KEMAGNETAN

Menu hari ini (2 minggu):

- Medan dan Gaya Magnet

Medan Gravitasi – Listrik

Massa m Muatan q (±)

Menghasilkan:

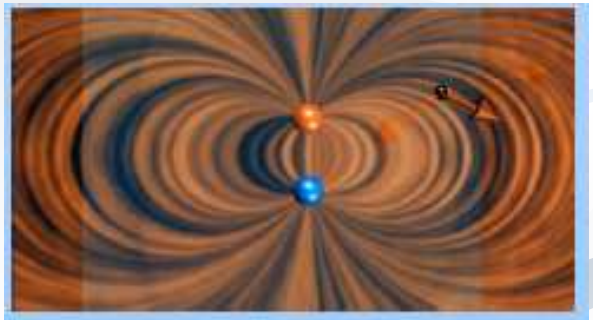
$$\vec{\mathbf{g}} = -G\frac{m}{r^2}\hat{\mathbf{r}} \qquad \vec{\mathbf{E}} = k_e\frac{q}{r^2}\hat{\mathbf{r}}$$

Merasakan:

$$\vec{\mathbf{F}}_g = m\vec{\mathbf{g}} \qquad \vec{\mathbf{F}}_E = q\vec{\mathbf{E}}$$

Tinjau juga… Dipol **p**

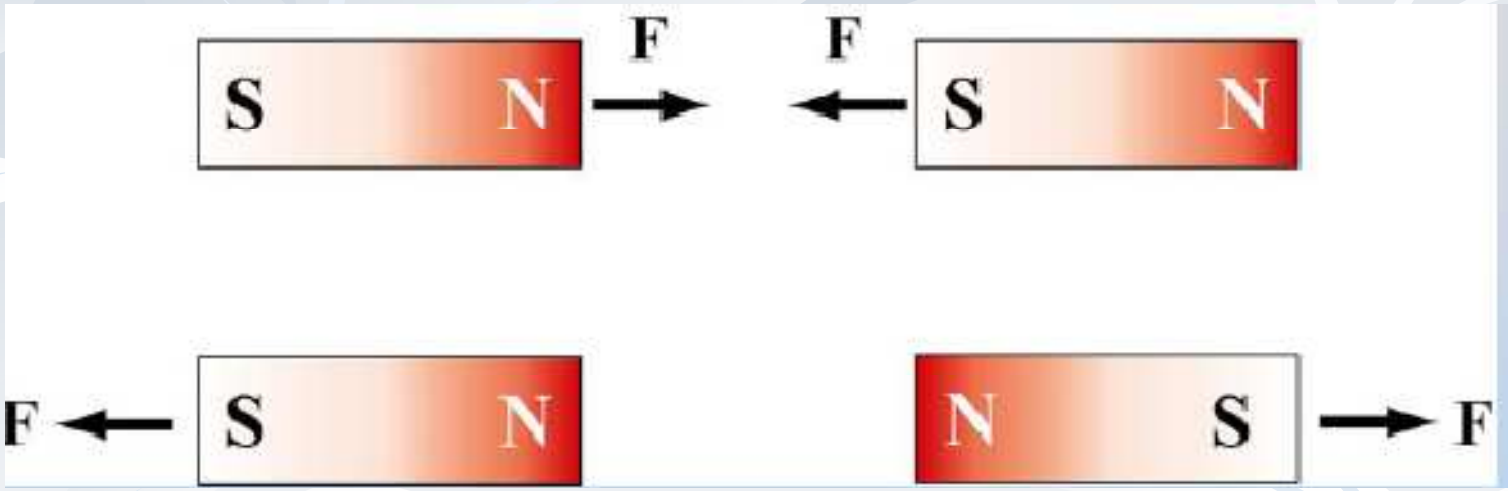
Menghasilkan:



$$\vec{\boldsymbol{\tau}} = \vec{\mathbf{p}} \times \vec{\mathbf{E}}$$

Merasakan:

