

# Medan Magnetik

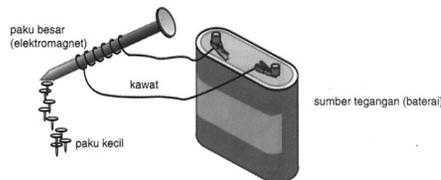
MUQOYYANAH

## 1 KEMAGNETAN (MAGNETOSTATIKA)

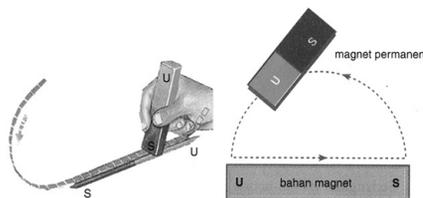
Magnet adalah suatu benda yang memiliki gejala dan sifat dapat mempengaruhi bahan-bahan tertentu yang berada di sekitarnya.

Cara membuat magnet;

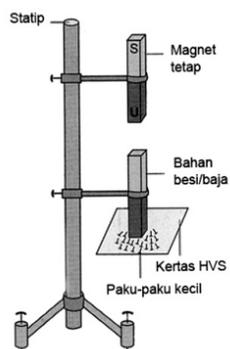
1. Mengalirkan arus listrik pada logam yang ingin dijadikan magnet. Sifat magnet yang dihasilkan tidak permanen. Apabila arus listrik dihentikan, maka sifat magnetnya akan hilang kembali.



2. Menggosokkan magnet permanen pada logam yang ingin dijadikan magnet. Arah gosokan hanya pada satu arah saja. Kutub magnet yang dihasilkan pada ujung terakhir penggosok selalu berlawanan dengan kutub ujung magnet penggosoknya.



3. Induksi. Yaitu dengan mendekatkan magnet permanen pada logam yang ingin dijadikan magnet.



Cara menghilangkan sifat kemagnetan pada suatu benda;

1. Dipukul
2. Dipanaskan atau dibakar
3. Dialiri arus bolak balik

Setiap magnet memiliki dua kutub magnet, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Kekuatan sifat kemagnetan yang paling besar berada pada kutub magnet dan semakin ke tengah kekuatannya makin berkurang. Kutub-kutub magnet yang sejenis akan tolak-menolak dan kutub-kutub magnet yang tidak sejenis akan tarik-menarik. Jika magnet dipotong, maka akan membentuk kutub-kutub baru.

Klasifikasi benda berdasarkan sifat kemagnetannya;

1. **Bahan Magnetik**

yaitu bahan yang sedikit menolak magnet. Contohnya seng, bismuth, natrium klorida, tembaga, emas, antimon, kaca flinta.

2. **Bahan Paramagnetik**

yaitu bahan bahan yang ditarik lemah oleh magnet. Contohnya aluminium, platina, oksigen, dan garam-garam logam.

3. **Bahan Feromagnetik**

yaitu bahan yang ditarik dengan kuat oleh magnet. Contohnya, nikel, besi, baja, kobalt.

**2 MEDAN MAGNET**

Medan magnet adalah ruang di sekitar magnet yang gaya tarik/tolakannya masih dirasakan oleh magnet lain.

Besarnya gaya tarik atau gaya tolak antara kutub-kutub magnet diberikan oleh;

$$F = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{m_1 m_2}{r^2} \tag{1}$$

dengan;

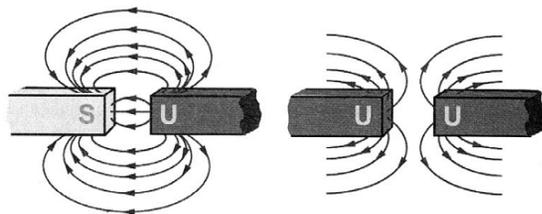
$F$  ; gaya tarik atau tolak kutub magnet ( $N$ )

$\frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} \text{Weber}/A.m$

$m_1$  dan  $m_2$  ; kutub magnet (Ampere-meter)

$r$  ; jarak antara kedua kutub magnet (m)

Garis-garis gaya magnet selalu keluar dari kutub utara magnet dan masuk ke kutub selatan magnet. Garis-garis tersebut tidak pernah saling berpotongan. Kerapatan garis-garis gaya magnet menunjukkan kekuatan medan magnet.



