

GAYA LORENTZ (GAYA MAGNET)

Kelompok 3:

1. Delis Amala (2123025014)
2. Fatynia Ilmiyatni (2123025012)
3. Nanda Wiguna PK (2123025001)
4. Syukron Fuad (2123025008)

Petunjuk:

1. Anda diwajibkan membentuk kelompok kecil (4 – 5) orang
2. Anda harus bekerja (berdiskusi) dalam kelompok Anda sendiri.
3. Bekerjalah setelah mendapat penjelasan atau sesuai hasil pengamatan dan diskusi dalam kelompok Anda.

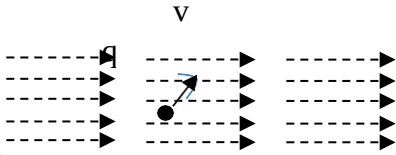
A. Tujuan:

1. Menggambarkan arah gaya Lorentz oleh muatan yang bergerak dan arus listrik.
2. Menerapkan gaya Lorentz pada permasalahan.
3. Menganalisis gaya Lorentz pada berbagai posisi dan arah arus.

B. Kajian Teori

Gaya listrik yang lebih dikenal dengan gaya Coulomb terjadi karena interaksi dua atau lebih muatan listrik. Gaya magnet terjadi karena muatan bergerak dalam medan magnet atau arus listrik dalam penghantar yang berada dalam medan magnet.

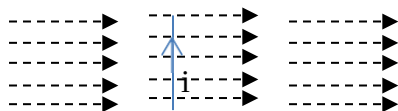
1. Gaya pada muatan yang bergerak dalam medan magnet



$F = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$, dengan $\mathbf{B}$ = medan magnet

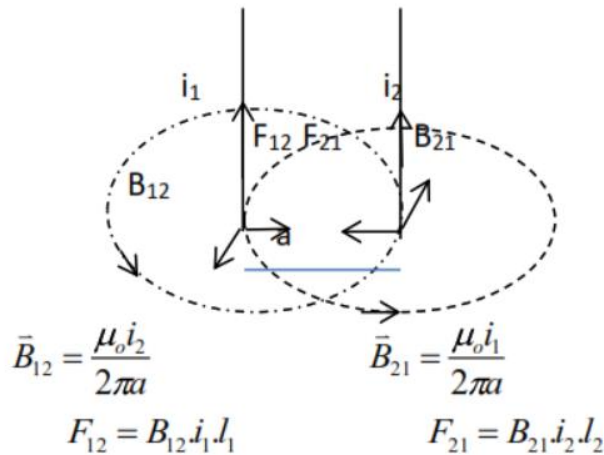
$F = qvB \sin \theta$ dalam arah menjauhi kita.

2. Gaya pada kawat lurus panjang berarus listrik dalam medan magnet.



$\vec{F} = i\mathbf{dl} \times \vec{B} = i\mathbf{dl}B\sin \theta$, dalam arah menjauhi kita (masuk bidang).

3. Gaya magnet pada dua kawat lurus panjang.



Kegiatan 1: mencari konsep analogi

Konsep Target: Gaya Magnet oleh muatan yang bergerak dalam medan magnet.

Konsep Analogi:

Sebuah benda bermuatan listrik yang bergerak dalam medan magnetik juga akan mengalami gaya magnetik. Besarnya gaya magnetik yang dialami oleh benda bermuatan listrik dinyatakan dengan:

$$F = Bqv \sin \theta$$

F = gaya magnetik (N)

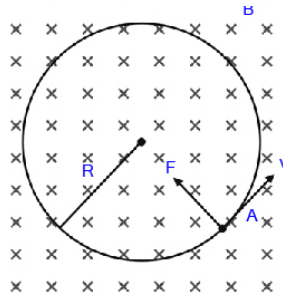
B = induksi magnet (T)

q = besarnya muatan listrik (C)

v = kecepatan muatan listrik (m/s)

