

# Kapasitansi

Fisika Dasar II  
TIP, TP, UGM 2009  
Ikhsan Setiawan, M.Si.

[ikhsan\\_s@ugm.ac.id](mailto:ikhsan_s@ugm.ac.id)

<http://setiawan.synthasite.com>

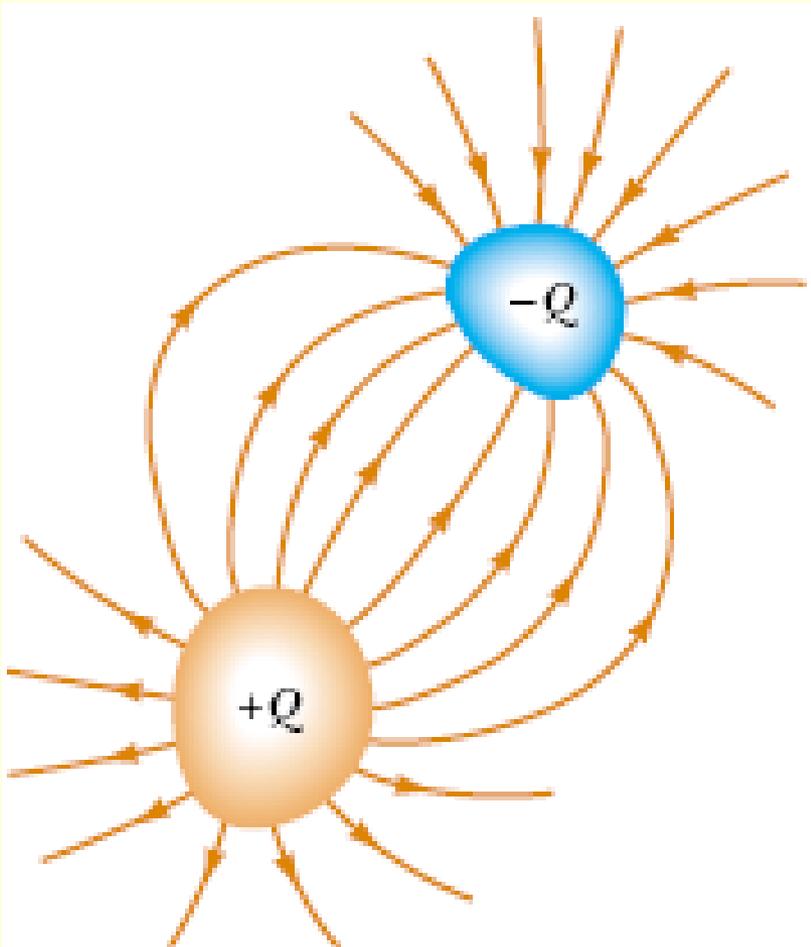


# Kapasitansi

---

- Definisi kapasitansi
- Kapasitansi beragam jenis kapasitor
- Kombinasi kapasitor
- Energi yang tersimpan dalam kapasitor
- Kapasitor dengan dielektrik

# Definisi Kapasitansi



- Tinjau dua buah konduktor yang **bermuatan sama besar tetapi berlawanan tanda** (lihat gambar).
- Gabungan dua konduktor seperti ini disebut **kapasitor**. Konduktornya disebut **plat kapasitor**.
- Terdapat **beda potensial  $\Delta V$**  antara kedua plat karena adanya muatan-muatan pada kedua plat.

## Definisi Kapasitansi (lanjutan)

- **Kapasitansi C** didefinisikan sebagai perbandingan antara besar muatan pada masing-masing plat dengan besar beda potensial antara kedua plat.

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

→ Ukuran kemampuan kapasitor menyimpan muatan.

