

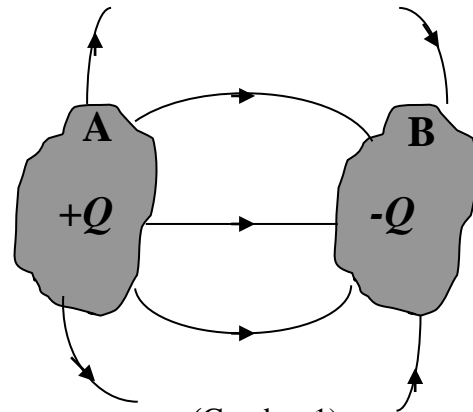
Materi Kuliah Fisika Dasar II
[Pokok Bahasan 4]
KAPASITANSI, ARUS, DAN RESISTANSI

Kapasitansi (Capacitance)

- **Definisi Kapasitansi**

$$C = \frac{Q}{\Delta V} \quad (1)$$

$$\text{Satuan : } 1\text{F} = 1 \frac{\text{C}}{\text{V}}$$



(Gambar 1)

- **Kapasitansi dari Kapasitor Simetrik**

- **Kapasitansi Keping Sejajar:**

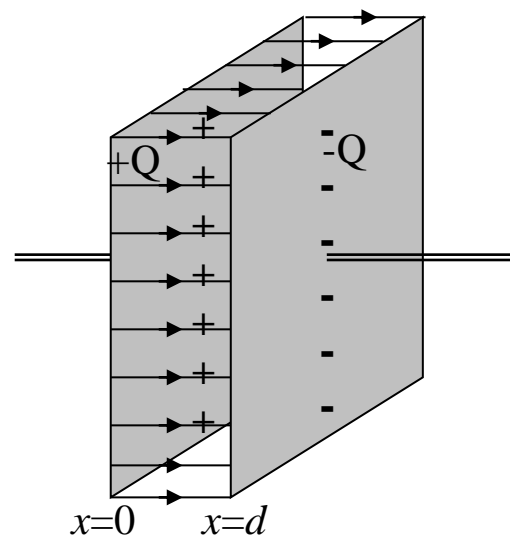
$$\Delta V = \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{r} = \int_0^d E_x dx = E_x d \quad (2)$$

Medan listrik diantara kedua keeping konduktor

$$E_x = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A} \quad (3)$$

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{E_x d} \quad (4)$$

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (5)$$



(Gambar 2)

▪ **Kapasitansi Dua Konduktor Bola Konsentrik**

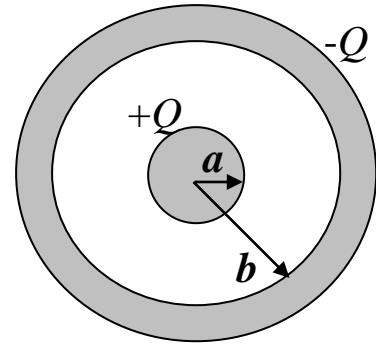
$$E_r = k \frac{Q}{r^2} \quad a < r < b \quad (6)$$

$$\Delta V = V_a - V_b = \int_a^b E_r dr \quad (7)$$

$$\Delta V = kQ \int_a^b \frac{dr}{r^2} = kQ \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) \quad (8)$$

$$\Delta V = \frac{kQ(b-a)}{ab} \quad (9)$$

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{ab}{k(b-a)} = \frac{4\pi\epsilon_0 ab}{(b-a)} \quad (10)$$



(Gambar 3)