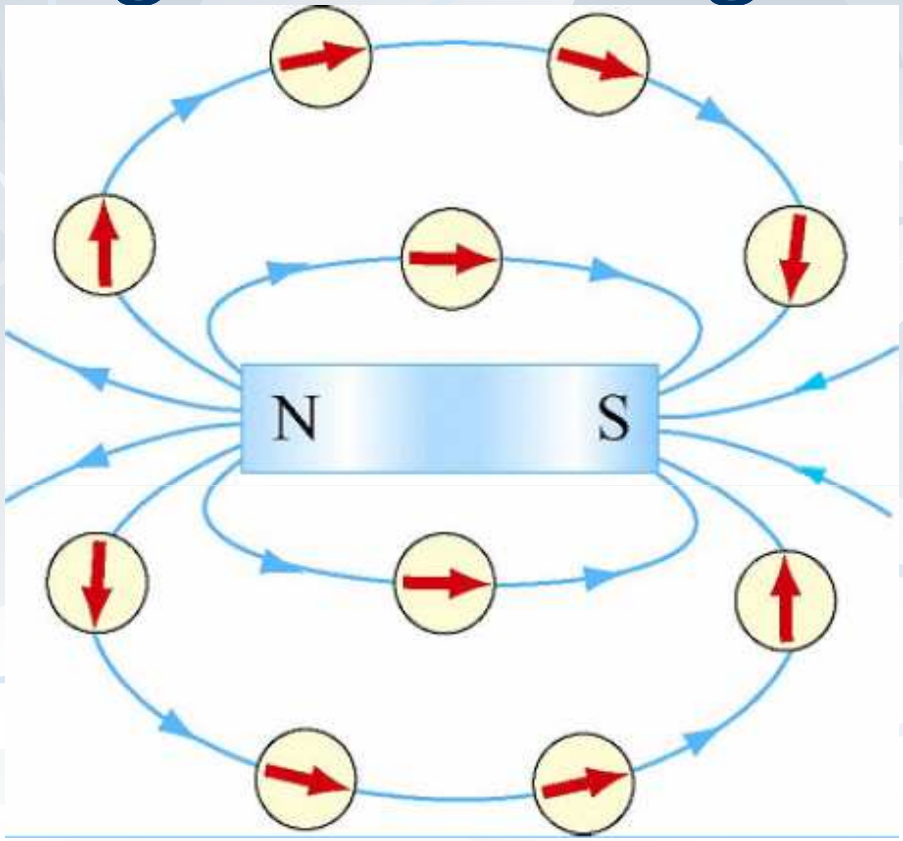
Magnet Batang



Kutub sejenis tolak menolak, berlawanan jenis tarik menarik

Animasi 7.1

Medan Magnet dari Magnet Batang

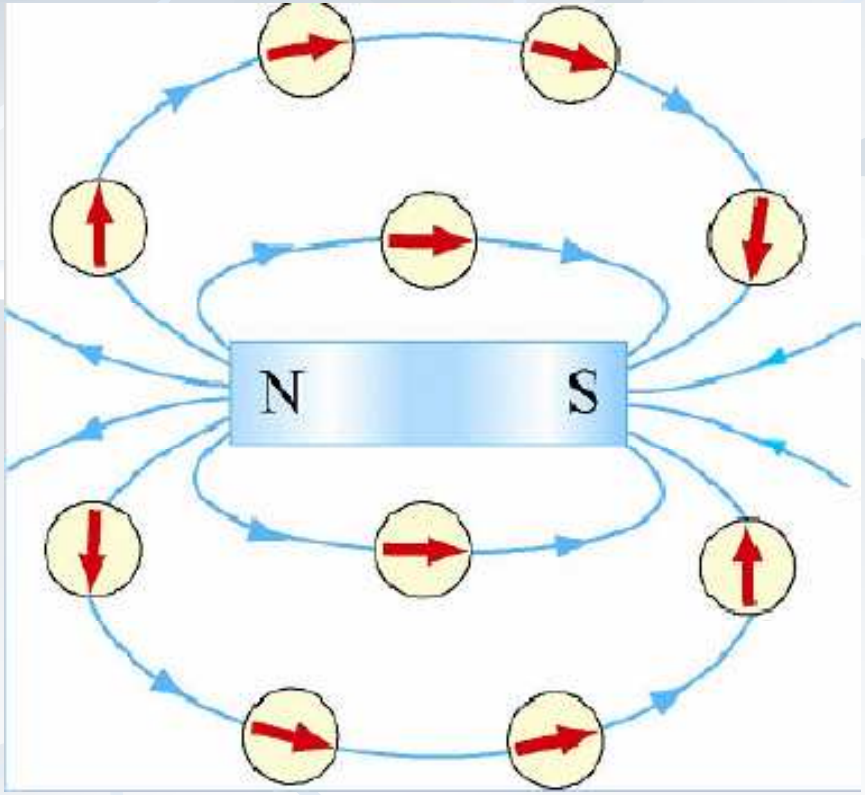


(1) Sebuah magnet mempunyai dua kutub, North (N) dan South (S)
(2) Arah medan Magnet meninggalkan N, berakhir di S

Konsep Garis Gaya Magnet

- Garis gaya magnet dilukiskan keluar dari kutub utara dan masuk di kutub selatan
- Kerapatan garis gaya per satuan luas di suatu titik menggambarkan kekuatan medan magnet di titik tersebut
- Kerapatan garis gaya terbesar diamati di kutub magnet. Ini berarti medan magnet paling kuat di daerah kutub
- Makin jauh dari kutub maka makin kecil kerapatan garis gaya, yang berarti makin jauh dari kutub maka medan magnet makin lemah

Magnet Batang adalah Dipol!