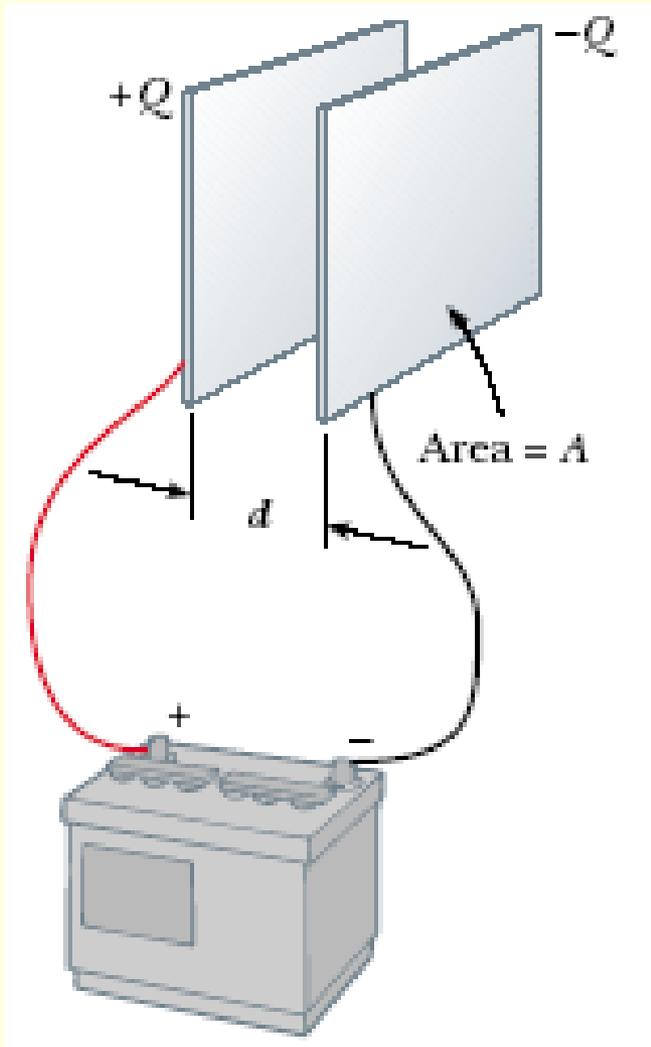
- Satuan kapasitansi adalah **farad (F)**:  $1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$

Besar kapasitansi praktis dalam orde:

**microfarad ( $\mu\text{F}$ )** hingga **picofarad (pF)**

- Secara definisi, kapasitansi merupakan besaran yang selalu bernilai **positif**.

## Definisi Kapasitansi (lanjutan)



- Pada gambar di samping: Dalam keadaan setimbang, beda potensial antara kedua plat sama dengan beda potensial antara kedua terminal baterai.
- Contoh: Pada kapasitor  $4 \text{ pF}$  yang dihubungkan dengan baterai  $9 \text{ V}$  akan tersimpan muatan  $+36 \text{ pC}$  pada plat positif dan muatan  $-36 \text{ pC}$  pada plat negatif.

# Kapasitansi Bola Konduktor Tunggal

- Anggap konduktor bola pejal:
  - berjari  $R$ , dan
  - bermuatan total  $Q$ .
- Potensial bola ini adalah  $k_e Q / R$ , sedangkan potensial untuk  $R \rightarrow \infty$  adalah nol, sehingga beda potensialnya adalah  $\Delta V = k_e Q / R$ .

- Jadi, kapasitansinya:

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{k_e Q / R} = \frac{R}{k_e} = 4\pi\epsilon_0 R$$

→ kapasitansi konduktor bola terisolasi sebanding dengan jearinya, tidak bergantung pada muatan dan beda potensialnya.

# Kapasitansi Kapasitor Plat Sejajar

- Medan listrik di antara kedua plat:

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

- Beda potensial antara kedua plat:

$$\Delta V = Ed = \frac{Qd}{\epsilon_0 A}$$

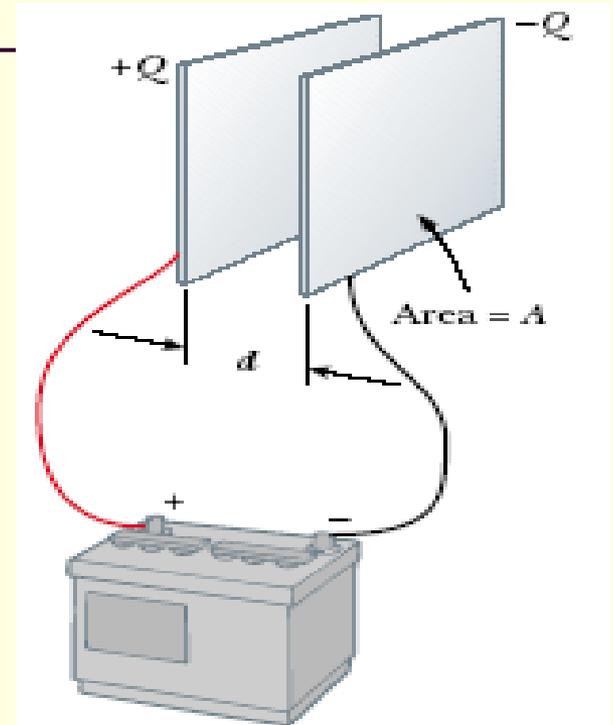
- Kapasitansi:

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

⇒

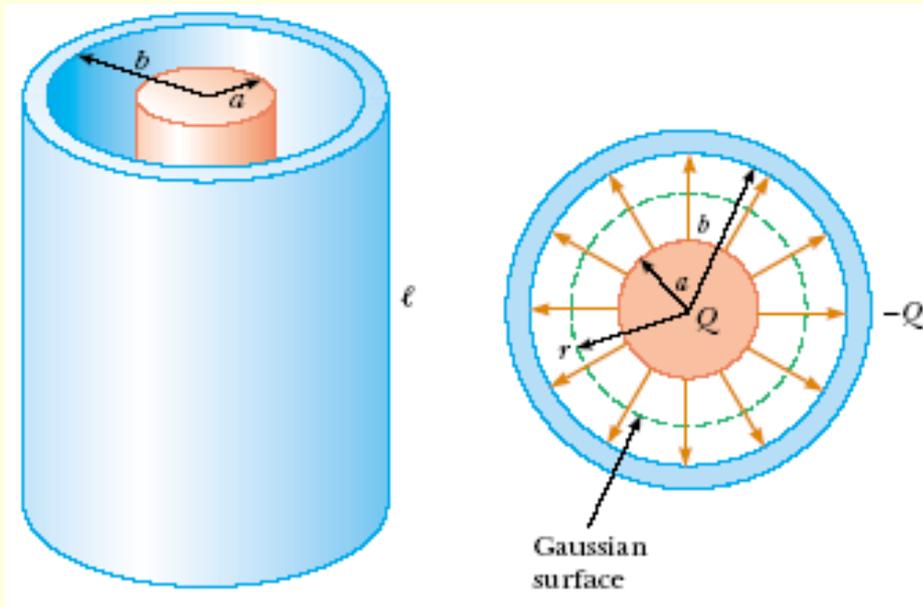
$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

Kapasitansi kapasitor plat sejajar bergantung hanya pada luas plat dan jarak antara kedua plat.



# Kapasitansi Kapasitor Silindris

- Kapasitor silindris: dua buah konduktor silindris dengan panjang  $l$  yang sesumbu (lihat gambar)



Beda potensial:

$$\Delta V = -2k_e \lambda \ln \left( \frac{b}{a} \right)$$

$$(\lambda = Q / l)$$

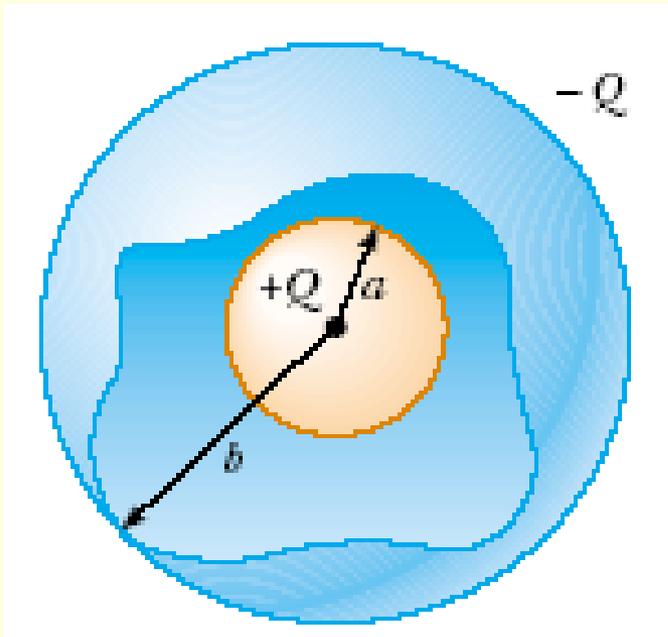
Kapasitansi:

$$C = \frac{\epsilon}{2k_e \ln(b/a)}$$

bergantung hanya pada panjang dan jejari konduktor.

