

Nama : Delis Amala  
 NPM : 2123025014

### TUGAS ELEKTRODINAMIKA

Tuliskan konsep analog yang bersesuaian

Konsep medan magnet	Konsep analog
Medan magnet oleh muatan bergerak	
$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{qv \times \hat{r}}{r^2} = k \frac{qv \times \hat{r}}{r^2}$	
Medan magnet oleh arus listrik	
Medan magnet pada kawat lurus panjang	
Hukum Biot savart	
$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl \times \hat{r}}{r^2} = k \int \frac{idl \times \hat{r}}{r^2}$	
Hukum Ampere	
$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_c$	
Medan magnet oleh kawat melingkar	
$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi RI}{(R^2 + Z^2)}$	

### JAWAB

Tuliskan konsep analog yang bersesuaian

#### 1. Konsep medan magnet : Medan magnet oleh muatan bergerak

**Konsep Analog** : Gaya Lorentz sebagai gaya yang dilakukan oleh medan magnet pada muatan listrik yang sedang bergerak. Gaya Lorentz pada kawat yang dialiri arus listrik adalah  $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$ . Jika bagian kawat yang dikenai medan magnet adalah  $\Delta\vec{L}$  maka gaya Lorentz yang dihasilkan adalah sebagai berikut

$$\vec{F} = I\Delta\vec{L} \times \vec{B}$$

Telah diketahui bahwa arus listrik sama dengan muatan yang mengalir per satuan waktu, atau  $I = \frac{q}{\Delta t}$  dengan  $\Delta t$  sebagai selang waktu dan q sebagai muatan yang mengalir sehingga

$$\vec{F} = \left(\frac{q}{\Delta t}\right) \Delta\vec{L} \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = q \left(\frac{\Delta\vec{L}}{\Delta t}\right) \times \vec{B}$$

$\frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}$  merupakan elemen panjang per satuan waktu yang merupakan definisi kecepatan muatan sehingga  $\frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t} = \vec{v}$  dan diperoleh konsep gaya Lorentz untuk muatan yang bergerak yaitu

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}.$$

Besarnya gaya Lorentz menjadi  $\vec{F} = qvB \sin\theta$  dengan  $\theta$  adalah sudut antara vector  $\vec{v}$  dan vector  $\vec{B}$ .

Arah gaya Lorentz selalu tegak lurus vektor medan dan tegak lurus vector kecepatan, dan ditentukan oleh tanda muatan. Dengan arah seperti itu maka, jika ada muatan listrik yang bergerak dalam medan magnet maka muatan tersebut selalu membelok dalam arah tegak lurus arah gerak pada saat itu.

## 2. Konsep medan magnet

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{qv \times \hat{r}}{r^2} = k \frac{qv \times \hat{r}}{r^2}$$

**Konsep analog :**

## 3. Konsep medan magnet : Medan magnet oleh arus listrik

**Konsep analog :** Magnet dapat melakukan gaya pada arus listrik jika kawat yang dialiri arus listrik ditempatkan dalam suatu medan magnet akan membuat kawat tersebut mendapat gaya dari magnet. Pada kawat tersebut mengalami besar dan arah gaya sesuai hukum Lorentz

$$\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$$

**Keterangan**

$\vec{F}$  = gaya yang dialami kawat berarus listrik (N)

$I$  = besar arus listrik (A)

$\vec{L}$  = vektor panjang kawat yang dikenai medan magnet (m)

$\vec{B}$  = vektor medan magnet (T)

Karena perkalian silang dua vektor menghasilkan vektor baru yang tegak lurus dua vektor tersebut maka arah gaya Lorentz tegak lurus vector  $\vec{L}$  dan vector  $\vec{B}$ , sehingga jika kita membuat bidang datar di mana vector  $\vec{L}$  dan vector  $\vec{B}$  berada pada bidang tersebut maka vector gaya berarah tegak lurus bidang tersebut. Oleh karena itu, besarnya gaya Lorentz yang dialami kawat berarus listrik dapat ditulis