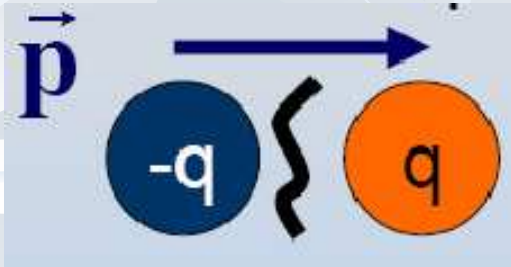
Menghasilkan medan dipol

Apakah terdapat “massa” Magnet atau “muatan” Magnet?

Tidak! Monopol magnet tidak ditemukan sendirian

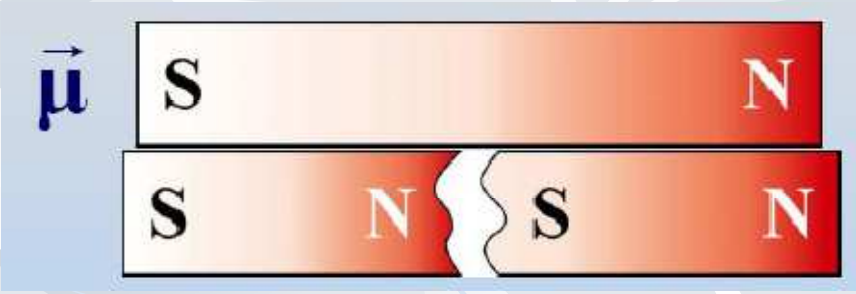
Monopol Magnet ?

Dipol Listrik



Ketika dipotong:
2 monopol (muatan)

Dipol Magnet



Ketika dipotong: 2 dipol

Monopol magnet tidak ditemukan sendirian

Kita tidak pernah menemukan kutub utara magnet saja (tanpa kutub selatan) atau kutub selatan magnet saja (tanpa kutub utara). Kutub utara dan kutub selatan magnet selalu muncul berpasangan

Kutub utara yang terpisah atau kutub selatan yang terpisah disebut muatan magnet. Karena tidak ernah ditemukan kutub utara atau kutub selatan yang terpisah maka kita simpulkan **tidak ada muatan magnet**

Medan: Grav., Listrik, Magnet

Massa m Muatan q (±)

