

Solusi Tutorial 4

Fisika Dasar 2A ITB

Wawan MESC

March 14, 2023

A. Pertanyaan

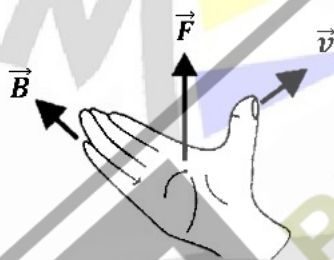
1. Gaya magnet kita tuliskan

$$\vec{F}_B = q\vec{V} \times \vec{B}$$

α : Sudut yang dibentuk antara \vec{V} dan \vec{B}

Perumusan gaya magnet memenuhi kaidah tangan kanan (untuk muatan positif)

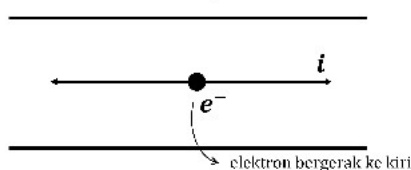
Untuk muatan negatif maka berlaku:



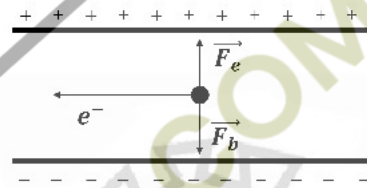
Dalam hal ini \vec{F}_B dan \vec{V} harus tegak lurus dan \vec{B} dan \vec{F}_B harus tegak lurus yang membentuk sudut adalah \vec{V} dan \vec{B}

- Tidak mungkin, karena \vec{V} dan \vec{F}_B tidak tegak lurus
- Ya, bisa. Karena \vec{V} dan \vec{F}_B tegak lurus dan \vec{B} dan \vec{F}_B tegak lurus
- Tidak mungkin, karena \vec{B} dan \vec{F}_B tidak tegak lurus.

2. Pada kawat berarus,



Saat benda dalam medan magnetik



Elektron akan ditarik ke bawah oleh \vec{F}_B (sesuai kaidah tangan kanan) dan ada gaya ke atas akibat medan listrik \vec{E}

Sesuai efek Hall:

$$\begin{aligned}\vec{F}_E &= \vec{F}_B \\ q\vec{E}_H &= q\vec{V} \times \vec{B} \\ q\vec{E}_H &= qvB \sin \alpha\end{aligned}$$

Kita ketahui bahwa:

$$\begin{aligned}\Delta V_H &= E_H d \\ E_H &= \frac{\Delta V_H}{d}\end{aligned}$$

maka:

$$\begin{aligned}E_H &= vB \\ \frac{\Delta V_H}{d} &= vB \sin \alpha \\ \Delta V_H &= vB d \sin \alpha\end{aligned}$$

Jawaban:

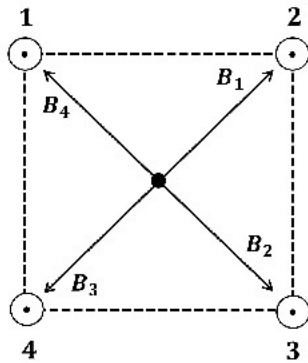
- 3 dan 4 sama karena $vB \sin 90^\circ$. Kemudian 1 dan 2 sama karena $\vec{v} \times \vec{B}$ menghasilkan $\sin 0$ dan $\sin 180^\circ$

- jawaban: 4

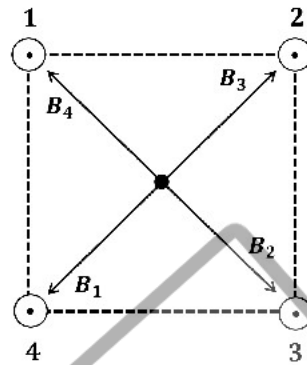
alasan: karena arus berarah ke kanan, akibat pergerakan elektron ke kiri di dalam kawat.

(Arah F_B ke bawah dan arah F_E ke atas, sehingga bagian atas positif)

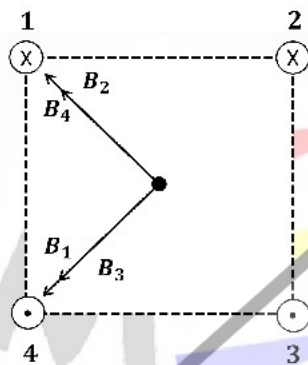
3.