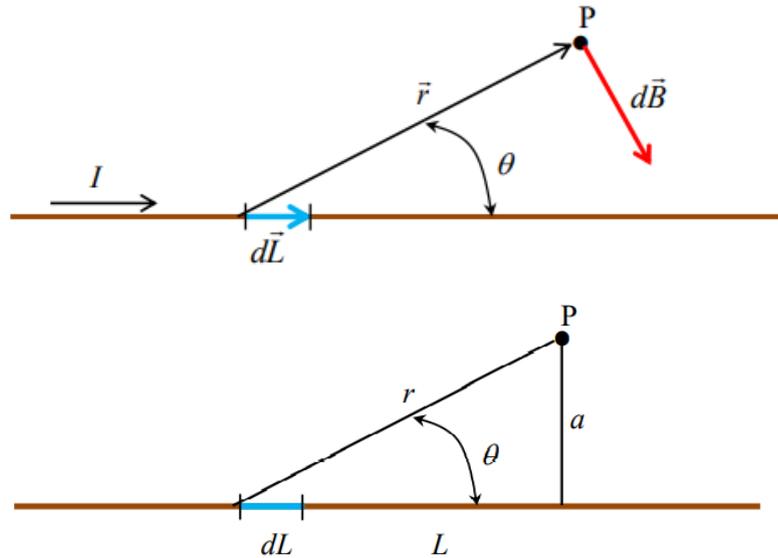
$$F = ILB \sin\theta$$

dengan  $\theta$  adalah sudut antara vector  $\vec{v}$  dan vector  $\vec{B}$ .

## 4. Konsep Medan magnet : Medan magnet pada kawat lurus panjang

**Konsep analog :**

**Berikut ini adalah gambar dari medan magnet pada kawat lurus panjang**



Terlihat pada gambar bahwa  $dL$ ,  $r$ , maupun  $\sin \theta$  merupakan sebuah variabel.

Jarak tegak lurus titik P ke kawat disimbolkan sebagai  $a$  dan proyeksi vector  $\vec{r}$  sepanjang kawat adalah  $L$ , sehingga berlaku pythagoras

$$r = \sqrt{L^2 + a^2}$$

$$\sin \theta = \frac{a}{r}$$

Sehingga

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{dL}{(L^2 + a^2)} \times \frac{a}{\sqrt{L^2 + a^2}}$$

$$B = \frac{\mu_0 I a}{4\pi} \int \frac{dL}{(L^2 + a^2)^{3/2}}$$

Faktor dari kawat yang memiliki panjang tak berhingga maka salah satu ujung berada pada posisi  $-\infty$  dan ujung lain akan berada pada posisi  $+\infty$  sehingga medan magnet yang dihasilkan menjadi

$$B = \frac{\mu_0 I a}{4\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dL}{(L^2 + a^2)^{3/2}}$$

$$B = \frac{\mu_0 I a}{4\pi} \left[ \frac{L}{a^2 \sqrt{L^2 + a^2}} \right]_{-\infty}^{+\infty}$$

$$B = \frac{\mu_0 I a}{4\pi} \left[ \left( \frac{\infty}{a^2 \sqrt{\infty^2 + a^2}} \right) - \left( \frac{\infty}{a^2 \sqrt{(-\infty)^2 + a^2}} \right) \right]$$

$$B = \frac{\mu_0 I a}{4\pi} \left[ \left( \frac{\infty}{a^2 \times \infty} \right) - \left( \frac{\infty}{a^2 \times \infty} \right) \right]$$

$$B = \frac{\mu_0 I a}{4\pi} \left[ \frac{1}{a^2} - \left( -\frac{1}{a^2} \right) \right]$$

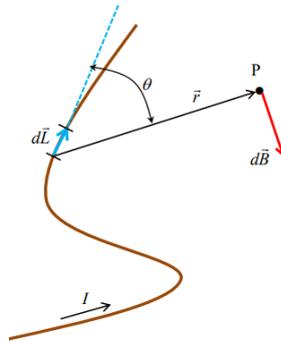
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

Tampak bahwa besar medan magnet yang dihasilkan kawat lurus panjang di

suatu titik sebanding dengan kuat arus dan berbanding terbalik dengan jarak terdekat titik tersebut ke kawat.

## 5. Konsep medan magnet : Hukum Biot savart

Konsep analog :



Gambar elemen kawat yang dialiri arus listrik menghasilkan medan magnet di sekitarnya

Hukum Biot-Savart dapat digunakan untuk menentukan besarnya medan magnet di sekitar arus listrik. Hal ini dapat diilustrasikan seperti gambar di atas. Misalnya terdapat sebuah kawat konduktor yang dialiri arus  $I$  kemudian terdapat elemen kecil kawat dengan panjang  $dL$ . Elemen kawat tersebut dapat dinyatakan dalam notasi vektor  $d\vec{L}$ . Selanjutnya dimisalkan ingin menentukan medan magnet pada posisi  $P$  dengan vektor posisi  $\vec{r}$  terhadap elemen kawat. Kuat medan magnet di titik  $P$  yang dihasilkan oleh elemen  $d\vec{L}$  oleh hukum Biot-Savart adalah

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{d\vec{L} \times \vec{r}}{r^3}$$

dengan  $\mu_0$  disebut permeabilitas magnetik vakum =  $4\pi \times 10^{-7} \text{ T m/A}$ . Medan total yang dihasilkan oleh semua elemen sepanjang kawat diperoleh dengan melakukan integral persamaan di atas sehingga

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int \frac{d\vec{L} \times \vec{r}}{r^3}$$

Jika ingin menghitung besarnya saja maka medan magnet yang dihasilkan seluruh bagian kawat maka persamaannya

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int \frac{dL \sin\theta}{r^2}$$

Dengan  $\theta$  adalah sudut antara elemen dengan vektor jarak yang mengarah ke posisi pengamatan atau sudut tersebut merupakan fungsi jarak sepanjang kawat.

