

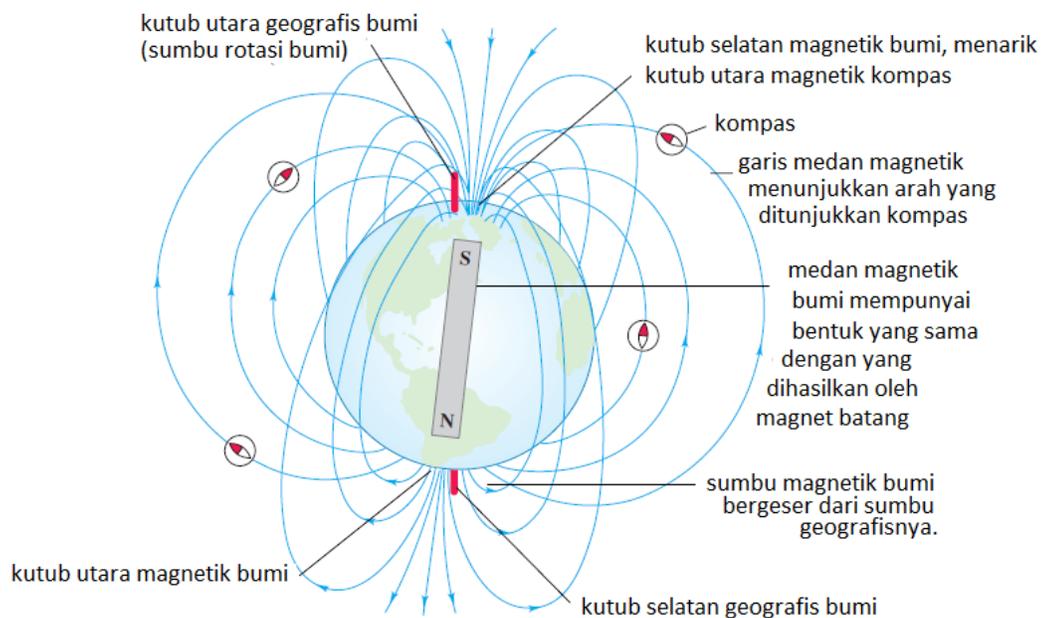
7 MEDAN DAN GAYA MAGNETIK

Setelah mempelajari bab ini, Anda akan memahami:

- Sifat-sifat magnet dan bagaimana magnet berinteraksi satu dengan yang lain.
- Cara menghitung gaya magnetik yang dialami oleh partikel bermuatan yang bergerak dalam medan magnetik.
- Perbedaan garis medan magnetik dan garis medan listrik.
- Bagaimana menganalisis gerakan partikel bermuatan dalam medan magnetik.

7.1 Sifat-Sifat Magnet

Setiap magnet memiliki kutub utara dan kutub selatan. Interaksi kutub sejenis tolak menolak dan kutub berlainan jenis tarik menarik. Bumi adalah sebuah magnet raksasa di mana kutub utaranya berada di dekat kutub selatan geografisnya dan kutub selatannya berada dekat kutub utara geografisnya. Hal ini membuat kutub utara magnet kompas selalu menunjuk ke arah kutub utara geografis bumi karena ditarik oleh kutub selatan magnet bumi.



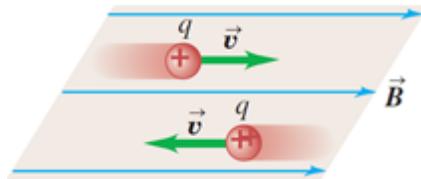
Gambar 7.1 Kutub magnetik bumi

7.2 Medan Magnetik

Sebuah muatan yang bergerak atau sebuah arus menghasilkan sebuah medan magnetik dalam ruang di sekitar muatan atau arus itu sebagai tambahan untuk medan listrik yang juga dihasilkannya. Satuan medan magnetik adalah *tesla* (T) dan $1 \text{ T} = 1 \text{ newton / ampere meter}$. Satuan medan magnetik yang lain adalah *gauss* (G), di mana $1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$.