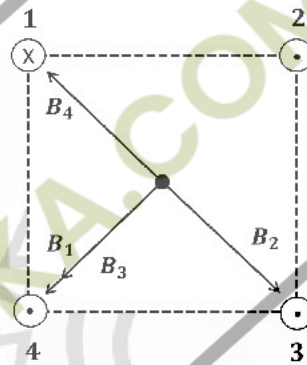
(a) karena keempat B sama besar dan saling mengilangkan maka $B_{tot} = 0$



(b) $B_{tot} = 0$



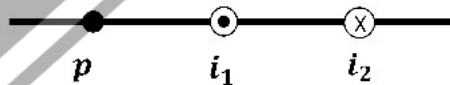
(c)
 $B_{tot} = -(B_{2x} + B_{4x} + B_{1x} + B_{3x}) + (B_y = 0)$
 $B_{tot} = -4B_x \hat{i}$
 $|B_{tot}| = 4B_x$



(d)
 $B_{tot} = \sum B_x \hat{i} + \sum B_y \hat{j}$
 $B_{tot} = (-B_{4x} - B_{1x} - B_{3x} + B_{2x})\hat{i} + (B_{4y} - B_{1y} - B_{3y} + B_{2y})\hat{j}$
 $B_{tot} = -2B_x \hat{i} - 2B_y \hat{j}$
 $B_{tot} = \sqrt{4B_x^2 + 4B_y^2}$

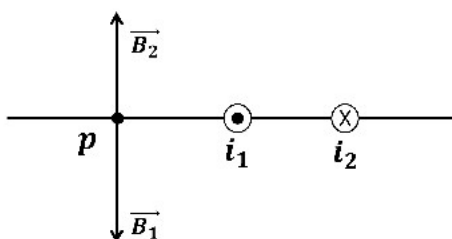
Jadi, urutannya adalah c, d kemudian a dan b sama (nol)

4.



Medan total di p adalah nol akibat medan yang dihasilkan kedua kawat berarus

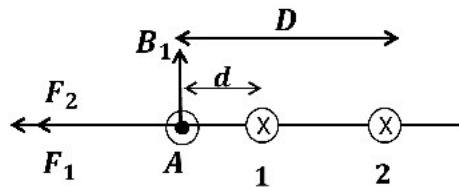
a. i_2 berarah ke dalam bidang (masuk bidang) b.



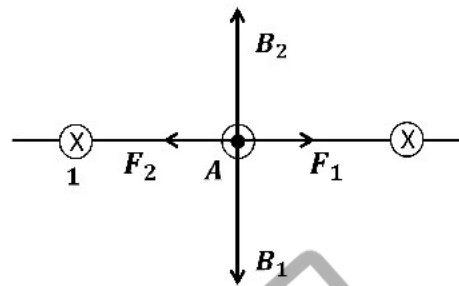
$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$$

karena $r_2 > r_1$ maka $i_2 < i_1$
 Jawab: i_2 lebih kecil dari i_1

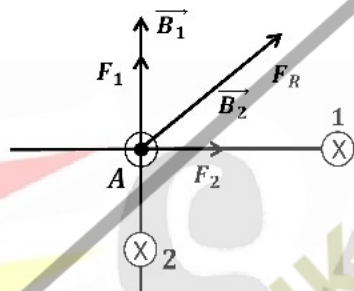
5.



Keadaan 1:
 $F_{tot} = -F_2\hat{i} - F_1\hat{i}$
 $|F_{tot}| = F_2 + F_1$



Keadaan 2:
 $F_{tot} = -F_2\hat{j} - F_1\hat{j}$
 $|F_{tot}| = |F_2| + |F_1|$



Keadaan 3:
 $|F_R| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

a. jawaban 1,3,2

b. $\tan \theta = \frac{F_y}{F_x} \rightarrow$ sehingga $\theta < 45^\circ$

Penjelasan:

$$F_y(F_1) = i_A l B_{A1}$$

$$F_y = i_A l \left(\frac{\mu_0 i_1}{2\pi D} \right)$$

$$F_x(F_2) = i_A l B_{A2}$$

$$F_x = i_A l \left(\frac{\mu_0 i_2}{2\pi d} \right)$$

karena $F_y < F_x$ maka $\theta < 45^\circ$

B. Soal

1. a. Gaya pada elektron adalah:

$$\vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B} = q(v_x \hat{i} + v_y \hat{j}) \times (B_x \hat{i} + B_y \hat{j})$$

$$\vec{F}_B = q(v_x B_y - v_y B_x) \hat{k}$$

$$\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ v_x & v_y & v_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} = \hat{i}(v_x B_z - v_z B_y) - \hat{j}(v_x B_z - v_z B_x) - \hat{k}(v_x B_y - v_y B_x)$$