# Kapasitansi Kapasitor Bola

- Kapasitor bola: sebuah konduktor bola pejal sesumbu dengan konduktor kulit bola (lihat gambar).



Beda potensial:

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

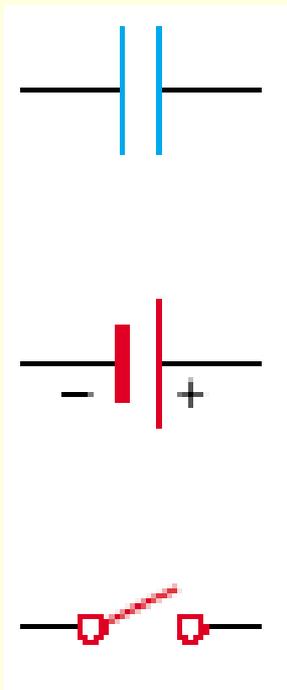
Kapasitansi:

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

bergantung hanya pada jari kedua konduktor.

# Kombinasi Kapasitor

- Dalam rangkaian listrik, dua atau lebih kapasitor dapat digabungkan. Kapasitansi ekivalennya dapat dihitung.
- Dalam diagram rangkaian listrik, digunakan simbol-simbol elemen. Sebagai contoh, lihat gambar di bawah.



Simbol  
kapasitor

Simbol  
batere

Simbol  
saklar

Dua jenis kombinasi kapasitor:

- Kombinasi Paralel
- Kombinasi Seri

# Kombinasi Paralel

Skema kombinasi paralel 2 kapasitor:

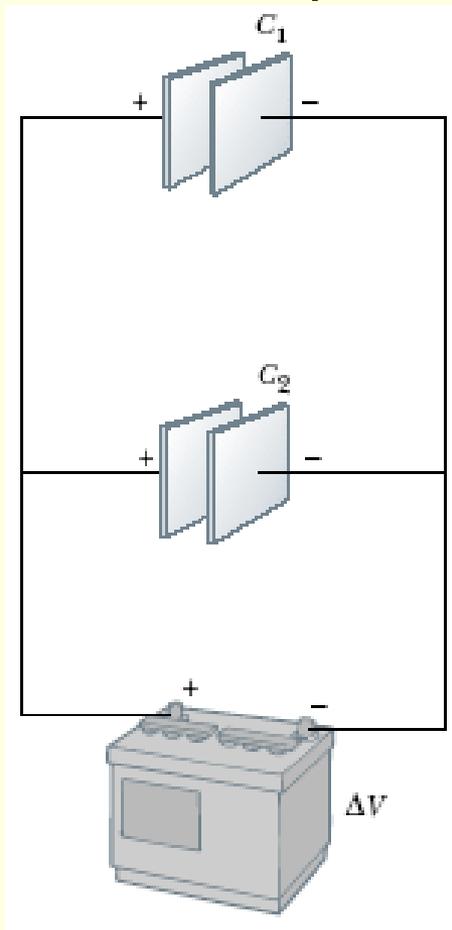
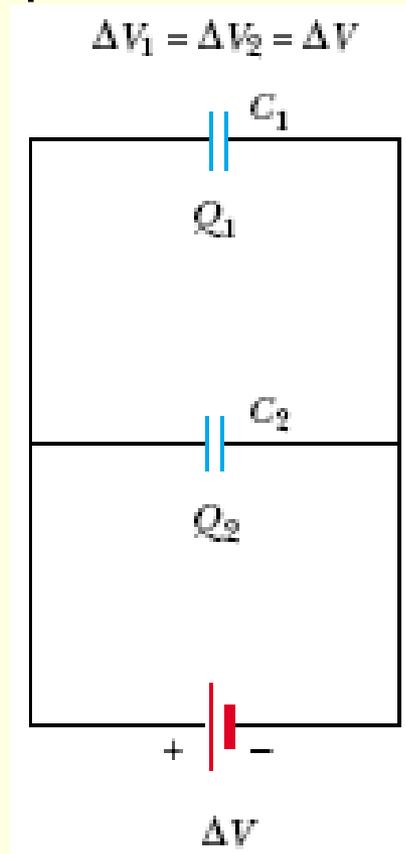


