

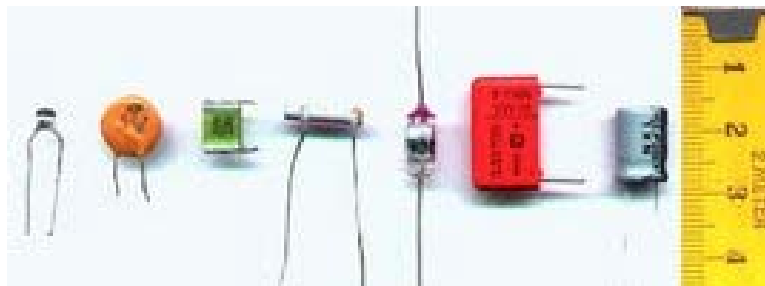
Fisika Dasar II *Listrik, Magnet, Gelombang dan* *Fisika Modern*

Pokok Bahasan Kapasitor & Dielektrik

Abdul Waris
Rizal Kurniadi
Novitrian
Sparisoma Viridi

1

KAPASITOR



2

KAPASITOR

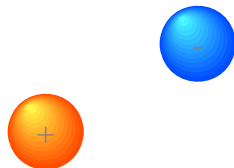
- Kapasitor terdiri dari susunan konduktor yang dapat menyimpan muatan / medan / energi potensial listrik.
- Kapasitor digunakan di banyak peralatan listrik seperti radio, komputer, sistem pengapian mobil, dst.
- Daya simpan muatan dalam kapasitor dinyatakan dengan KAPASITANSI
- Besarnya kapasitansi tergantung pada dimensi - geometri susunan konduktor

3

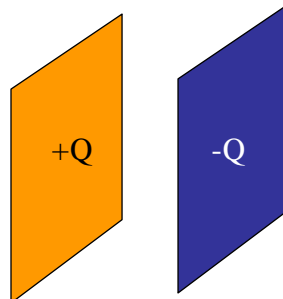
Kapasitor

Suatu sistem dua konduktor, yang masing-masing membawa muatan yang sama besarnya dikenal sebagai **kapasitor**

contoh. 1: dua bola logam



contoh 2: dua plat sejajar



4

Kapasitansi

Kapasitansi besaran untuk mengukur jumlah muatan yang tersimpan dalam kapasitor (kapasitansya)

Eskperimen menunjukkan bahwa muatan dalam kapasitor sebanding dengan beda potensial (**voltage**) antara dua lempeng

dapat dituliskan

$$Q = C\Delta V$$

$$Q \propto \Delta V$$

Konstanta pembanding C disebut **kapasitansi** yang merupakan sifat dari kapasitor

rumusan dari kapasitansi

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

yang menyatakan jumlah muatan yang tersimpan tiap satuan tegangan

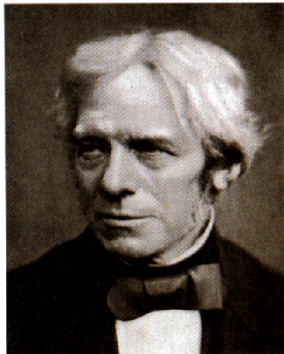
Satuan

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

Satuan SI untuk kapsitansi adalah:

$$CV^{-1}$$

Ingat bahwa satuan V juga JC^{-1} sehingga C^2J^{-1}

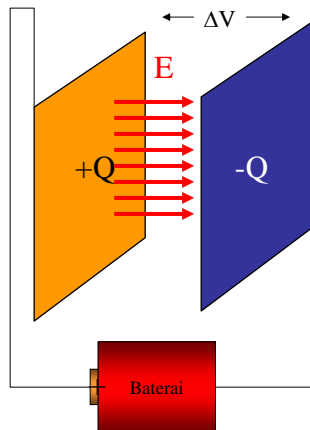


Satuan ini juga dikenal sebagai **farad** (Michael Faraday)

$$1F = 1CV^{-1} (= 1C^2J^{-1})$$

6

Kapasitansi Kapasitor keping (parallel plated)

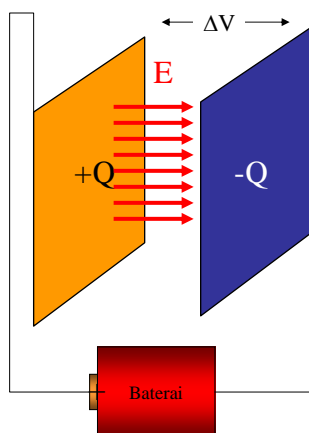


Logika

Semakin luas lempeng pelat yang digunakan, maka akan semakin banyak muatan yang dapat disimpan $C \propto A$

