

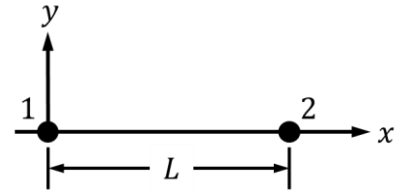


UJIAN I FISIKA DASAR IIA (FI-1201)
SEMESTER 2, TAHUN 2022/2023
SABTU, 25 MARET 2022, PUKUL 09.00-11.00 WIB

SOLUSI

Gunakan $k = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$, $\epsilon_0 = (8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N}\cdot\text{m}^2})$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$.

1. Di dalam ruang terdapat partikel 1 bermuatan $+q$, partikel 2 bermuatan $+4,00q$ dan partikel 3 bermuatan q_3 . Setiap partikel berada dalam keadaan setimbang sehingga diam di tempatnya masing-masing. Posisi partikel 1 dan partikel 2 ditunjukkan gambar di samping, dengan $L = 9,00 \text{ cm}$. Tentukanlah
- vektor medan listrik di titik $(x, y) = (9 \text{ cm}, 12 \text{ cm})$ oleh partikel 1,
 - koordinat posisi partikel 3,
 - rasio q_3/q .



Solusi:

- a) $\vec{E}(\vec{r}) = \frac{kq}{|\vec{r}-\vec{r}_{q1}|^3}(\vec{r}-\vec{r}_{q1}) = \frac{kq \times 10^4}{|9\hat{i}+12\hat{j}|^3}(9\hat{i}+12\hat{j})\text{m}^{-2}$
- $$= \frac{(9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)q \times 10^4}{15^3}(9\hat{i}+12\hat{j})\text{m}^{-2} = \frac{9q \times 10^{13}}{15^3}(9\hat{i}+12\hat{j})\text{N/C}$$
- b) Gaya yang bekerja pada q_3 sama dengan nol. Ini terjadi jika q_3 bermuatan negatif ($q_3 < 0$) dan berada di antara muatan 1 dan 2. Misalkan posisi q_3 adalah $0 < x < L$ maka

$$F_3 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{qq_3}{x^2} - \frac{4qq_3}{(L-x)^2}\right) = 0$$

diperoleh $4x^2 = (L-x)^2$ atau $2x = L-x$. Sehingga $x = \frac{L}{3} = \frac{9,00}{3} = 3,00 \text{ cm}$.

Posisi partikel 3 harus berada di sumbu- x sehingga koordinatnya adalah $(3 \text{ cm}, 0)$

- c) Gaya Coulomb pada q adalah: $F_q = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q_3}{x^2} + \frac{4q}{L^2}\right) = 0$.

Tanda negatif di atas diberikan akibat informasi jenis muatan q_3 belum dimasukkan.

Maka diperoleh $q_3 = -\frac{4qx^2}{L^2}$.

$$q_3 = -\frac{4q}{9} \rightarrow \frac{q_3}{q} = -0,444$$

2. Sebuah bola isolator pejal berjari-jari R memiliki rapat muatan konstan ρ . Tinjau sebuah permukaan tertutup berbentuk silinder dengan panjang L dan jari-jari r_0 dengan $L > 2R$ dan $r_0 > R$.
- Tentukan muatan total dari bola tersebut.
 - Tentukanlah fluks medan listrik pada permukaan tertutup tersebut jika titik pusat silinder berimpit dengan pusat bola.
 - Jika total fluks medan listrik yang melalui tutup dan alas silinder adalah Φ_0 , tentukan fluks medan listrik yang melalui selimut silinder. Nyatakan jawaban Anda dalam ρ, R, ε_0 , dan Φ_0 .

Solusi:

- Tentukan muatan total di sebaran muatan tersebut.

$$\begin{aligned} Q &= \rho V \\ &= \rho \frac{4}{3} \pi R^3 \end{aligned}$$

- Tentukanlah fluks medan listrik pada permukaan Gauss berbentuk silinder tersebut bila titik pusat silinder berada di titik yang sama dengan pusat sebaran muatan berbentuk bola pejal.