**Rapat Garis-garis Gaya (*Flux Density* =  $B$ )**

yaitu jumlah garis gaya tiap satuan luas yang tegak lurus kuat medan magnet.

$$B = \frac{\phi}{A} \quad \rightarrow \quad \phi = BA \tag{2}$$

Jika luas permukaan membentuk sudut  $\theta$  terhadap kuat medan magnet, maka;

$$\phi = BA \sin \theta \quad (3)$$

sedangkan kuat medan magnet di suatu titik diberikan oleh;

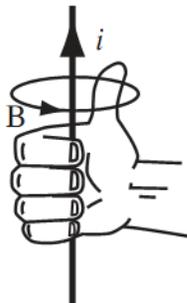
$$H = \frac{B}{\mu} \quad (4)$$

### 3 MEDAN MAGNET DI SEKITAR ARUS LISTRIK

#### 3.1 Percobaan Oersted

Jika diatas suatu kompas dibentangkan sebuah kawat secara sejajar, maka jika kawat tersebut dialiri arus listrik, maka jarum kompas akan menyimpang. Hal ini menunjukkan adanya medan magnetik di sekitar arus listrik.

Arah garis-garis medan magnetik yang terdapat di sekitar kawat berarus sesuai dengan kaidah tangan kanan atau aturan sekrup putar kanan. **Kaidah Tangan Kanan pertama** yaitu Arah ibu jari menunjukkan arah arus listrik dan arah lipatan jari-jari yang lainnya menunjukkan arah putaran garis-garis medan magnetik.



contoh;

Arus listrik mengalir sepanjang kawat listrik tegangan tinggi dari barat ke timur. Kemana arah medan magnetik yang diakibatkan arus listrik di bawah kawat tersebut?

latihan;

Sepotong kawat penghantar PQ terletak horisontal searah dengan sumbu-X, dialiri arus listrik yang arahnya dari P ke Q. Kemana arah induksi magnet di atas kawat tersebut?

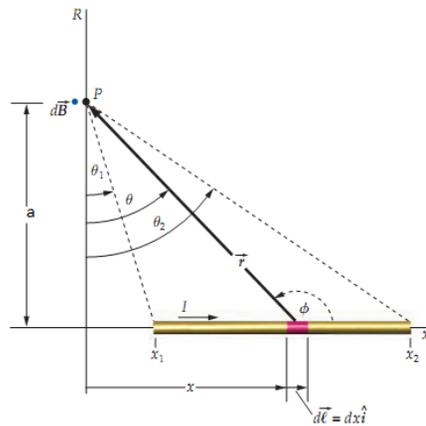
#### 3.2 Hukum Biot-Savart

Kekuatan dan arah dari medan magnetik di sekitar arus listrik dinyatakan dengan besaran **induksi magnetik (B)**. Besarnya induksi magnetik pada suatu titik di sekitar penghantar berarus diberikan oleh;

$$\begin{aligned} dB &= \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl \sin \theta}{r^2} \\ B &= \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{Idl \sin \theta}{r^2} \end{aligned} \quad (5)$$

### 3.3 Induksi Magnetik

#### 1. Induksi Magnetik di Sekitar Penghantar Lurus Berarus



$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \quad (6)$$

dengan

$B$ ; induksi magnetik ( $Wb/m^2$  atau T)

$\mu_0$ ; permeabilitas udara/vakum ( $4\pi \times 10^{-7} WbA^{-1}m^{-1}$ )

$I$ ; kuat arus yang melalui penghantar (A)

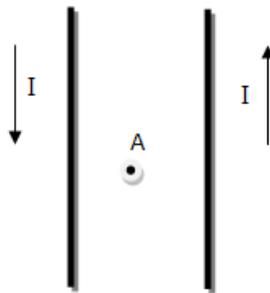
$a$ ; jarak titik ke penghantar (m)

#### contoh;

Tentukan besar induksi magnetik pada jarak 5 cm dari pusat sebuah kawat lurus berarus listrik 30 A!