Diagram rangkaian kombinasi paralel 2 kapasitor:



Muatan total:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Karena tegangan kapasitor sama, maka:

$$Q_1 = C_1 \Delta V$$

dan

$$Q_2 = C_2 \Delta V$$

## Kombinasi Paralel (lanjutan)

Jika kedua kapasitor akan diganti dengan sebuah kapasitor dengan kapasitansi ekuivalen  $C_{eq}$ , maka pada kapasitor ini haruslah:

Muatan total =  $Q$       *dan*      Beda potensial =  $\Delta V$

sehingga

$$Q = C_{eq} \Delta V$$

⇒

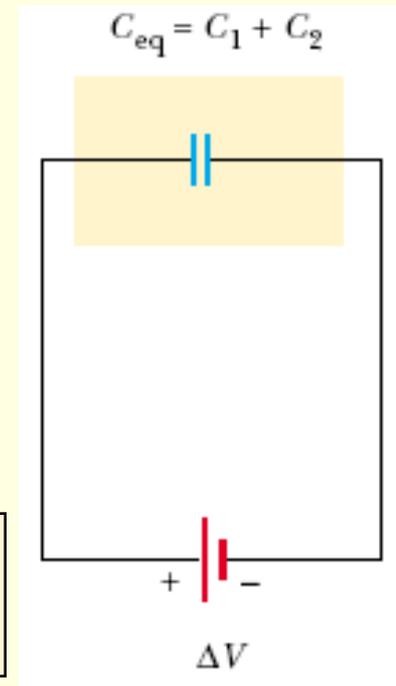
$$C_{eq} \Delta V = C_1 \Delta V + C_2 \Delta V$$

⇒

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

Secara umum, **kapasitansi ekuivalen kombinasi paralel kapasitor-kapasitor** adalah

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$



# Kombinasi Seri

Skema kombinasi seri 2 kapasitor:

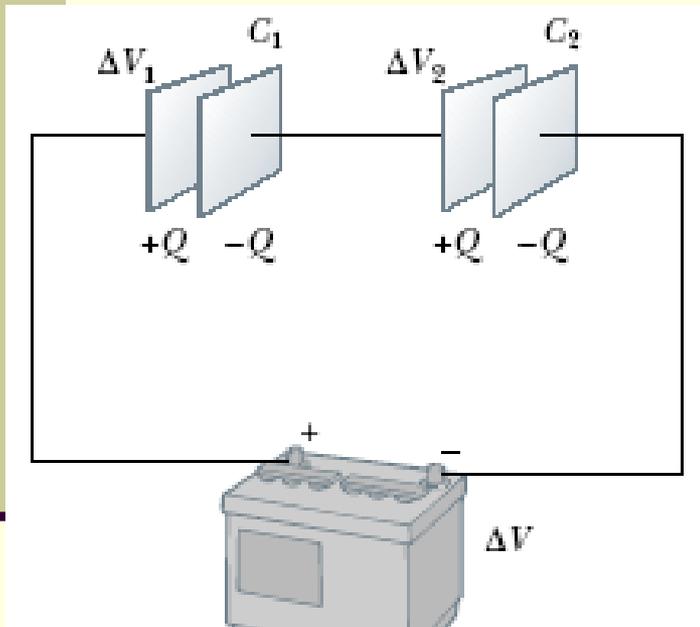
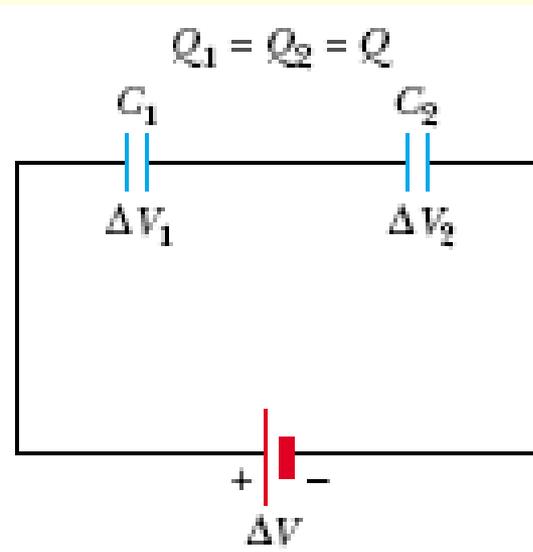


