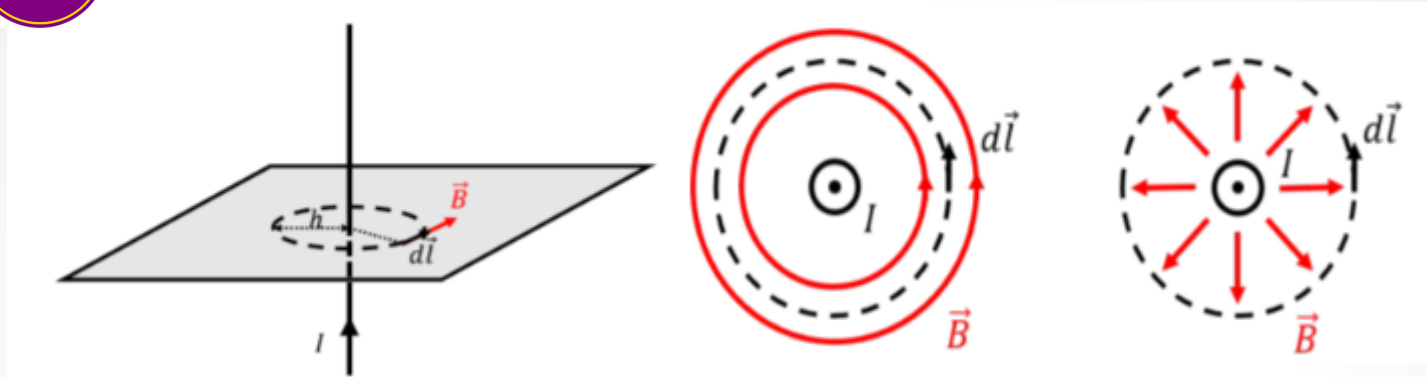




Pertemuan 10

HUKUM BIOT SAVART & HUKUM AMPERE

Dosen pengampu: Hervin Maulina, S.Pd., M.Sc.
MK Medan elektromagnetika

Outline Perkuliahan

1. Hukum Biot-Savart

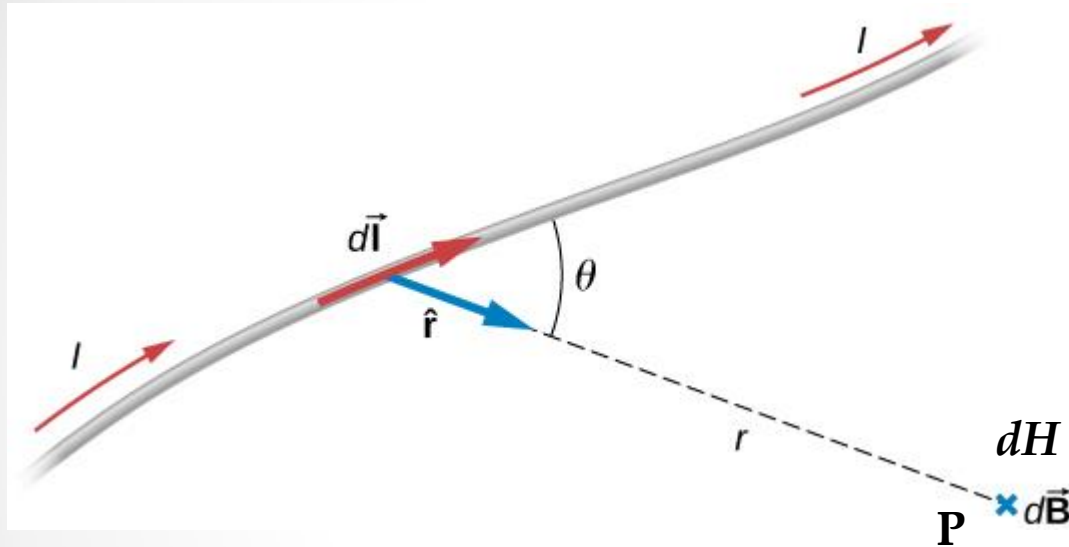
2. Hukum Ampere

3. Medan Magnet kawat melingkar berarus listrik

1. HUKUM BIOT-SAVART



Memahami bagaimana arus listrik menghasilkan medan magnet dan menghitung medan magnet pada titik tertentu.