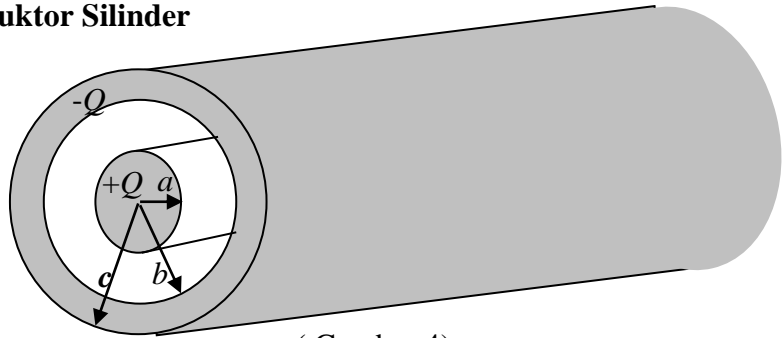
Latihan:

- Tunjukkan bahwa kapasitansi kapasitor sferik dapat ditulis dengan:

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \left(1 + \frac{d}{a} \right)$$

A adalah luas permukaan sferik dalam, dan d adalah jarak antara konduktor dalam dengan luar ($d=b-a$)

▪ **Kapasitansi Konduktor Silinder**



(Gambar 4)

$$\Delta V = \int_a^b E(r) dr \quad (11)$$

$$E(2\pi rL) = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad (12)$$

$$E = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 Lr} \quad (13)$$

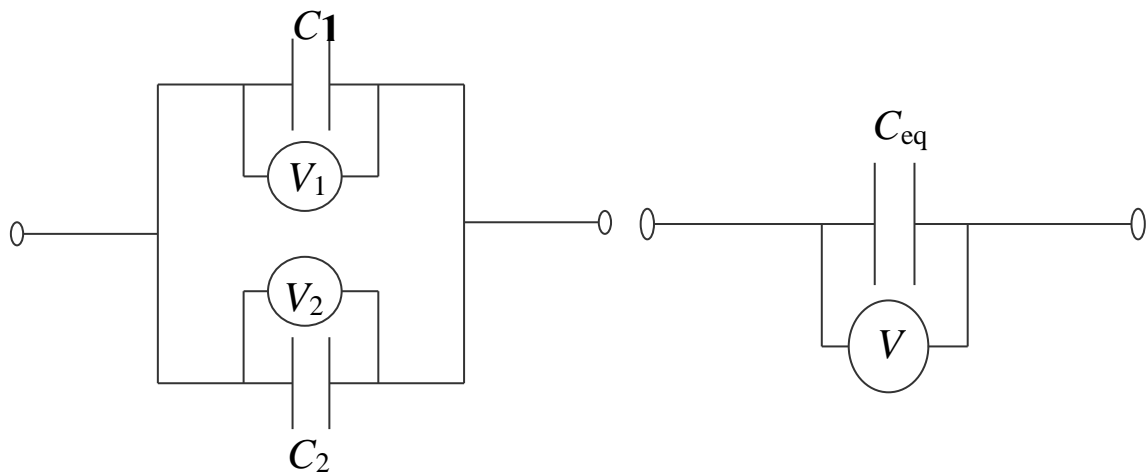
$$\Delta V = \int_a^b \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 Lr} dr = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 L} \ln(b/a) \quad (14)$$

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{\frac{Q}{2\pi\epsilon_0 L} \ln(b/a)} \quad (15)$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln(b/a)} \quad (16)$$