θ = sudut yang dibentuk oleh arah I dan v (m/s)

Lintasan yang ditempuh oleh partikel bermuatan dalam medan magnetik tergantung pada sudut yang dibentuk oleh arah kecepatan dengan arah medan magnetik. Partikel bermuatan listrik akan bergerak dalam medan magnet dengan lintasan yang berbentuk lingkaran jika partikel bermuatan listrik tersebut memasuki medan magnet dengan arah tegak lurus medan magnet. Hal tersebut dikarenakan gaya magnetik yang timbul akan berfungsi sebagai gaya sentripetal (F_s).



Jari-jari lintasan partikel bermuatan yang bergerak memotong tegak lurus medan magnet dapat ditentukan sebagai berikut. Pada gerak melingkar beraturan, gaya yang arahnya menuju ke pusat lingkaran memenuhi persamaan:

$$F_s = \frac{mv^2}{R}$$

Karena gaya magnet adalah satu-satunya gaya yang arahnya menuju ke pusat lingkaran maka gaya magnet bertindak sebagai gaya sentripetal. Dan karena v tegak lurus B maka:

$$F = Bqv \sin 90^\circ = Bqv$$

Karena gaya magnet bertindak sebagai gaya sentripetal atau $F = F_s$ maka:

$$Bqv = \frac{mv^2}{R}$$

Sehingga persamaan jari-jari lintasan partikel dapat dituliskan:

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

dengan :

R = jari-jari lintasan muatan listrik (m)

m = massa benda bermuatan listrik (kg)

v = kecepatan benda bermuatan listrik (m/s)

B = induksi magnet (T)

q = muatan listrik benda (c)

Konsep Target: Gaya magnet oleh arus listrik

Konsep Analogi:

Ketika sebuah kawat dengan panjang dialiri arus listrik sebesar I dan diletakkan pada suatu medan magnetik sebesar B , maka akan timbul gaya Lorentz pada kawat tersebut. Dengan mengombinasikan gaya Lorentz dan definisi arus listrik, maka dapat dihitung besarnya gaya Lorentz pada kawat yang lurus dan stasioner yaitu:

$$F_{\text{Lorentz}} = IlB \times \sin \alpha$$

keterangan:

l merupakan panjang kawat (m)

I merupakan kuat arus yang mengalir pada kawat (Ampere)

B merupakan kuat medan magnet (Tesla)

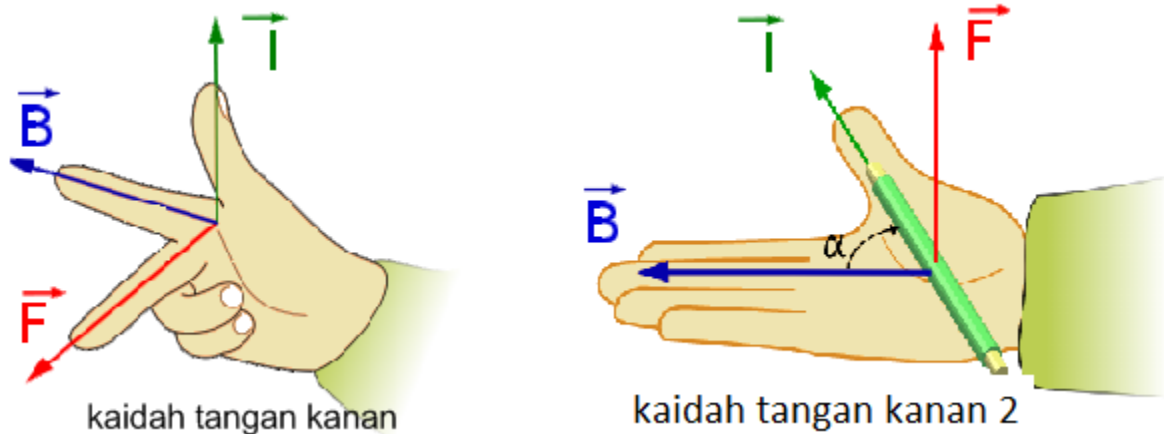
α merupakan sudut yang dibentuk oleh B dan I

