

5 KAPASITOR

Kompetensi Dasar

- Memformulasikan prinsip kerja kapasitor dan mengaplikasikannya

Indikator

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

PENDALAMAN MATERI

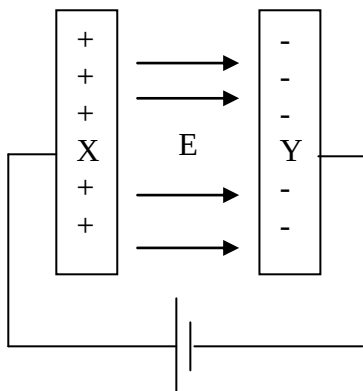
A. PRINSIP KERJA KAPASITOR

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 keeping (pelat) kapasitor dengan ujung-ujung sumber tegangan. Perhatikan gambar berikut :



Kutub positif baterai akan menarik electron dari pelat X kapasitor dan memindahkan 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 kapasitas sebuah kapasitor adalah :

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

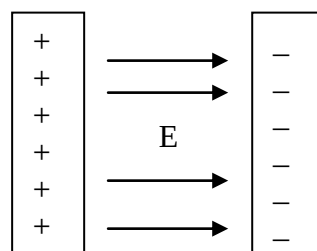
q = muatan yang tersimpan (C.)

V = beda potensial (V)

C = kapasitas-kapasitor (Farad = F)

Kapasitor yang kita kenal ada 3 jenis, yaitu kapasitor kertas, kapasitor logam (elco) dan kapasitor elektrolit.

Kapasitas Kapasitor Keping Sejajar



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

Rapat muatan tiap keeping (σ) 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 keeping 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 keeping (m²)

K = ϵ_r = permitivitas relatif bahan (konstanta dielektrik bahan)

σ = rapat muatan tiap keeping (C/m²)

Jika di antara kedua keeping 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 keeping (m²)

$\epsilon = K \cdot \epsilon_0$ = permitivitas bahan

ϵ_0 = permitivitas hampa udara

K = konstanta dielektrikum bahan

r = jarak antara keeping (m)

C = kapasitas kapasitor saat kedua keeping terdapat bahan dengan konstanta dielektri K

C₀ = kapasitas kapasitor saat kedua keeping terisi udara

Kapasitas Kapasitor Bola Konduktor

Besarnya kapasitas kapasitor bentuk bola adalah :

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

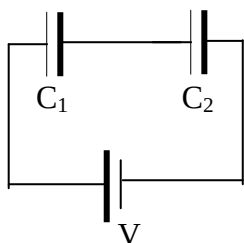
C. RANGKAIAN KAPASITOR

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 paralel sebesar :

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

b. muatan tiap kapasitor sama dengan muatan total

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

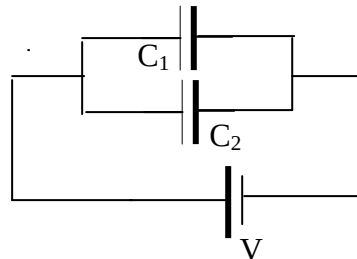
c. Besarnya potensial masing-masing kapasitor adalah :

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

d. Potensial total rangkaian paralel adalah :

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

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

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

c. Besarnya muatan masing-masing kapasitor adalah :

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

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

d. Muatan total rangkaian paralel adalah :

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

D. GABUNGAN DUA KAPASITOR (MATERI PENGAYAAN)

Dua kapasitor A dan B masing-masing kapasitasnya C_1 dan C_2 dan bermuatan listrik q_1 dan q_2 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 :

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

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

$$\rho = \frac{W}{V_{\text{olume}}} = \frac{\epsilon \cdot E^2}{2} = \frac{K \cdot \epsilon_0 \cdot E^2}{2}$$

W = energi kapasitor (J)

q = muatan kapasitor (C.)

V = potensial kapasitor (V)

C = kapasitas kapasitor (F)

ϵ = permitivitas bahan

ϵ_0 = permitivitas udara

K = konstanta dielektrik bahan

E = kuat medan listrik (N/C)

V_{olume} = volume antara dua keeping (m^3)

ρ = rapat energi dalam medan listrik (J/m^3)

Contoh Soal

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

Jawab :

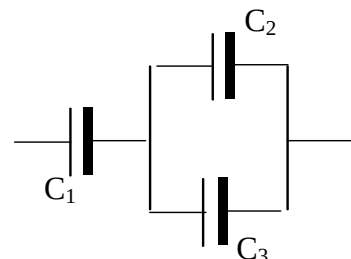
$$C_{\text{seri}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = 1,33 \mu\text{F} = 1,33 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

Jadi energi dalam rangkaian :