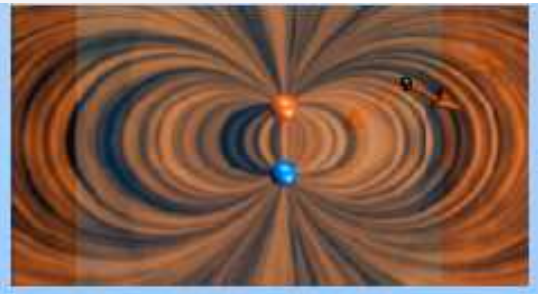
Menghasilkan: $\vec{\mathbf{g}} = -G\frac{m}{r^2}\hat{\mathbf{r}}$ $\vec{\mathbf{E}} = k_e\frac{q}{r^2}\hat{\mathbf{r}}$

Tidak ada Monopole Magnet

Merasakan: $\vec{\mathbf{F}}_g = m\vec{\mathbf{g}}$ $\vec{\mathbf{F}}_E = q\vec{\mathbf{E}}$

Tinjau juga… Dipol **p** Dipol μ

Menghasilkan:

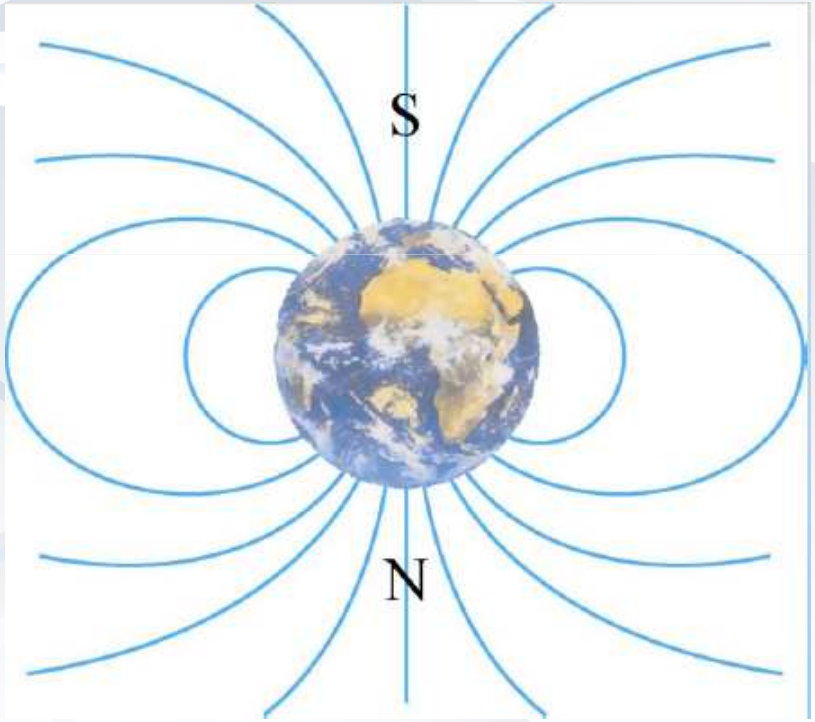


Merasakan: $\vec{\boldsymbol{\tau}} = \vec{\mathbf{p}} \times \vec{\mathbf{E}}$ $\vec{\boldsymbol{\tau}} = \vec{\boldsymbol{\mu}} \times \vec{\mathbf{B}}$

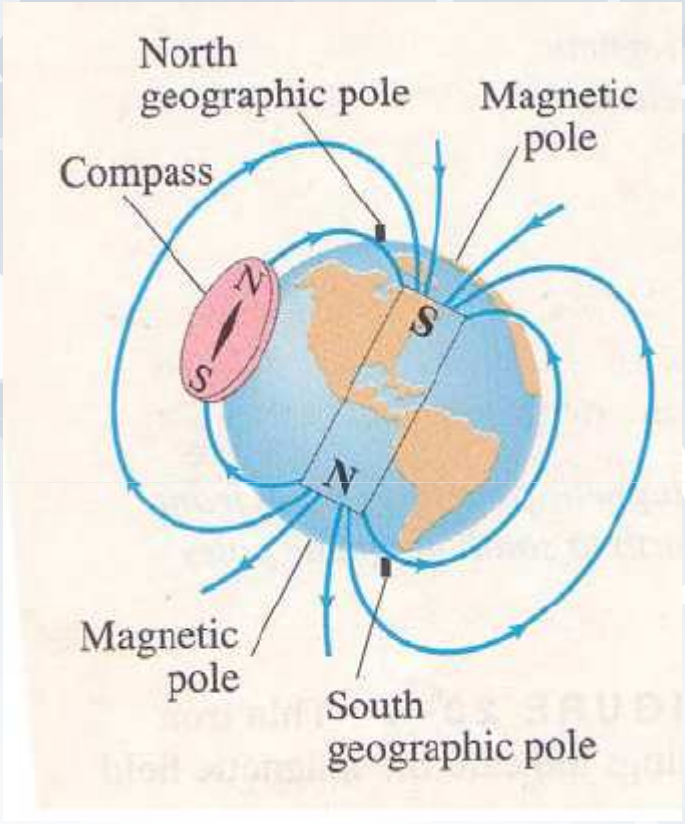
Apa lagi yang termasuk magnet?