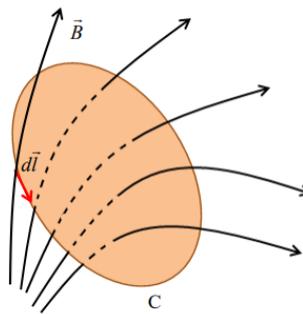
## 6. Konsep medan magnet:

Konsep analog :

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl \times \hat{r}}{r^2} = k \int \frac{idl \times \hat{r}}{r^2}$$

## 7. Konsep medan magnet: Hukum Ampere

Konsep analog : Hukum Biot-Savart merupakan hukum yang umum yang digunakan untuk menghitung kuat medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik. Apapun bentuk konduktor yang dialiri arus, dan berapa pun arus yang mengalir, maka kuat medan magnet di sekitar arus tersebut selalu memenuhi hukum Biot-Savart. Namun, kita tidak selalu mudah menentukan kuat medan magnet di sekitar arus dengan menggunakan hukum Biot-Savart. Untuk bentuk kawat yang rumit, maka integral pada hukum Biot-Savart tidak selalu dapat diselesaikan. Oleh karena itu, perlu dikaji metode alternatif untuk menentukan kuat medan magnet di sekitar arus listrik. Salah satu metode yang cukup sederhana adalah hukum Ampere.



**Gambar Lintasan tertutup sembarang dalam ruang yang mengandung medan magnet.**

Misalnya di suatu ruang terdapat medan magnet  $\vec{B}$ . Di dalam ruang tersebut kita buat sebuah lintasan tertutup C yang sembarang seperti gambar di atas. Terdapat elemen lintasan  $d\vec{l}$ .  $\vec{B}$  adalah kuat medan magnet pada elemen lintasan tersebut maka integral perkalian titik  $\vec{B}$  dan  $d\vec{l}$  dalam lintasan tertutup C memenuhi persamaan:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I$$

Dengan

$\sum I$  = jumlah total arus yang dilingkupi C

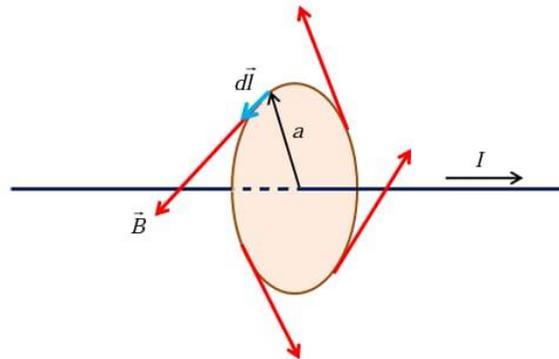
$\oint$  = menyatakan bahwa integral harus dikerjakan pada sebuah lintasan tertutup.

Persamaan tersebut dikenal dengan hukum Ampere dalam bentuk integral. Bentuk lain hukum Ampere yang ekuivalen dengan persamaan tersebut adalah bentuk diferensial.

## 8. Konsep medan magnet : $\oint B \cdot dl = \mu_0 I_c$

Konsep analog : Hukum Ampere yang telah diperoleh pada konsep analog soal ke-7 dapat digunakan untuk mencari kuat medan listrik di sekitar kawat lurus

panjang. Untuk kawat lurus panjang, lintasan yang memenuhi kriteria di atas adalah sebuah lingkaran yang sumbunya berimpit dengan kawat tersebut seperti pada gambar di bawah.



Gambar Lintasan ampere di sekitar kawat lurus panjang adalah lingkaran dengan sumbu berimpit dengan kawat

Terdapat beberapa informasi yang perlu diperhatikan, yaitu berdasarkan aturan tangan kanan, medan magnet selalu menyinggung lintasan serta elemen vektor  $\vec{dl}$  juga menyinggung lintasan. Jadi pada titik-titik di lintasan ampere, vector  $\vec{B}$  dan  $\vec{dl}$  selalu sejajar sehingga sudut  $\theta$  antara  $\vec{B}$  dan  $\vec{dl}$  nol sehingga,

$$\vec{B} \cdot \vec{dl} = B dl \cos \theta = B dl \cos 0^\circ = B dl$$

dan

$$\oint_s \vec{B} \cdot \vec{dl} = \oint_s B \cdot dl$$

Karena pada tiap titik di lintasan besar medan magnet konstan, maka B dapat ditarik keluar dari integral, sehingga

$$\begin{aligned} \oint_s B \cdot dl &= B \oint_s dl \\ &= B \times (\text{keliling lingkaran}) \\ dl &= B \times (2\pi a) \end{aligned}$$