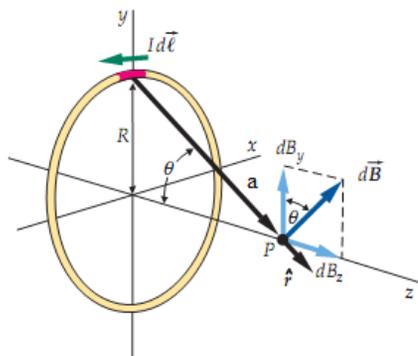
latihan;

- (a) Terdapat dua kawat lurus panjang dan sejajar yang terpisah oleh jarak 0,5 m. Kedua kawat dialiri arus 3 A dengan arah saling berlawanan. Tentukan besar induksi magnetik di titik P yang berjarak 0,1 m dari kawat pertama!



- (b) Jika arah arus pada soal sebelumnya searah, berapakah besar induksi magnetiknya dan kemana arahnya?

## 2. Induksi Magnetik di Pusat Penghantar Lingkaran Berarus



$$B = N \frac{\mu_0 I}{2a} \quad (7)$$

dengan

$B$ ; induksi magnetik ( $Wb/m^2$  atau T)

$\mu_0$ ; permeabilitas udara/vakum ( $4\pi \times 10^{-7} WbA^{-1}m^{-1}$ )

$I$ ; kuat arus yang melalui penghantar (A)

$a$ ; jari-jari lingkaran (m)

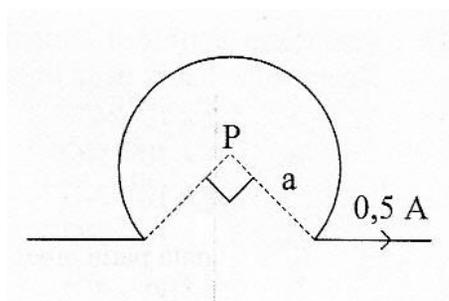
$N$ ; jumlah lilitan kawat

**contoh;**

Induksi magnetik di pusat kawat lingkaran berarus listrik 7,5 A dan terdiri atas 4 lilitan adalah  $2\pi \times 10^{-5} T$ . Berapa cm jari-jari kawat tersebut?

latihan;

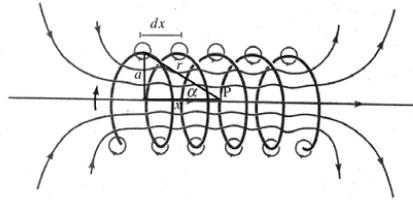
- (a) Suatu kawat berarus listrik dilengkungkan seperti gambar. Jika jari-jari kelengkungan 30 cm, tentukan induksi magnetik di pusat lingkaran!



- (b) Dua buah setengah busur lingkaran sepusat, jari-jarinya  $a = 5$  cm dan  $b = 8$  cm. Keduanya dialiri arus  $I = 16A$ . Hitung induksi magnet di pusatnya!

### 3. Induksi Magnetik di Pusat dan di Ujung Solenoida

Induksi magnetik di pusat solenoida;



$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} \tag{8}$$

Induksi magnetik di ujung solenoida;

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2L} \tag{9}$$

dengan

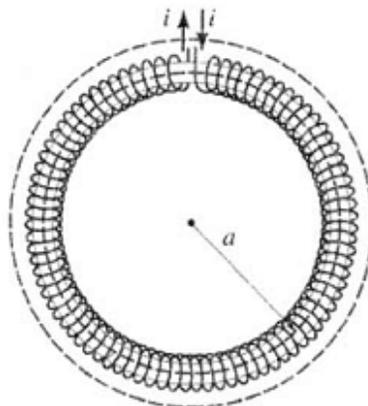
- $B$ ; induksi magnetik ( $Wb/m^2$  atau T)
- $\mu_0$ ; permeabilitas udara/vakum ( $4\pi \times 10^{-7} WbA^{-1}m^{-1}$ )
- $I$ ; kuat arus yang melalui penghantar (A)
- $L$ ; panjang solenoida (m)  $N$ ; banyak lilitan solenoida

**contoh;**

Sebuah solenoida yang panjangnya 2 m memiliki 800 lilitan dan jari-jari 2 cm dialiri arus sebesar 0,5 A. Tentukan induksi magnetik di pusat dan di ujung solenoida!