Maka:

$$\vec{F}_B = (1,6 \times 10^{-19})[(2 \times 10^6)(-0,15) - (3 \times 10^6)(0,030)]$$

$$\vec{F}_B = 6,2 \times 10^{-14} \text{N} \hat{k}$$

Besar gayanya \vec{F}_B adalah $6,2 \times 10^{-13}$ N dan arahnya ke arah positif z

b. Dengan mengulangi perhitungan no(a) akan diperoleh yang sama, namun arahnya berbeda. Jadi, $\vec{F}_B = -(6,2 \times 10^{-14} \text{ N})\hat{k}$

2. Dengan perhitungan seperti no(1), maka kita dapatkan,

$$\begin{aligned}\vec{F} &= q(v_x B_y - v_y B - x)\hat{k} \\ &= q(v_x(3B_x) - v_y B_x)\hat{k}\end{aligned}$$

dimana $B_y = 3B_x$, karena gaya F_z konstan, $F_z = 6,4 \times 10^{-19}$ N \hat{k} maka

$$q(3v_x - v_y)B_x = F_z$$

$$B_x = \frac{F_z}{q(3v_x - v_y)}$$

$$B_x = \frac{6,4 \times 10^{-19}}{(-1,6 \times 10^{-14})[(3)(2) - 4]} = -2T$$

3a. gaya akibat medan listrik, $\vec{F} = q\vec{E}$ dan gaya akibat medan magnet, $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$. Dari grafik kita ketahui saat $v = 0$, $F = -2 \times 10^{-19}$ N,

$$F_E = -q(E\hat{j})$$

$$\vec{F}_E = q(E\hat{j})$$

$$F_{net} = F_{listrik} + F_{magnet}$$

$$F_{net} = F_{listrik} + (qvB, v = 0, \text{ maka } F_{magnet} = 0)$$

$$F_{net} = qE$$

$$E = \frac{F_{net}}{q} = \frac{-2 \times 10^{-19} \text{ N}}{-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 1,25 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

b. Komponen x dan z dari gaya adalah nol, maka elektron bergerak sepanjang sumbu x .

Gaya magnet $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ berlawanan arah dengan $\vec{F} = q\vec{E}$, \vec{E} berarah ke $+y$, karena kecepatan berarah ke sumbu $+x$ dengan menggunakan tangan kanan, maka B harus berarah ke sumbu $+z$ karena F_B berarah ke sumbu $+y$

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

$$+\hat{j} = -q(+\hat{i} \times \vec{B}) \rightarrow +\hat{j} = \hat{i} \times \hat{k} \rightarrow B$$

$$B = +\hat{k}$$

$$\text{jadi, } B = 0,25 \times 10^{-2} \text{ T } \hat{k}$$

4. Dengan menggunakan $F = \frac{mv^2}{r}$ (untuk gaya sentripetal) dan $K = \frac{mv^2}{2}$

$$F = \frac{mv^2}{r}$$

$$mv^2 = Fr$$

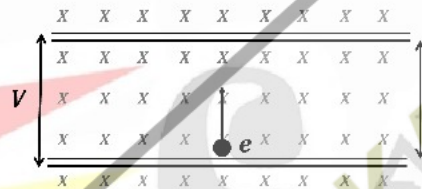
$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

$$K = \frac{1}{2}(Fr)$$

$$K = \frac{1}{2}(1,6 \times 10^{-17})(2,61 \times 10^{-6})$$

$$K = 2,09 \times 10^{-22} \text{ J}$$

5.



Sebelum menyentuh plat, gaya listrik pada elektron adalah $F_E = qE = \frac{qV}{d}$ terarah ke atas karena energi kinetik elektron

$$k = \frac{1}{2}mv^2 = qV$$

$$v^2 = \frac{2qV}{m}$$

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

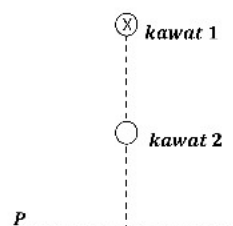
gaya oleh medan magnet, $F_B = qVB = qB\sqrt{\frac{2qV}{m}}$ dalam arah ke kanan. Untuk mencegah elektron tidak menyentuh plat, kita membutuhkan $F_B > F_E$ atau

$$qB\frac{2qV}{m} > \frac{qV}{d} \rightarrow B > \frac{V}{d}\sqrt{\frac{m}{2qV}} = \frac{mV}{2qd^2}$$