Karena yang dilingkupi lintasan Ampere hanya satu kawat, dan kawat tersebut dialiri arus I, maka

$$\sum I = I$$

Kemudian substitusi persamaan-persamaan di atas ke dalam persamaan  $\oint_s \vec{B} \cdot \vec{dl} = \mu_0 \sum I$  sehingga

$$B \times (2\pi a) = \mu_0 I$$

atau

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

## 9. Konsep medan magnet: Medan magnet oleh kawat melingkar

Konsep analog : Lingkaran atau cincin adalah bentuk geometri lain yang memungkinkan untuk menentukan medan magnet menggunakan hukum Biot-Savart. Misalkan sebuah cincin dengan jari-jari  $a$  dialiri arus  $I$  dan ingin menentukan kuat medan magnet sepanjang sumbu cincin pada jarak  $b$  dari pusat cincin. Besarnya medan magnet di titik  $P$  yang dihasilkan oleh elemen cincing sepanjang  $dL$  adalah

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{dL \sin \theta}{r^2}$$

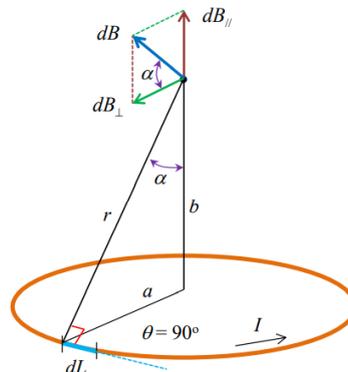
$dL$  selalu tegak lurus  $r$  sehingga  $\theta = 90^\circ$  atau  $\sin \theta = 1$ . Dengan demikian persamaan menjadi

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{dL}{r^2}$$

$dB$  dapat diuraikan atas dua komponen yang saling tegak lurus, yaitu komponen tegak lurus dan sejajar sumbu. Besarnya nilai komponen-komponen tersebut adalah

$$dB_{\perp} = dB \cos \alpha$$

$$dB_{\parallel} = dB \sin \alpha$$



**Gambar Medan magnet di sumbu cincin yang dihasilkan oleh elemen pada cincin**

Ke dua komponen tersebut saling meniadakan, sehingga untuk menentukan kuat medan total dilakukan dengan membuat integral pada komponen yang sejajar sumbu saja. Besar medan total menjadi

$$B = \int dB_{\parallel} = \int dB \sin \alpha$$

$$= \int \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{dL}{r^2} \sin \alpha$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{r^2} \sin \alpha \int dL$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{r^2} \sin \alpha (2\pi a)$$

Dari gambar diketahui bahwa  $r^2 = a^2 + b^2$  dan  $\sin \alpha = a/r$  sehingga

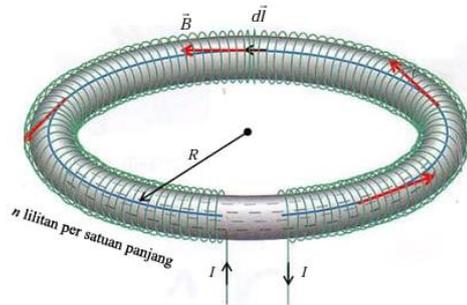
$$B = \frac{\mu_0 I}{2a} \frac{a^3}{(a^2 + b^2)^{3/2}}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{2a} \frac{1}{[1 + (b/a)^2]^{3/2}}$$

Untuk kasus khusus titik di pusat lingkaran, kita dapatkan  $b = 0$  sehingga

$$B = \frac{\mu_0 I}{2a}$$

10. Konsep medan magnet:  
 Konsep analog :  $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi R I}{(R^2 + Z^2)}$



Jumlah lilitan per satuan panjang yang dimiliki toroid dimisalkan sebagai  $n$  dan arus yang mengalir adalah  $I$ . Untuk menentukan kuat medan magnet di dalam rongga toroid maka diperlukan untuk membuat lintasan Ampere berbentuk lingkaran yang melalui rongga toroid seperti gambar di atas. Jika jari-jari toroid adalah  $R$  maka keliling toroid adalah

$$K = 2\pi R$$

Sepanjang lintasan Ampere, vektor  $\vec{B}$  dan  $d\vec{l}$  selalu sejajar sehingga sudut  $\theta$  antara  $\vec{B}$  dan  $d\vec{l}$  adalah nol sehingga

$$\vec{B} \cdot d\vec{l} = B dl \cos \theta = B dl \cos 0^\circ = B dl$$

Maka

$$\oint_s \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint_s B dl$$

$$= B \oint_s dl$$

$$= B \times (\text{keliling lingkaran})$$

$$= B \times (2\pi R)$$

Jumlah lilitan yang dilingkupi lintasan Ampere adalah  $N$  maka jumlah arus yang dilingkupi lintasan ini adalah

