IR) adalah sama dengan nol



$$\Sigma \varepsilon + \Sigma IR + \Sigma Ir = 0$$

atau

$$\Sigma V + \Sigma IR = 0$$

Dimana

r = hambatan dalam sumber tegangan

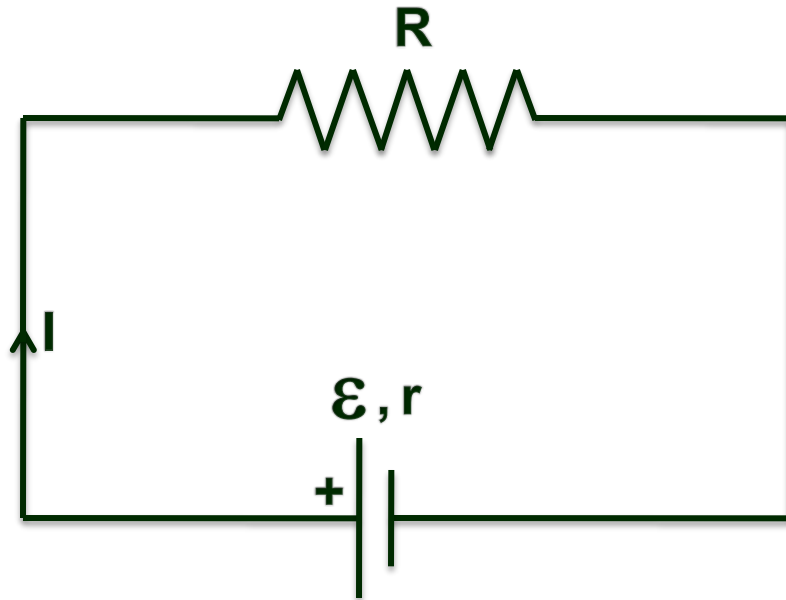
I = kuat arus listrik

R = hambatan luar

ε = gaya gerak listrik

V = beda potensial atau tegangan listrik

HUKUM II KIRCHOFF



$$\Sigma \varepsilon + \Sigma IR + \Sigma Ir = 0$$

atau

$$\Sigma V + \Sigma IR = 0$$

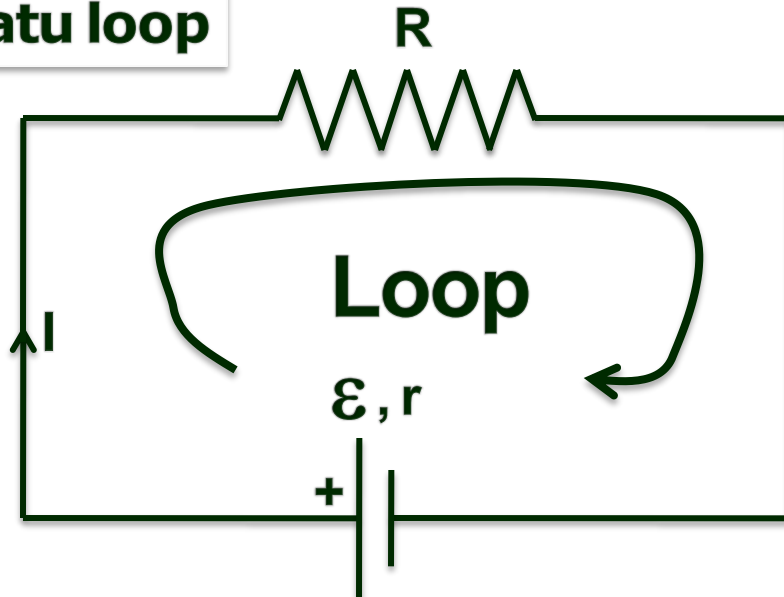
Dalam menggunakan persamaan tersebut, kita harus memperhatikan hal-hal berikut:

- 1) Pilih sebuah loop untuk masing-masing rangkaian tertutup dalam arah tertentu (arah loop bebas)
- 2) Jika arah arus listrik sama dengan arah loop maka penurunan tegangan (IR atau Ir) adalah positif dan sebaliknya
- 2) Jika arah lintasan loop bertemu kutub positif (potensial lebih tinggi) sumber tegangan, maka ggl (ε) atau tegangan (v) adalah positif dan sebaliknya.