Jika arah arus listrik tegak lurus dengan arah medan magnet, maka gaya Lorentz yang terjadi akan maksimal ($\sin 90^\circ = 1$). Inilah keadaan yang biasanya selalu dikondisikan secara nyata yakni agar gaya Lorentz yang

didapat selalu maksimal, medan magnet dikondisikan selalu tegak lurus dengan arus listrik yang mengalir.

$$F_{\text{Lorentz}} = Il \times B$$

Arah gaya Lorentz dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kanan pada gambar dibawah ini:



Kaidah tangan kanan pertama menggunakan tiga jari tangan kanan dimana:

Ibu jari = arah arus listrik (I)

Jari telunjuk = arah medan magnet (B)

Jari tengah = arah gaya Lorentz (F)

Kaidah tangan kanan kedua menggunakan telapak tangan kanan yang terbuka dan lebih mudah gunakan terlebih lagi jika sudut tidak sama dengan 90° dimana:

Ibu jari = arah arus listrik (I)

Keempat jari lain = arah medan magnet (B)

Telapak tangan = arah gaya Lorentz (F)

Besarnya sudut α tidak mempengaruhi arah gaya Lorentz karena arah gaya Lorentz selalu tegak lurus dengan arah arus listrik dan medan magnetik.

Konsep Target: Gaya magnet pada tiga kawat lurus panjang yang berarus listrik.

Konsep Analogi:

Pada dasarnya, setiap kawat lurus pasti memiliki medan magnet yang mengitari panjang kawat. Gaya magnet dapat dialami oleh tiga buah kawat sejajar yang saling berdekatan yang beraliran arus listrik. Gaya Lorentz adalah gaya magnetik yang dialami kawat berarus listrik yang diletakkan memotong garis medan magnet, yang dapat dihitung menggunakan rumus:

$$F = B \cdot i \cdot l$$

Nilai medan magnet B , dapat diperoleh salah satunya dari peristiwa induksi magnetik. Induksi magnetik didefinisikan sebagai peristiwa munculnya medan magnet di sekitar kawat berarus listrik. Timbulnya gaya pada masing-masing kawat dapat dianggap bahwa kawat pertama berada dalam medan magnetik yang ditimbulkan oleh kawat kedua dan ketiga, kawat kedua berada dalam medan magnetik yang ditimbulkan oleh kawat pertama dan ketiga, lalu kawat ketiga berada dalam medan magnetik yang ditimbulkan oleh kawat pertama dan kedua.

Arah medan magnet disekitar kawat lurus berarus listrik berarah melingkar dalam satu bidang datar disepanjang kawat. Arah Medan listrik dapat ditunjukkan dengan kaidah tangan kanan, yaitu ibu jari menunjukkan arah arus listriknya, sedangkan genggam empat jari menunjukkan arah medan magnet. Apabila arah arus ketiga kawat itu searah maka pada ketiga kawat akan terjadi gaya tarik-menarik dan

sebaliknya jika arah arus pada ketiga kawat berlawanan, maka akan tolak-menolak. Gaya tarik-menarik atau gaya tolak menolak pada ketiga kawat merupakan akibat adanya gaya magnet pada ketiga kawat tersebut.

Kegiatan 2:

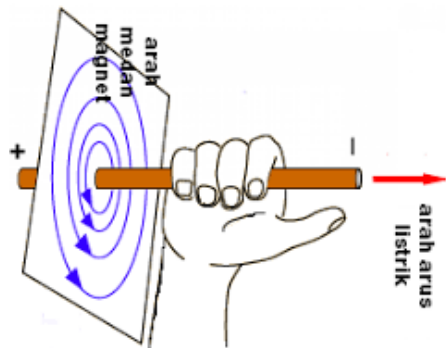
Ambil sebuah kawat kecil, selanjutnya kawat diberi arus listrik DC!