Medan Magnet Bumi

Juga merupakan dipol magnet

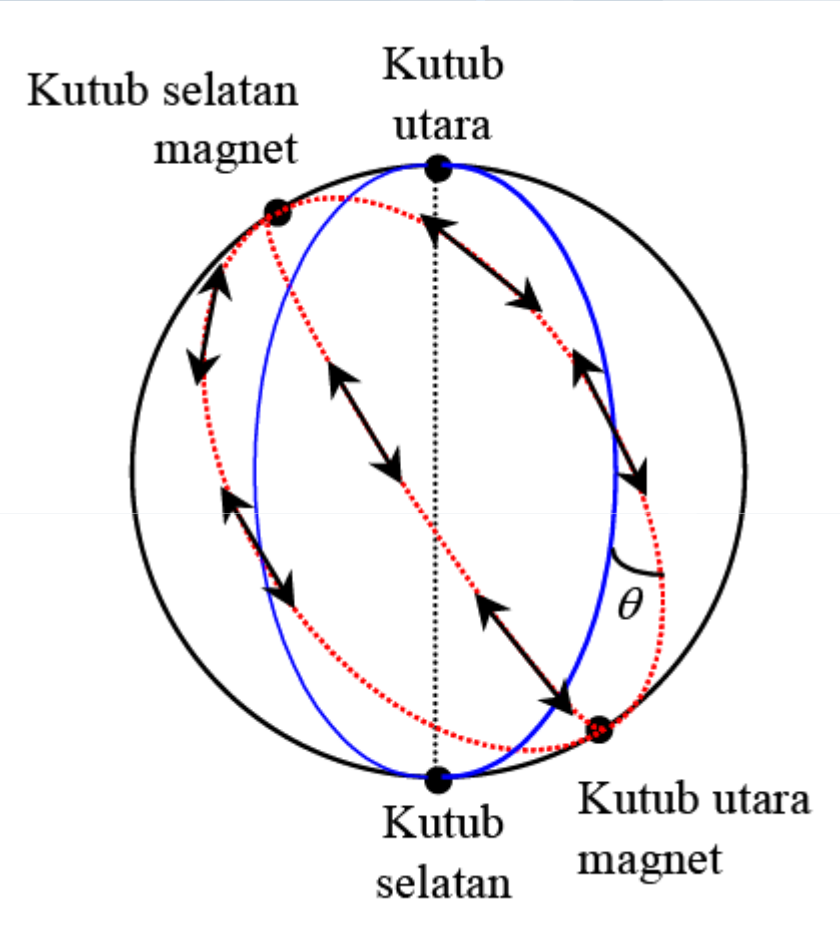


Kutub utara magnet adalah kutub selatan bumi

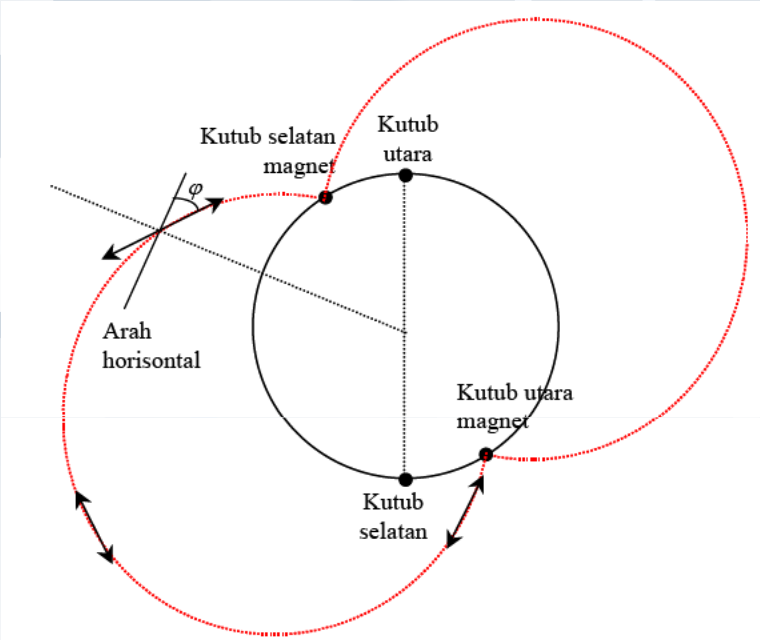


Kutub selatan magnet bumi berada di sekitar kutub utara geograi bumi

Kutub utara magnet bumi berada di sekitar kutub selatan geografi bumi



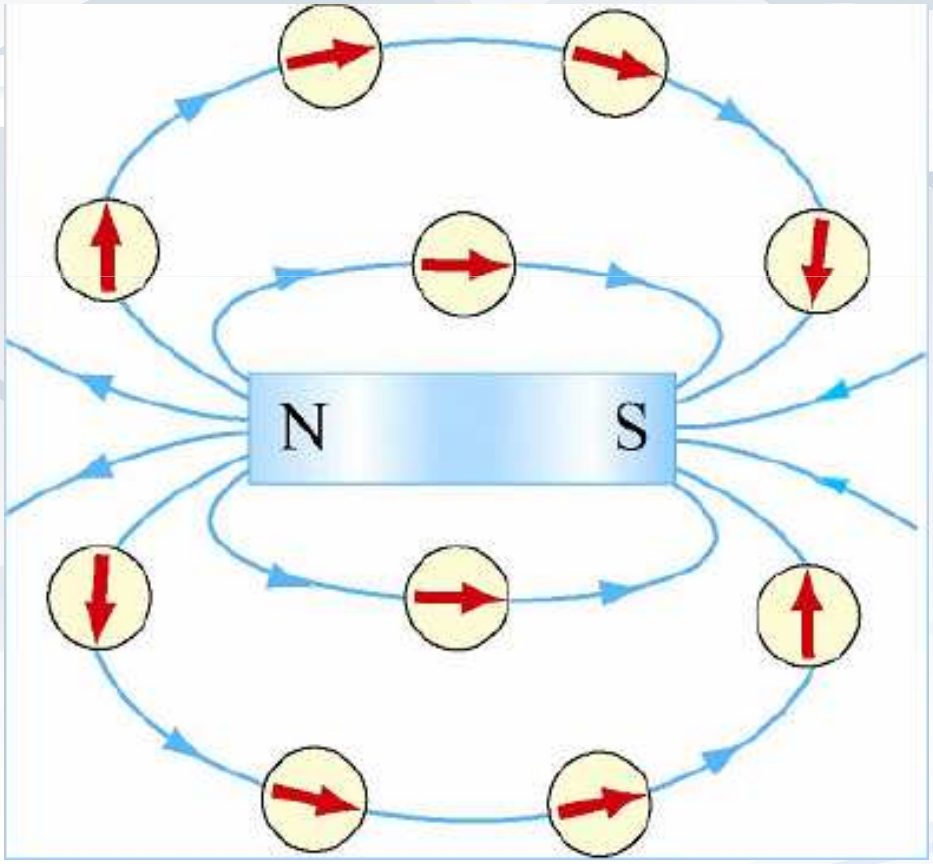
Beda antara sudut yang ditunjukkan oleh jarum kompas dengan arah kutub geografi bumi disebut **sudut deklinasi.**



Sudut yang dibentuk oleh garis hubung kutub utara-selatan jarum kompas dengan garis horisontal di tempat tersebut disebut sudut inklinasi

Medan Magnet B Sejauh Ini…

Magnet Batang (Dipol Magnet)…



- **Menghasilkan:**
  Medan Dipol
- **Merasakan**:
  Orientasi Medan

Apakah ada yang lain yang menghasilkan atau merasakan medan magnet?