CONTOH PERHITUNGAN HUKUM I DAN II KIRCHOFF



Satu loop



Persamaan Hukum kirchoff

$$-\varepsilon + IR + Ir = 0$$

Langkah-langkah penyelesaian

Tentukan pemisalan arah arus listrik



Tentukan arah loop

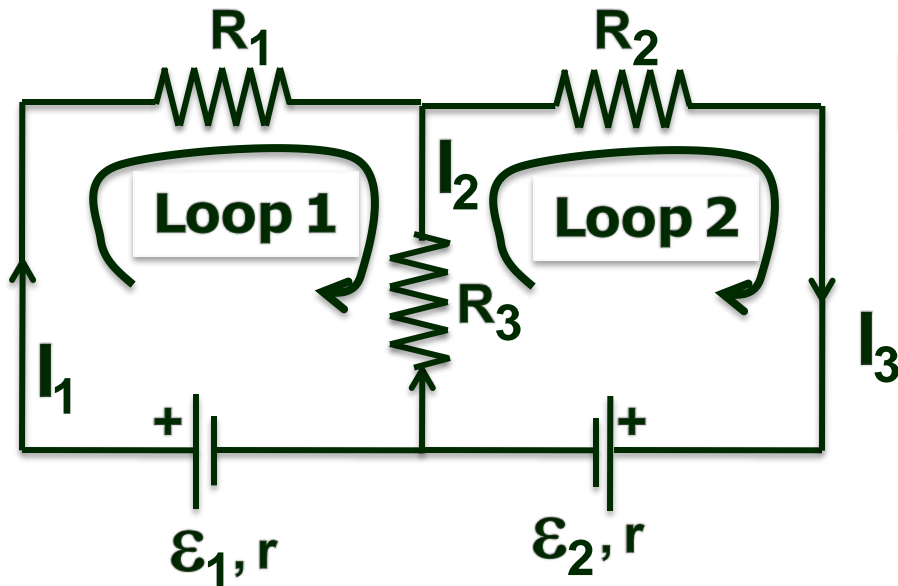


**Gunakan persamaan
Hukum Kirchoff II**

CONTOH PERHITUNGAN HUKUM I DAN II KIRCHOFF



Dua loop



Persamaan Hukum kirchoff I

$$I_3 = I_1 + I_2$$

Persamaan Hukum kirchoff II di loop 1

$$-\varepsilon_1 + I_1 R_1 - I_2 R_3 + I_1 r = 0$$

Langkah-langkah penyelesaian

Tentukan pemisalan arah arus listrik



Tentukan arah loop



Gunakan persamaan
Hukum Kirchhoff I dan II

Persamaan Hukum kirchoff II di loop 2

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

CONTOH SOAL HUKUM I DAN II KIRCHHOFF



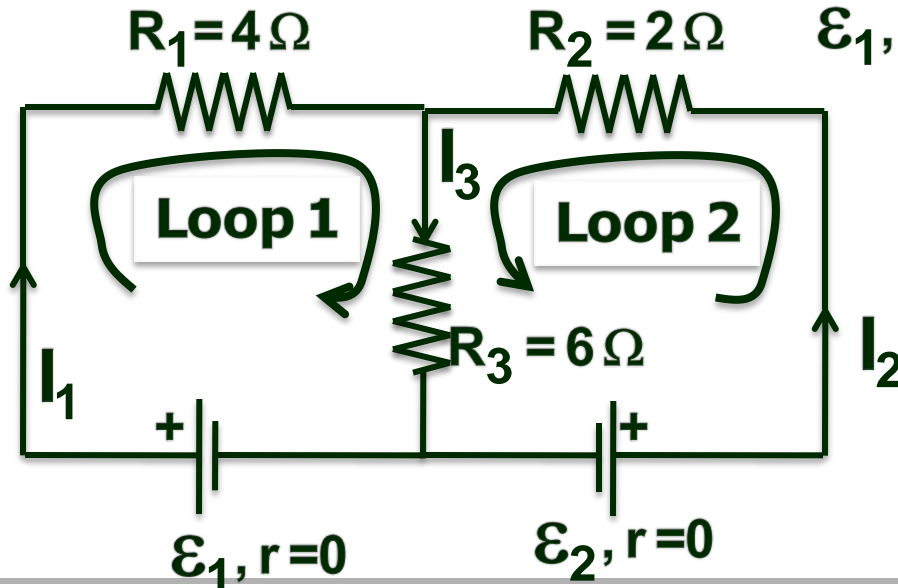
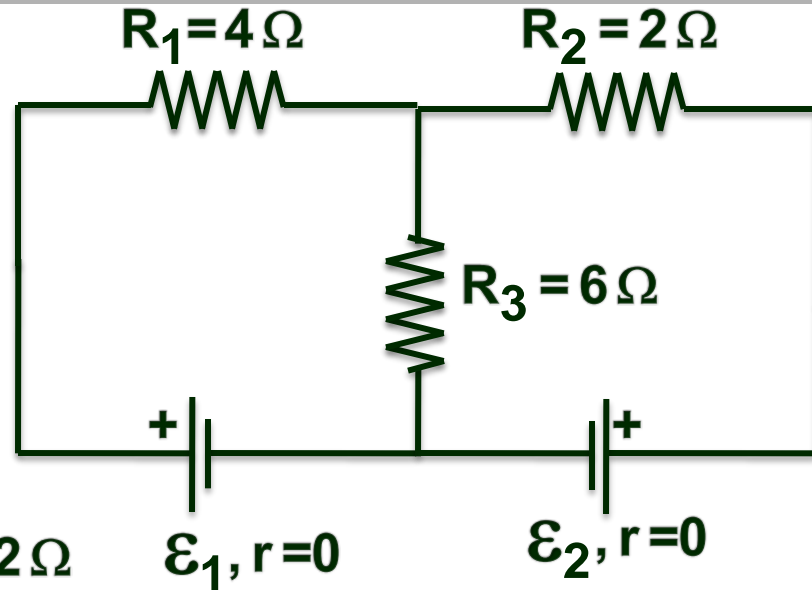
Perhatikan gambar berikut

$$\mathcal{E}_1 = 8 \text{ volt}$$

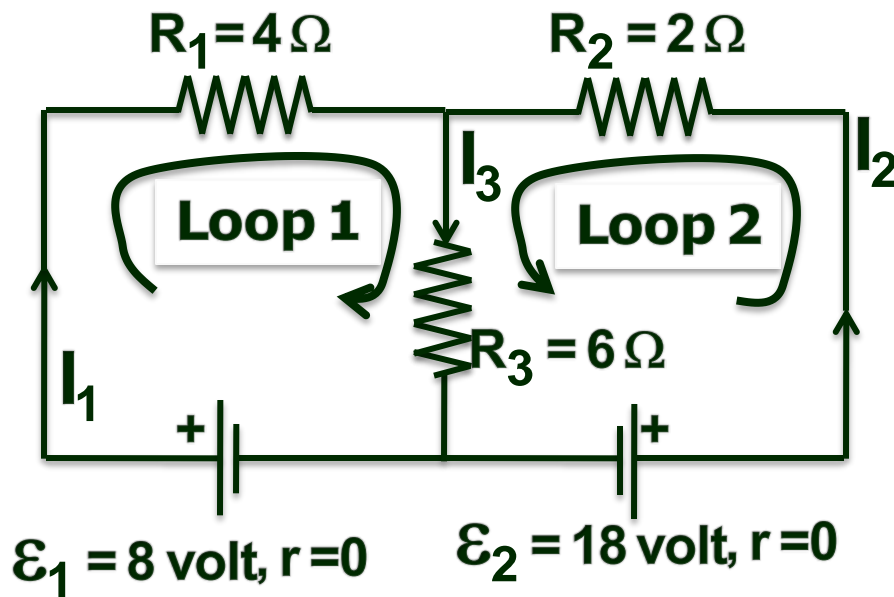
$$\mathcal{E}_2 = 18 \text{ volt}$$

Tentukan arus listrik pada masing-masing cabang!

