

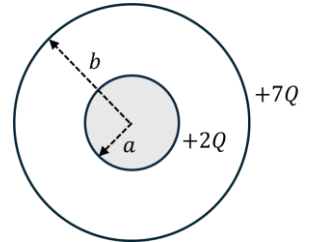


SOLUSI UJIAN I FISIKA DASAR IIA (FI-1201)
SEMESTER 2, TAHUN 2023/2024
SABTU, 30 MARET 2024, PUKUL 10.00-12.00 WIB

Gunakan konstanta berikut: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$, $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$.

1. [20 poin] Sebuah bola konduktor berjari-jari a dan kulit bola konduktor berjari-jari b ($b > a$) disusun secara sepusat seperti pada gambar. Kulit bola memiliki muatan total $+7Q$ dan bola konduktor memiliki muatan total $+2Q$.

- [6 poin] Tentukan fluks listrik yang melalui permukaan bola berjari-jari c dengan ($a < c < b$) yang sepusat dengan sistem tersebut.
- [6 poin] Tentukan medan listrik di i) $r < a$, ii) $a < r < b$, dan iii) $r > b$.
- [8 poin] Gambarkan grafik medan listrik terhadap jarak dari pusat sistem



Solusi:

- Berdasarkan Hukum Gauss, fluks listrik yang melalui permukaan tertutup sebanding dengan muatan listrik yang terlingkupi. Muatan listrik yang terlingkupi oleh permukaan bola adalah

$$Q_{\text{enc}} = 2Q$$

sehingga

$$\Phi_L = \frac{Q_{\text{enc}}}{\epsilon_0} = \frac{2Q}{\epsilon_0}$$

- Kita gunakan permukaan Gauss berupa permukaan bola tertutup yang sepusat dengan sistem dan berjari-jari r . Pada daerah I dalam bola konduktor: $0 < r < a$

$$\vec{E}_I = 0$$

Pada daerah II: $a < r < b$

Seperti pada bagian (a), muatan listrik yang terlingkupi adalah $Q_{\text{enc}} = 2Q$ dan fluksnya adalah $\Phi_L = E_{II}(4\pi r)$, sehingga kita dapatkan

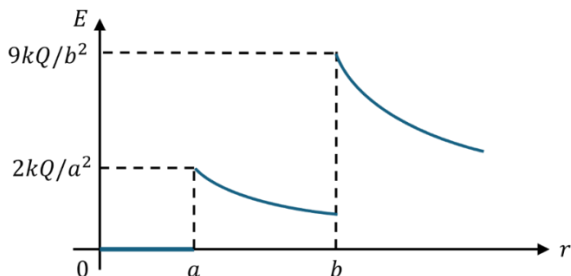
$$\vec{E}_{II} = \frac{2kQ}{r^2} \hat{r}$$

Pada daerah III: $r > b$

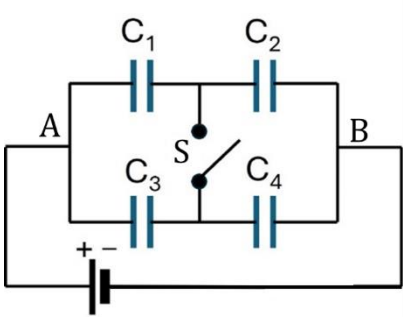
muatan listrik yang terlingkupi adalah $Q_{\text{enc}} = 2Q + 7Q = 9Q$ dan fluksnya adalah $\Phi_L = E_{III}(4\pi r)$, sehingga kita dapatkan

$$\vec{E}_{III} = \frac{9kQ}{r^2} \hat{r}$$

- Gambar grafik medan listrik terhadap jarak dari pusat sistem adalah



2. [20 poin] Sebuah rangkaian tersusun atas empat kapasitor, saklar S dan satu baterai seperti terlihat pada gambar. Kapasitansi dari masing-masing kapasitor adalah $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 4,00 \mu\text{F}$ dan nilai ggl dari baterai adalah 12,0 V.
- a. [10 poin] Tentukan muatan yang tersimpan dalam masing-masing kapasitor jika saklar S dalam keadaan terbuka.



Semua kapasitor kemudian dikosongkan kembali dan pada kapasitor 1 dan kapasitor 4 disisipkan material dielektrik dengan konstanta dielektrik $\kappa = 2$. Diketahui kapasitas ekivalen rangkaian terhadap titik A dan B ketika saklar terbuka adalah C_{buka} , dan ketika saklar tertutup adalah C_{tutup} .

- b. [10 poin] Tentukan nilai perbandingan $C_{\text{buka}}/C_{\text{tutup}}$.