$$\sum I = NI = 2\pi R n I$$

Substitusikan persamaan-persamaan di atas ke dalam persamaan  $\oint_s \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I$

maka diperoleh

$$B \times (2\pi R) = \mu_0 (2\pi R n I)$$

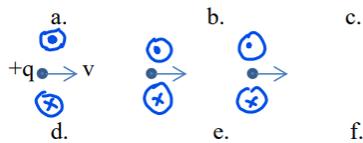
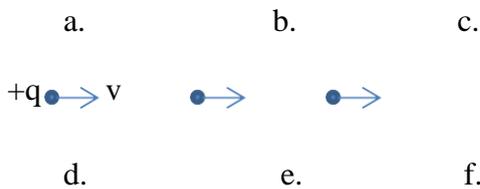
atau

$$B = \mu_0 n I$$

**JAWABAN:**

**Menjelaskan konsep medan magnet oleh muatan bergerak**

1. Perhatikan animasi gerakan muatan berikut ini (Vno.1), gambar medan magnet pada titik a, b, c, d, e, dan f. (tulis tanda titik (.), jika arahnya menuju kita, dan tanda silang (x) jika arahnya menjauhi kita.



**JAWAB**

2. Jika muatan yang bergerak adalah +q dengan kecepatan v, dan  $k = \frac{\mu_0}{4\pi}$ , dengan menggunakan analogi medan listrik oleh muatan titik besarnya medan listrik direpresentasikan  $\vec{E} = k \frac{q}{r^2} \hat{r}$ , maka besarnya medan magnet oleh muatan yang bergerak direpresentasikan

**JAWAB**

$$k = \frac{\mu_0}{4\pi}$$

$$\vec{E} = k \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

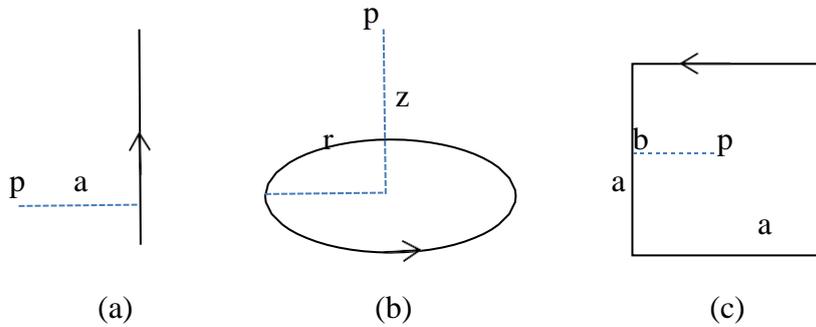
$$\vec{E} = \vec{v} \vec{B}$$

substitusi

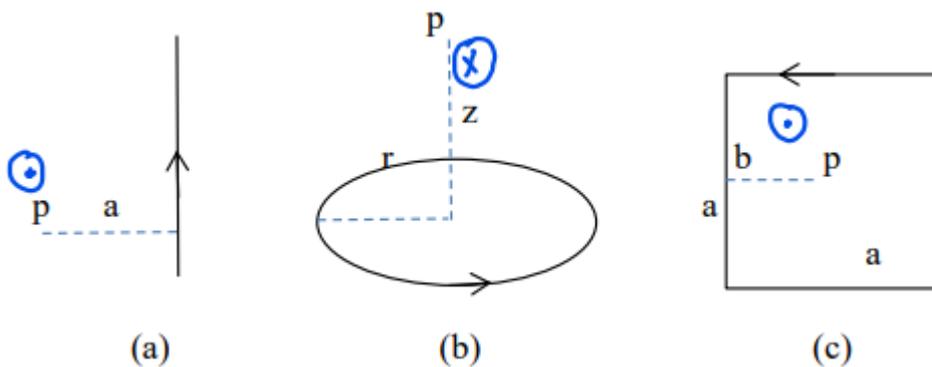
$$\vec{v} \vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q v}{r^2} \hat{r}$$

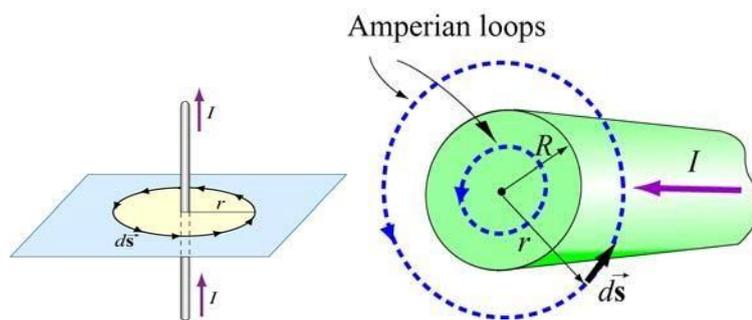
3. Sekarang perhatikan gambar animasi berikut ini (Vno.2). Gunakan kaidah tangan kanan untuk menggambarkan medan magnet pada titik p yang ditimbulkan oleh kawat lurus panjang, kawat melingkar, dan kawat berbentuk bujur sangkar yang dialiri arus listrik.