Penyelesaian



CONTOH SOAL HUKUM I DAN II KIRCHHOFF



$$\Sigma \varepsilon + \Sigma IR + \Sigma Ir = 0$$

Loop 1

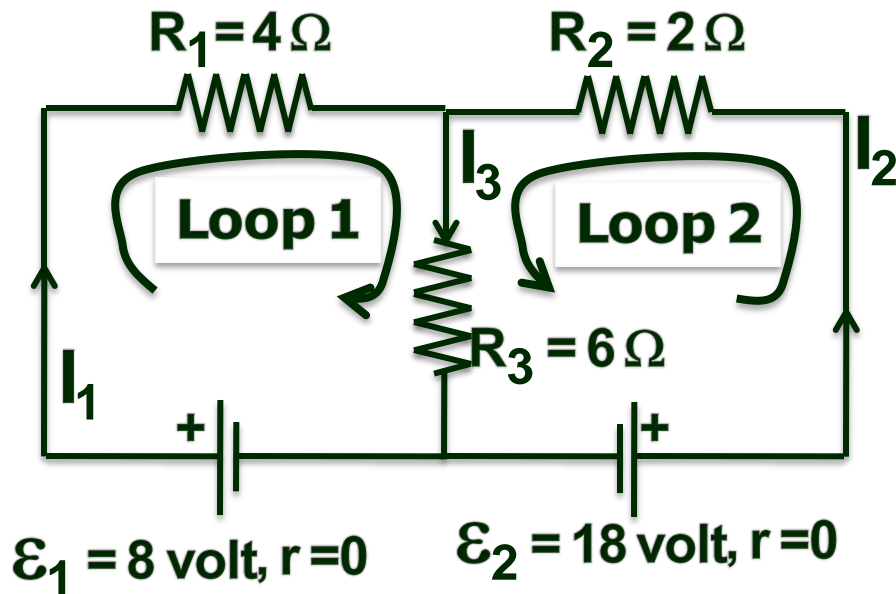
$$-\varepsilon_1 + I_1 R_1 + I_3 R_3 + I_1 r = 0$$

$$-8 + I_1 4 + I_3 6 + I_1 0 = 0$$

$$-8 + 4I_1 + 6I_3 = 0$$

$$8 = 4I_1 + 6I_3 \dots\dots\dots(1)$$

CONTOH SOAL HUKUM I DAN II KIRCHHOFF



$$\Sigma \epsilon + \Sigma I R + \Sigma I r = 0$$

Loop 2

$$-\epsilon_2 + I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_1 r = 0$$

$$-18 + I_2 2 + I_3 6 + I_1 0 = 0$$

$$-18 + 2I_2 + 6I_3 = 0$$

$$18 = 2I_2 + 6I_3 \dots\dots\dots(2)$$

$$I_3 = I_1 + I_2 \dots\dots\dots(3)$$

CONTOH SOAL HUKUM I DAN II KIRCHOFF



karena

$$I_3 = I_1 + I_2 \leftrightarrow I_1 = I_3 - I_2$$

maka

$$8 = 4(I_3 - I_2) + 6I_3$$

$$8 = 4I_3 - 4I_2 + 6I_3$$

$$8 = -4I_2 + 10I_3 \dots\dots\dots (4)$$

Selesaikan persamaan (2) dan (4)

$$\begin{array}{r|l} 18 = 2I_2 + 6I_3 & \times 2 \\ 8 = -4I_2 + 10I_3 & \times 1 \end{array}$$