6 a. Medan magnet di titik P oleh kawat 1,

$$B_{p1} = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi r_1}$$

dimana $i_1 = 6,5 \text{ A}$ dan $r_1 = d_1 + d_2 = 0,75 + 1,5 \text{ cm} = 2,25 \text{ cm}$



medan magnet di titik P akibat kawat 2,

$$B_{p2} = \frac{\mu_0 i_2}{2\pi r_2}$$

dimana $r_2 = d_2 = 1,5\text{cm}$

Medan magnet total akibat kedua kawat adalah nol, maka

$$B_{ptotal} = B_{p1} + B_{p2}$$

$$0 = -B_{p1} + B_{p2}$$

$$B_{p1} = B_{p2}$$

$$\frac{\mu_0 i_1}{2\pi r_1} = \frac{\mu_0 i_2}{2\pi r_2}$$

$$\frac{i_1}{r_1} = \frac{i_2}{r_2}$$

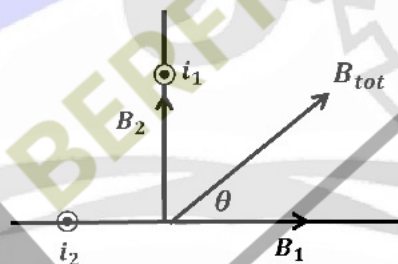
$$i_2 = \left(\frac{r_2}{r_1}\right) \times i_1$$

$$= \left(\frac{1,5\text{cm}}{2,25\text{cm}}\right) \times 6,5\text{A}$$

$$i_2 = 4,3\text{A}$$

b. Dengan menggunakan aturan tangan kanan, kita dapatkan arah i_2 harus keluar bidang kertas.

7.



Sudut yang dibentuk oleh B total adalah,

$$\tan \theta = \frac{B_2}{B_1}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{B_2}{B_1}\right)$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\frac{\mu_0 i_2}{2\pi r}}{\frac{\mu_0 i_1}{2\pi r}}\right)$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{i_2}{i_1}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{40\text{mA}}{30\text{mA}}\right)$$

$$\theta = 53,13^\circ$$

Medan B_{tot} diputar 20° , maka sudut akhirnya, $\theta' = 53,13^\circ - 20^\circ = 33,13^\circ$ sehingga arus i_1 menjadi,

$$\begin{aligned}\tan \theta' &= \frac{i_2}{i_1} \\ i_1 &= \frac{i_2}{\tan \theta'} \\ i_1 &= \frac{40 \text{ mA}}{\tan(33,13^\circ)} \\ i_1 &= 61,3 \text{ mA}\end{aligned}$$

8 a. Arus yang masuk bidang kertas positif dan arus yang keluar bidang kertas negatif, total arus yang dilingkupi lintasan adalah 2A.

- i_{masuk} bidang = (+) → sesuai tangan kanan \vec{B} menjadi searah jarum jam.
- i_{keluar} bidang = (-) → sesuai tangan kanan menyebabkan \vec{B} berlawanan arah jarum jam, dengan menerapkan hukum Ampere,

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = -\mu_0 I_{\text{enc}}$$

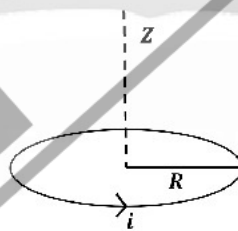
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = -(4\pi \times 10^{-7})(2) = -2,5 \times 10^{-6} \text{ T.m}$$

b. arus total yang dilingkupi lintasan adalah nol. Sehingga

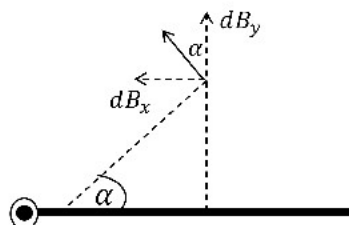
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = \mu_0 I_{\text{enc}} = 0$$