Medan magnetik ini mengerahkan sebuah gaya magnetik F_B pada setiap muatan lain yang bergerak atau arus yang hadir dalam medan itu. Besar dan arah gaya magnetik itu ditentukan oleh jenis muatan q , vektor kecepatan v dan vektor medan magnetik B .

Jika arah vektor kecepatan v sejajar dengan arah vektor medan magnetik B , maka gaya magnetik pada muatan adalah nol. Arah sejajar bisa berarti searah atau berlawanan arah.

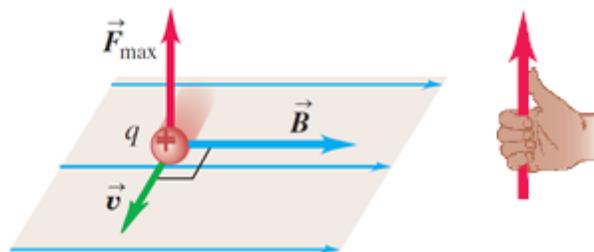


Gambar 7.1. Vektor v sejajar vektor B

Jika arah vektor kecepatan v tegak lurus terhadap vektor medan magnetik B , maka muatan titik q mengalami gaya magnetik sebesar,

$$\vec{F} = q (\vec{v} \times \vec{B}) \quad (7-1)$$

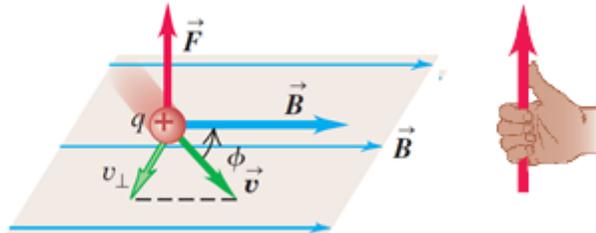
Besar gaya magnetik $F = qvB$ dan arahnya ditentukan dengan aturan tangan kanan.



Gambar 7.2. Vektor v tegak lurus vektor B

Jika arah vektor kecepatan v membuat sudut ϕ dengan medan magnetik B , maka arahnya ditentukan dengan aturan tangan kanan dan besar gaya magnetik adalah

$$F = qvB \sin \phi \quad (7-2)$$



Gambar 7.3. Vektor v membentuk sudut ϕ terhadap vektor B

Contoh soal 1. Besar dan arah gaya magnetik

Sebuah proton bergerak dengan laju 3×10^5 m/s melewati medan magnetik homogen 20 T yang diarahkan sepanjang sumbu z positif. Kecepatan proton terletak pada bidang xz pada sudut 30° terhadap sumbu z positif. Hitunglah besar dan arah gaya magnetik pada proton.

Solusi

Diketahui: $q = 1,6 \times 10^{-19}$ C

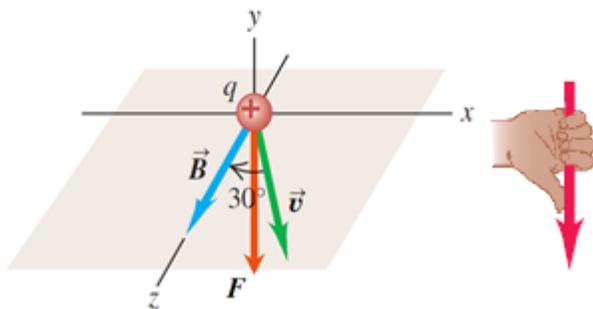
$v = 3 \times 10^5$ m/s

$B = 20$ T

$\phi = 30^\circ$

Ditanya : Besar dan arah gaya magnetik F

Jawab: Sketsa diagram bebas



$$\begin{aligned} F &= qvB \sin \phi \\ &= (1,6 \times 10^{-19} \text{ C})(3 \times 10^5 \text{ m/s})(20 \text{ T})(\sin 30^\circ) \\ &= 4,8 \times 10^{-14} \text{ N} \end{aligned}$$

Arah gaya magnetik F ke bawah.