**JAWAB**



- a) formuliskan medan magnet pada titik p oleh kawat lurus panjang, gunakan hukum Ampere!



$$\oint B \cdot dl = \mu_0 I_c$$

$$\oint B \cdot dl = B \oint ds$$

$$= B \times (\text{keliling lingkaran})$$

$$dl = B \times (2\pi a)$$

substitusi persamaan-persamaan di atas ke dalam persamaan  $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \Sigma I$

sehingga

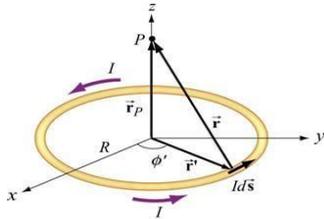
$$B \times (2\pi a) = \mu_0 I$$

atau

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

Representasikan secara verbal persamaan yang anda peroleh!

- b) Formulasikan medan magnet pada titik p sejauh z di atas kawat melingkar, gunakan hukum Biot Savart.



$$dB = \frac{\mu_0 i dl \sin\theta}{4\pi r^2}, \quad \sin\theta = \frac{R}{r}$$

$$B = \frac{\mu_0 k_i R}{r^2} \int_0^{\theta} dl$$

B = .....

Berapa besarnya medan magnet pada pusat lingkaran atau pada  $z = 0$ ?

B = .....

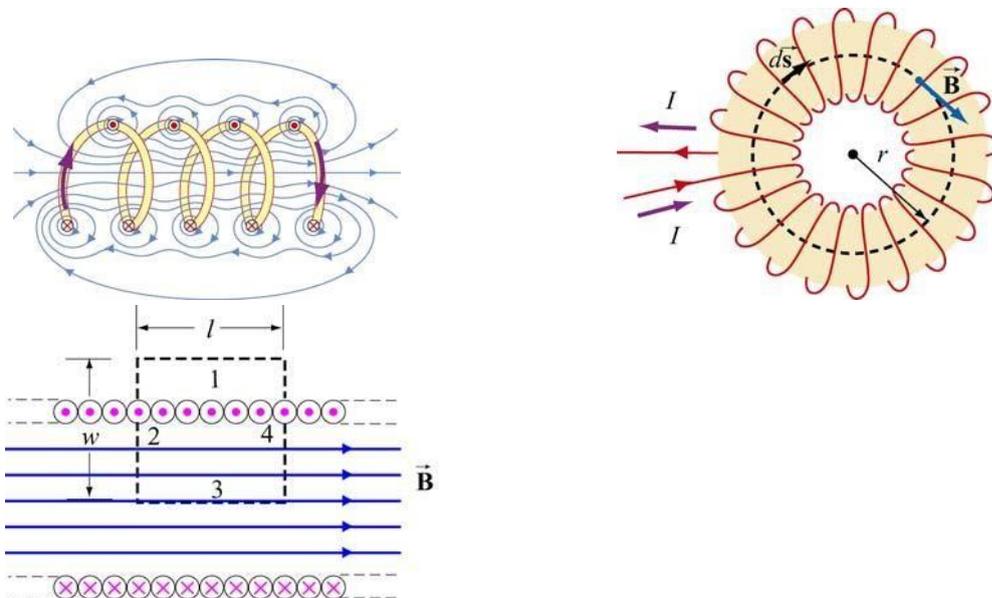
- c) Formulasikan besarnya medan magnet yang ditimbulkan oleh kawat yang berbentuk persegi panjang yang dialiri arus listrik  $I$  (gambar c).

---



---

4. Perhatikan gambar solenoida dan toroida di bawah ini!



Dengan menerapkan hukum Ampere, formulasikan persamaan medan magnet yang ditimbulkan oleh solenoida.

---



---



---

**JAWAB:** Jumlah lilitan per satuan panjang adalah  $n$  dengan kawat solenoida dialiri arus  $I$ . Untuk menentukan kuat medan magnet di dalam solenoida maka membuat lintasan ampere berupa segiempat. Integral pada lintasan tertutup dapat dipecah menjadi jumlah integral pada tiap-tiap sisi lintasan segiempat, yaitu

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int_i \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int_{ii} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int_{iii} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int_{iv} \vec{B} \cdot d\vec{l}$$

Lintasan 1 :

Pada lintasan ini kuat medan magnet nol karena berada di luar solenoida sehingga

$$\int_i \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int_i 0 \cdot d\vec{l} = 0$$

Lintasan 2:

Potongan yang berada di luar solenoida memiliki medan magnet nol sedangkan potongan yang ada di dalam solenoida memiliki medan magnet yang tegak lurus lintasan, sehingga

$$\begin{aligned}\int_{ii} \vec{B} \cdot d\vec{l} &= \int_{pot\ luar} \vec{B} \cdot d\vec{l} + \int_{pot\ dalam} \vec{B} \cdot d\vec{l} \\ &= \int_{pot\ luar} 0 \cdot d\vec{l} + \int_{pot\ dalam} B \cdot dl \cos 90^\circ = 0 + 0 = 0\end{aligned}$$

Lintasan 3:

Pada lintasan 3 ini, vector  $\vec{B}$  dan  $d\vec{l}$  selalu sejajar sehingga sudut  $\theta$  antara  $\vec{B}$  dan  $d\vec{l}$  nol, sehingga  $\vec{B} \cdot d\vec{l} = B \cdot dl \cos \theta = B dl \cos 0^\circ = B dl$  maka

$$\begin{aligned}\int_{iii} \vec{B} \cdot d\vec{l} &= \int_{iii} B dl \\ &= B \int_{iii} dl \\ &= B \times (\text{panjang lintasan 3}) \\ &= Bl\end{aligned}$$

Lintasan 4:

Sama dengan lintasan 2 sehingga hasilnya nol

$$\begin{aligned}\int_{iv} \vec{B} \cdot d\vec{l} &= \int_{pot\ luar} \vec{B} \cdot d\vec{l} + \int_{pot\ dalam} \vec{B} \cdot d\vec{l} \\ &= \int_{pot\ luar} 0 \cdot d\vec{l} + \int_{pot\ dalam} B \cdot dl \cos 90^\circ = 0 + 0 = 0\end{aligned}$$

Maka integral pada lintasan tertutup memiliki persamaan

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{l} = 0 + 0 + Bl + 0 = Bl$$

Arus total adalah arus yang mengalir dalam ruas solenoid sepanjang  $\lambda$  dengan jumlah lilitan yang dilingkupi lintasan Ampere adalah  $n\lambda$ . Karena satu lilitan dialiri arus  $I$ , maka jumlah total arus yang dilingkupi lintasan Ampere adalah

$$\Sigma I = nI\lambda$$

Lakukan substitusi persamaan-persamaan di atas ke dalam persamaan  $\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \Sigma I$  maka

$$Bl = \mu_0(nI\lambda)$$

atau

$$B = \mu_0 nI$$

Apakah di luar solenoida terdapat medan magnet? Kenapa?

---

---

---

**JAWAB:** Dibagian luar solenoida terdapat medan magnet tetapi medan magnetnya bersifat lemah karena terdapat gejala saling menghapus atau saling meniadakan antara medan magnet yang berasal dari berbagai bagian di dalam tiap lilitan solenoida.

Apakah di dalam solenoida medan magnetnya seragam?

**JAWAB:** Iya, di dalam solenoida medan magnetnya seragam atau sama kuat.

5. Formulasikan persamaan medan magnet yang ditimbulkan oleh toroida. Apakah di luar toroida terdapat medan magnet? Kenapa?

---



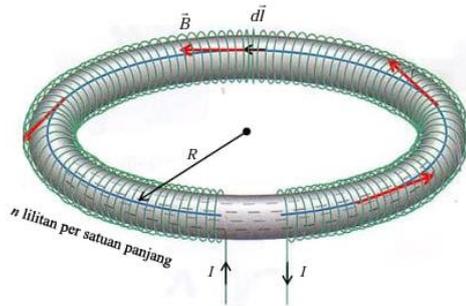
---



---



---



Jumlah lilitan per satuan panjang yang dimiliki toroid dimisalkan sebagai  $n$  dan arus yang mengalir adalah  $I$ . Untuk menentukan kuat medan magnet di dalam rongga toroid maka diperlukan untuk membuat lintasan Ampere berbentuk lingkaran yang melalui rongga toroid seperti gambar di atas. Jika jari-jari toroid adalah  $R$  maka keliling toroid adalah

$$K = 2\pi R$$

Sepanjang lintasan Ampere, vektor  $\vec{B}$  dan  $\vec{dl}$  selalu sejajar sehingga sudut  $\theta$  antara  $\vec{B}$  dan  $\vec{dl}$  adalah nol sehingga

$$\vec{B} \cdot \vec{dl} = B dl \cos \theta = B dl \cos 0^\circ = B dl$$

Maka

$$\begin{aligned} \oint_S \vec{B} \cdot \vec{dl} &= \oint_S B dl \\ &= B \oint_S dl \\ &= B \times (\text{keliling lingkaran}) \\ &= B \times (2\pi R) \end{aligned}$$

Jumlah lilitan yang dilingkupi lintasan Ampere adalah  $N$  maka jumlah arus yang dilingkupi lintasan ini adalah

$$\Sigma I = NI = 2\pi R n I$$

Substitusikan persamaan-persamaan di atas ke dalam persamaan  $\oint_S \vec{B} \cdot \vec{dl} = \mu_0 \Sigma I$  maka diperoleh

$$B \times (2\pi R) = \mu_0 (2\pi R n I)$$

atau

$$B = \mu_0 n I$$

Di luar toroida terdapat medan magnet tetapi medan magnet di luar toroida jika dibandingkan dengan medan magnet di dalam toroida lebih lemah karena medan magnet yang ditimbulkan toroida mempunyai arah melingkar.