Mendekatkan kedua plat
E pada awalnya konstan (tidak ada muatan yang berpindah) sehingga $\Delta V = Ed$ berkurang, muatan akan mengalir dari baterai untuk meningkatkan $\Delta V \Rightarrow C \propto 1/d$

Kapasitansi Kapasitor keping



Secara Fisika

Sifat konduktor

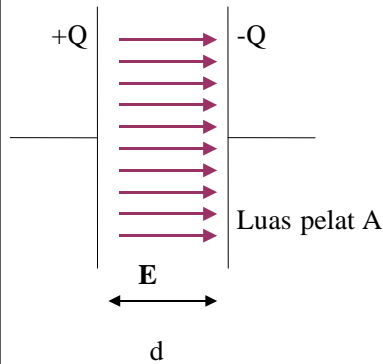
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad \sigma = \frac{Q}{A} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{Q}{A\epsilon_0}$$

$$\Delta V = Ed \quad \Rightarrow \quad \Delta V = \frac{Q}{A\epsilon_0} d$$

$$C = \frac{Q}{\Delta V} \quad \Rightarrow \quad C = \frac{A\epsilon_0}{d}$$

8

KAPASITOR KEPING



Gunakan hukum Gauss untuk menghitung besar medan di ruang antar keping

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$V_a - V_b = -\int_b^a E \cdot dl = Ed$$

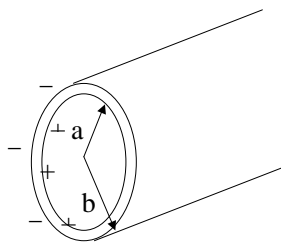
$$Q = C\Delta V$$

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{\sigma A}{\sigma d / \epsilon_0} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$\Delta V = V_{\text{positif}} - V_{\text{negatif}}$$

9

KAPASITOR SILINDER



Gunakan hukum Gauss untuk menghitung besar medan di daerah $a < r < b$

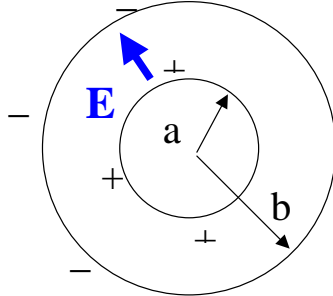
$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$$

$$V_a - V_b = -\int_b^a E \cdot dr = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \int_b^a \frac{1}{r} dr = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{b}{a}$$

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln(b/a)}$$

10

KAPASITOR BOLA



Gunakan hukum Gauss untuk mendapatkan E

Di $r < a$ $E=0$

Di daerah $a < r < b$

Di $r > b$ $E = 0$

$$E = \frac{k_e Q}{r^2}$$

11

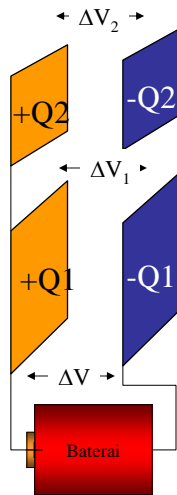
$$V_a - V_b = -\int_b^a E \cdot dr = -k_e Q \int_b^a \frac{1}{r^2} dr = k_e Q \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$$

Kapasitansi kapasitor bola

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{1}{k_e} \frac{ab}{(b-a)}$$

12

Kapasitor susunan paralel



Kapasitor susunan paralel

$$\Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_{\text{Baterai}}$$

$$Q_1 = C_1 \Delta V_1 \quad Q_2 = C_2 \Delta V_2$$

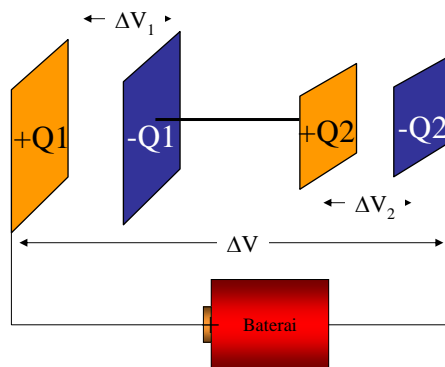
$$Q = Q_1 + Q_2 = (C_1 + C_2) \Delta V$$