Kapasitor dalam Hubungan Paralel dan Paralel

- Kapasitor dalam Hubungan Paralel

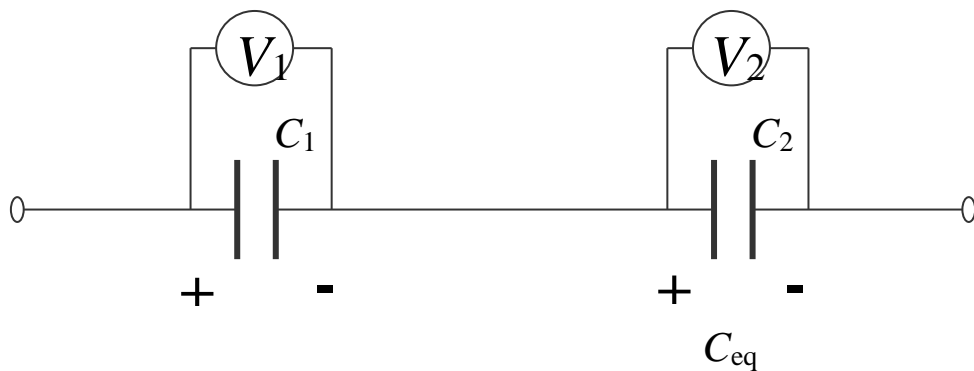


$$V_1 = V_2 = V \quad Q_1 = C_1 V, \quad Q_2 = C_2 V,$$

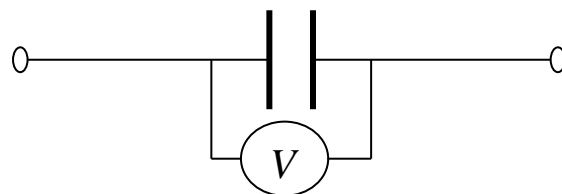
Muatan pada kapasitor ekivalen: $Q_{eq} = Q_1 + Q_2$

$$\Rightarrow C_{eq} = \frac{Q_1 + Q_2}{V} = C_1 + C_2$$

- Kapasitor dalam Hubungan Seri



Muatan pada $C_{eq} = Q$



$$V_1 + V_2 = \frac{Q}{C_{eq}} \quad \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Energy storage in capacitor and electric field

When there are charge q on capacitor,

$$V = \frac{q}{C} \quad (17)$$

If there are further increment of charge dq

$$dU = Vdq = \frac{q}{C} dq \quad (18)$$

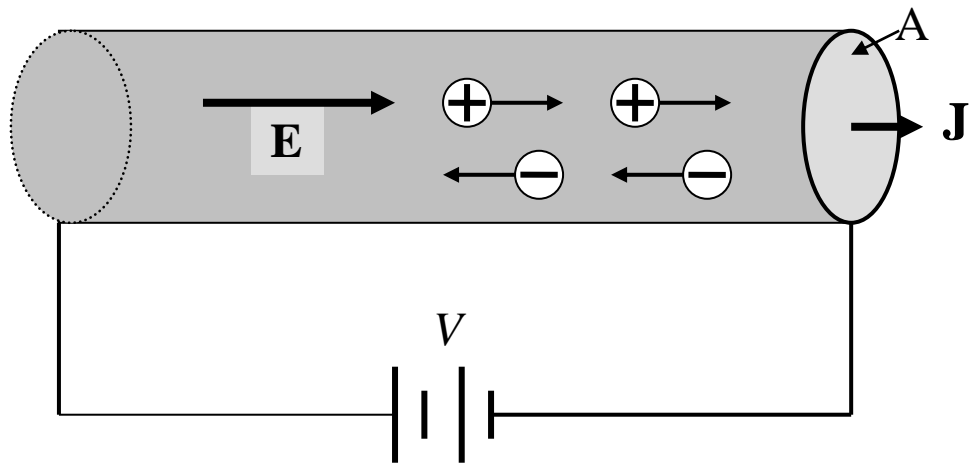
If the final charge is q , the total potential energy is

$$U = \int dU = \int_0^q \frac{q}{C} dq = \frac{q^2}{2C} \quad (19)$$

Using $q = CV$, one can also deduce that

$$U = \frac{1}{2} qV = \frac{1}{2} CV^2 \quad (20)$$

Arus dan Resistansi



- Jika terdapat muatan sejumlah muatan Δq menumbus penampang konduktor dalam selang waktu Δt maka arus listrik (arus) rata-rata yang melalui konduktor adalah:

$$\bar{i} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (21)$$

- Arus sesaat (instantaneous current) di dalam konduktor adalah :