### 4. Induksi Magnetik di Sumbu Toroida

Induksi magnetik di sumbu toroida;



$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi a} \tag{10}$$

dengan

- $B$ ; induksi magnetik ( $Wb/m^2$  atau T)
- $\mu_0$ ; permeabilitas udara/vakum ( $4\pi \times 10^{-7} WbA^{-1}m^{-1}$ )
- $I$ ; kuat arus yang melalui penghantar (A)
- $a$ ; jari-jari toroida (m)  $N$ ; banyak lilitan toroida

**contoh;**

Sebuah solenoida yang panjangnya  $30\pi$  cm memiliki 5 lilitan serta sebuah toroida dengan jari-jari 45 cm dialiri arus yang sama besar. Induksi magnetik di pusat solenoida dan di sumbu toroida sama besar. Hitung banyak lilitan toroida!

## 4 GAYA LORENTZ

### 4.1 Gaya yang Dialami Penghantar Berarus dalam Medan Magnetik

Sebuah kawat lurus berarus yang diletakkan dalam medan magnetik akan mengalami gaya magnetik. Gaya magnetik ini yang disebut sebagai gaya Lorentz. Arah gaya Lorentz dapat ditentukan menggunakan **Kaidah Tangan Kanan kedua** yaitu; "Bila telapak tangan kanan dibuka, maka ibu jari menunjukkan arah arus  $I$ , keempat jari lain menunjukkan arah medan magnetik  $B$ , dan telapak tangan menunjukkan arah gaya Lorentz  $F$ ".

Besarnya gaya Lorentz dinyatakan oleh persamaan;

$$F = IlB\sin\theta \quad (11)$$

dengan;

$F$ ; gaya Lorentz ( $N$ )

$I$ ; arus listrik ( $A$ )

$l$ ; panjang kawat ( $m$ )

$B$ ; medan magnetik ( $T$ )

$\theta$ ; sudut antara arah arus  $I$  dan medan magnetik  $B$

contoh;

Sepotong kawat yang panjangnya 10 mm dialiri arus listrik 4A. Kawat ini terletak di daerah yang memiliki medan magnet sebesar 0,01T dan membuat sudut  $30^\circ$  terhadap arus listrik. Tentukan besarnya gaya magnetik pada kawat tersebut!

latihan;

Sebuah penghantar listrik yang berarus 30A membentang lurus ke arah timur. Penghantar itu terletak di daerah yang medan magnetiknya sejajar permukaan bumi dan ke arah utara, dengan  $B = 8,5 \times 10^{-4}T$ . Tentukan besar dan arah gaya Lorentz pada penghantar sepanjang 5m karena adanya gaya itu!

### 4.2 Gaya Antara Dua Penghantar Lurus Panjang Sejajar dan Berarus

Besarnya gaya tarik atau gaya tolak antara dua penghantar lurus panjang sejajar dan berarus diberikan oleh;

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a} \quad (12)$$

contoh;

Dua utas kawat panjang dan sejajar terpisah 0,3m satu dengan yang lain. Kedua kawat dialiri arus yang searah masing-masing 30A dan 20A. Tentukan gaya persatuan panjang yang bekerja pada kawat!

### 4.3 Gaya pada Partikel Bermuatan yang Bergerak dalam Medan Magnetik

Arus listrik dapat dipandang sebagai partikel bermuatan yang bergerak, sehingga partikel bermuatan yang bergerak di dalam suatu daerah medan magnetik akan mengalami gaya Lorentz. Besarnya gaya yang dialami partikel bermuatan tersebut dinyatakan oleh;

$$F = qv \times B \quad (13)$$

$$= qvB \sin\theta \quad (14)$$

$F$ ; gaya Lorentz ( $N$ )

$q$ ; muatan partikel ( $C$ )

$v$ ; kecepatan partikel ( $m/s$ )

$B$ ; medan magnetik ( $T$ )