9. Medan magnet akibat kawat baerarus melingkar pada suatu titik berjarak tertentu dari sumbu pusat adalah:

$$B_y = \frac{\mu_0 i R^2}{2\pi(R^2 + Z^2)^{3/2}}$$



Kita ambil sebagian penampang melintang kawat,



$$B = \int dB_y$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \left(\frac{i ds \sin 90^\circ}{r^2} \right)$$

$$\text{atau } dB_y = dB \cos \alpha$$

$$\int dB_x = 0 (\text{penjumlahannya saling meniadakan})$$

$$dB_y = \frac{\mu_0 i \cos \alpha dS}{4\pi r^2}$$

$$r = \sqrt{R^2 + r^2}, \cos \alpha = \frac{R}{r} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + r^2}}$$

$$\text{maka: } dB_y = \frac{\mu_0 i R}{4\pi (R^2 + z^2)^{3/2}} dS$$

$$\text{sehingga } B_{y\text{total}} = \int dB_y = \int \frac{\mu_0 i R}{4\pi (R^2 + z^2)^{3/2}} (R d\theta)$$

$$= \frac{\mu_0 i R^2}{4\pi (R^2 + z^2)^{3/2}} \int_0^{2\pi} d\theta$$

$$B(z) = \frac{\mu_0 i R^2}{2(R^2 + z^2)^{3/2}} \hat{k}$$

kembali ke persoalan,

$$\begin{aligned} B_{y\text{total}} &= B_{y1} - B_{y2} \\ &= \frac{\mu_0 i_1 R^2}{2\pi (R^2 + z^2)^{3/2}} - \frac{\mu_0 i_2 R^2}{2(R^2 + z^2)^{3/2}} \end{aligned}$$

dimana $Z_1^2 = L^2$ (lihat gambar soal bagian a) dan $Z_2^2 = y^2$

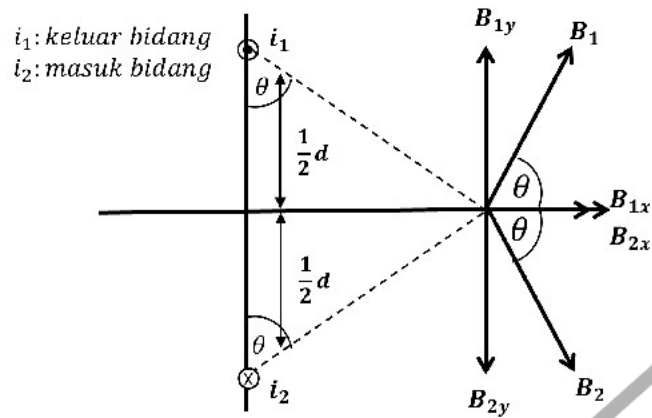
Pada gambar soal bagian b, $B_y = 0$ hal ini berarti satu arus searah jarum jam dan yang lainnya berlawanan arah jarum jam

a. karena $y \rightarrow \infty$, hanya suku pertama yang berkontribusi dengan $B_y = 7,2 \times 10^{-6} \text{ T}$ maka:

$$\begin{aligned} 7,2 \times 10^{-6} &= \frac{\mu_0 i_1 R^2}{2(R^2 + z^2)^{3/2}} - 0 \\ 7,2 \times 10^{-6} &= \frac{4\pi \times 10^{-7} i_1 (4 \times 10^{-2})^2}{2((4 \times 10^{-2})^2 + (3 \times 10^{-2})^2)^{3/2}} \rightarrow i_1 = 0,90 \text{ A} \end{aligned}$$

b. dengan loop 2 pada $y=0,06\text{m}$ (lihat gambar b), maka kita dapatkan i_2

$$\begin{aligned} B_{\text{net}} &= B_{y1} - B_{y2} \\ 0 &= B_{y1} - B_{y2} \\ B_{y1} &= B_{y2} \\ \frac{\mu_0 i_1 R^2}{2(R^2 + L^2)^{3/2}} &= \frac{\mu_0 i_2 R^2}{2(R^2 + y^2)^{3/2}} \\ I_2 &= (117\sqrt{13}/50\pi) \text{ A} \approx 2,7 \text{ A} \end{aligned}$$



$$\vec{B}_p = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$$

$$= (B_{1x}\hat{i} + B_{1y}\hat{j}) + (B_{2x}\hat{i} - B_{2y}\hat{j}) \quad B_{1y} = B_{2y} \text{ Sehingga arah sumbu } y \quad B_{\text{net}} = 0 \rightarrow B_{1x} = B_{2x}$$

$$B_p = 2B_1$$

$$= 2\left(\frac{\mu_0 i}{2\pi r}\right) \cos \theta$$

$$B_p = \frac{\mu_0 i}{\pi r} \cdot \left(\frac{d/2}{r}\right) = \frac{\mu_0 i d}{2\pi(R^2 + (d/2)^2)} = 1,25 \times 10^{-6} T$$

dengan arah gaya ke sumbu x positif