$$d\vec{H} = \frac{1}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

μ_0 = permeabilitas ruang hampa = $4\pi \times 10^{-7}$ T.m/A

$\vec{B}$ = Medan magnetik

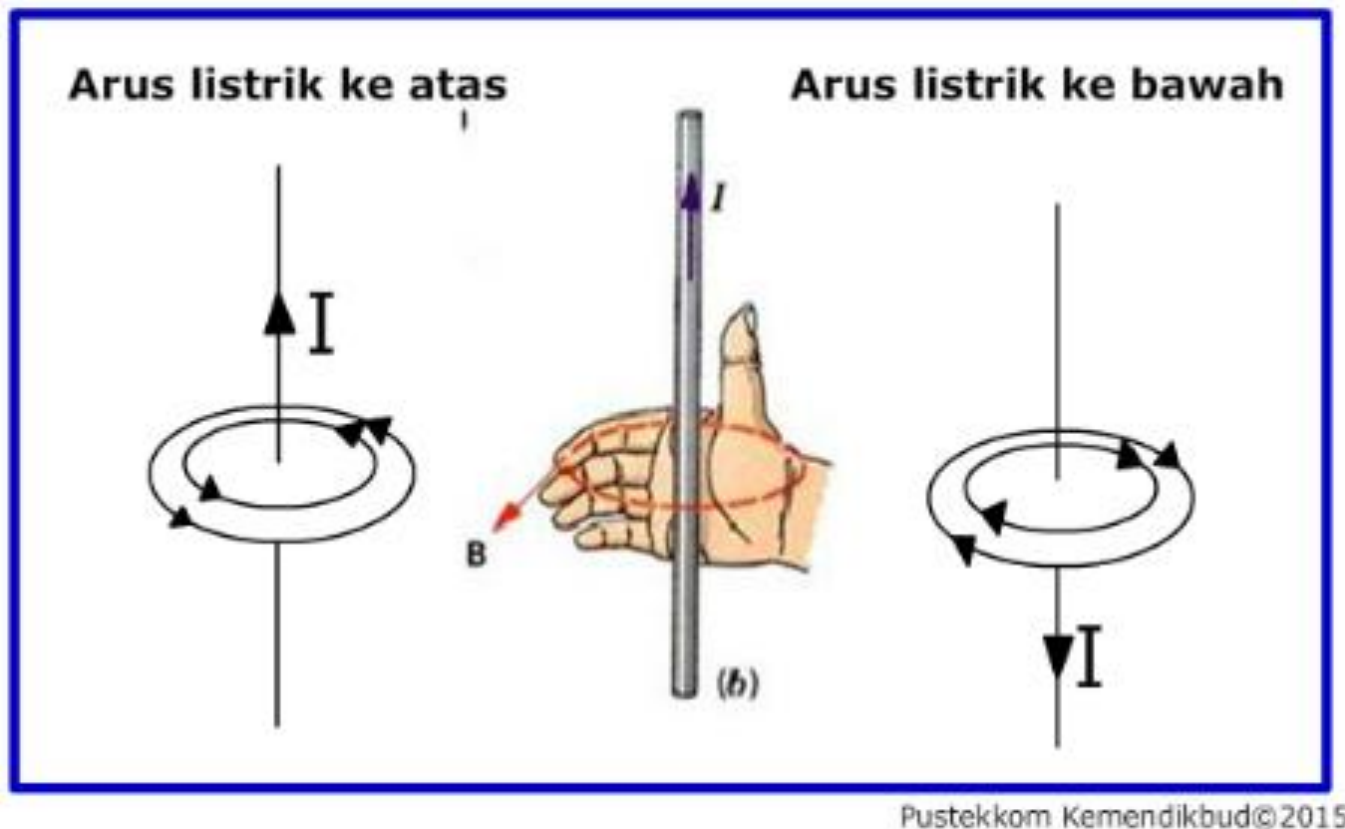
$d\vec{l}$ = elemen panjang

I = arus

r = jarak dari $d\vec{l}$ ke P

$\hat{r}$ = vektor satuan dari $d\vec{l}$ ke P

Arah $\vec{B}$ dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan



Kaidah Tangan Kanan

Besar medan magnet B

$$dH = \frac{1}{4\pi} \frac{I dl \sin\theta}{r^2}$$

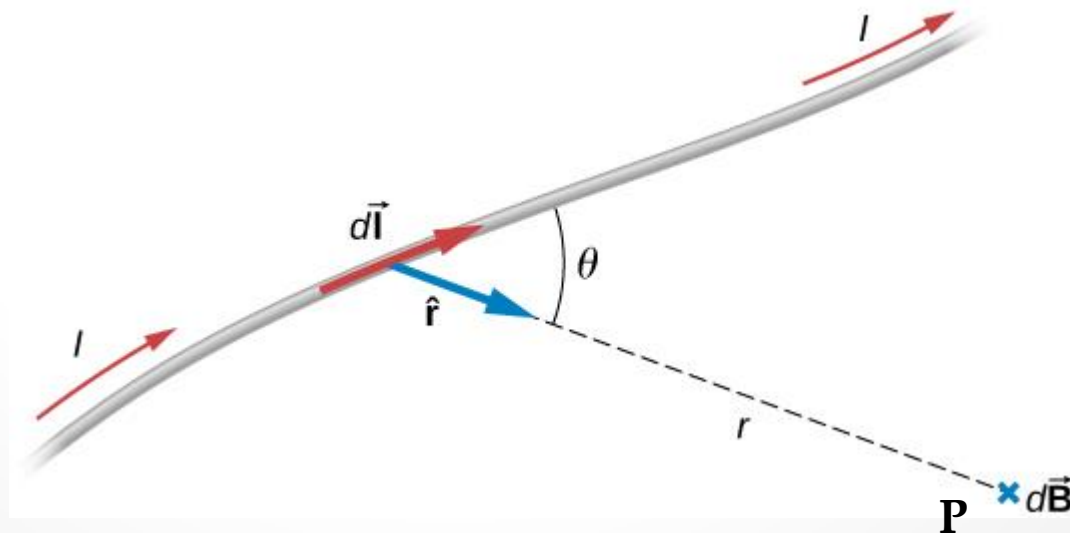
$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I dl \sin\theta}{r^2}$$