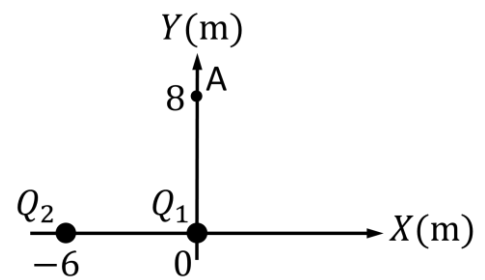
$$\begin{aligned} \Phi_E &= \frac{Q_{enc}}{\varepsilon_0} \\ &= \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R^3}{\varepsilon_0} \end{aligned}$$

- Jika total fluks medan listrik yang melalui tutup dan alas silinder adalah Φ_0 , tentukan fluks medan listrik yang melalui selimut silinder.

$$\Phi_E = \Phi_0 + \Phi_{selimut}$$

$$\Phi_{selimut} = \Phi_E - \Phi_0 = \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R^3}{\varepsilon_0} - \Phi_0$$

3. Muatan titik $Q_1 = -2,0 \times 10^{-9} \text{ C}$ dan $Q_2 = +8,0 \times 10^{-9} \text{ C}$ menetap di posisinya seperti diperlihatkan pada gambar. Gunakan acuan bahwa $V = 0 \text{ volt}$ di posisi sangat jauh (tak hingga).
- Hitunglah potensial di titik A.
 - Berapakah usaha yang diperlukan untuk membawa muatan titik $Q_3 = +3,0 \times 10^{-9} \text{ C}$ dari posisi yang sangat jauh (tak hingga) ke titik A?
 - Tentukan energi potensial listrik sistem tiga muatan titik ini.



Solusi:

- a) Potensial di titik A:

$$V_A = k \frac{Q_1}{r_{1A}} + k \frac{Q_2}{r_{2A}}$$

$$V_A = 9 \times 10^9 \frac{(-2,0 \times 10^{-9})}{8} + 9 \times 10^9 \frac{(+8,0 \times 10^{-9})}{10} = 4,95 \text{ volt.}$$

- b) Usaha yang diperlukan untuk membawa muatan titik $Q_3 = +3,0 \times 10^{-9} \text{ C}$ dari jauh tak hingga ke titik A?

$$W = Q_3 V_A$$

$$W = (+3,0 \times 10^{-9} \text{ C})(4,95 \text{ V}) = 1,485 \times 10^{-8} \text{ J}$$

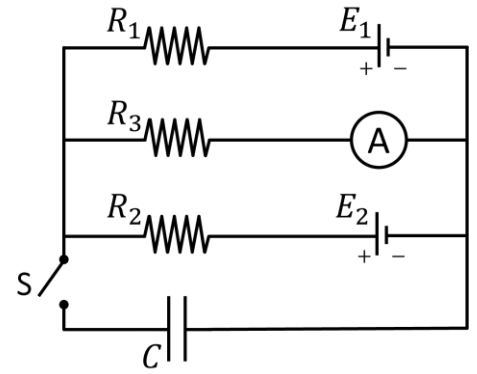
- c) Energi potensial listrik sistem tiga muatan titik ini

$$U = U_{12} + W = k \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}} + W$$

$$U = 9 \times 10^9 \frac{(-2,0 \times 10^{-9})(+8,0 \times 10^{-9})}{6} + 1,485 \times 10^{-8}$$