Contoh soal 2. Vektor gaya magnetik

Sebuah partikel bermuatan $q = -1,22 \times 10^{-8} \text{ C}$ bergerak dengan kecepatan $\vec{v} = (3,00 \times 10^4 \text{ m/s}) \hat{j}$. Berapakah vektor gaya yang dikerahkan pada partikel ini oleh sebuah medan magnetik $\vec{B} = (1,63 \text{ T}) \hat{i} + (0,98 \text{ T}) \hat{j}$?

Solusi

Diketahui: $q = -1,22 \times 10^{-8} \text{ C}$

$$\vec{v} = 3,00 \times 10^4 \text{ m/s } \hat{j}$$

$$\vec{B} = (1,63 \text{ T}) \hat{i} + (0,98 \text{ T}) \hat{j}$$

Ditanya : Vektor gaya magnetik \vec{F}

Jawab:

$$\vec{v} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 0 & 3,00 \times 10^4 & 0 \\ 1,63 & 0,98 & 0 \end{vmatrix}$$

$$= (3,00 \times 10^4 \times 0 - 0 \times 0,98) \hat{i} + (0 \times 1,63 - 0 \times 0) \hat{j} + (0 \times 0 - 3,00 \times 10^4 \times 1,63) \hat{k}$$

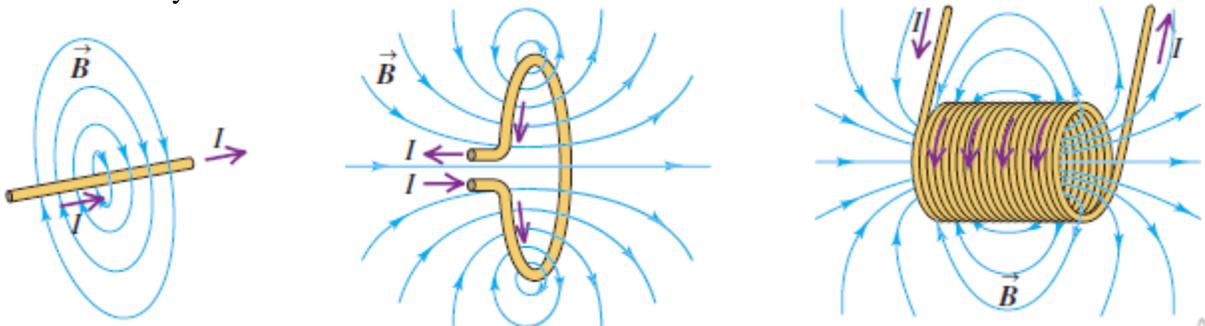
$$= -(4,89 \times 10^4) \hat{k}$$

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

$$= (-1,22 \times 10^{-8}) (-4,89 \times 10^4) \hat{k}$$

$$= (5,96 \times 10^{-4} \text{ N}) \hat{k}$$

Sebuah medan magnetik dapat digambarkan dengan garis medan magnetik namun tidak dapat menunjukkan arah gaya magnetik. Arah gaya magnetik bergantung pada kecepatan partikel dan tanda muatannya.



Gambar 7.4. Garis medan magnetik

7.3 Fluks Magnetik

Fluks magnetik Φ_B yang melalui sebuah permukaan persis seperti fluks listrik dalam hubungannya dengan hukum Gauss.

$$\Phi_B = BA \cos \phi \quad (7-3)$$

Satuan dari fluks magnetik adalah weber (Wb). Fluks magnetik total yang melalui sebuah permukaan tertutup selalu sama dengan nol, ini disebut juga Hukum Gauss untuk magnetisme.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (7-4)$$

Contoh soal 3. Menghitung fluks magnetik

Sebuah permukaan rata dengan luas $A = 3,0 \text{ cm}^2$ pada arah 30° terhadap medan magnetik homogen. Jika fluks magnetik yang melalui luas A adalah $0,90 \text{ mWb}$, hitunglah besar medan magnetik B .