Diagram rangkaian kombinasi seri 2 kapasitor:



Beda potensial masing-masing kapasitor:

$\Delta V_1$  dan  $\Delta V_2$

Beda potensial total:

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

Muatan masing-masing kapasitor sama:

$$Q_1 = Q_2 = Q$$

## Kombinasi Seri (lanjutan)

Jika kedua kapasitor akan diganti dengan sebuah kapasitor dengan kapasitansi ekuivalen  $C_{eq}$ , maka:

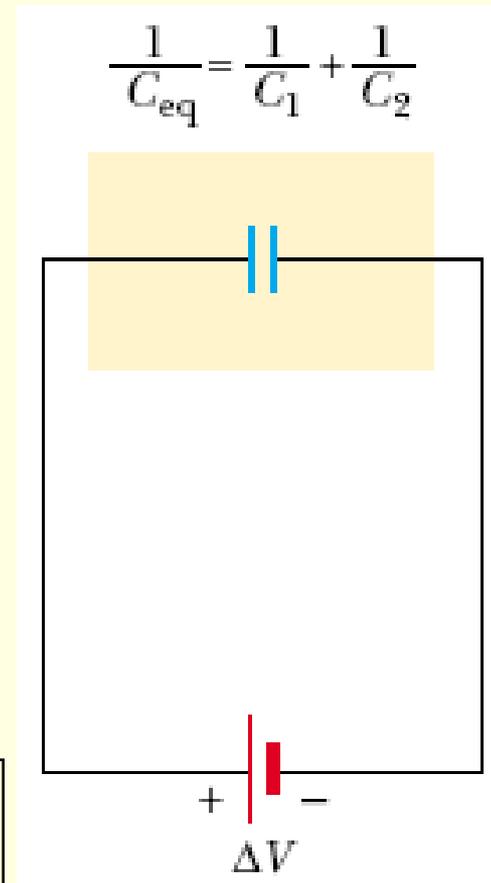
$$\Delta V = \frac{Q}{C_{eq}}$$

Padahal  $\Delta V_1 = \frac{Q}{C_1}$        $\Delta V_2 = \frac{Q}{C_2}$

sehingga diperoleh  $\frac{Q}{C_{eq}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$

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

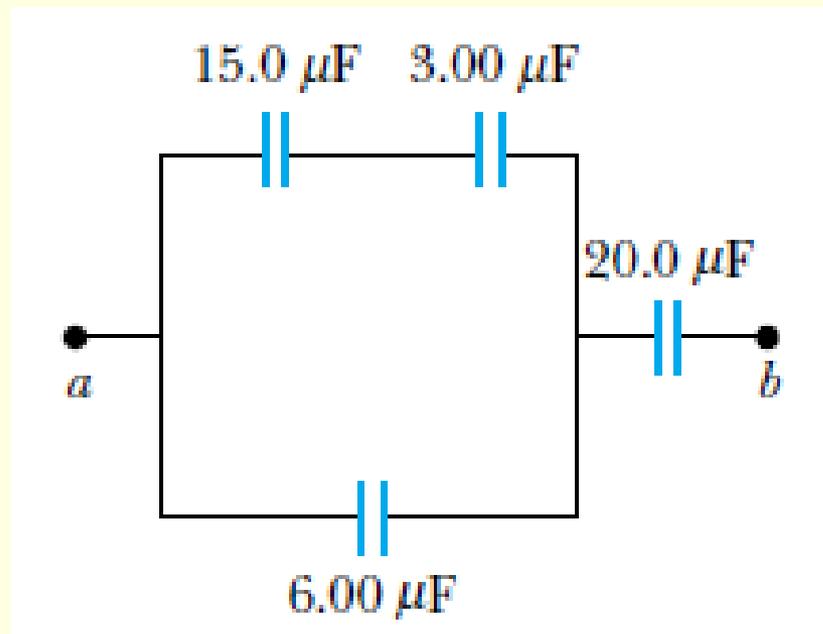
Secara umum:  $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$