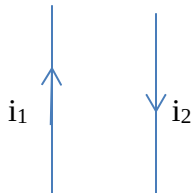
Apakah ada gaya yang bekerja pada kawat? Kenapa?

Jawab:

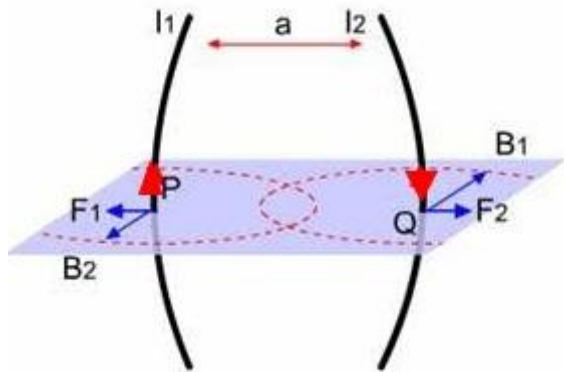
Tidak ada gaya listrik yang bekerja pada kawat yang diberi arus listrik DC. Kawat yang diberi arus listrik DC akan menimbulkan medan magnet sesuai dengan percobaan oersted yaitu “disekitar kawat berarus listrik timbul medan magnet”



Sekarang gunakan gambar animasi dua kawat lurus panjang pada posisi sejajar, selanjutnya kedua kawat dialiri arus listrik DC dalam arah yang berlawanan!



Berikut adalah gambar animasi Virtual Lab dua kawat lurus panjang pada posisi sejajar



Sebelum melakukan pengamatan, buat rumusan masalah terlebih dahulu

1. Apakah terdapat gaya akibat dua kawat yang diletakkan sejajar dan dialiri oleh arus listrik DC dengan arah yang berlawanan?
2. Bagaimanakah arah gaya yang ditimbulkan oleh kedua kawat yang diletakkan sejajar dan dialiri oleh arus listrik DC dengan arah berlawanan?

Buat hipotesisnya

1. Hipotesis 1

H_o = Tidak terdapat gaya yang ditimbulkan oleh kedua kawat yang diletakkan sejajar dan

dialiri arus listrik DC dengan arah arus yang berlawanan.

H_o = Terdapat gaya yang ditimbulkan oleh kedua kawat yang diletakkan sejajar dan dialiri

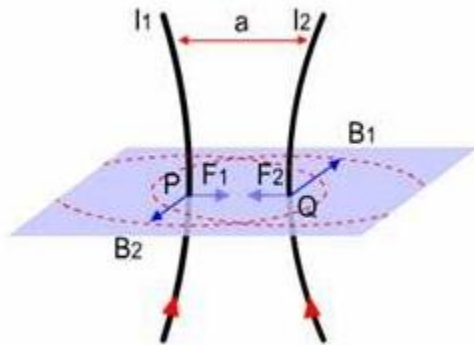
arus listrik DC dengan arah arus yang berlawanan.

2. Hipotesis 2

H_o = Arah gaya magnet pada kawat sejajar yang dialiri arus listrik DC dalam arah yang berlawanan adalah Tarik menarik

H_o = Arah gaya magnet pada kawat sejajar yang dialiri arus listrik DC dalam arah yang berlawanan adalah tolak menolak

Lakukan pengamatan terhadap dua kawat lurus panjang yang dialiri arus listrik DC!
Apa yang terjadi pada kedua kawat? Lakukan juga pengamatan pada dua kawat lurus panjang yang dialiri arus listrik DC dalam arah yang sama!