Dengan θ : sudut antara $d\vec{l}$ dan $\hat{r}$
 $d\vec{l} \times \hat{r} = dl \sin\theta$

HUKUM BIOT-SAVART

$$dH = \oint \frac{1}{4\pi} \frac{I dl \sin\theta}{r^2}$$

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



Simbol	Nama	Satuan (SI)	Makna Fisik
B	Medan Induksi Magnetik (<i>Magnetic Flux Density</i>)	Tesla (T) = Wb/m ²	Menggambarkan gaya total magnetik yang dialami muatan bergerak atau arus listrik. Termasuk efek dari medium (material).
H	Medan Magnetik (<i>Magnetic Field Intensity</i>)	A/m	Menggambarkan seberapa kuat sumber arus listrik menghasilkan medan magnet, tanpa memperhitungkan sifat material .

BENTUK-BENTUK HUKUM BIOT-SAVART

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

$$d\vec{H} = \frac{1}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

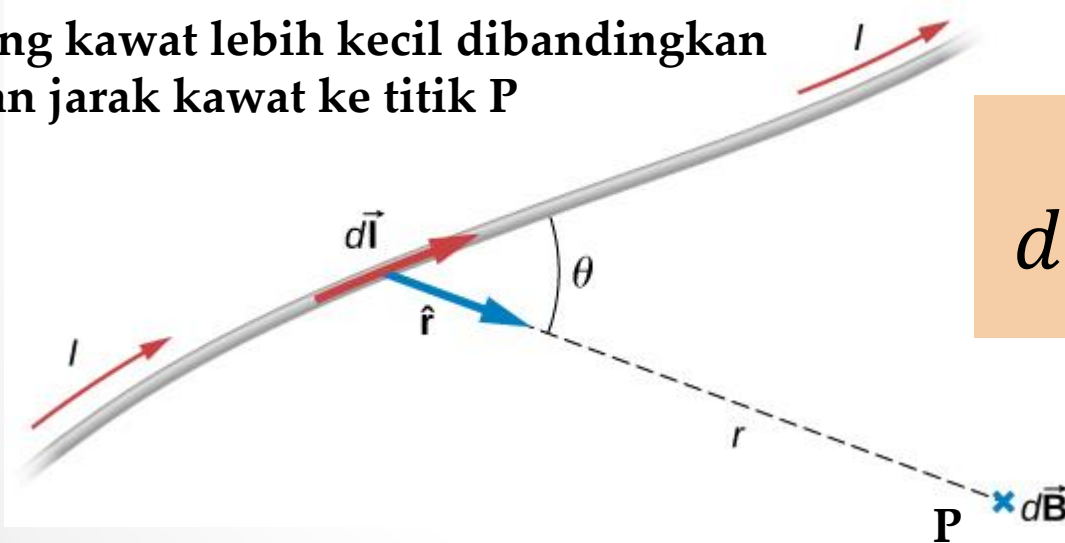
$$dB = \oint \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I dl \sin\theta}{r^2}$$

$$dH = \oint \frac{1}{4\pi} \frac{I dl \sin\theta}{r^2}$$

Makna Fisis Hukum Biot-Savart

1. Sumber medan magnet adalah arus listrik.
2. Medan magnet semakin besar jika: Arus I semakin besar, jarak ke titik pengamatan (r) semakin kecil
3. Arah medan magnet ditentukan oleh aturan tangan kanan: arah ibu jari menunjukkan arah arus (I), dan lengkungan jari menunjukkan arah garis gaya magnet (B).

panjang kawat lebih kecil dibandingkan dengan jarak kawat ke titik P



$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

Bagaimana arus listrik yang mengalir dalam suatu kawat menghasilkan medan magnet di titik tertentu



Soal Latihan 1

Sebuah kawat lurus sepanjang $1,5 \text{ cm}$ membawa arus 3 A . Tentukan **medan magnet di titik P** yang berjarak $0,2 \text{ m}$ dari pusat kawat dan berada pada bidang tegak lurus kawat.



Soal Latihan 2

Sebuah kawat membentuk busur lingkaran 90° ($\pi/2$ rad) dengan jari-jari 8 cm, dialiri arus 5 A. Tentukan **B** di pusat busur.



Soal Latihan 3

Sebuah kawat membentuk **lingkaran penuh** dengan jari-jari **$R = 5 \text{ cm}$** , membawa arus **$I = 2 \text{ A}$** . Hitung **medan magnet di pusat lingkaran**.



Soal Latihan 4

Dua setengah lingkaran $R_1 = 10 \text{ cm}$ dan $R_2 = 20 \text{ cm}$ berada pada bidang yang sama dan membawa arus 2 A searah. Tentukan resultan B di pusat.



