

# Bab 3 KAPASITOR

## Standar Kompetensi :

Menerapkan konsep kelistrikan dan kemagnetan dalam berbagai penyelesaian masalah dan produk teknologi.

### Kompetensi Dasar

- Memformulasikan gaya listrik, kuat medan listrik, fluks, potensial listrik, energi potensial listrik serta penerapannya pada keping sejajar.

### Indikator

- Memformulasikan cara kerja kapasitor keping sejajar
- Menganalisis rangkaian kapasitor
- Menjelaskan pengaruh dielektrikum terhadap kapasitansi kapasitor keping sejajar
- Menentukan energi yang tersimpan dalam kapasitor

### PENDALAMAN MATERI

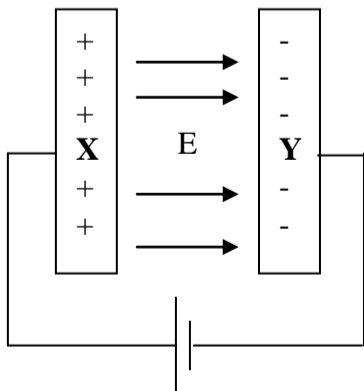
#### A. PRINSIP KERJA KAPASITOR

Kapasitor (kondensator) terdiri dari dua keping konduktor yang dipisahkan oleh isolator (zat dielektrikum). Kapasitor berfungsi untuk :

1. menyimpan muatan atau energi listrik
2. digunakan dalam rangkaian penala, berfungsi untuk memilih panjang gelombang pada pesawat radio
3. menghindari loncatan listrik pada rangkaian yang mengandung kumparan jika tiba-tiba arus listrik putus.
4. meratakan arus listrik pada rangkaian catu daya (memisahkan arus bolak-balik menjadi arus searah)
5. mengontrol frekuensi pada rangkaian osilator
6. penghubung (coupling) dan penyimpang arus (bypass)

#### Pengisian Kapasitor

Proses pengisian kapasitor dilakukan dengan menghubungkan kedua keping (pelat) kapasitor dengan ujung-ujung sumber tegangan. Perhatikan gambar berikut :



Kutub positif baterai akan menarik electron dari pelat X kapasitor dan memindahkannya ke pelat Y, sehingga jumlah muatan positif pada pelat X sama dengan jumlah muatan negatif pada pelat Y kapasitor. Pada keadaan ini kapasitor dikatakan diisi dengan muatan. Proses pengisian kapasitor berlangsung sangat cepat.

#### Pengosongan kapasitor

Proses pengosongan kapasitor yang telah bermuatan listrik dilakukan dengan cara menghubungkan kedua pelat kapasitor melalui kawat atau resistor. Elektron dari pelat negatif akan mengalir menuju pelat positif, sebaliknya arus listrik mengalir dari pelat positif menuju pelat negatif. Keadaan ini terjadi sampai kedua muatan saling menetralkan. Hal tersebut terjadi karena kedua muatan pada pelat kapasitor sama besar namun berlawanan jenis.

#### B. KAPASITAS KAPASITOR (KAPASITANSI)

Yaitu kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan listrik. Besarnya kapasitansi sebuah kapasitor adalah :

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

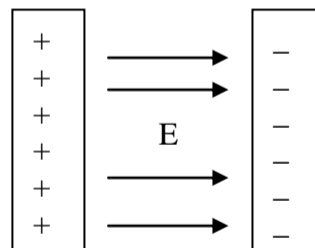
q = muatan yang tersimpan (C.)

V = beda potensial (V)

C = kapasitansi-kapasitor (Farad = F)

Kapasitor yang dapat kita jumpai dan beredar luas di pasaran ada beberapa jenis, diantaranya yaitu kapasitor kertas, kapasitor keramik, kapasitor mylar, dan kapasitor elektrolit. Jenis kapasitor tersebut dibedakan berdasarkan bahan dielektrikum yang dipakai atau diselipkan diantara dua keping sejajarnya.

#### Kapasitansi Kapasitor Keping Sejajar



Jika dua keping sejajar yang luasnya sama (A) diberikan muatan sama besar (q) berlawanan jenis, maka antara dua keping timbul medan listrik (E) dari keping positif menuju keping negatif.