$$U = -9,15 \times 10^{-9} \text{ J}$$

4. Perhatikan gambar rangkaian listrik di samping. Diketahui $R_1 = 10 \, \Omega$, $R_3 = 3 \, \Omega$, $E_1 = 11 \, \text{volt}$, dan $E_2 = 12 \, \text{volt}$.
- Jika kapasitor pada rangkaian adalah kapasitor pelat sejajar dengan luas pelat $A = 1,0 \times 10^{-3} \, \text{m}^2$, jarak antar pelat $L = 8,85 \times 10^{-3} \, \text{m}$, dan disisipi penuh oleh material dielektrik dengan konstanta dielektrik $\kappa = 4,8$, tentukanlah kapasitansi kapasitor tersebut.
 - Mula-mula saklar S dalam keadaan terbuka. Jika bacaan amperemeter A menunjukkan arus $2,0 \, \text{A}$, berapakah nilai hambatan R_2 ?
 - Kemudian saklar S ditutup. Pada keadaan tunak (setimbang), berapa muatan Q yang tersimpan pada kapasitor?
 - Setelah mencapai keadaan tunak, kapasitor kemudian dilepas dan selanjutnya dihubungkan ke sebuah resistor dengan hambatan $R = 2,0 \, \Omega$ sehingga membentuk sebuah rangkaian tertutup. Tentukan waktu yang dibutuhkan sampai muatan dalam kapasitor berkurang menjadi setengahnya. Diketahui $\ln\left(\frac{1}{2}\right) = -0,7$.



Solusi:

- a) Kapasitansi kapasitor dapat dihitung sebagai berikut:

$$C = \kappa \frac{\epsilon_0 A}{L}$$

$$C = (4,8) \frac{\left(8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}\right) (10^{-3} \, \text{m}^2)}{(8,85 \times 10^{-3} \, \text{m})} = 4,8 \, \text{pF}$$

- b) Tinjau dua loop seperti pada gambar dan terapkan hukum Kirchhoff:

$$I_1 + I_2 = I_3$$

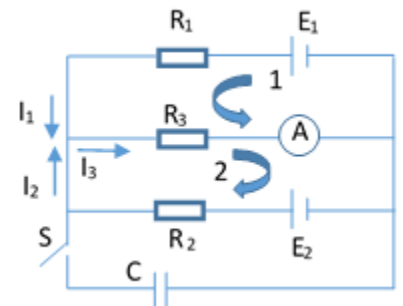
$$I_2 = 2 - I_1$$

$$E_1 = I_1 R_1 + I_3 R_3 \rightarrow 11 = 10 I_1 + 6$$

$$I_1 = 0,5 \, \text{A} \text{ jadi } I_2 = 1,5 \, \text{A}$$

$$E_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3 \rightarrow 12 = 1,5 R_2 + 6$$

$$R_2 = 4 \, \Omega$$



- c) Hitung dulu beda potensial di ujung-ujung kapasitor:

$$V_C = I_3 R_3 = 6 \, \text{V}$$

$$Q = C V_C = (4,8 \, \text{pF}) \times (6 \, \text{V})$$

$$Q = 28,8 \, \text{pC}$$

- d) Setelah keadaan tunak tercapai, kapasitor kemudian dilepas dan dihubungkan ke sebuah resistor dengan sebuah resistor yang memiliki hambatan $R = 2 \, \Omega$

$$Q(t) = \frac{1}{2} Q_0 = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\frac{t}{RC}$$

$$t = -RC \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -(2 \, \Omega)(4,8 \, \text{pF}) \ln\left(\frac{1}{2}\right) = 6,72 \, \text{ps}$$

5. Sebuah proton yang sedang bergerak dengan kecepatan tetap \vec{v} memasuki daerah bermedan magnet $\vec{B} = (0,5 \text{ tesla})\hat{k}$ dan bermedan listrik \vec{E} dengan $E = 1670 \text{ N/C}$. Massa proton $1,67 \times 10^{-27} \text{ Kg}$ dan muatan proton $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.
- Jika $\vec{v} = 8(\hat{i} + \hat{j}) \times 10^4 \text{ m/s}$, tentukanlah vektor gaya magnet yang dialami proton saat proton masuk di dalam daerah bermedan magnet.
 - Jika proton tidak mengalami perubahan kecepatan dan medan listrik searah sumbu x positif, tentukanlah kecepatan \vec{v} .
 - Jika medan listrik dan kecepatan proton searah medan magnet, tentukanlah percepatan proton ketika berada di dalam daerah bermedan listrik dan magnet.