Solusi

Diketahui: $A = 3,0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

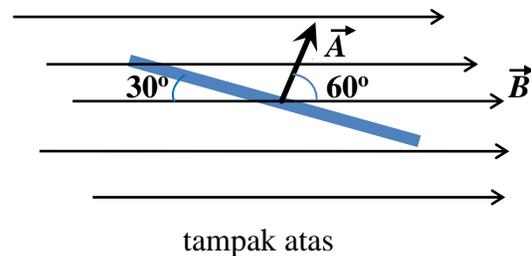
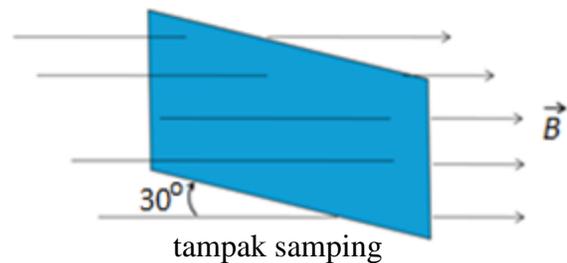
ϕ = sudut antara \vec{B} dan \vec{A} adalah 60°

$\Phi_B = 9,0 \times 10^{-4} \text{ Wb}$

Ditanya : Besar medan magnetik B .

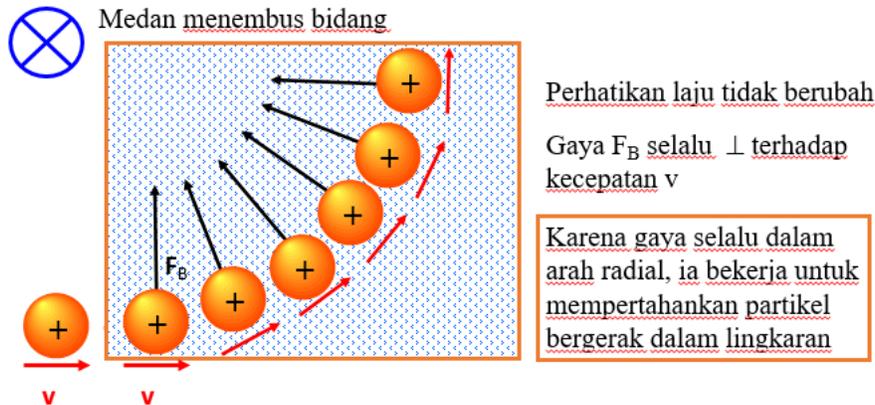
Jawab:

$$\begin{aligned} B &= \frac{\Phi_B}{A \cos \phi} \\ &= \frac{9,0 \times 10^{-4}}{(3,0 \times 10^{-4}) (\cos 60^\circ)} \\ &= 6,0 \text{ T} \end{aligned}$$



7.4 Gerak Partikel Bermuatan dalam Medan Magnet

Bila sebuah partikel bermuatan bergerak dalam sebuah medan magnetik, maka gaya magnetik bekerja pada partikel tersebut dan gerak partikel itu ditentukan oleh hukum Newton. Gambar berikut memperlihatkan sebuah partikel bermuatan positif Q bergerak memasuki sebuah medan magnetik. Vektor kecepatan v tegak lurus terhadap vektor medan magnetik B sehingga gaya magnetik tidak dapat mengubah besar kecepatan tersebut, tetapi hanya mengubah arahnya.



Gambar 7.4. Gerak partikel bermuatan dalam medan magnetic.