$$36 = 4I_2 + 12I_3$$

$$8 = -4I_2 + 10I_3 \quad +$$

$$44 = 22I_3 \leftrightarrow I_3 = 44/22 = 2 \text{ A}$$

Sehingga

$$8 = -4I_2 + 10I_3$$

$$8 = -4I_2 + 10 \cdot 2$$

$$4I_2 = -8 + 10 \cdot 2$$

$$4I_2 = 12$$

$$I_2 = 12/4 = 3 \text{ A}$$

$$I_1 = I_3 - I_2$$

$$I_1 = 2 \text{ A} - 3 \text{ A} = -1 \text{ A}$$

Jadi

$$I_1 = -1 \text{ A},$$

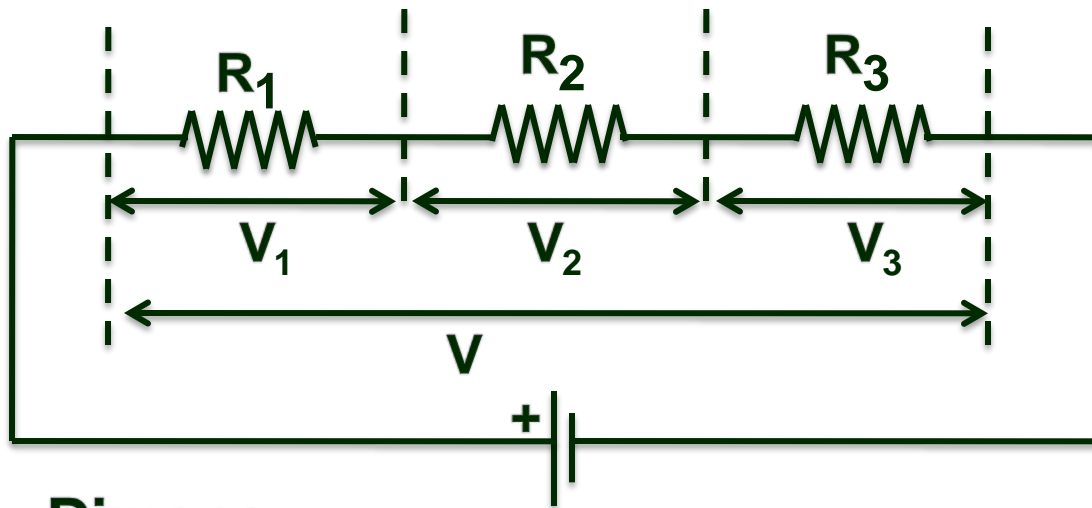
$$I_2 = 3 \text{ A dan}$$

$$I_3 = 2 \text{ A}$$

Rangkaian Seri Resistor



❖ Rangkaian seri tiga buah resistor



$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$I_1 = I_2 = I_3$$

Dimana

I_1, I_2 & I_3 = Kuat arus listrik pada hambatan 1, 2 dan 3

V_1, V_2 & V_3 = tegangan listrik pada hambatan 1, 2 dan 3

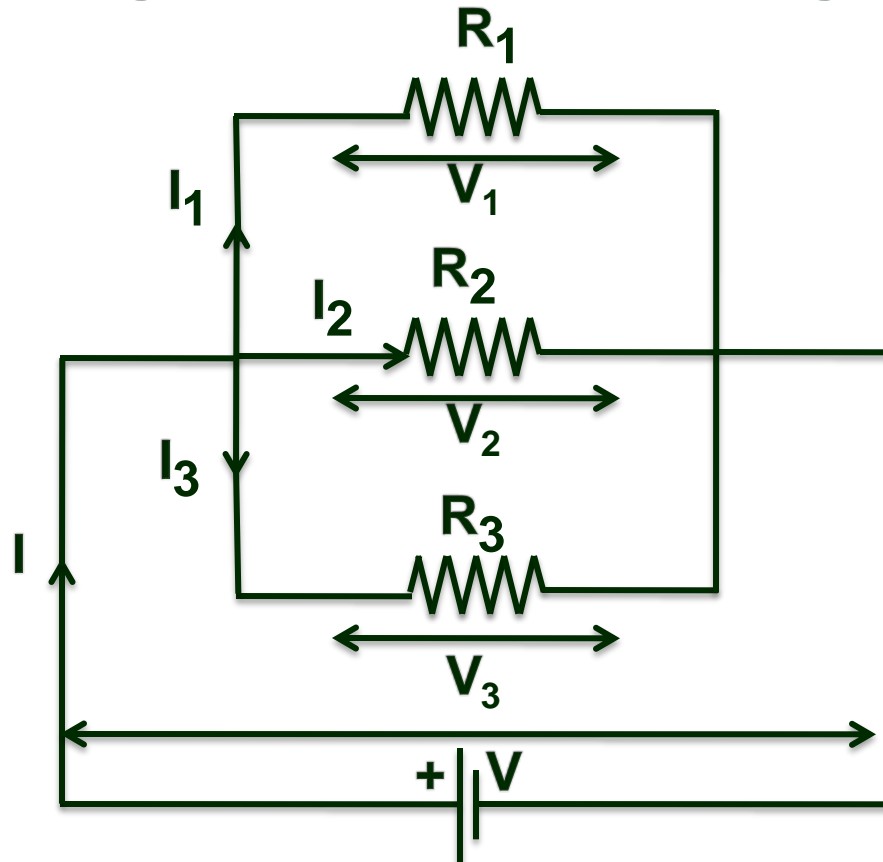
V = tegangan sumber

R = hambatan pengganti (hambatan total) dari ketiga hambatan

Rangkaian Paralel Resistor



❖ Rangkaian paralel tiga buah resistor



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

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

I_1, I_2 & I_3 = Kuat arus listrik pada hambatan 1, 2 dan 3

R = hambatan pengganti (hambatan total) dari ketiga hambatan

Hambatan Listrik suatu bahan



- ❖ Hambatan suatu bahan konduktor pada suhu tetap bergantung pada panjang, luas penampang dan hambatan jenis bahan tersebut



$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Dimana

l = Panjang bahan (m)

A = luas penampang bahan (m^2)

ρ = Hambatan jenis bahan (Ωm)

R = hambatan listrik (Ω)

Hambatan Listrik suatu bahan



- ❖ Pada batas perubahan suhu tertentu, maka hambatan jenis suatu bahan memenuhi persamaan sebagai berikut :

$$\rho_T = \rho_o (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\rho_T - \rho_o = \Delta \rho$$

$$\Delta T = T - T_o$$

Dimana

ρ_T = hambatan jenis pada suhu T (Ωm)

ρ_o = hambatan jenis pada suhu T_o (Ωm)

α = koefisien suhu hambatan jenis ($^{\circ}C^{-1}$)

ΔT = perubahan suhu ($^{\circ}C$)

Hambatan Jenis Beberapa Bahan pada Suhu 20 ° C



Bahan	Hambatan jenis (Ωm)
Alumunium	$2,83 \times 10^{-18}$
Tembaga	$1,72 \times 10^{-8}$
Emas	$2,44 \times 10^{-8}$
Besi	$9,71 \times 10^{-8}$
Konstantan	49×10^{-8}
Nikrom	100×10^{-8}
Platina	$10,6 \times 10^{-8}$

Bahan	Hambatan jenis (Ωm)
perak	$1,59 \times 10^{-8}$
Tungsten	$5,65 \times 10^{-8}$
Karbon	$3,5 \times 10^{-5}$
Germanium	5×10^{-1}
Silikon	$6,42 \times 10^2$
Kuarsa	$7,5 \times 10^{17}$

Koefisien Suhu Hambatan Jenis Beberapa Bahan



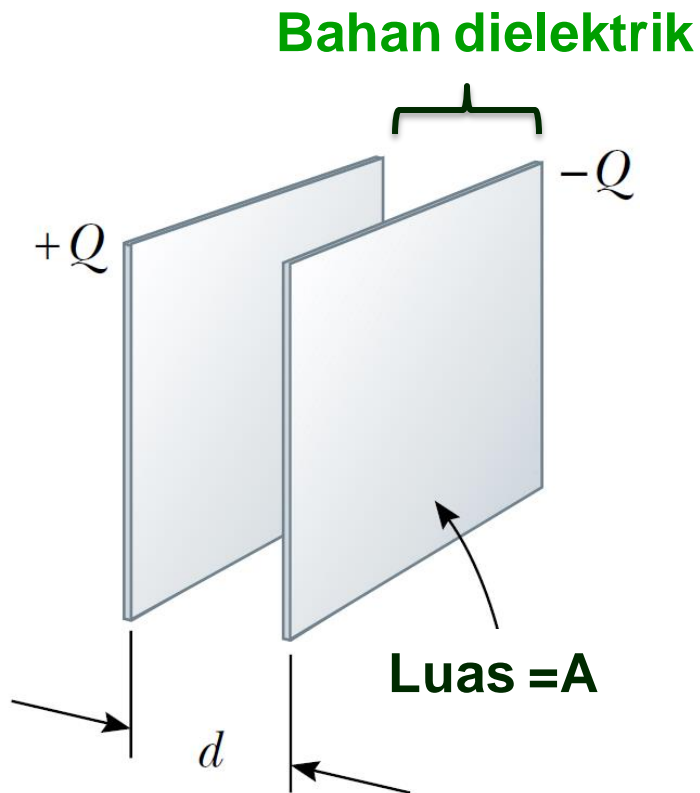
Bahan	α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Perak	0,0038
Tembaga	0,0039
Aluminium	0,0040
Tungsten	0,0045
Besi	0,0050
Grafit	-0,0005
Germanium	-0,05
Silikon	-0,07