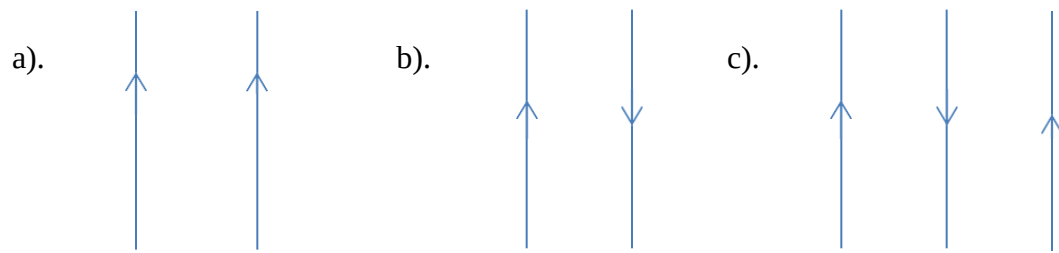
Ketika 2 kawat lurus panjang dialiri arus listrik DC dalam arah yang sama maka kawat akan saling tarik menarik

Apa kesimpulan Anda tentang kedua percobaan di atas?

Dua kawat berarus yang mengalirkan arus dalam arah yang sama akan menimbulkan gaya magnetik dengan arah yang saling tarik-menarik begitu sebaliknya jika arah arus berlawanan akan menimbulkan gaya yang tolak menolak. Arah gaya magnet pada kawat sejajar yang dialiri arus listrik DC dalam arah yang berlawanan adalah tolak-menolak. Arah gaya magnet pada kawat sejajar yang dialiri arus listrik DC dalam arah yang sama adalah tarik-menarik. Ketika kita mempunyai dua kawat berarus yang sangat panjang berdekatan satu sama lain, keduanya akan mengalami gaya magnetik yang sama besar.

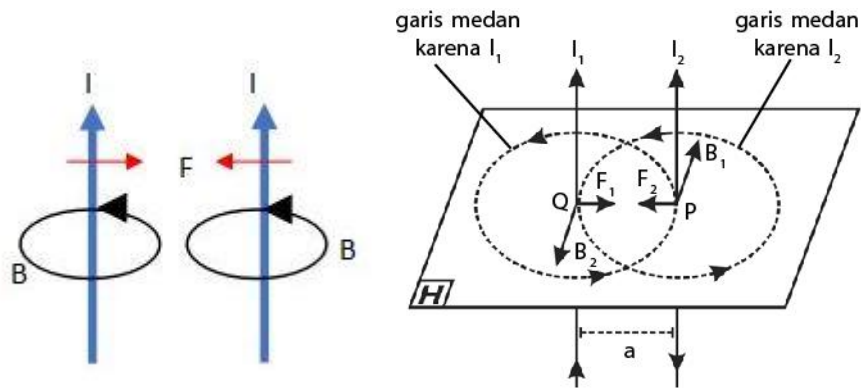
Gaya magnetik ini timbul karena kedua kawat menghasilkan medan magnet yang mempengaruhi kawat berarus yang lainnya. Kawat satu akan menimbulkan medan magnet dengan arah tegak lurus menembus bidang disebelah kanannya dan medan ini akan mengarahkan gaya magnetik F_{21} pada kawat dua. Sebaliknya kawat dua akan menimbulkan medan magnetik dengan arah keluar bidang gambar disebelah kirinya, medan ini akan mengarahkan gaya F_{12} pada kawat satu. Besar kedua gaya ini adalah sama dengan arah yang berlawanan dan bekerja pada benda berbeda.

Gambar gaya-gaya pada kedua kawat lurus panjang yang dialiri arus listrik!