Solusi:

- Jika $\vec{v} = 8(\hat{i} + \hat{j}) \times 10^4 \text{ m/s}$, tentukanlah vektor gaya magnet yang dialami proton saat proton masuk di dalam daerah bermedan magnet.

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = (1,6 \times 10^{-19} \text{ C})(8(\hat{i} + \hat{j}) \times 10^4 \text{ m/s}) \times (0,5\hat{k} \text{ T}) = 6,4(\hat{i} - \hat{j}) \times 10^{-15} \text{ N}$$

- Jika proton tidak mengalami perubahan gerak dan medan listrik searah sumbu x positif, tentukanlah kecepatan \vec{v} .

- Gaya yang bekerja adalah gaya Lorentz: $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$
- Tidak ada perubahan kecepatan, artinya $\vec{F} = \vec{0}$. Maka

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} = \vec{0} \rightarrow \vec{E} + \vec{v} \times \vec{B} = \vec{0} \rightarrow -\vec{v} \times \vec{B} = \vec{E}$$

$$\rightarrow -\vec{v} \times (0,5 \text{ tesla } \hat{k}) = 1670\hat{i} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\rightarrow \vec{v} \times (\hat{k} \text{ tesla}) = -3340 \times 10^3 \hat{i} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

- Berdasarkan relasi perkalian silang antar vektor-vektor satuan, yaitu $\hat{j} \times \hat{k} = \hat{i}$, maka vektor \vec{v} berarah $-\hat{j}$: $\vec{v} = v(-\hat{j})$ atau $-\vec{v} = v\hat{j}$. Jadi

$$-v\hat{j} \times (\hat{k} \text{ tesla}) = -3340\hat{i} \frac{\text{N}}{\text{C}} \rightarrow v\hat{i}(\text{tesla}) = 3340 \hat{i} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\rightarrow v = 3340 \text{ N/TC} = 3340 \text{ m/s} \rightarrow \vec{v} = 3340 \hat{j} \text{ m/s.}$$

- Jika medan listrik dan kecepatan proton searah medan magnet, tentukanlah percepatan proton ketika berada di dalam daerah bermedan listrik dan magnet.

- \vec{B} searah \hat{k} , maka $\vec{v} = v\hat{k}$ dan $\vec{E} = E\hat{k}$ sehingga

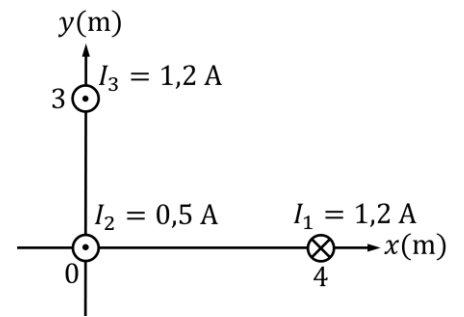
$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} = qE\hat{k} + qv\hat{k} \times B\hat{k} = qE\hat{k}$$

- Berdasarkan hukum Newton

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{qE}{m} \hat{k} = \frac{(1,6 \times 10^{-19} \text{ C})(1,67 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}})}{(1,67 \times 10^{-27} \text{ Kg})} \hat{k}$$

$$\vec{a} = 1,6 \times 10^{11} (\text{N/m} \cdot \text{Kg}) \hat{k} = 1,6 \times 10^{11} (\text{m/s}^2) \hat{k}$$

6. Tiga buah kawat lurus sangat panjang dialiri arus I_1 , I_2 , dan I_3 seperti tampak pada gambar samping.
- Dengan menggunakan hukum ampere, tentukanlah medan magnet pada sumbu z akibat arus I_1 .
 - Tentukanlah gaya per satuan panjang pada kawat berarus I_2 oleh kawat berarus I_1 dan I_3 .
 - Jika terdapat kawat berarus $I_4 = 1$ A memasuki bidang tulis sejajar sumbu z , tentukanlah posisi kawat tersebut pada bidang xy agar resultan gaya per satuan panjang pada kawat berarus I_2 bernilai 0.