Rapat muatan tiap keping ( $\sigma$ ) adalah sebesar :

$$\sigma = \frac{q}{A}$$

Karena  $\phi = E \cdot A = \frac{q}{\epsilon}$ , maka besarnya kuat medan listrik kedua keping adalah :

$$E = \frac{q}{A \cdot \epsilon} = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\sigma}{K \cdot \epsilon_0}$$

Besarnya potensial antara kedua keping kapasitor adalah :

$$V = E \cdot r = \frac{q \cdot r}{A \cdot K \cdot \epsilon_0}$$

- E = kuat medan listrik (N/C)
- q = muatan keping (C.)
- A = luas tiap keping (m<sup>2</sup>)
- K =  $\epsilon_r$  = permitivitas relatif bahan (konstanta dielektrik bahan)
- $\sigma$  = rapat muatan tiap keping (C/m<sup>2</sup>)

Jika di antara kedua keping kapasitor terdapat bahan yang memiliki konstanta dielektrik K, maka besarnya kapasitas kapasitor keping sejajar adalah :

$$C = \frac{q}{V} = \frac{\epsilon \cdot A}{r} = \frac{K \cdot \epsilon_0 \cdot A}{r} = K \cdot C_0$$

- A = luas tiap keping (m<sup>2</sup>)
- $\epsilon = K \cdot \epsilon_0$  = permitivitas bahan
- $\epsilon_0$  = permitivitas hampa udara
- K = konstanta dielektrikum bahan
- r = jarak antara keping (m)
- C = kapasitas kapasitor saat kedua keping terdapat bahan dengan konstanta dielektri K
- C<sub>0</sub> = kapasitas kapasitor saat kedua keping terisi udara

**Kapasitas Kapasitor Bola Konduktor**

Besarnya kapasitas kapasitor bentuk bola adalah :

$$C = \frac{q}{V} = \frac{R}{k}$$

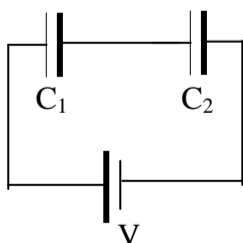
**C. RANGKAIAN KAPASITOR**

Kapasitor memiliki symbol :



Dua kapasitor atau lebih dapat dirangkai secara seri dan paralel.

**1. Rangkaian Kapasitor SERI**



*Sifat-sifat rangkaian seri kapasitor :*

a. Kapasitas kapasitor total seri sebesar :

$$\frac{1}{C_{seri}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

b. muatan tiap kapasitor sama dengan muatan total

$$q_1 = q_2 = q_{seri} = C_{seri} \cdot V_{seri}$$

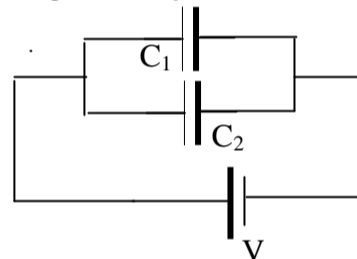
c. Besarnya potensial masing-masing kapasitor adalah :

$$V_1 = \frac{q_1}{C_1} = \frac{q_{seri}}{C_1}, \text{ dan } V_2 = \frac{q_2}{C_2} = \frac{q_{seri}}{C_2}$$

d. Potensial total rangkaian seri adalah :

$$V_{seri} = V_1 + V_2$$

**2. Rangkaian Kapasitor PARALEL**



*Sifat-sifat rangkaian paralel kapasitor :*

a. Kapasitas kapasitor total paralel sebesar :

$$C_{par} = C_1 + C_2$$

b. Potensial tiap kapasitor sama dengan potensial total rangkaian

$$V_1 = V_2 = V_{par}$$

c. Besarnya muatan masing-masing kapasitor adalah :

$$q_1 = C_1 \cdot V_1 = C_1 \cdot V_{par}$$

$$q_2 = C_2 \cdot V_2 = C_2 \cdot V_{par}$$

d. Muatan total rangkaian paralel adalah :

$$q_{par} = q_1 + q_2$$

**D. GABUNGAN DUA KAPASITOR**

Dua kapasitor A dan B masing-masing kapasitasnya C<sub>1</sub> dan C<sub>2</sub> dan bermuatan listrik q<sub>1</sub> dan q<sub>2</sub> dapat digabungkan dengan cara menghubungkan kutub kapasitor yang

polaritasnya sama. Gabungan ini mengakibatkan aliran muatan dari kapasitor yang beda potensialnya tinggi menuju kapasitor yang beda potensialnya rendah, hingga mencapai beda potensial yang sama ( $V_{gab}$ ). Sehingga jumlah muatan kedua kapasitor sebelum digabung sama dengan setelah digabung.

$$q_1 + q_2 = q_1' + q_2' = (C_1 + C_2) \cdot V_{gab}$$

$$V_{gab} = \frac{q_1 + q_2}{C_1 + C_2}$$

### E. ENERGI KAPASITOR

Energi yang tersimpan dalam kapasitor berasal dari proses pemindahan muatan dari sumber tegangan menuju ke dalam kedua keeping kapasitor, sehingga terjadi beda potensial antara kedua keeping. Sebelum pemindahan beda potensial awal keeping kapasitor sama dengan nol, sehingga beda potensial rata-rata keeping kapasitor sebelum dan sesudah pemindahan adalah :

$$\bar{V} = \frac{q}{2C}$$

Usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan merupakan **energi yang tersimpan dalam kapasitor**, yaitu sebesar :

$$W = q \cdot \bar{V} = \frac{q^2}{2C} = \frac{C \cdot V^2}{2} = \frac{q \cdot V}{2} = \frac{\epsilon \cdot E^2 \cdot V_{olume}}{2}$$