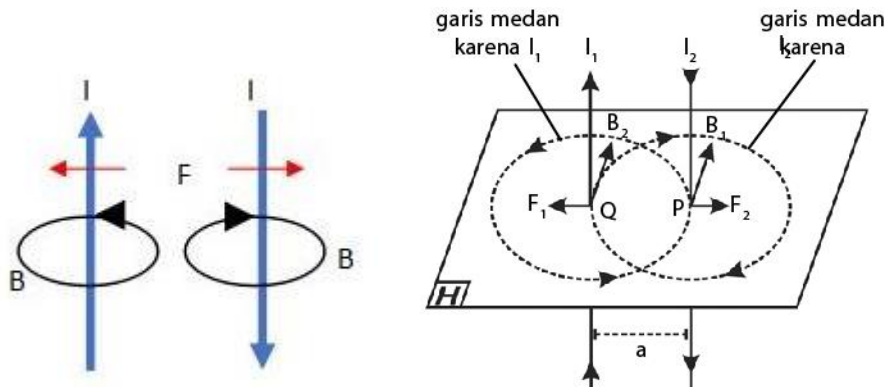


Gambar gaya magnetnya:

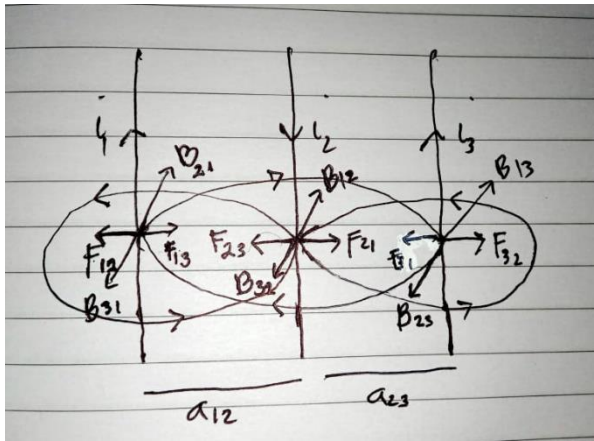
a. Dua kawat dialiri arus listrik searah



b. Dua kawat dialiri arus listrik berlawanan arah

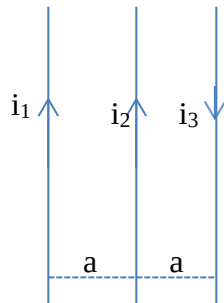


- c. Tiga kawat dialiri arus listrik



Soal-soal

1. Dua kawat lurus panjang masing-masing dialiri arus 1 A arahnya keatas, dan kawat 2 dialiri arus 1 A arahnya ke bawah, jarak antara kawat adalah 15 cm, Hitung gaya Lorentz pada masing-masing kawat!
2. Tiga buah kawat lurus panjang dialiri arus listrik, seperti gambar berikut:



besar i pada masing-masing kawat adalah 2 A, jarak antara kawat 1 dan kawat 2 adalah $a = 100$ cm, jarak antara kawat 2 dan 3 adalah $a = 100$ cm. Hitung gaya magnet pada kawat 3

JAWAB:

1. Diketahui:

Kawat lurus Panjang

$$I_1 = 1 \text{ A} \quad ; \quad I_2 = 1 \text{ A}$$

Jarak antara ke dua kawat = 15 cm = 0,15 m

Ditanya: Gaya Lorentz pada masing-masing kawat

Solusi:

Medan magnet pada kawat 1 oleh kawat 2

$$B_{12} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi a}$$

$$B_{12} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m} \cdot 1 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,15 \text{ m}}$$

$$B_{12} = 1,333 \times 10^{-6} \text{ H/m}^2$$

$$B_{12} = 1,333 \times 10^{-6} \text{ T}$$

Maka, gaya Lorentz pada kawat 1 adalah

$$F_{12} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a}$$

$$F_{12} = B_{12} \cdot I_1$$

$$F_{12} = 1,333 \times 10^{-6} \text{ H/m}^2 \cdot 1 \text{ A}$$

$$F_{12} = 1,333 \times 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{A}$$