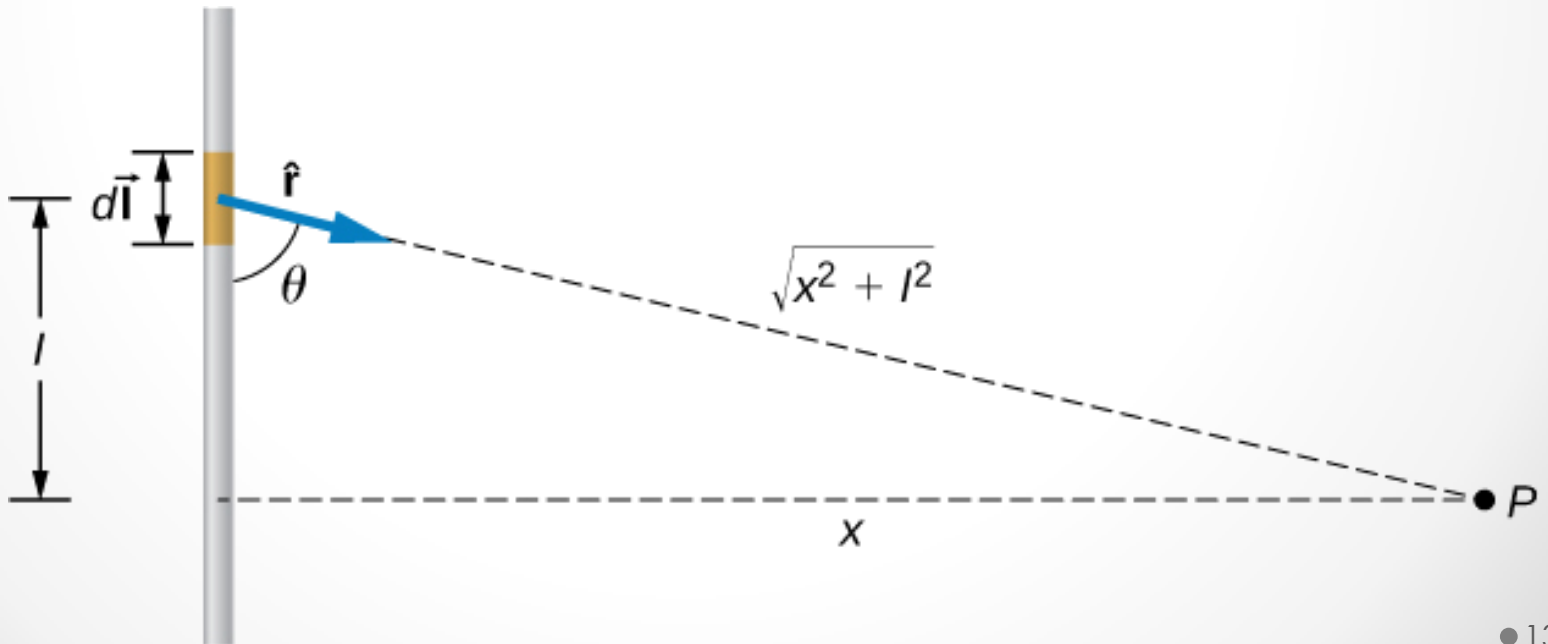
Soal Latihan 5

Gunakan Hukum Biot–Savart untuk menurunkan medan magnet **di titik berjarak r dari kawat lurus panjang** yang membawa arus I .



Soal Latihan 6

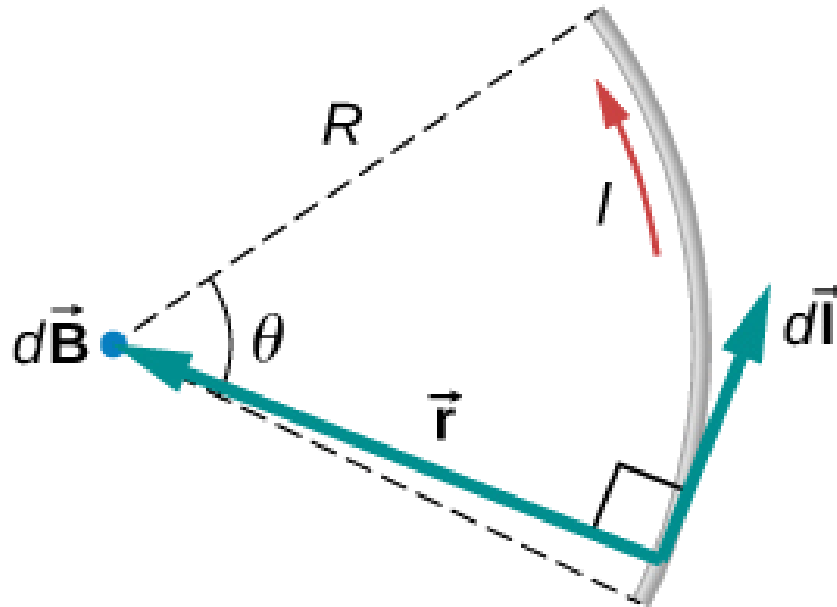
Sebuah kawat pendek sepanjang **1,0 cm** membawa arus **2,0 A** ke arah **vertikal** (lihat Gambar). Bagian lain dari kawat tersebut ditutup (dilindungi), sehingga **tidak berkontribusi terhadap medan magnet** yang dihasilkan. Hitung **medan magnet di titik P**, yang terletak **1 meter** dari kawat ke arah sumbu-x.





Soal Latihan 7

Sebuah kawat membawa arus I dalam bentuk **busur lingkaran** dengan jari-jari R , yang membentang melalui sudut sembarang θ (lihat Gambar). Hitung **medan magnet di pusat busur tersebut**, yaitu di titik P !