# Soal 1

Empat buah kapasitor dihubungkan seperti pada gambar di bawah ini.

- (a) Tentukan kapasitansi ekuivalen antara titik  $a$  dan  $b$ .
- (b) Hitunglah muatan pada masing-masing kapasitor jika  $\Delta V_{ab} = 15$  volt.



# Energi yang Tersimpan dalam Kapasitor

- Kapasitor diberi muatan (*charging*) dengan cara menghubungkannya dengan terminal-terminal baterai seperti pada gambar di muka.
  - Anggap  $q$  adalah jumlah muatan pada saat sembarang dalam proses *charging*.
- Usaha untuk memindahkan muatan  $dq$  dari plat negatif ke plat positif adalah  $dW = \Delta V dq = \frac{q}{C} dq$
- Usaha total memuati kapasitor dari  $q = 0$  hingga jumlah muatan akhir  $q = Q$  adalah

$$W = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{1}{C} \int_0^Q q dq = \frac{Q^2}{2C}$$

## Energi yang Tersimpan dalam Kapasitor (lanjutan)

- Usaha yang dilakukan dalam pemuatan kapasitor muncul sebagai **energi potensial listrik yang tersimpan di dalam kapasitor**, yaitu

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}Q \Delta V = \frac{1}{2}C(\Delta V)^2$$

- Untuk kapasitor plat sejajar:

$$\Delta V = Ed, \text{ dan } C = \epsilon_0 A/d$$

sehingga

$$U = \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 A}{d} (E^2 d^2) = \frac{1}{2}(\epsilon_0 A d) E^2$$

Karena  $Ad$  adalah volume kapasitor ini, maka **rapat (densitas) energi**:

$$u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

## Soal 2

---

Suatu medan listrik seragam sebesar  $E = 3000$  volt/meter hadir dalam suatu ruang tertentu.

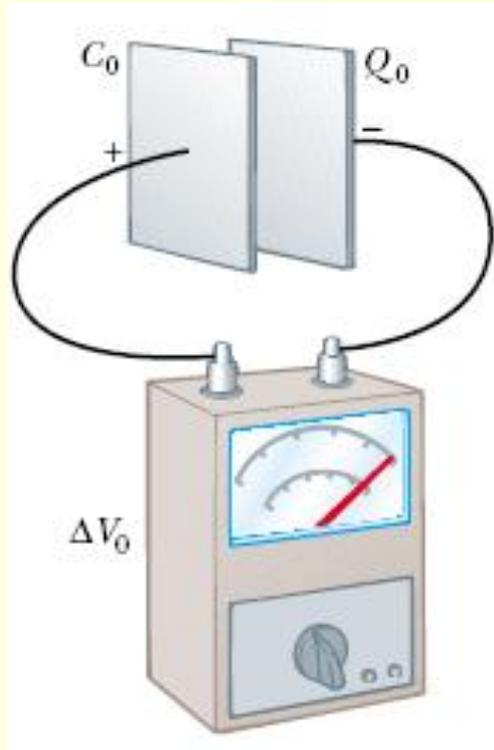
Hitunglah volume ruang yang mengandung energi sebesar  $10^{-7}$  joule dinyatakan dalam  $\text{m}^3$  dan liter.

# Kapasitor dengan Dielektrik

---

- Dielektrik merupakan bahan nonkonduktor, seperti karet, gelas, dan kertas.
- Bila dielektrik diselipkan sepenuhnya antara kedua plat kapasitor, maka kapasitansi kapasitor tersebut bertambah dengan faktor  $\kappa$  yang disebut **tetapan dielektrik** dari bahan dielektrik tersebut.