Besarnya rapat energi dalam medan listrik adalah energi per volume diantara dua keeping kapasitor, yang besarnya :

$$\rho = \frac{W}{V_{olume}} = \frac{\epsilon \cdot E^2}{2} = \frac{K \cdot \epsilon_o \cdot E^2}{2}$$

- W = energi kapasitor (J)
- q = muatan kapasitor (C.)
- V = potensial kapasitor (V)
- C = kapasitas kapasitor (F)
- $\epsilon$  = permitivitas bahan
- $\epsilon_o$  = permitivitas udara
- K = konstanta dielektrik bahan
- E = kuat medan listrik (N/C)
- $V_{olume}$  = volume antara dua keeping ( $m^3$ )
- $\rho$  = rapat energi dalam medan listrik ( $J/m^3$ )

#### Contoh Soal

Dua kapasitor 4  $\mu F$  dan 2  $\mu F$  disusun seri dihubungkan dengan potensial 6 V. Hitung energi yang tersimpan dalam dalam rangkaian !  
Jawab :

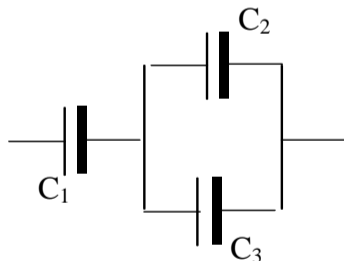
$$C_{seri} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = 1,33 \mu F = 1,33 \cdot 10^{-6} F$$

Jadi energi dalam rangkaian :

$$W = \frac{C_{seri} \cdot V^2}{2} = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ Joule}$$



1. Sebuah kapasitor kapasitasnya 60  $\mu F$  dihubungkan dengan baterai 6 V. Hitung :
  - a. muatan yang tersimpan dalam kapasitor
  - b. energi yang tersimpan dalam kapasitor
2. Kapasitor keeping sejajar dengan luas tiap keeping 1000  $cm^2$ , jarak antar keeping 1 cm. Kapasitor dihubungkan dengan sumber tegangan 12 V. Tentukan :
  - a. kapasitas kapasitor
  - b. rapat muatan tiap keeping
  - c. kuat medan listrik dalam kapasitor
  - d. muatan kapasitor, jika diantara keeping berisi udara
  - e. muatan kapasitor setelah antar keeping berisi kertas dengan nilai K = 2.
3. Kapasitor bola berdiameter 18 cm diberi tegangan 200 kV. Hitung muatan dan energi yang tersimpan dalam kapasitor !
4. Dua kapasitor 30  $\mu F$  dan 90  $\mu F$  disusun seri dan dihubungkan dengan sumber tegangan 6 V. Tentukan :
  - a. kapasitas kapasitor total
  - b. muatan masing-masing kapasitor
  - c. tegangan masing-masing kapasitor
  - d. energi masing-masing kapasitor
5. Tiga buah kapasitor A, B dan C masing-masing kapasitasnya 10 pF, 20 pF dan 30 pF dirangkai parallel. Setelah dihubungkan dengan sumber listrik, kapasitor A berisi muatan 1,2 nC. Tentukan :
  - a. kapasitas total
  - b. tegangan sumber listrik
  - c. muatan B dan C
6. Perhatikan rangkaian kapasitor berikut :



- Jika  $C_1$ ,  $C_2$  dan  $C_3$  masing-masing 3  $\mu F$ , 2  $\mu F$  dan 4  $\mu F$  dan ujung-ujung rangkaian dihubungkan dengan potensial 300 V, tentukan :
- a. muatan pada masing-masing kapasitor
  - b. beda potensial masing-masing kapasitor
  - c. energi masing-masing kapasitor
7. Dua kapasitor bola A dan B masing-masing berdiameter 18 cm dan 27 cm, bermuatan masing-masing 1  $\mu C$  dan  $-500$  nC. Kedua kapasitor disentuhkan, tentukan :
    - a. potensial A sebelum disentuhkan
    - b. potensial A dan B setelah disentuhkan
    - c. muatan listrik konduktor A setelah disentuhkan