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (22)$$

- Satuan arus dalam SI adalah ampere atau A

$$1 \text{ ampere} = 1 \text{ coulomb/second} = 1 \text{ C/s}$$

- Rapat arus J dalam konduktor didefinisikan sebagai arus persatuan luas penampang konduktor, yang besarnya adalah

$$J = \frac{i}{A} \quad (23)$$

Resistivitas dan Hukum Ohm

- Dari eksperimen diketahui bahwa medan listrik E di dalam material berbanding langsung dengan rapat arus J , atau:

$$\mathbf{E} = \rho \mathbf{J} \quad (24)$$

ρ adalah sebuah konstanta yang disebut resistivitas suatu material.

- Jika sebuah konduktor dengan panjang L dan luas penampang A diberi beda potensial sebesar ΔV sehingga mengalir arus i , resistansi R dari konduktor sepanjang L didefinisikan dengan:

$$R = \frac{\Delta V}{i} \quad (25)$$

Oleh karena adanya beda potensial ΔV pada konduktor sepanjang L , maka medan listrik dan rapat arus di dalam konduktor adalah:

$$E = \frac{\Delta V}{L} \quad (26)$$

$$J = \frac{i}{A} \quad (27)$$

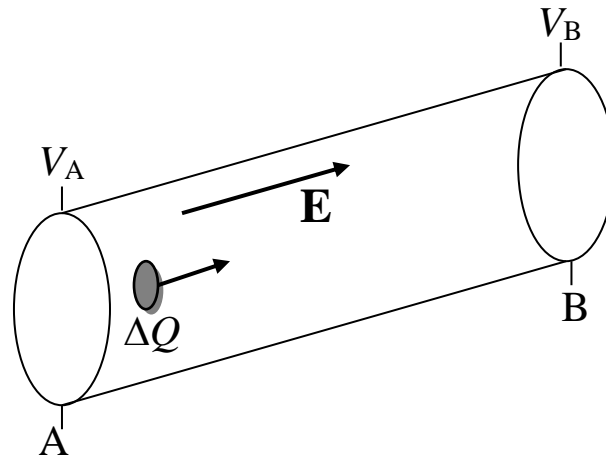
Dari persamaan:

$$\rho = \frac{E}{J} = R \frac{A}{L} \quad (28)$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (29)$$

| Material | Typical materials | Resistivity ρ ($\Omega \cdot m$) | Temperature coefficient of Resistivity α (per $^{\circ}C$) |
|----------|-------------------|---|--|
| Silver | | 1.62×10^{-8} | 4.1×10^{-3} |
| Copper | | 1.69×10^{-8} | 4.3×10^{-3} |
| Aluminum | | 2.75×10^{-8} | 4.4×10^{-3} |
| Tungsten | | 5.25×10^{-8} | 4.5×10^{-3} |
| Iron | | 9.68×10^{-8} | 6.5×10^{-3} |
| Platinum | | 10.6×10^{-8} | 3.9×10^{-3} |
| Manganin | | 48.2×10^{-8} | 0.002×10^{-3} |

Daya Listrik yang Terserap dalam Resistor



Misalkan muatan ΔQ bergerak dari titik A ke titik B dalam interval waktu Δt . Usaha yang dilakukan oleh gaya listrik diberikan oleh:

$$\Delta W = \Delta Q(V_A - V_B) = \Delta Q \Delta V \quad (30)$$

Karena adanya gerakan muatan ini maka terjadi penambahan energi panas dalam konduktor dalam interval waktu Δt , yaitu:

$$\frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Delta V = i \Delta V \quad (31)$$

Laju perubahan energi yang hilang oleh muatan dalam melewati resistor P adalah:

$$P = i \Delta V \quad (32)$$

Dari definisi resistansi, yaitu:

$$R = \frac{\Delta V}{i} \quad (33)$$

$$P = i^2 R \quad \text{atau} \quad P = \frac{(\Delta V)^2}{R} \quad (34)$$