## Kapasitor dengan Dielektrik (lanjutan)

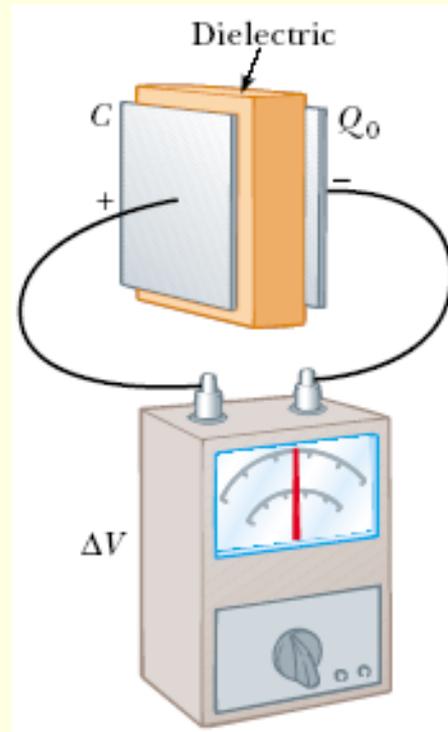


Kapasitor tanpa dielektrik:

-muatan =  $Q_0$

-Beda potensial =  $\Delta V_0$

Saat dielektrik dimasukkan dalam kapasitor, beda potensialnya berkurang menjadi  $\Delta V$ , yang berhubungan dengan  $\Delta V_0$  melalui



persamaan:

$$\Delta V = \frac{\Delta V_0}{\kappa}$$

Sedangkan muatannya tetap  $Q_0$ .

## Kapasitor dengan Dielektrik (lanjutan)

Jadi, kapasitansinya berubah menjadi

$$C = \frac{Q_0}{\Delta V} = \frac{Q_0}{\Delta V_0 / \kappa} = \kappa \frac{Q_0}{\Delta V_0} \Rightarrow \boxed{C = \kappa C_0}$$

**Kekuatan dielektrik:** besar medan listrik maksimum di antara plat-plat kapasitor sebelum terjadinya lucutan.

Secara praktis, kapasitor dispesifikasi oleh besaran **tegangan operasi**, yaitu tegangan maksimum yang dapat diberikan pada kapasitor tanpa menyebabkan medan listriknya melampaui kekuatan dielektriknya.

## Kapasitor dengan Dielektrik (lanjutan)

---

Keuntungan menggunakan dielektrik:

- Meningkatkan kapasitansi
- Meningkatkan tegangan operasi (tegangan maksimum)
- Sebagai penahan antara plat-plat kapasitor, sehingga plat-plat dapat sangat berdekatan tetapi tak bersentuhan (mengurangi  $d$  akan meningkatkan  $C$ ).

## Kapasitor dengan Dielektrik (lanjutan)

Approximate Dielectric Constants and Dielectric Strengths of Various Materials at Room Temperature

Material	Dielectric Constant $\kappa$	Dielectric Strength <sup>a</sup> ( $10^6$ V/m)
Air (dry)	1.000 59	3
Bakelite	4.9	24
Fused quartz	3.78	8
Mylar	3.2	7
Neoprene rubber	6.7	12
Nylon	3.4	14
Paper	3.7	16
Paraffin-impregnated paper	3.5	11
Polystyrene	2.56	24
Polyvinyl chloride	3.4	40
Porcelain	6	12
Pyrex glass	5.6	14
Silicone oil	2.5	15
Strontium titanate	233	8
Teflon	2.1	60
Vacuum	1.000 00	—
Water	80	—

## Soal 3

---

Suatu kapasitor plat sejajar memiliki luas plat  $1,75 \text{ cm}^2$  dan jarak antar plat  $0,04 \text{ mm}$ . Kapasitor ini diisi dengan dielektrik dari bahan teflon. Hitung:

- Kapasitansi kapasitor ini.
- Beda potensial maksimum yang dapat diberikan pada kapasitor tersebut.