KAPASITOR



KAPASITOR



Secara umum Kapasitor terdiri atas dua keping konduktor yang saling sejajar dan terpisah oleh suatu bahan dielektrik (dari bahan isolator) atau ruang hampa.

Antara dua keping dihubungkan dengan beda potensial ΔV dan menimbulkan muatan listrik sama besar pada masing-masing keping tetapi berlawanan tanda.

Sumber Gambar : Haliday-Resnick-Walker

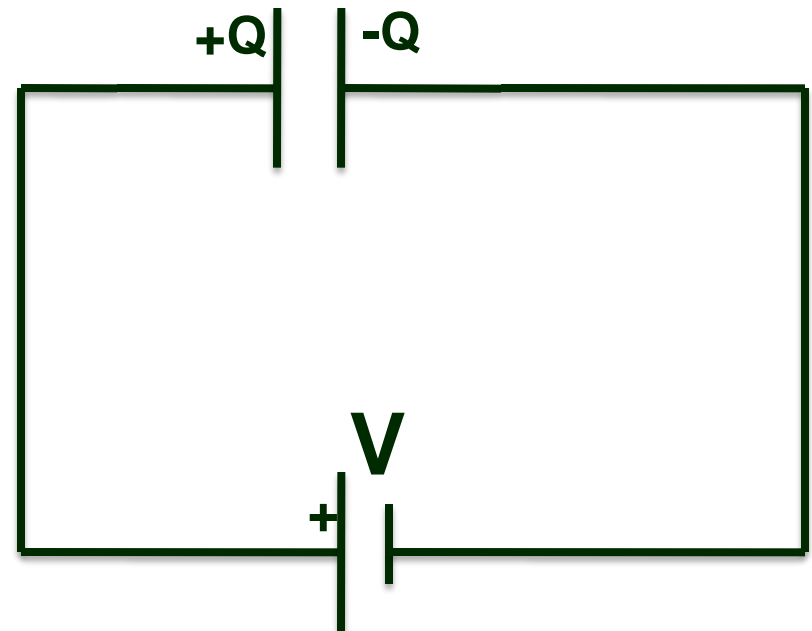
Kapasitor



❖ Sifat Kapasitor

1. Dapat menyimpan energi listrik, tanpa disertai reaksi kimia
2. Tidak dapat dilalui arus listrik DC dan mudah dilalui arus bolak-balik
3. Bila kedua keping dihubungkan dengan beda potensial, masing-masing bermuatan listrik sama besar tapi berlawanan tanda.

Simbol Kapasitor

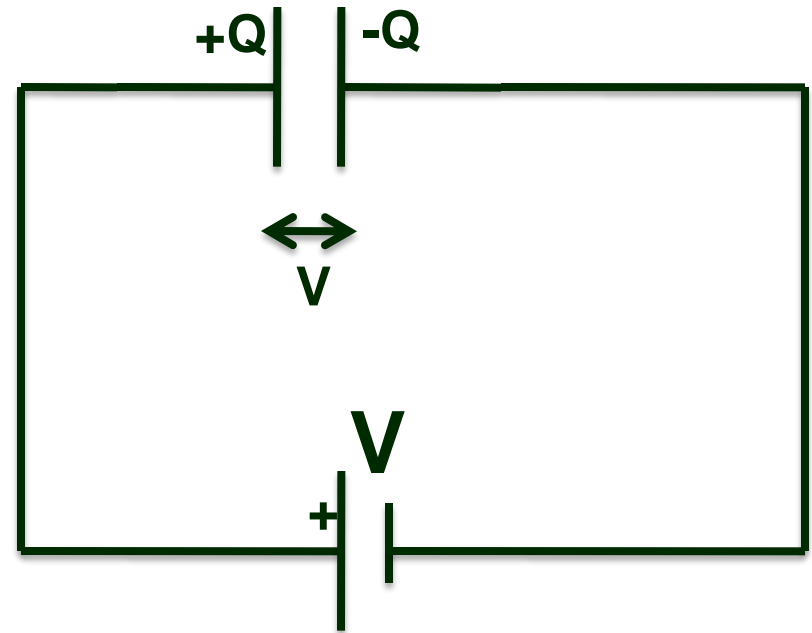


Kapasitor



- ❖ Kapasitas kapasitor (C) menunjukkan besar muatan listrik pada masing-masing keping bila kedua keping mengalami beda potensial 1 volt

$$C = \frac{Q}{V}$$

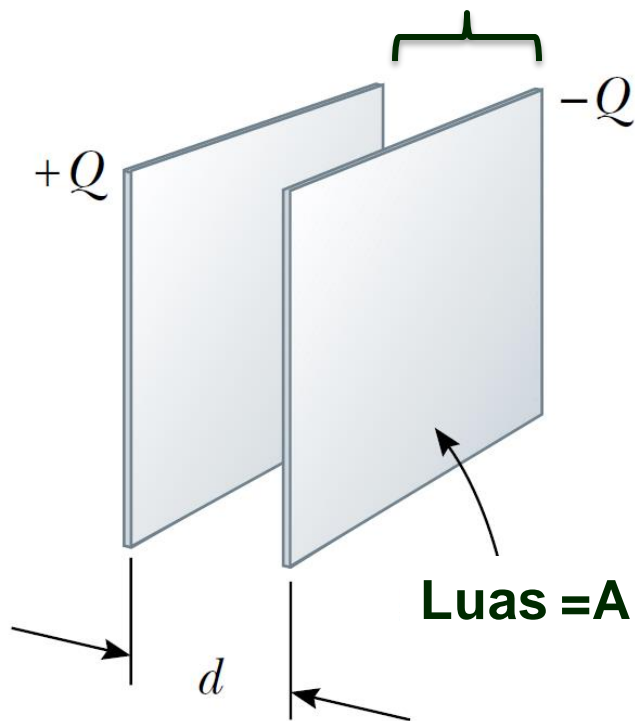


Q = nilai muatan listrik pada masing-masing keping
V = beda potensial listrik antar keping (volt)
C = kapasitas kapasitor (Farad = F)