Medan magnet pada kawat 2 oleh kawat 1

$$B_{21} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a}$$

$$B_{21} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m} \cdot 1 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,15 \text{ m}}$$

$$B_{21} = 1,333 \times 10^{-6} \text{ H/m}^2$$

$$B_{21} = 1,333 \times 10^{-6} \text{ T}$$

Maka, gaya Lorentz pada kawat 1 adalah

$$F_{21} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a}$$

$$F_{21} = B_{21} \cdot I_2$$

$$F_{21} = 1,333 \times 10^{-6} \text{ H/m}^2 \cdot 1 \text{ A}$$

$$F_{21} = 1,333 \times 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{A}$$

Jadi, gaya magnet pada kawat 1 oleh kawat 2 adalah $1,333 \times 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{A}$ dan gaya magnet pada kawat 2 oleh kawat 1 adalah $1,333 \times 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{A}$. Gaya yang dialami oleh kedua kawat adalah sama.

2. Diketahui:

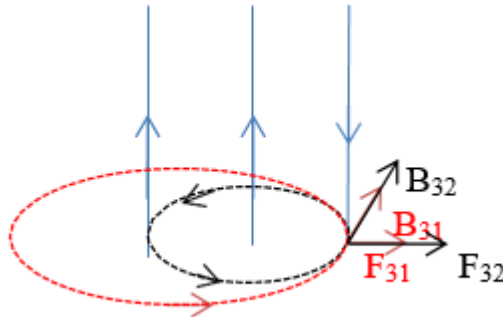
Tiga kawat lurus panjang, dengan $i_1 = 2 \text{ A}$, $i_2 = 2 \text{ A}$, dan $i_3 = 2 \text{ A}$

Jarak antara kawat 1 dan kawat 2 = $a_{12} = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$

Jarak antara kawat 2 dan kawat 3 = $a_{21} = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$

Ditanya:

Gaya magnet pada kawat 3



Mencari medan magnet pada kawat ke 3 oleh kawat 2

$$B_{32} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi a}$$

$$B_{32} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m} \cdot 2 \text{ A}}{2\pi \cdot 1 \text{ m}}$$

$$B_{32} = 4 \times 10^{-7} \text{ H/m}^2$$

$$B_{32} = 4 \times 10^{-7} \text{ T}$$

Maka, gaya Lorentz pada kawat 3 oleh kawat 2 adalah

$$F_{32} = \frac{\mu_0 I_2 I_3}{2\pi a}$$

$$F_{32} = B_{32} \cdot I_3$$

$$F_{32} = 4 \times 10^{-7} \text{ H/m}^2 \cdot 2 \text{ A}$$

$$F_{32} = 8 \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{A}$$

Mencari medan magnet pada kawat ke 3 oleh kawat 1

$$B_{31} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a}$$

$$B_{31} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m} \cdot 2 \text{ A}}{2\pi \cdot 1 \text{ m}}$$

$$B_{31} = 4 \times 10^{-7} \text{ H/m}^2$$

$$B_{31} = 4 \times 10^{-7} \text{ T}$$

Maka, gaya Lorentz pada kawat 3 oleh kawat 1 adalah

$$F_{31} = \frac{\mu_0 I_1 I_3}{2\pi a}$$

$$F_{31} = B_{31} \cdot I_3$$

$$F_{31} = 4 \times 10^{-7} \text{ H/m}^2 \cdot 2 \text{ A}$$

$$F_{31} = 8 \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{A}$$

$$F_{total} = F_{31} + F_{32}$$

$$F_{total} = 8 \times 10^{-7} + 8 \times 10^{-7}$$

$$F_{total} = 16 \times 10^{-7}$$

$$F_{total} = 1,6 \times 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{A}$$

Setelah diketahui masing-masing gaya magnet pada setiap kawat lurus Panjang, maka gaya magnet pada kawat 3 oleh kawat 2 dan 1 adalah $1,6 \times 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{A}$ dalam arah ke kanan