Solusi:

- a. Ketika saklar S terbuka maka C_1 terhubung seri dengan C_2 sedangkan C_3 dan C_4 juga terhubung seri. Nilai kapasitansi C_{12} dan C_{34} adalah

$$\frac{1}{C_{12}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C_{12} = 2 \mu\text{F}$$

$$\frac{1}{C_{34}} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} \Rightarrow C_{34} = 2 \mu\text{F}$$

Karena C_{12} terhubung secara paralel dengan C_{34} , maka tegangan jepit keduanya sama yaitu 12 V, sehingga muatan yang tersimpan dalam C_{12} dan C_{34} adalah

$$Q_{12} = C_{12}V = 24 \mu\text{C}$$

$$Q_{34} = C_{34}V = 24 \mu\text{C}$$

Muatan yang tersimpan dalam masing-masing kapasitor C_1 hingga C_4 bernilai sama 24 μC .

- b. Karena kapasitor 1 dan 4 disisipi material dielektrik, maka kapasitansinya menjadi

$$\tilde{C}_1 = \kappa C_1 = 8 \mu\text{F} \quad \text{dan} \quad \tilde{C}_4 = \kappa C_4 = 8 \mu\text{F}$$

Ketika saklar S terbuka maka C_1 terhubung seri dengan C_2 sedangkan C_3 dan C_4 juga terhubung seri. Nilai kapasitansi C_{12} dan C_{34} adalah

$$\frac{1}{C_{12}} = \frac{1}{\tilde{C}_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C_{12} = 8/3 \mu\text{F}$$

$$\frac{1}{C_{34}} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{\tilde{C}_4} \Rightarrow C_{34} = 8/3 \mu\text{F}$$

Karena C_{12} terhubung secara paralel dengan C_{34} , maka

$$C_{\text{buka}} = C_{12} + C_{34} = 16/3 \mu\text{F}$$

Ketika saklar S tertutup maka C_1 terhubung paralel dengan C_3 dan C_2 terhubung paralel dengan C_4 . Nilai kapasitansi C_{13} dan C_{24} adalah

$$C_{13} = \tilde{C}_1 + C_3 = 12 \mu\text{F}$$

$$C_{24} = C_2 + \tilde{C}_4 = 12 \mu\text{F}$$

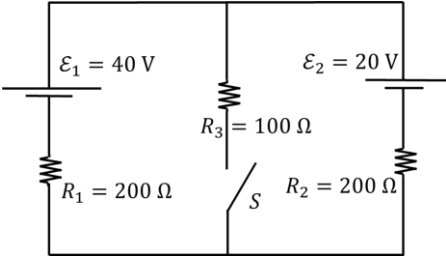
Kemudian C_{13} terhubung secara seri dengan C_{24} . Kapasitansi totalnya adalah

$$\frac{1}{C_{\text{tutup}}} = \frac{1}{C_{13}} + \frac{1}{C_{24}} \Rightarrow C_{\text{tutup}} = 6 \mu\text{F}$$

Jadi,

$$\frac{C_{\text{buka}}}{C_{\text{tutup}}} = \frac{16}{18} = \frac{8}{9}$$

3. [20 poin] Dua buah baterai ideal $\mathcal{E}_1 = 40\text{ V}$, dan $\mathcal{E}_2 = 20\text{ V}$, dihubungkan dengan tiga buah resistor $R_1 = R_2 = 200\ \Omega$, $R_3 = 100\ \Omega$ dan sebuah saklar S sehingga membentuk suatu rangkaian seperti pada gambar.
- [7 poin] Tentukan arus yang melalui resistor R_1 ketika saklar S dalam keadaan terbuka.
 - [7 poin] Tentukan arus yang melalui resistor R_3 ketika saklar S ditutup.
 - [6 poin] Tentukan daya disipasi pada resistor R_2 ketika saklar S ditutup



Solusi:

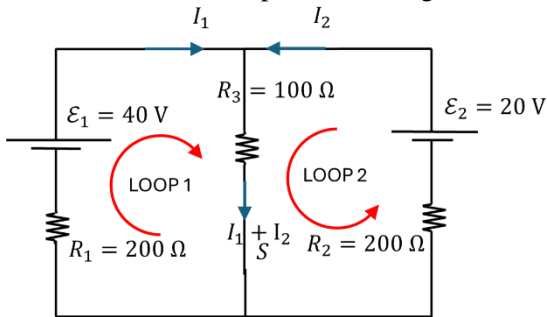
- Ketika saklar S dibuka, maka tidak ada arus yang mengalir pada resistor R_3 , sehingga kita cukup mengerjakan dengan satu loop: Jika arus listrik yang mengalir pada rangkaian adalah I_1 , maka

$$0 = \sum \mathcal{E} + \sum IR$$

$$0 = -\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + I_1 R_1 + I_1 R_2$$

$$20 = 200 I_1 + 200 I_1$$
 sehingga didapatkan bahwa arus yang mengalir pada rangkaian adalah $0,05\text{ A}$.