Dapat dilihat bahwa lintasan partikel itu adalah sebuah lingkaran dengan laju yang konstan. Percepatan sentripetalnya adalah v^2/R dan satu-satunya gaya yang bekerja adalah gaya magnetic. Sehingga hukum Newton menyimpulkan,

$$F = qvB \text{ dan } F = \frac{mv^2}{R}$$

di mana m adalah masa pertikel tersebut. Dengan menyelesaikan persamaan di atas untuk jari-jari R dari lintasan itu diperoleh,

$$R = \frac{mv}{qB} \quad (7-5)$$

Ini adalah jari-jari orbit lingkaran partikel dengan massa m dan rmuatan q yang bergerak dengan laju v dalam sebuah medan magnetik. Jika muatan q negatif, partikel bergerak searah putaran jarum jam.

7.5 Kesimpulan

1. Jika sebuah muatan q bergerak dengan kecepatan v dalam sebuah medan magnetik B , maka muatan tersebut akan mengalami gaya magnetik F , yang besarnya adalah:

$$F = qvB \sin \phi$$

dimana ϕ adalah sudut antara v dan B . Arah gaya F ditentukan dengan aturan tangan kanan.

2. Medan magnetik dapat direpresentasikan dengan garis medan magnet. Arah medan magnet merupakan garis singgung pada garis medan magnetik.

3. Fluks magnetik Φ_B menyatakan jumlah aliran medan magnetik yang melalui permukaan A .

$$\Phi_B = \oint B \cos \phi \, dA = BA \cos \phi$$

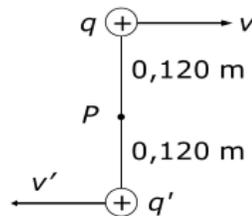
4. Hukum Gauss untuk magnetika menyatakan bahwa fluks magnetik Φ_B yang melalui permukaan tertutup adalah nol.

5. Partikel bermuatan dalam medan magnetik bergerak dengan kecepatan konstan dalam lintasan melingkar dengan jejari $R = \frac{mv}{qB}$

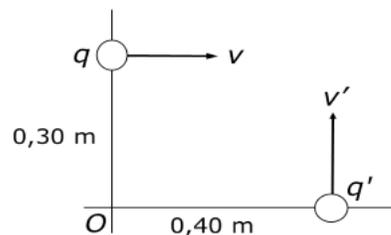
7.6 Soal Latihan

1. Sebuah partikel bermuatan $q = -1,24 \times 10^{-8} \text{ C}$ bergerak dengan kecepatan $v = (4,19 \times 10^4 \text{ m/s}) \hat{i} - (3,85 \times 10^4 \text{ m/s}) \hat{j}$. Berapakah vektor gaya yang dikerahkan pada partikel ini oleh sebuah medan magnetik $B = (1,40 \text{ T}) \hat{j}$?

2. Muatan titik $q = +8,00 \mu\text{C}$ dan $q' = +3,00 \mu\text{C}$ bergerak seperti yang diperlihatkan dalam gambar. Berapakah besar dan arah medan magnet total yang dihasilkan kedua muatan itu di titik P ? Diketahui $v = 4,5 \times 10^6 \text{ m/s}$ dan $v' = 9,0 \times 10^6 \text{ m/s}$.



3. Muatan titik $q = +8,00 \mu\text{C}$ dan $q' = +5,00 \mu\text{C}$ bergerak seperti diperlihatkan pada gambar dengan laju $v = 9,0 \times 10^4 \text{ m/s}$ dan $v' = 6,5 \times 10^4 \text{ m/s}$. Berapakah besar dan arah gaya magnet yang dikerahkan oleh q' pada q ?



4. Sebuah ion bermuatan tunggal dari Lithium mempunyai massa sebesar 9.11×10^{-31} kg. Ion itu dipercepat melalui sebuah beda potensial sebesar 220 V dan kemudian memasuki sebuah medan magnetik yang besarnya 0,723 T yang tegak lurus terhadap lintasan ion itu. Hitunglah jari-jari lintasan ion dalam medan magnetik tersebut.