$\theta$ ; sudut antara kecepatan partikel  $v$  dan medan magnetik  $B$

Arah gaya yang dialami partikel bermuatan yang bergerak dalam medan magnetik adalah sesuai dengan kaidah tangan kanan kedua, dengan arah ibu jari menunjukkan kecepatan partikel ( $v$ ). Hal yang perlu diperhatikan adalah; Jika partikel bermuatan **positif** (misal proton), maka arah gaya Lorentz **searah** dengan gaya  $F$  yang diperoleh dari kaidah tangan kanan kedua. Tetapi jika partikel bermuatan **negatif** (misal elektron), maka arah gaya Lorentz **berlawanan arah** dengan gaya  $F$  yang diperoleh dari kaidah tangan kanan kedua.

contoh;

1. Sebuah partikel bermuatan listrik bergerak memasuki medan magnetik dengan arah sumbu  $Z_+$ . Jika arah medan magnet ke sumbu  $X_+$ , maka kemanakah gaya Lorentz yang dialami oleh partikel bermuatan tersebut jika partikel tersebut adalah: (a) proton, (b) elektron
2. Sebuah proton ( $q = 1,6 \times 10^{-19}$ ) melaju dengan kecepatan  $v = 10^7 \hat{j}$  m/s dalam medan magnet  $B = (2,05 \times 10^{-5} \hat{j} - 5,64 \times 10^{-5} \hat{k})$  T. Hitung gaya yang bekerja pada proton itu!

Bentuk lintasan partikel bermuatan dalam suatu medan magnet tergantung pada arah gerak partikel tersebut saat memasuki medan magnetik.

1. Jika partikel bermuatan bergerak **sejajar** terhadap medan magnet, maka lintasan partikel adalah berupa **garis lurus**. Hal ini terjadi karena partikel tidak mengalami gaya ( $F = 0$ ) akibat  $\theta = 0^\circ$  sehingga  $\sin\theta = 0$
2. Jika partikel bermuatan bergerak **tegak lurus** terhadap medan magnet, maka lintasan partikel adalah berupa **lingkaran** dengan jari-jari lintasannya diberikan oleh;

$$R = \frac{mv}{qB} \quad (15)$$

3. Jika partikel bermuatan bergerak dengan **membentuk sudut** terhadap medan magnet, maka lintasan partikel adalah berupa **heliks**

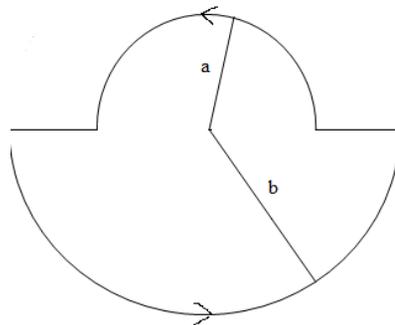
latihan;

1. Buku halaman 122 nomor 2 (a)
2. Suatu partikel bermuatan 0,04 C bergerak sejajar dengan kawat berarus listrik 10 A. Jika jarak partikel ke kawat 5 cm, kelajuan partikel 5 m/s dan  $\frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7}$  T m/A, tentukan gaya yang dialami partikel!
3. Sebuah partikel bermuatan listrik bergerak memasuki medan magnet sehingga membentuk lintasan berupa lingkaran dengan jari-jari 10 cm. Jika partikel lain bergerak dengan laju 1,2 kali partikel pertama, maka jari-jari lingkarannya 20 cm. Perbandingan massa partikel pertama dan partikel kedua adalah...

# TUGAS I

Kerjakan soal-soal berikut, dikumpulkan minggu depan!

1. Buku halaman 122 nomor 2
2. Buku halaman 122 nomor 3
3. Buku halaman 122 nomor 4
4. Buku halaman 122 nomor 6
5. Buku halaman 122 nomor 7
6. Tentukan kuat medan magnetik pada dua loop setengah lingkaran sepusat berikut jika  $a = 6$  cm dan  $b = 18$  cm serta kuat arus yang mengalir  $4,5$  A!



7. Solenoida dengan panjang  $b$  dan toroida yang berjari-jari  $a$  memiliki jumlah lilitan yang sama dan dilalui arus yang sama besar. Berapakah perbandingan induksi magnetik di pusat solenoida dan toroida?
8. Hitung besar gaya yang bekerja pada seutas kawat dengan panjang  $0,1$  m yang dilalui arus  $10$  A jika kawat tersebut; (a) tegak lurus, (b) miring  $30^\circ$ , (c) sejajar dengan medan magnetik  $10^{-2}$  T!