Jika awat membentuk **loop berbentuk lingkaran penuh** dengan jari-jari R dan membawa arus I . Berapakah **besar medan magnet di pusat lingkaran tersebut**?

2. HUKUM AMPERE

Menentukan hubungan antara medan magnet dan arus total yang melingkupi lintasan tertutup.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{enc}$$

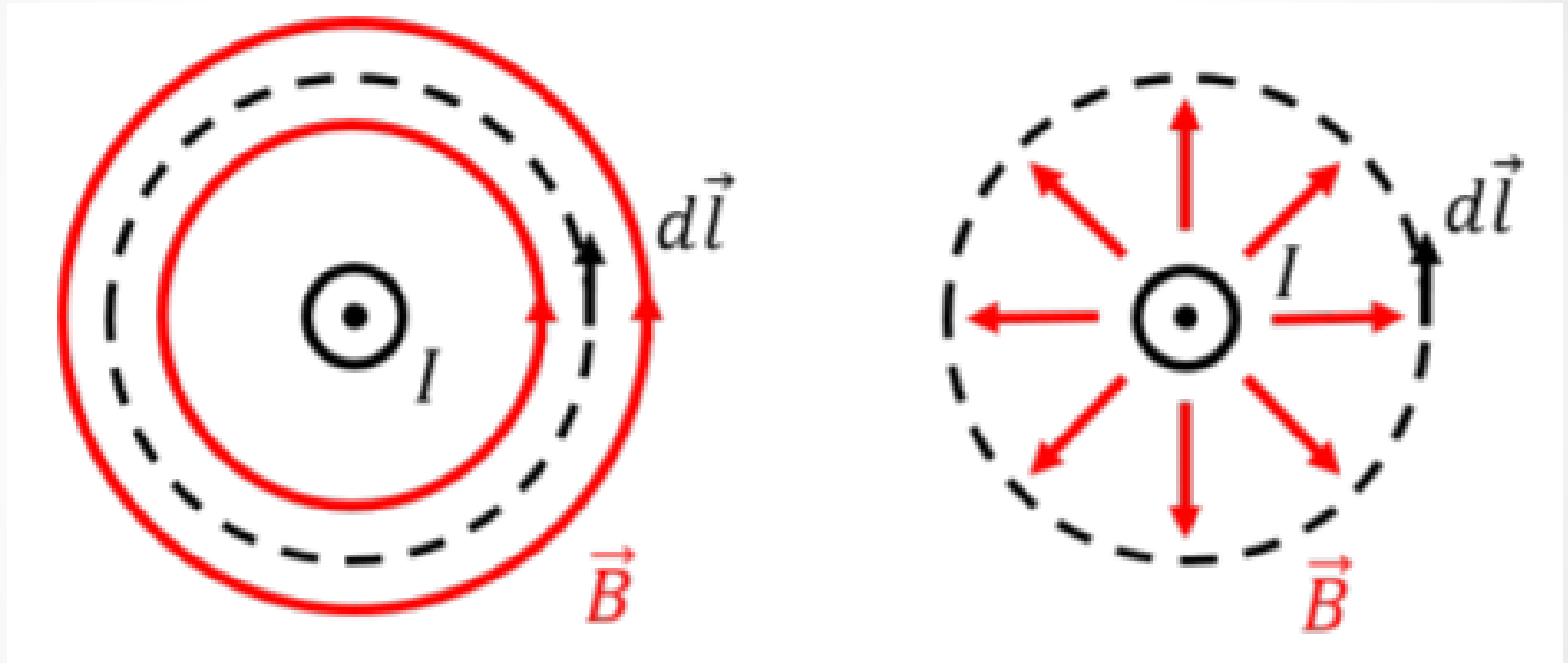
Sudut antara $\vec{B}$ dan $d\vec{l}$ konstan sepanjang lintasan

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint B dl \cos\theta = \cos\theta \oint B dl$$