Kapasitas kapasitor



Ruang hampa atau udara



$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{Q}{E \times d} = \frac{Q}{\frac{Q}{A \epsilon_0} \times d}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 \times A}{d}$$

A = luas salah satu permukaan yang saling berhadapan (meter²)

d = Jarak antar keping (meter)

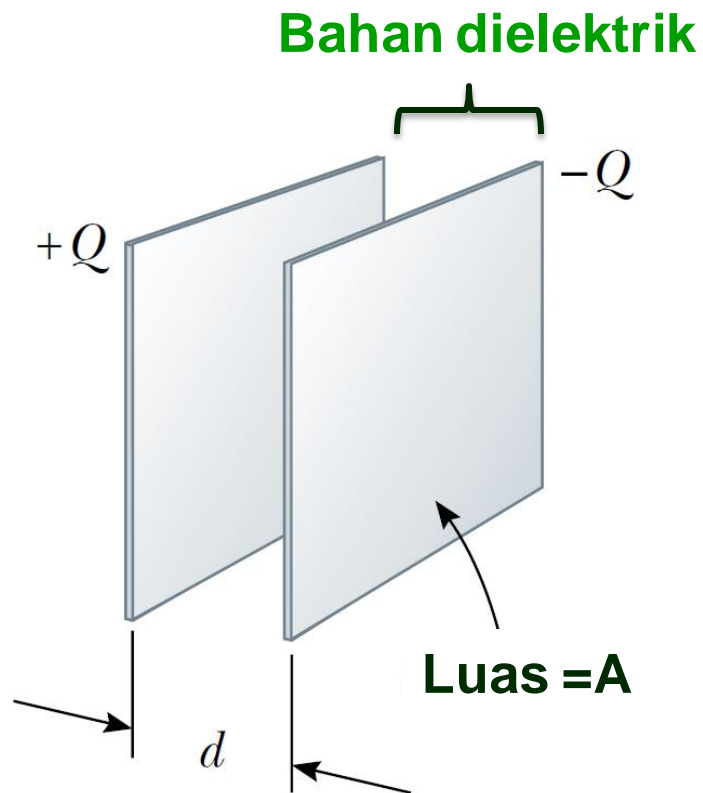
C = kapasitas kapasitor (Farad = F)

**ϵ_0 = permitivitas udara atau ruang hampa
($8.854\ 187\ 82 \cdot 10^{-12}\ C/vm$)**

Kapasitas kapasitor



Kapasitas kapasitor yang terdiri atas bahan dielektrik



$$C = \frac{\epsilon x A}{d}$$

$$\epsilon = \epsilon_o \cdot K$$

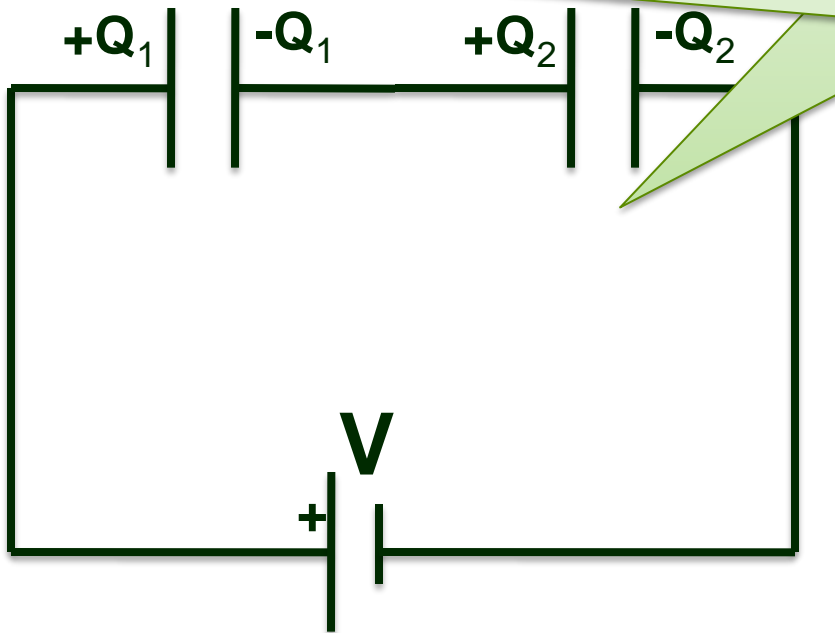
K = tetapan dielektrik (untuk udara atau ruang hampa $K = 1$)

ϵ = permitivitas bahan dielektrik (C/vm)

Rangkaian Kapasitor



❖ Rangkaian seri



1. Kapasitas gabungan kapasitor (C_g), kapasitas kapasitor pertama (C_1), kapasitor kedua (C_2) memenuhi :

$$\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

2. Muatan listrik yang tersimpan pada rangkaian = muatan listrik pada masing-masing kapasitor.
 $Q = Q_1 + Q_2$ dan $Q_1 = Q_2$

