

# GSLC 2

## 1. Jelaskan istilah/pengertian berikut:

### a. Medan Magnet

Medan magnet adalah wilayah atau area di sekitar suatu benda magnetik, kawat berarus listrik, atau partikel bermuatan yang bergerak, di mana gaya magnetik dapat dirasakan oleh partikel bermuatan lainnya atau bahan magnetik. Medan ini adalah besaran vektor, artinya memiliki besar dan arah.

Medan magnet dilambangkan dengan huruf **B**, dan satuannya dalam Sistem Internasional (SI) adalah **Tesla (T)**. Secara visual, medan magnet sering digambarkan dengan garis-garis gaya magnetik, yang keluar dari kutub utara dan masuk ke kutub selatan magnet.

Contohnya, medan magnet bumi menyebabkan jarum kompas selalu menunjuk ke arah utara, karena jarum kompas itu merespons medan magnet Bumi.

Secara matematis, medan magnet dapat dihasilkan dari arus listrik menggunakan hukum Biot–Savart atau hukum Ampere. Hubungan gaya magnetik  $\mathbf{F}$  terhadap medan magnet diberikan oleh hukum Lorentz:

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

yang menunjukkan bahwa partikel bermuatan  $q$  yang bergerak dengan kecepatan  $v$  akan mengalami gaya magnetik yang tegak lurus terhadap arah geraknya dan arah medan  $B$ .

---

### b. Fluks Magnetik (Magnetic Flux)

Fluks magnetik menggambarkan seberapa banyak garis-garis medan magnet yang menembus suatu permukaan. Besarnya fluks magnetik tergantung pada kuat medan magnet, luas permukaan, dan sudut antara arah medan dan permukaan tersebut.

Rumus fluks magnetik:

$$\Phi_B = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

dengan:

- $\Phi B$  = fluks magnetik (satuan Weber, Wb)
- $B$  = medan magnet (Tesla)
- $A$  = luas permukaan ( $m^2$ )
- $\theta$  = sudut antara arah medan magnet dan normal permukaan

Jika medan magnet tegak lurus terhadap permukaan ( $\theta=0^\circ$ ), maka  $\cos\theta=1$  dan fluks maksimum. Bila sejajar ( $\theta=90^\circ$ ), fluks menjadi nol.

Konsep ini sangat penting dalam **induksi elektromagnetik**, di mana perubahan fluks magnetik dalam waktu menyebabkan munculnya tegangan listrik (menurut Hukum Faraday).

---

### c. Hukum Biot–Savart

Hukum Biot–Savart menjelaskan cara menghitung medan magnet yang dihasilkan oleh elemen kecil kawat yang dialiri arus. Hukum ini mirip dengan hukum Coulomb pada medan listrik, namun untuk kasus medan magnet.

Rumusnya:

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I d\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{r^3}$$

di mana:

- $dB$  = medan magnet kecil pada titik tertentu
- $\mu_0$  = permeabilitas vakum ( $4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$ )
- $I$  = arus listrik dalam kawat
- $d\mathbf{l}$  = elemen panjang kawat
- $\mathbf{r}$  = vektor posisi dari elemen kawat ke titik pengamatan
- $\times$  = perkalian vektor silang

Hukum ini menyatakan bahwa medan magnet  $B$  pada suatu titik berasal dari kontribusi seluruh elemen kecil kawat pembawa arus, tergantung pada posisi dan arah arus.

---

#### d. Hukum Ampere (Ampere's Law)

Hukum Ampere adalah hukum dasar dalam elektromagnetisme yang menyatakan bahwa integrasi garis medan magnet  $B$  sepanjang lintasan tertutup berbanding lurus dengan total arus listrik  $I$  yang menembus area yang dilingkupi lintasan tersebut.

Rumus matematisnya:

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I_{\text{enclosed}}$$

Artinya, medan magnet dapat dihitung dengan menjumlahkan seluruh komponen medan magnet sepanjang lintasan tertutup.

Hukum Ampere sangat berguna untuk menghitung medan magnet pada geometri simetris seperti:

- Kawat panjang lurus
- Solenoida
- Toroida

Contohnya, untuk kawat lurus panjang yang dialiri arus  $I$ , medan magnet di jarak  $r$  dari kawat adalah:

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

---

#### e. Amperean Loop

Amperean loop adalah jalur tertutup imajiner yang digunakan dalam penerapan Hukum Ampere untuk menghitung medan magnet. Jalur ini dipilih secara strategis berdasarkan simetri sistem (misalnya lingkaran untuk kawat lurus, persegi panjang untuk solenoida).