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

$$C = C_1 + C_2$$

13

Kapasitor susunan Seri



Kapasitor susunan seri

$$Q = Q_1 = Q_2$$

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{\Delta V_1 + \Delta V_2}$$

$$= \left(\frac{\Delta V_1 + \Delta V_2}{Q} \right)^{-1}$$

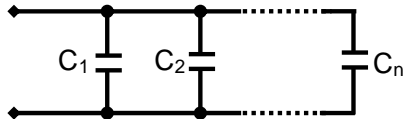
$$C = [C_1^{-1} + C_2^{-1}]^{-1}$$

14

Susunan Kapasitor (Summary)

1. SUSUNAN PARALEL

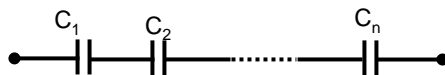
Beda potensial SAMA



$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

2. SUSUNAN SERI

Arus SAMA

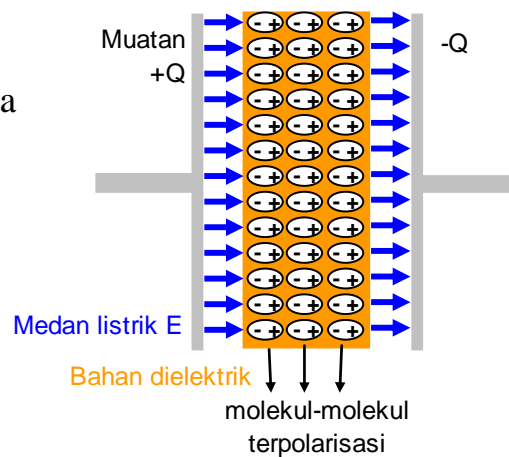


$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

15

DIELEKTRIK

Dielektrik adalah suatu lempengan tipis yang diletakkan di antara kedua pelat kapasitor. Jika di antara keping + dan keping - diisi dengan bahan dielektrik (isolator), kuat medan listrik di antara keping akan menurun dan kapasitansi akan naik.



16

Alasan Penggunaan Dielektrik

- Memungkinkan untuk aplikasi tegangan yang lebih tinggi (sehingga lebih banyak muatan).
- Memungkinkan untuk memasang pelat menjadi lebih dekat (membuat d lebih kecil).
- •Memperbesar nilai kapasitansi C karena $K > 1$.

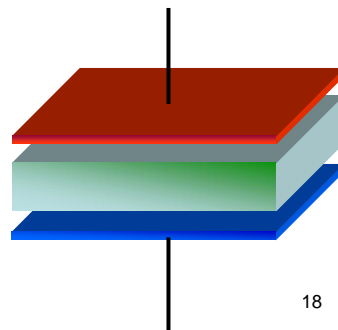
$$C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d} = \kappa C_0$$

17

Dengan adanya suatu lembaran isolator (“dielectric”) yang ditempatkan di antara kedua pelat, kapasitansi akan meningkat dengan faktor K , yang bergantung pada material di dalam lembaran. K disebut sebagai *konstanta dielektrik dari material*.

Karenanya $C = \kappa \epsilon_0 A / d$ secara umum adalah benar karena K bernilai 1 untuk vakum, dan mendekati 1 untuk udara. Kita juga dapat mendefinisikan $\epsilon = \kappa \epsilon_0$ dan menuliskan $C = \epsilon A / d$. ϵ disebut sebagai *permitivitas dari material*

$$C = \kappa \epsilon_0 A / d$$



18

Contoh 17-7 (Giancoli)

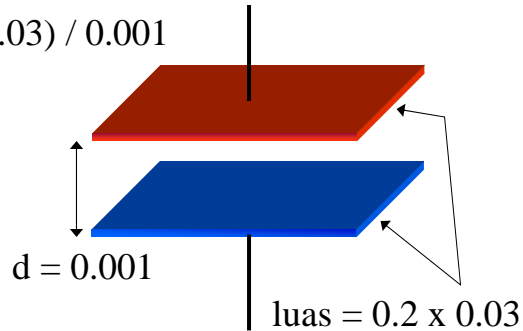
(a) Hitunglah kapasitansi dari suatu kapasitor yang memiliki pelat 20×3 cm dan terpisah oleh udara sejauh 1.0 mm.