Besar $\vec{B}$ konstan sepanjang lintasan

$$\cos\theta \oint B dl = B \cos\theta \oint dl$$

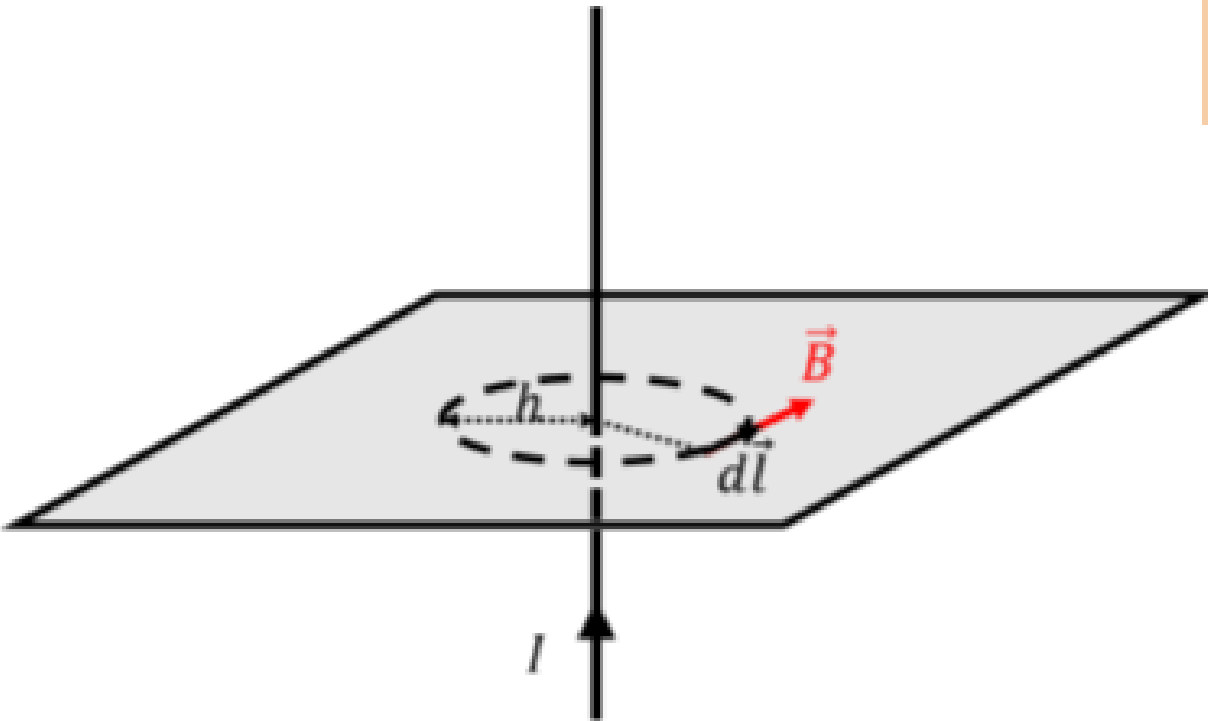
Kabel panjang tak hingga



Kabel panjang tak hingga

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint B dl \cos\theta = B \cos\theta \oint dl = B \cos\theta 2\pi h$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{enc}$$



$$B \cos\theta 2\pi h = \mu_0 I_{enc}$$

$$B = \frac{\mu_0 I_{enc}}{2\pi h}$$

Bentuk Diferensial Hukum Ampere

Dengan teorema Stokes:

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \int_S (\nabla \times \mathbf{B}) \cdot d\mathbf{S}$$

Maka bentuk diferensialnya:

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J}$$

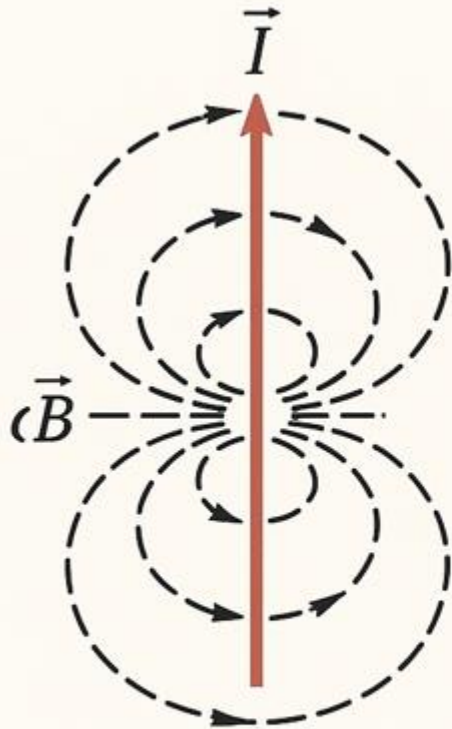
Curl ($\nabla \times \mathbf{B}$) menunjukkan **seberapa kuat dan arah “melingkarnya” medan magnet** di sekitar titik tersebut.

Jika **curl besar** $\rightarrow$ garis-garis medan magnet “berputar rapat” di sekitar titik itu.

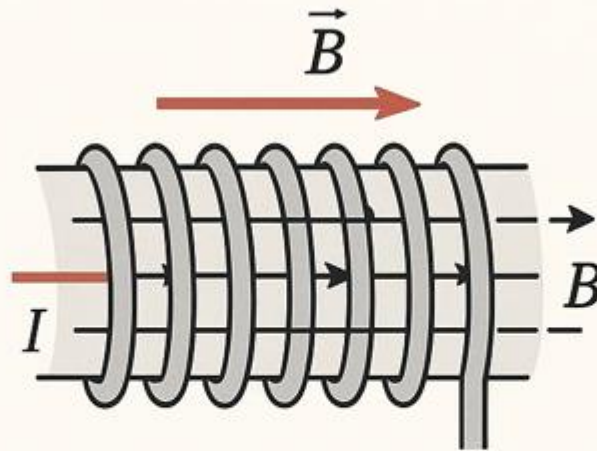
Jika **curl nol** $\rightarrow$ medan magnet tidak membentuk pusaran di daerah tersebut.