8. Kapasitor keeping sejajar, luas tiap kepingnya  $200 \text{ cm}^2$  dan jarak antar keping  $0,5 \text{ cm}$ . Kapasitor diisi bahan dielektrik ( $K = 0,5$ ) dan dihubungkan dengan beda potensial  $12 \text{ V}$ . Hitung :
- energi yang tersimpan dalam kapasitor
  - rapat energi dalam medan listriknya
9. Dua kapasitor  $4 \mu\text{F}$  dan  $5 \mu\text{F}$  masing-masing dihubungkan dengan baterai  $6 \text{ V}$ . Setelah baterai dilepas, kedua kaki kapasitor dihubungkan sehingga membentuk gabungan kapasitor. Tentukan muatan akhir tiap kapasitor setelah keduanya digabungkan !
10. Dua kapasitor keeping sejajar memiliki luas dan kapasitas sama. Salah satu kapasitor diisi bahan dengan konstanta dielektrik  $2,5$ . Jika keduanya dihubungkan dengan tegangan sama, tentukan perbandingan rapat energi kedua kapasitor !

### EVALUASI

- Kapasitor mempunyai kapasitas  $50 \mu\text{F}$  dihubungkan dengan tegangan  $10 \text{ V}$ . Jika luas tiap keping  $1000 \text{ cm}^2$ , maka rapat muatan tiap keping adalah ...  $\text{C/m}^2$ 
  - $0,0005$
  - $0,005$
  - $500$
  - $5000$
  - $15000$
- Dua kapasitor  $6 \text{ F}$  dan  $3 \text{ F}$  di rangkai seri. Kapasitas totalnya adalah ...  $\text{F}$ 
  - $2$
  - $3$
  - $6$
  - $9$
  - $15$
- Tiga kapasitor  $2 \mu\text{C}$ ,  $4 \mu\text{C}$  dan  $10 \mu\text{C}$  di rangkai parallel dan dihubungkan dengan potensial  $10 \text{ V}$ . Muatan tiap kapasitor adalah ...  $\mu\text{C}$ 
  - $185$
  - $160$
  - $96$
  - $16$
  - $12$
- Dua kapasitor  $2 \mu\text{F}$  dan  $3 \mu\text{F}$  dirangkai seri dan ujung-ujungnya diberi tegangan  $10 \text{ V}$ . Perbandingan muatan kedua kapasitor adalah ...
  - $1 : 1$
  - $1 : 2$
  - $1 : 3$
  - $2 : 1$
  - $3 : 2$
- Kapasitor dengan luas tiap keping  $500 \text{ cm}^2$  dan jarak keping  $0,5 \text{ cm}$  memiliki kapasitas sebesar ...  $\text{pF}$ 
  - $0,5$
  - $0,8$
  - $1,85$
  - $8,5$
  - $88,5$
- Kapasitor  $2 \mu\text{F}/15 \text{ V}$  dihubungkan dengan kapasitor  $4 \mu\text{F}/30 \text{ V}$  dengan menghubungkan ujung-ujung kedua platnya. Potensial gabungannya adalah .... $\text{V}$ 
  - $0$
  - $12,5$
  - $15$
  - $25$
  - $45$
- Kapasitas kapasitor keeping sejajar adalah  $12,5 \mu\text{F}$ . Setelah disipkan bahan dielektrik kapasitasnya menjadi  $37,5 \mu\text{F}$ . Permittifitas relatif bahan dielektrik sebesar ...
  - $0$
  - $1$
  - $2$
  - $3$
  - $4$
- Dua kapasitor A dan B masing-masing kapasitasnya  $4 \text{ pF}$  dan  $8 \text{ pF}$  diparalel dan dihubungkan dengan baterai. Jika kapasitor A bermuatan  $36 \cdot 10^{-12} \text{ C}$ , besarnya potensial baterai adalah ....  $\text{V}$ 
  - $1,5$
  - $3$
  - $4,5$
  - $6$
  - $9$
- Dua kapasitor jika disusun seri kapasitasnya totalnya  $2 \text{ F}$  dan jika disusun parallel kapasitas totalnya  $9 \text{ F}$ . Besarnya kapasitas masing-masing kapasitor adalah ...  $\text{F}$ 
  - $1$  dan  $8$
  - $2$  dan  $7$
  - $3$  dan  $6$
  - $4$  dan  $5$
  - $0$  dan  $9$
- Sejumlah  $n$  buah kapasitor disusun seri kemudian dirangkai dengan  $n$  buah kapasitor yang disusun parallel. Jika tiap kapasitor kpsitasnya =  $C$ , kapasitas total rangkaian tersebut adalah ...
  - $\frac{n \cdot C}{(n^2 + 1)}$
  - $\frac{n \cdot C}{n^2}$
  - $\frac{C}{(n^2 + 1)}$
  - $\frac{(n^2 - 1)}{n \cdot C}$
  - $\frac{n \cdot C}{2}$