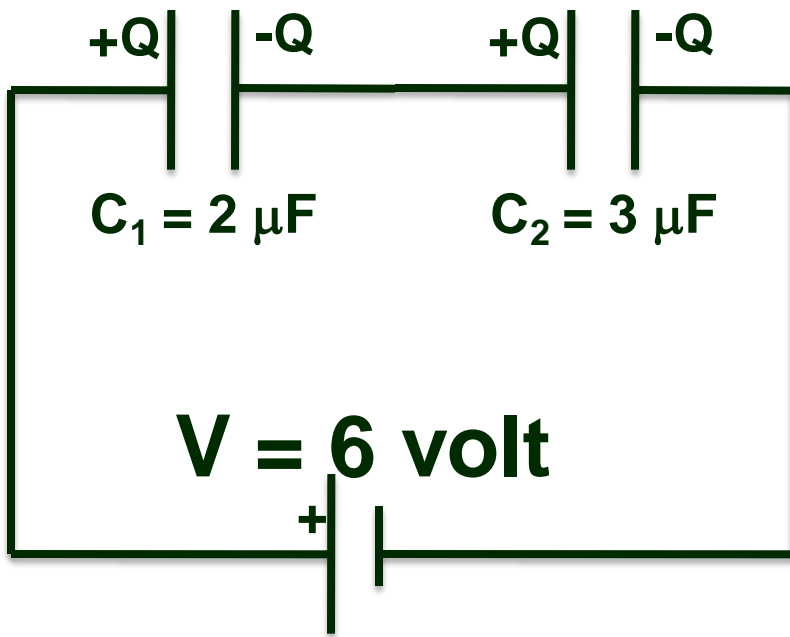
3. Tegangan listrik antar ujung rangkaian (V), tegangan pada kapasitor pertama (V_1) dan kapasitor kedua (V_2) memenuhi:
 $V = V_1 + V_2$

Rangkaian Kapasitor



❖ Rangkaian seri

Contoh



1. Kapasitas gabungan kapasitor :

$$\frac{1}{C_g} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{3+2}{6}$$

$$C_g = 6/5 = 1,2 \mu F$$

2. Muatan listrik

$$\begin{aligned} \text{pada rangkaian} &= 1,2 \mu F \times 6V \\ &= 7,2 \mu C \end{aligned}$$

$$\text{Pada kapasitor satu} = 7,2 \mu C$$

$$\text{Pada kapasitor kedua} = 7,2 \mu C$$

3. Tegangan listrik

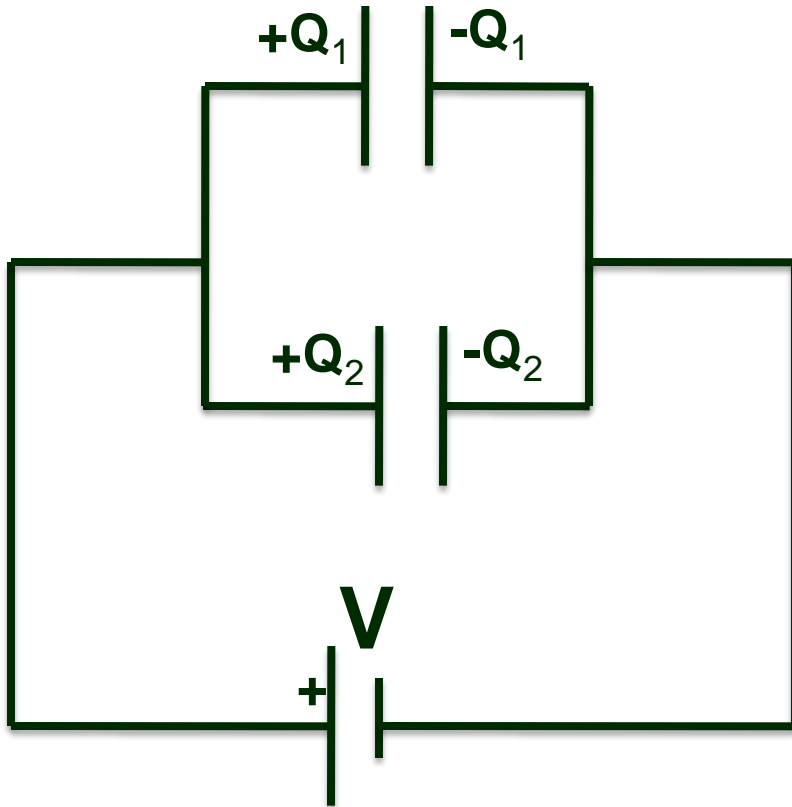
$$\text{pada kapasitor satu} = 3,6 V$$

$$\text{Pada kapasitor dua} = 2,4 V$$

Rangkaian Kapasitor



❖ Rangkaian paralel



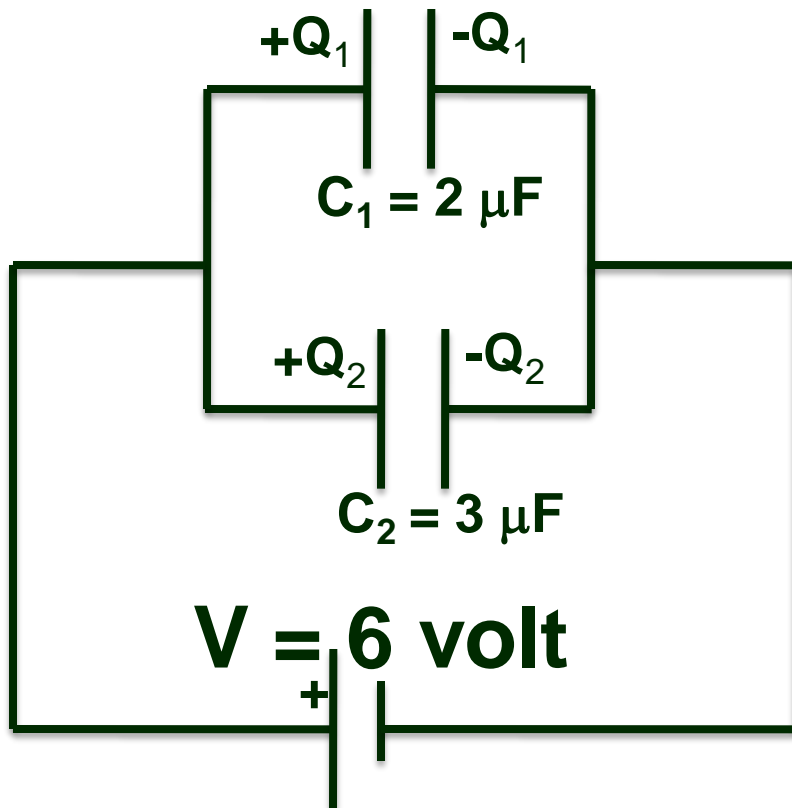
1. Tegangan pada kapasitor pertama (V_1), kapasitor kedua (V_2) dan tegangan sumber (V) masing-masing sama besar.
 $V_1 = V_2 = V$
2. Muatan listrik yang tersimpan pada rangkaian memenuhi
 $Q = Q_1 + Q_2$
3. Kapasitas gabungan kapasitor memenuhi :
 $C_g = C_1 + C_2$