- Ketika saklar S ditutup, maka lihat gambar berikut:



Persamaan pada loop 1:

$$0 = \sum \mathcal{E} + \sum IR$$

$$0 = -\mathcal{E}_1 + I_1 R_1 + (I_1 + I_2) R_3$$

$$40 = 300 I_1 + 100 I_2$$

Persamaan pada loop 2:

$$0 = \sum \mathcal{E} + \sum IR$$

$$0 = -\mathcal{E}_2 + I_2 R_2 + (I_1 + I_2) R_3$$

$$20 = 100 I_1 + 300 I_2$$

Dari kedua persamaan tersebut, maka kita dapatkan:

$$I_1 = 0,125\text{ A} \quad \text{dan} \quad I_2 = 0,025\text{ A}$$

Jadi arus listrik yang melalui R_3 adalah $I_3 = I_1 + I_2 = 0,15\text{ A}$.

- Karena arus listrik yang melalui R_2 adalah $I_2 = 0,025\text{ A}$, maka daya disipasi resistor R_2 adalah

$$P_2 = I_2^2 R_2 = 0,125\text{ W}$$

4. **[20 poin]** Sebuah partikel bermuatan $q = +2 \mu\text{C}$ dan bermassa $m = 2 \times 10^{-6} \text{ kg}$ sedang bergerak lurus dengan kecepatan konstan $\vec{v} = 40(2\hat{i} - \hat{j} + 2\hat{k}) \text{ m/s}$ di daerah bermedan listrik dan bermedan magnet yang seragam. Medan magnet di daerah tersebut adalah $\vec{B} = \sqrt{2}(-\hat{i} + \hat{k}) \text{ T}$. Abaikan gaya gravitasi.
- [10 poin]** Tentukan gaya magnet dan gaya listrik yang bekerja pada partikel.
 - [10 poin]** Jika medan listrik kemudian dihilangkan, maka partikel akan bergerak melingkar beraturan. Tentukan jari-jari lintasan gerak partikel.

Solusi:

- Gaya magnet yang bekerja pada partikel adalah

$$\begin{aligned}\vec{F}_m &= q\vec{v} \times \vec{B} \\ &= -(8\sqrt{2} \times 10^{-5} \text{ N})(\hat{i} + 4\hat{j} + \hat{k})\end{aligned}$$

Karena partikel bergerak lurus dengan kecepatan konstan, maka gaya total yang bekerja haruslah sama dengan nol. Jadi gaya listrik adalah

$$\vec{F}_L = -\vec{F}_m = (8\sqrt{2} \times 10^{-5} \text{ N})(\hat{i} + 4\hat{j} + \hat{k})$$

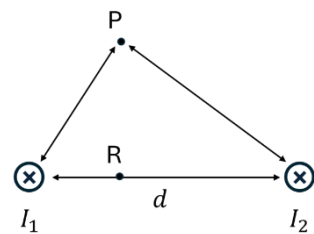
- Karena \vec{v} tegak lurus dengan \vec{B} maka partikel akan bergerak melingkar beraturan dengan jari-jari lintasan

$$R = \frac{mv}{qB}$$

Besar kecepatan partikel adalah $v = 120 \text{ m/s}$ dan besar medan magnet adalah $B = 2 \text{ T}$, sehingga

$$R = \frac{(2 \times 10^{-6}) \times 120}{(2 \times 10^{-6}) \times 2} = 60 \text{ m}$$

5. **[20 poin]** Dua buah kawat yang sangat panjang dan sejajar terpisah pada jarak $d = 5 \text{ m}$. Setiap kawat dialiri arus listrik sebesar masing-masing $I_1 = 3 \text{ A}$ dan $I_2 = 2 \text{ A}$ dengan arah masuk bidang seperti pada gambar.
- [10 poin]** Tentukan jarak titik R dari kawat pertama yang memiliki medan magnetik total sama dengan nol.
 - [10 poin]** Tentukan besar medan magnetik di titik P yang berjarak 3 m dari kawat pertama dan 4 m dari kawat kedua.



Solusi:

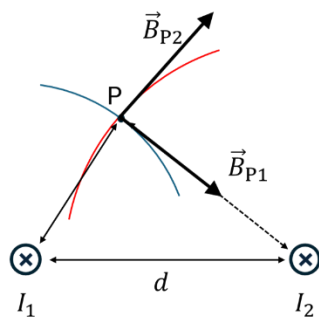
- Medan magnetik yang memungkinkan sama dengan nol berada di daerah antara kawat 1 dan kawat 2. Misalkan lokasi titik yang medannya nol berada pada jarak x dari kawat 1. Maka medan magnetik pada titik tersebut adalah

$$B_1 = B_2 \Rightarrow \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi(d - x)}$$

sehingga kita dapatkan

$$x = \frac{dI_1}{I_1 + I_2} = 3 \text{ m}$$

- Lihat diagram berikut,



Medan magnetik pada titik P oleh kawat 1 adalah

$$B_{P1} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_{P1}} = 2 \times 10^{-7} \text{ T}$$

Medan magnetik pada titik P oleh kawat 2 adalah

$$B_{P2} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_{P2}} = 10^{-7} \text{ T}$$

Karena B_{P1} dan B_{P2} saling tegak lurus, maka besar medan magnetik totalnya adalah

$$B_P = \sqrt{B_{P1}^2 + B_{P2}^2} = \sqrt{5} \times 10^{-7} \text{ T}$$