Contoh Penerapan Hukum Ampere

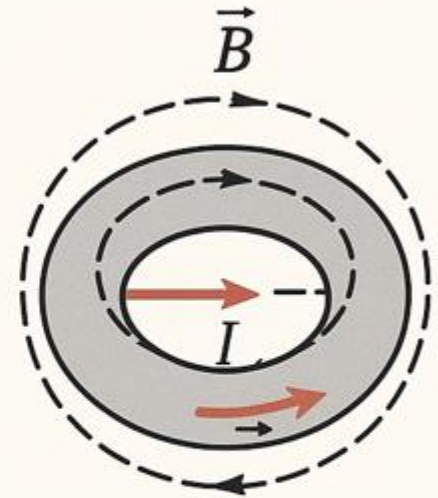
1. Kawat lurus panjang tak hingga
2. Solenoida
3. Toroida



Infinite
Straight Wire



Solenoid

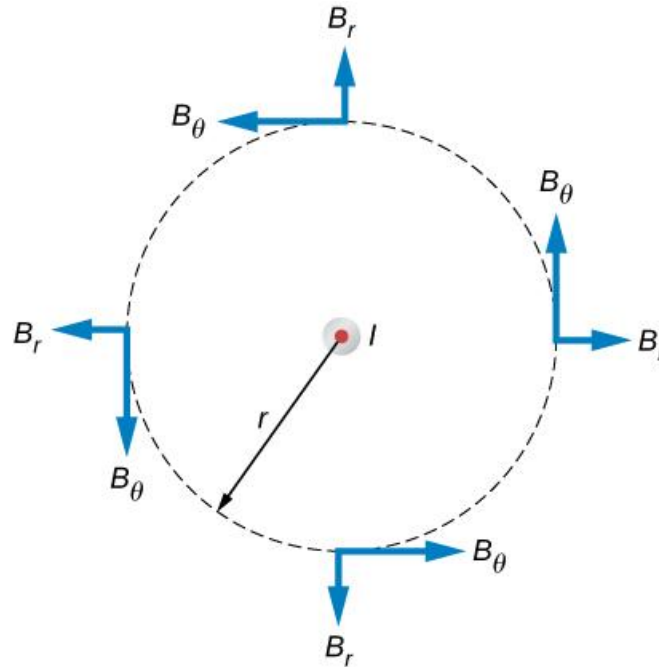


Toroid



Soal Latihan 8

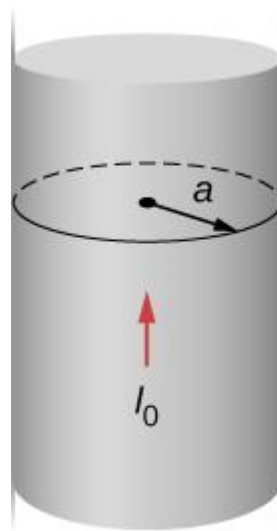
Gunakan hukum Ampere untuk menghitung medan magnet yang dihasilkan oleh arus I pada kawat lurus panjang tak hingga.



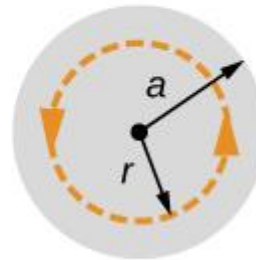


Soal Latihan 9

Jari-jari sebuah kawat lurus panjang tak hingga adalah a , dan kawat menghantarkan arus sebesar I_0 yang tersebar secara seragam pada penampangnya. Hitung besar medan magnet di dalam dan di luar kawat!



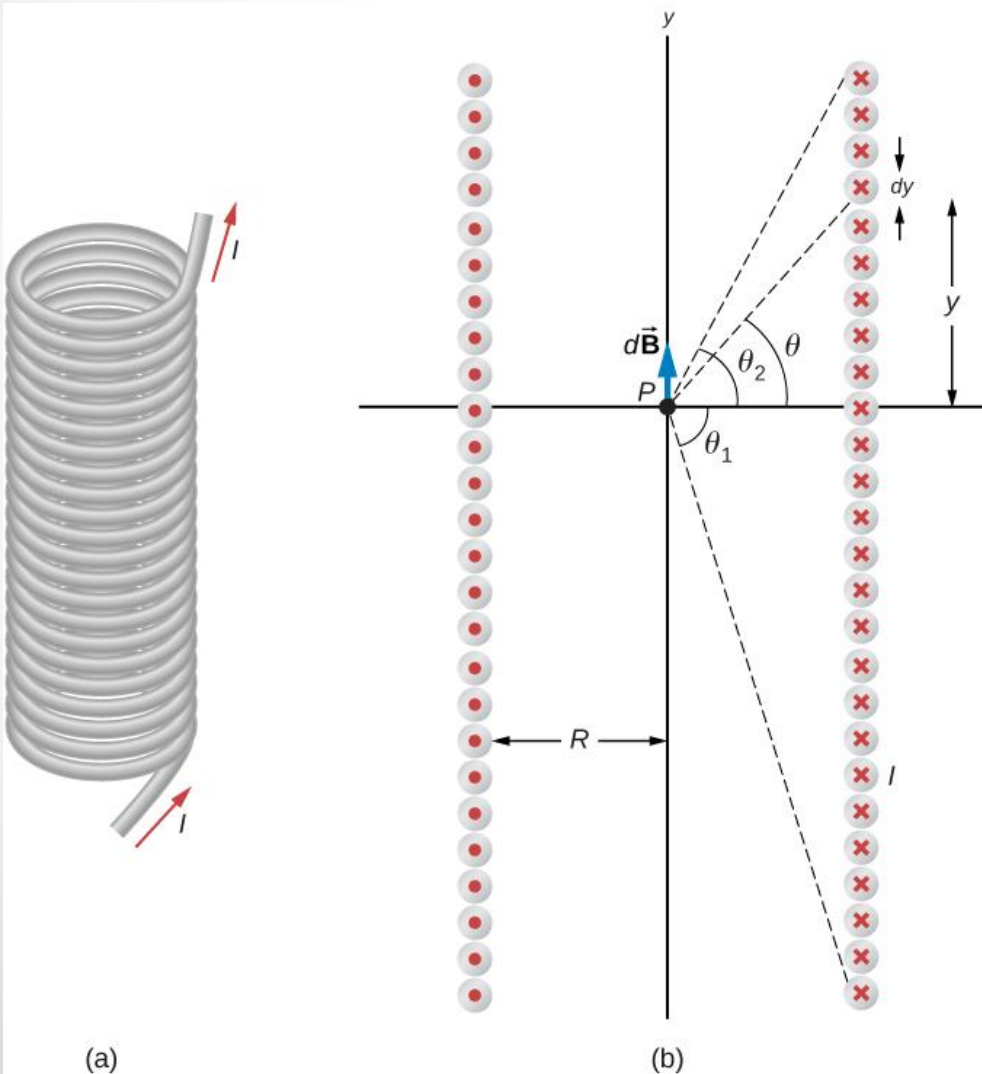
(a)