Pemilihan Amperean loop yang tepat sangat penting agar medan magnet  $B$  memiliki arah dan besar yang konstan di sepanjang jalur, sehingga integral lebih mudah dihitung.

Misalnya, untuk kawat lurus panjang, Amperean loop berbentuk lingkaran konsentris dengan kawat, karena medan magnet di setiap titik pada lingkaran itu memiliki besar yang sama dan tegak lurus terhadap dl.

---

## f. Solenoida

Solenoida adalah kumparan kawat yang dililit rapat membentuk silinder panjang. Jika dialiri arus listrik, solenoida menghasilkan medan magnet yang **kuat dan seragam di dalamnya**, sedangkan medan di luar sangat lemah dan hampir nol (jika panjangnya cukup besar).

Medan magnet di dalam solenoida:

$$B = \mu_0 n I$$

dengan:

- $B$  = medan magnet
- $n$  = jumlah lilitan per satuan panjang (turns/meter)
- $I$  = arus listrik

Solenoida banyak digunakan dalam elektromagnet, aktuator, dan perangkat elektromekanis lainnya, karena sifatnya yang dapat menghasilkan medan magnet terkendali.

2. Sebuah kamar laboratorium diberi medan magnet yang uniform sebesar 1,5 mT dengan arah vertical ke atas. Sebuah electron dengan energi kinetic 4,7 MeV dimasukkan ke dalam ruangan tersebut dan bergerak secara horizontal dari arah Selatan ke Utara. Bila masa elektron  $9,109 \times 10^{-31}$  kg, berapakah besar gaya magnet yang membelokan arah elektron tersebut? Ke arah mana elektron tersebut dibelokkan? (Abaikan medan magnet bumi).

Penyelesaian:

### 1. Ubah energi kinetik menjadi kecepatan

Energi kinetik elektron:  $E_k = 4,7 \text{ MeV} = 4,7 \times 10^6 \times 1,602 \times 10^{-19} \text{ J} = 7,5294 \times 10^{-13} \text{ J}$

Karena energi kinetik sangat besar, kita harus menggunakan pendekatan relativistik:

- Total energi:  $E = E_k + E_{\text{rest}} = 4,7 \text{ MeV} + 0,511 \text{ MeV} = 5,211 \text{ MeV}$
- Faktor Lorentz:  $\gamma = 5,211/0,511 \approx 10,2$
- Kecepatan relativistik:  $v = c\sqrt{1 - 1/\gamma^2} = 2,985 \times 10^8 \text{ m/s}$

### 2. Hitung gaya magnetik

Menggunakan rumus gaya Lorentz:  $F = qvB \cdot \sin \theta$

Dengan:

- $q = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
- $v = 2,985 \times 10^8 \text{ m/s}$
- $B = 1,5 \text{ mT} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ T}$
- $\theta = 90^\circ$  ( $\sin 90^\circ = 1$ )

$$F = (1,602 \times 10^{-19})(2,985 \times 10^8)(1,5 \times 10^{-3}) \approx 7,17 \times 10^{-14} \text{ N}$$

#### Arah pembelokan:

- Elektron bergerak dari selatan ke utara  
Medan magnet ke atas (vertikal)  
Berdasarkan aturan tangan kanan untuk  $v \times B$  dan muatan negatif elektron  
Elektron dibelokkan ke arah timur

#### Jawaban:

Besar gaya magnetik =  $7,17 \times 10^{-14} \text{ N}$  dengan arah ke timur

3. Seutas kawat tembaga yang panjang dan lurus dibentangkan secara horizontal di atas tanah. Pada kawat tersebut mengalir arus listrik sebesar 20 A. Berapa besar dan arah medan magnet minimum yang diperlukan untuk mengimbangi gaya gravitasi pada kawat tersebut?

Kerapatan linier (masa per satuan panjang) dari kawat tersebut adalah 46,6 gram/m).