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

Uji Kompetensi

- Sebuah kapasitor kapasitasnya $60 \mu\text{F}$ dihubungkan dengan baterai 6 V. Hitung :
 - muatan yang tersimpan dalam kapasitor
 - energi yang tersimpan dalam kapasitor
- Kapasitor keeping sejajar dengan luas tiap keeping 1000 cm^2 , jarak antar keeping 1 cm. Kapasitor dihubungkan dengan sumber tegangan 12 V. Tentukan :
 - kapasitas kapasitor
 - rapat muatan tiap keeping
 - kuat medan listrik dalam kapasitor
 - muatan kapasitor, jika diantara keeping berisi udara
 - muatan kapasitor setelah antar keeping berisi kertas dengan nilai $K = 2$.
- Kapasitor bola berdiameter 18 cm diberi tegangan 200 kV. Hitung muatan dan energi yang tersimpan dalam kapasitor !
- Dua kapasitor $30 \mu\text{F}$ dan $90 \mu\text{F}$ disusun seri dan dihubungkan dengan sumber tegangan 6 V. Tentukan :
 - kapasitas kapasitor total
 - muatan masing-masing kapasitor
 - tegangan masing-masing kapasitor
 - energi masing-masing kapasitor
- 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 :
 - kapasitas total
 - tegangan sumber listrik
 - muatan B dan C
- Perhatikan rangkaian kapasitor berikut :



Jika C_1 , C_2 dan C_3 masing-masing $3 \mu\text{F}$, $2 \mu\text{F}$ dan $4 \mu\text{F}$ dan ujung-ujung rangkaian dihubungkan dengan potensial 300 V, tentukan :

- 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 $1 \mu\text{C}$ 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 cm^2 dan jarak antar keeping 0,5 cm. Kpasitor diisi bahan dielektrik ($K = 0,5$) dan dihubungkan dengan beda potensial 12 V. Hitung :
 - a. energi yang tersimpan dalam kapasitor
 - b. rapat energi dalam medan listriknya
9. Dua kapasitor $4 \mu\text{F}$ dan $5 \mu\text{F}$ masing-masing dihubungkan dengan baterai 6 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 !
5. Kapasitor dengan luas tiap keeping 500 cm^2 dan jarak keeping 0,5 cm memiliki kapasitas sebesar ... pF
 - a. 0,5
 - b. 0,8
 - c. 1,85
 - d. 8,5
 - e. 88,5
6. 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 adalahV
 - a. 0
 - b. 12,5
 - c. 15
 - d. 25
 - e. 45
7. 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 ...
 - a. 0
 - b. 1
 - c. 2
 - d. 3
 - e. 4
8. Dua kapasitor A dan B masing-masing kapasitasnya 4 pF dan 8 pF diparalel dan dihubungkan dengan baterai. Jika kapasitor A bermuatan $36 \cdot 10^{-12} \text{ C}$, besarnya potensial baterai adalah V
 - a. 1,5
 - b. 3
 - c. 4,5
 - d. 6
 - e. 9

EVALUASI

1. Kapasitor mempunyai kapasitas $50 \mu\text{F}$ dihubungkan dengan tegangan 10 V. Jika luas tiap keeping 1000 cm^2 , maka rapat muatan tiap keeping adalah ... C/m^2
 - a. 0,0005
 - b. 0,005
 - c. 500
 - d. 5000
 - e. 15000
2. Dua kapasitor 6 F dan 3 F di rangkai seri. Kapasitas totalnya adalah ... F
 - a. 2
 - b. 3
 - c. 6
 - d. 9
 - e. 15
3. Tiga kapasitor $2 \mu\text{C}$, $4 \mu\text{C}$ dan $10 \mu\text{C}$ di rangkai parallel dan dihubungkan dengan potensial 10 V. Muatan tiap kapasitor adalah ... μC
 - a. 185
 - b. 160
 - c. 96
 - d. 16
 - e. 12
4. Dua kapasitor $2 \mu\text{F}$ dan $3 \mu\text{F}$ dirangkai seri dan ujung-ujungnya diberi tegangan 10 V. Perbandingan muatan kedua kapasitor adalah ...
 - a. 1 : 1
 - b. 1 : 2
 - c. 1 : 3
 - d. 2 : 1
 - e. 3 : 2
9. Dua kapasitor jika disusun seri kapasitasnya totalnya 2 F dan jika disusun parallel kapasitas totalnya 9 F. Besarnya kapasitas masing-masing kapasitor adalah ... F
 - a. 1 dan 8
 - b. 2 dan 7
 - c. 3 dan 6
 - d. 4 dan 5
 - e. 0 dan 9
10. Sejumlah n buah kapasitor disusun seri kemudian dirangkai dengan n buah kapasitor yang disusun parallel. Jika tiap kapasitor kapsitasnya = C, kapasitas total rangkaian tersebut adalah ...
 - a. $\frac{n.C}{(n^2 + 1)}$
 - b. $\frac{n.C}{n^2}$
 - c. $\frac{C}{(n^2 + 1)}$
 - d. $\frac{(n^2 - 1)}{n.C}$
 - e. $\frac{n.C}{2}$