Rangkaian Kapasitor



❖ Rangkaian paralel

Contoh

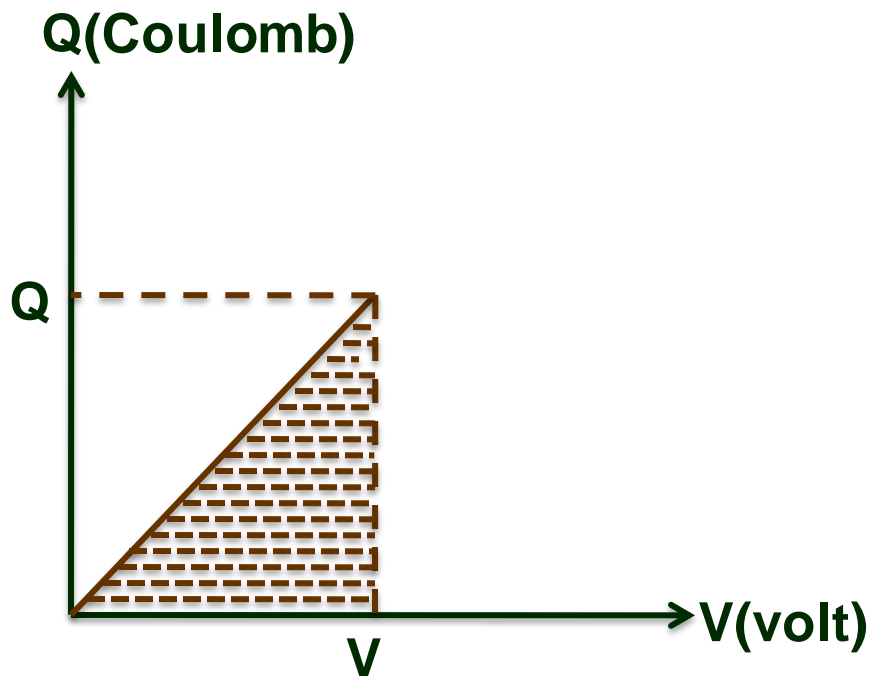


1. Tegangan pada kapasitor pertama (V_1) dan kapasitor kedua (V_2) adalah
 $V_1 = V_2 = 6 \text{ volt}$
2. Kapasitas gabungan kapasitor adalah
 $C_g = C_1 + C_2 = 2\mu\text{F} + 3\mu\text{F} = 5\mu\text{F}$
3. Muatan listrik yang tersimpan pada rangkaian memenuhi
 $Q = C_g \times V = 5\mu\text{F} \times 6\text{V} = 30\mu\text{C}$
 $Q_1 = C_1 \times V = 2\mu\text{F} \times 6\text{V} = 12\mu\text{C}$
 $Q_2 = C_2 \times V = 3\mu\text{F} \times 6\text{V} = 18\mu\text{C}$

Energi Listrik yang Tersimpan pada Kapasitor



- ❖ Grafik hubungan tegangan (V) dengan muatan listrik yang tersimpan pada kapasitor (Q)



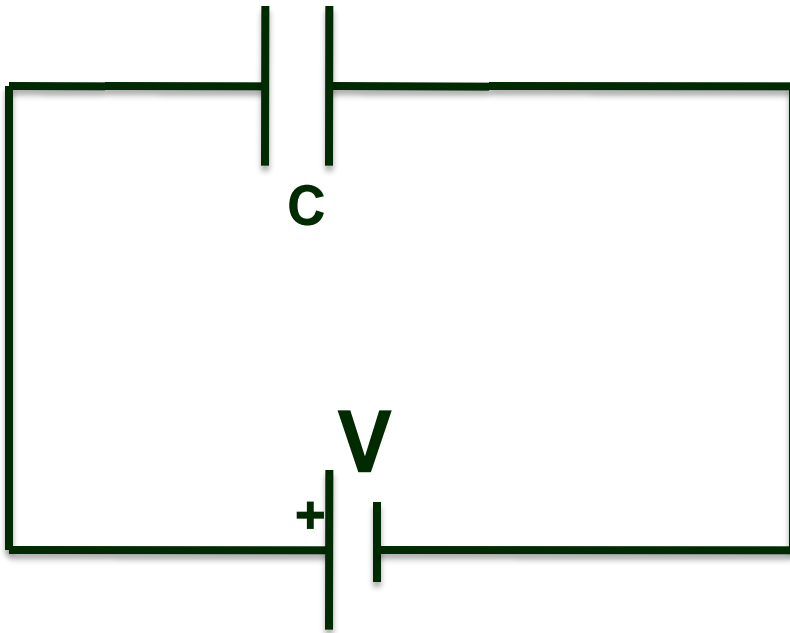
Nilai energi listrik yang tersimpan pada kapasitor yang bermuatan listrik Q = luas daerah Dibawah garis grafik Q - V (yang diarsir).

$$W = \frac{1}{2} QV$$

Energi Listrik yang Tersimpan pada Kapasitor



Sebuah kapasitor yang memiliki kapasitas C dihubungkan dengan tegangan V .



$$W = \frac{1}{2} (CV) V$$

Karena $Q = C.V$, maka

$$W = \frac{1}{2} CV^2$$

Keterangan :

Q = muatan listrik kapasitor (Coulomb)

C = Kapasitas kapasitor (farad)

V = tegangan listrik antar keping kapasitor (Volt)

W = Energi listrik yang tersimpan pada kapasitor (Joule)