$$C = \kappa \epsilon_0 A / d$$

$$C = 1(8.85 \times 10^{-12})(0.2 \times 0.03) / 0.001$$

$$C = 53 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$C = 53 \text{ pF}$$



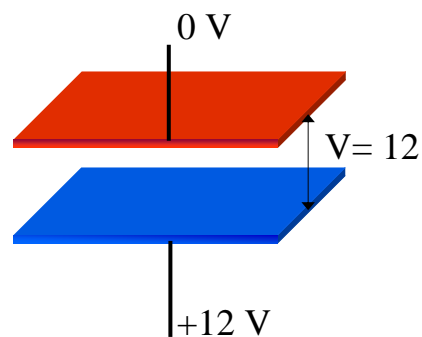
Jika anda tetap menggunakan satuan SI (mks), hasilnya akan langsung dalam satuan SI.

(b) Berapa muatan pada tiap pelat kapasitor yang dihubungkan dengan baterai 12 volt*?

$$Q = CV$$

$$Q = (53 \times 10^{-12})(12)$$

$$Q = 6.4 \times 10^{-10} \text{ C}$$



**Ingat, yang dimaksud di sini adalah beda potensial.*

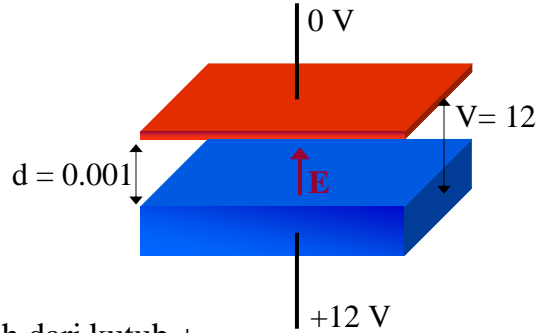
20

(c) Berapa besarnya medan listrik di antara kedua pelat?

$$E = \frac{V}{d} = \frac{12 \text{ V}}{0.001 \text{ m}}$$

$\vec{E} = 12000 \text{ V/m}$, menjauh dari kutub +

$$\vec{E} = \frac{|\Delta V_{i \rightarrow f}|}{d}, \text{ menjauh dari kutub +}$$



21

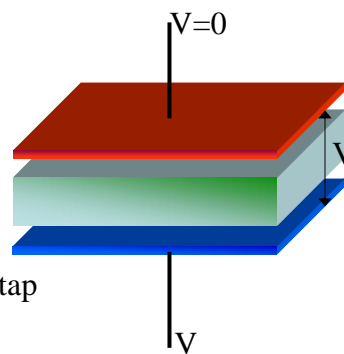
Contoh 17-8 (Giancoli)

Sebuah kapasitor dihubungkan dengan baterai sehingga memiliki muatan Q .

Saat kapasitor masih dihubungkan dengan baterai, suatu bahan dielektrik dimasukkan.

Akankah Q bertambah, berkurang, atau tetap sama?

Mengapa?



22

Penyimpanan Energi Listrik

Energi listrik U yang tersimpan dalam kapasitor adalah:

$$U_{\text{kapasitor}} = QV/2 = CV^2/2 = Q^2/2C$$

Bukan suatu kebetulan jika kita di sini menggunakan simbol U untuk energi yang disimpan. Ini adalah bentuk lain dari energi potensial. Gunakan ini dalam persamaan konservasi energi seperti bentuk energi yang lain!

Dengan menguraikan persamaan di atas, kita dapat merumuskan *kerapatan energi* sebagai berikut:

$$U = CV^2/2 = (1/2) (\epsilon_0 A/d)(E^2 d^2)$$

$$= (1/2) (\epsilon_0 E^2)(Ad)$$

$$u = \text{kerapatan energi} = \text{energi/volume} = (1/2) (\epsilon_0 E^2)$$

23

Contoh 17-9 (Giancoli)

sebuah unit kamera flash menyimpan energi dalam sebuah kapasitor berkapasitansi 150 mikro farad pada 200 V. Berapa besar energi listrik yang dapat disimpan?

Simulasi 2.2 : bercerita tentang fungsi dan cara kerja kapasitor.

$$U_{\text{kapasitor}} = CV^2/2$$

$$U_{\text{kapasitor}} = (150 \times 10^{-6})(200)^2 / 2$$

$$U_{\text{kapasitor}} = 3.0 \text{ J}$$

24