**Penyelesaian:**

**1. Identifikasi gaya-gaya yang bekerja**

- Gaya gravitasi ( $F_g = mg$ ) bekerja ke bawah  
Gaya magnetik ( $F_B = ILB$ ) harus bekerja ke atas untuk mengimbangi gravitasi

**2. Gunakan prinsip kesetimbangan gaya**

Agar kawat melayang, jumlah gaya harus nol:

$$F_B = F_g$$

$$ILB = mg$$

dimana:

- $I = 20 \text{ A}$
- $m = 46,6 \text{ g/m} \times L = 0,0466 \text{ kg/m} \times L$
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $L = \text{panjang kawat (akan saling meniadakan)}$

**3. Substitusi nilai dan hitung B**

$$(20)(L)(B) = (0,0466L)(9,81)$$

$$B = \frac{0,0466 \times 9,81}{20} = 0,0228 \text{ T} = 22,8 \text{ mT}$$

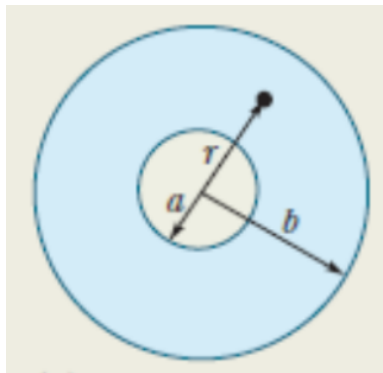
**4. Tentukan arah medan magnet**

- Arus mengalir horizontal  
Gaya magnetik harus ke atas  
Menggunakan aturan tangan kanan, medan magnet harus horizontal dan tegak lurus terhadap kawat

**Jawaban:**

Besar medan magnet minimum yang diperlukan adalah 22,8 mT dengan arah horizontal dan tegak lurus terhadap kawat (jika arus mengalir ke timur, medan magnet harus ke utara, atau sebaliknya).

4. Gambar di bawah ini memperlihatkan penampang sebuah konduktor yang panjang berbentuk silinder dengan jari-jari dalam  $a = 1,0$  cm dan jari-jari luar  $b = 5,0$  cm. Silinder tersebut mengalirkan arus ke arah luar Gambar, dan besarnya rapat arus pada penampang tersebut  $J = cr^2$ , dengan  $c = 3,0 \times 10^6$  A/m<sup>4</sup> dan  $r$  dalam meter.
- a. Berapakah medan magnet pada titik di Gambar dengan jari-jari  $r = 4,0$  cm dari sumbu tengah silinder?
- b. Jelaskan langkah-langkah (tahapan-tahapan) untuk mendapatkan besar medan magnet tersebut



### 1. Identifikasi data:

- Jari-jari dalam ( $a$ ) =  $1,0$  cm =  $0,01$  m
- Jari-jari luar ( $b$ ) =  $5,0$  cm =  $0,05$  m
- Rapat arus  $J = cr^2$ , dengan  $c = 3,0 \times 10^6$  A/m<sup>4</sup>
- $r$  yang ditanyakan =  $4,0$  cm =  $0,04$  m

### 2. Hitung arus yang dilingkupi:

$$\begin{aligned}
 I_{\text{enclosed}} &= \int_a^r J \cdot dA = \int_{0.01}^{0.04} (cr^2)(2\pi r)dr = 2\pi c \int_{0.01}^{0.04} r^3 dr \\
 &= 2\pi(3.0 \times 10^6) \left[ \frac{r^4}{4} \right]_{0.01}^{0.04}
 \end{aligned}$$

$$= 2\pi(3.0 \times 10^6) \left( \frac{0.04^4 - 0.01^4}{4} \right) = 12.0 \text{ A}$$

### 3. Aplikasikan Hukum Ampere:

$$B = \frac{\mu_0 I_{enclosed}}{2\pi r} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(12.0)}{2\pi(0.04)} = 60 \times 10^{-6} \text{ T} = 60 \mu\text{T}$$

### Jawaban yang benar:

- a. Medan magnet pada  $r = 4,0 \text{ cm}$  adalah 60 mikroTesla ( $60 \mu\text{T}$ )
- b. Tahapan penyelesaian:
  1. Identifikasi geometri dan distribusi arus
  2. Hitung arus yang dilingkupi pada radius yang ditanyakan menggunakan integral rapat arus
  3. Aplikasikan Hukum Ampere untuk mendapatkan medan magnet
  4. Substitusi nilai-nilai numerik