6. Perhatikan animasi (V no.3 dan 4) gerakan dua buah kawat yang dialiri arus listrik! perhatikan arah arus pada kawat. Apa yang terjadi pada kedua kawat tersebut?

---

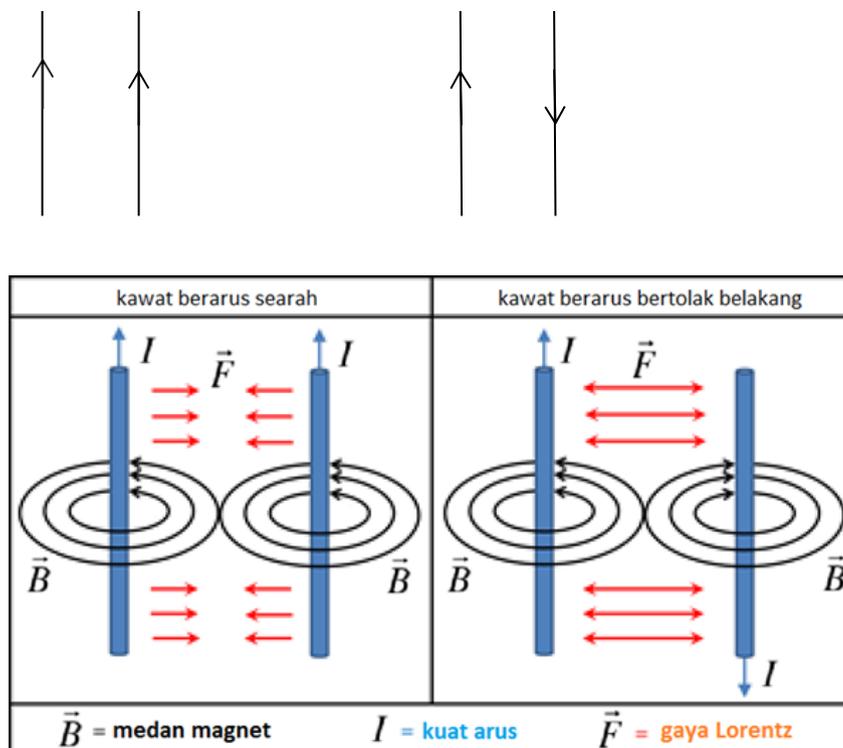


---

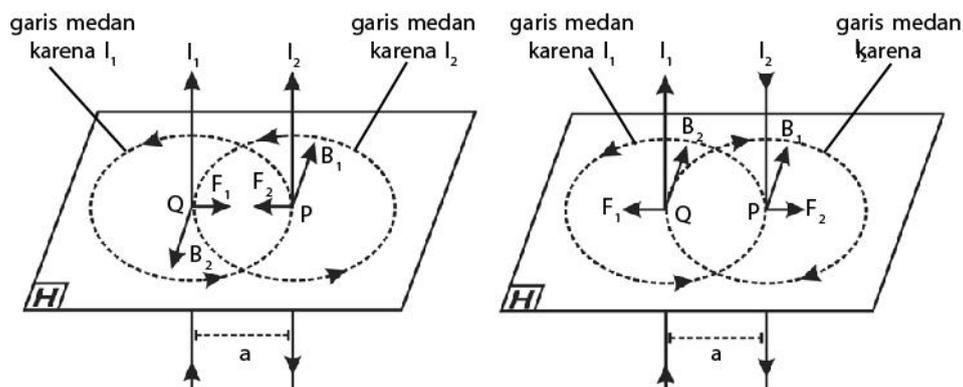


---

7. Gambar medan magnet pada kedua kawat yang dialiri arus listrik!



Atau



Kiri (arus searah); Kanan (Arus berlawanan arah)

8. Apa kesimpulan Anda tentang medan magnet yang ditimbulkan oleh 2 kawat berarus listrik?

---



---



---

**JAWAB:** Jika diperhatikan pada gambar nomor 7 pada dua kawat sejajar yang dialiri arus listrik searah maka arah medan magnet yang ditimbulkan berlawanan arah antara satu dengan yang lainnya. Adapun jika pada 2 kawat sejajar yang dialiri arus listrik berlawanan arah maka medan magnet yang ditimbulkan memiliki arah yang sama.