Solusi:

- Dengan menggunakan hukum ampere, tentukanlah medan magnet oleh kawat lurus sangat panjang berarus I_1 pada sumbu z .

$$\oint_{\Gamma} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{enc}$$

$$B 2\pi r = \mu_0 I_1$$

$$B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} \hat{y}$$

$$\vec{B} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A})(1,2 \text{ A})}{2\pi(4 \text{ m})} \hat{y} = (6 \times 10^{-8} \text{ T}) \hat{y}$$

- Tentukan gaya per satuan panjang pada kawat berarus I_2 oleh kawat berarus I_1 dan I_3 .

$$\vec{F}_{2,13} = \vec{F}_{2,1} + \vec{F}_{2,3}$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2 l_2}{2\pi r_{2,1}} (-\hat{x}) + \frac{\mu_0 I_3 I_2 l_2}{2\pi r_{2,3}} \hat{y}$$

$$\frac{\vec{F}_{2,13}}{l_2} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi} \left(-\frac{I_1}{r_{2,1}} \hat{x} + \frac{I_3}{r_{2,3}} \hat{y} \right)$$

$$= \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A})(0,5 \text{ A})}{2\pi} \left(-\frac{(1,2 \text{ A})}{(4 \text{ m})} \hat{x} + \frac{(1,2 \text{ A})}{(3 \text{ m})} \hat{y} \right)$$

$$\frac{\vec{F}_{2,13}}{l_2} = -(0,3 \times 10^{-7} \text{ N/m}) \hat{x} + (0,4 \times 10^{-7} \text{ N/m}) \hat{y}$$

- Jika ada arus $I_4 = 1$ A ke arah memasuki bidang sejajar sumbu z , tentukan posisi kawat berarus I_4 agar resultan gaya pada kawat berarus I_2 bernilai 0.

Agar resultan gaya pada kawat berarus I_2 bernilai 0, maka gaya magnetik akibat I_4 haruslah:

$$\vec{F}_{2,4} = -\vec{F}_{2,13}$$

$$F_{2,4} = F_{2,13} = (0,5 \times 10^{-7} \text{ N/m}) l_2$$

Sehingga gaya magnetik per satuan panjang akibat I_4 pada kawat berarus I_2 adalah

$$\frac{\vec{F}_{2,4}}{l_2} = \frac{F_{2,4}}{l_2} (0,6\hat{x} - 0,8\hat{y}) = (0,5 \times 10^{-7} \text{ N/m})(0,6\hat{x} - 0,8\hat{y})$$

$$\frac{\mu_0 I_4 I_2}{2\pi r_{2,4}} = (0,5 \times 10^{-7} \text{ N/m})$$

$$r_{2,4} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A})(1 \text{ A})(0,5 \text{ A})}{2\pi(0,5 \times 10^{-7} \text{ N/m})} = 2 \text{ m}$$

Posisi I_4 diberikan oleh:

$$x = -0,6 r_{2,4} = -1,2 \text{ m}$$

$$y = 0,8 r_{2,4} = 1,6 \text{ m}$$

CARA LAIN: Agar kawat 2 tidak mengalami gaya magnet maka medan magnet di kawat 2 harus nol, artinya medan magnet oleh kawat 4 harus menghilangkan medan magnet oleh kawat 1 dan 3:

$$\vec{B}_4 = -\vec{B}_1 - \vec{B}_3 = -\frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{I_1}{4} \hat{y} + \frac{I_3}{3} \hat{x} \right) = -\frac{\mu_0}{2\pi} (0,3 \hat{y} + 0,4 \hat{x}), \quad B_4 = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{1}{2}$$

$$B_4 = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_4}{r_4} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{1}{r_4} \rightarrow r_4 = 2 \text{ m}$$

Untuk menghasilkan medan magnet dengan arah $(-0,3 \hat{y} - 0,4 \hat{x})$ posisi kawat 4 harus di titik $(-1,2 \hat{x} + 1,6 \hat{y})$ atau $x = -1,2 \text{ m}$ dan $y = 1,6 \text{ m}$