(b)

Solenoida

Sebuah kawat panjang yang dililit membentuk kumparan heliks disebut solenoida.

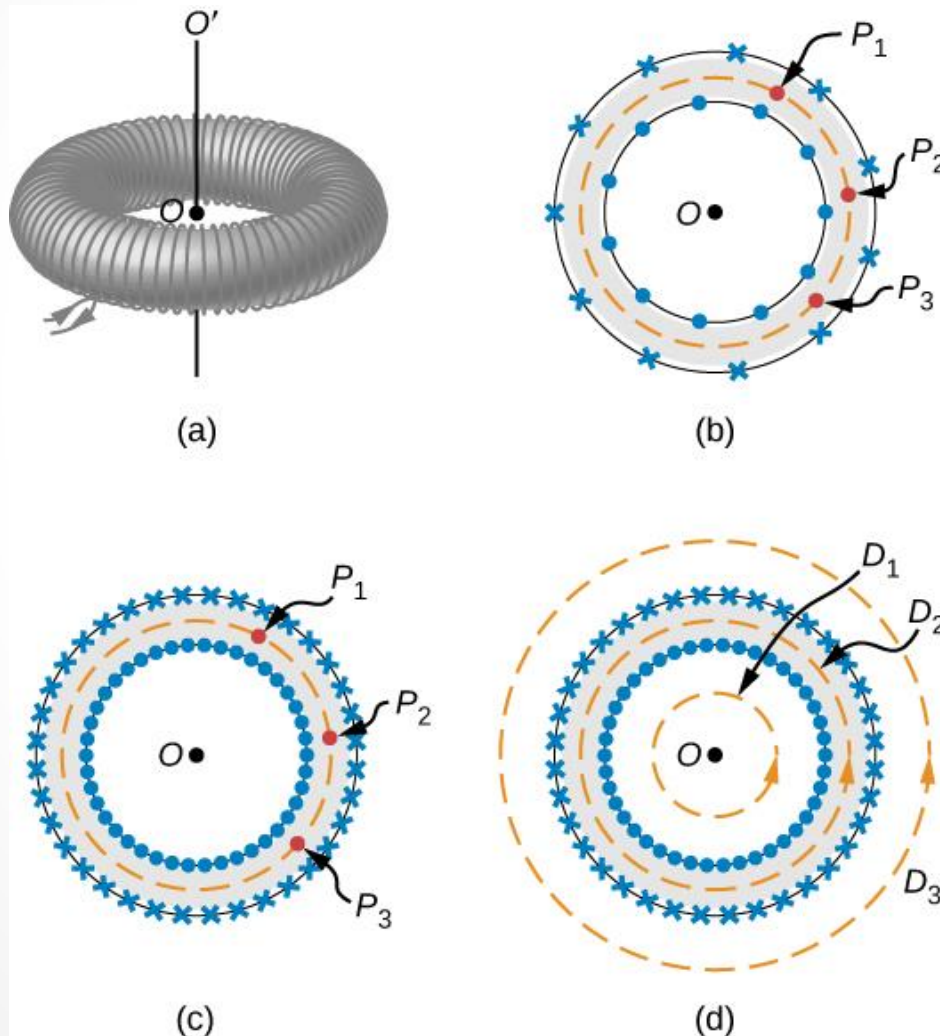


Jumlah lilitan per satuan panjang adalah N/L ; oleh karena itu, jumlah lilitan pada panjang kecil dy adalah $(N/L)dy$ lilitan. Hal ini menghasilkan arus total kecil (arus diferensial) sebesar:

$$dI = \frac{NI}{L} dy$$

Toroida

Kumparan berbentuk donat yang dililit rapat menggunakan satu kawat kontinu (tidak terputus).



TUGAS 2

Dengan menggunakan Hukum Ampere, buktikan bahwa:

- 1) Induksi medan magnet pada solenoida di dalam solenoida besarnya $B = \mu_0 n I$ dengan n adalah jumlah lilitan persatuan panjang!
- 2) Induksi medan magnet pada toroida di dalam dan diluar toroida masing-masing adalah $\frac{\mu_0 N I}{2\pi r}$ dan 0!