Gaya Magnet

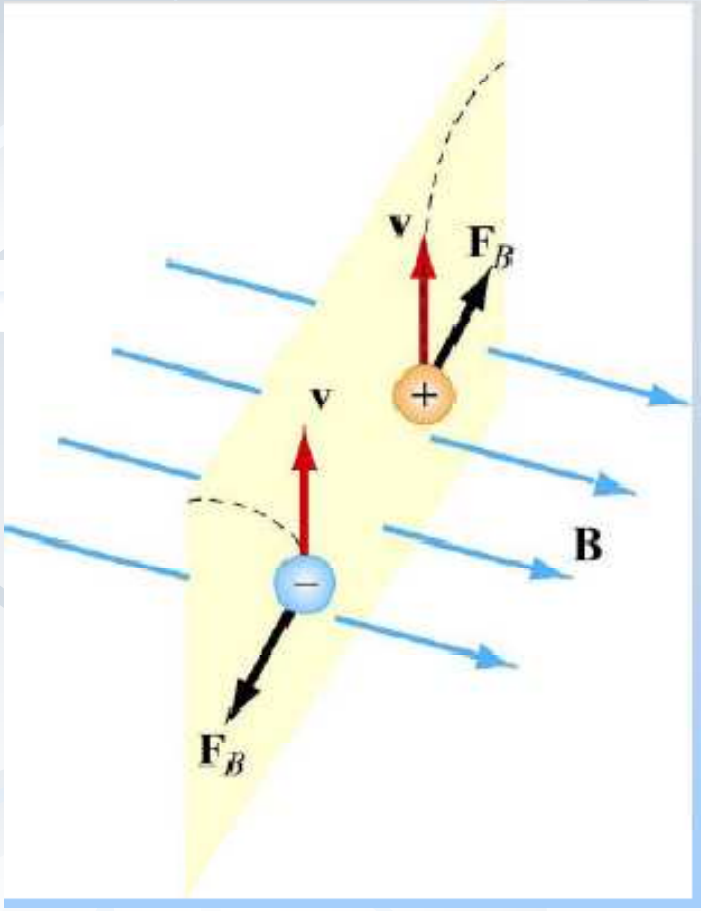
Sifat gaya antar kutub magnet:

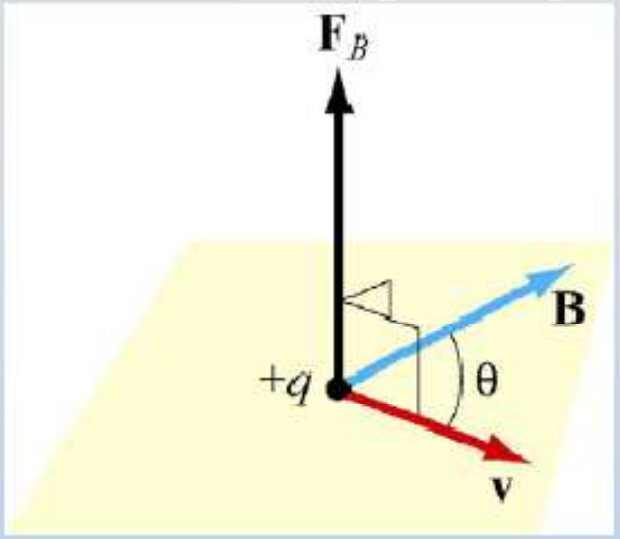
1. Kutub sejenis melakukan gaya tolak-menolak
2. Kutub tak sejenis melakukan gaya tarik-menarik
3. Besarnya gaya tarik atau gaya tolak antar dua kutub berbanding lurus dengan kekuatan masing-masing kutub dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antar dua kutub.

$$F = k\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

F = gaya antar kutub
m_1 = kekuatan kutub pertama (A.m)
m_2 = kekuatan kutub kedua (A.m)
r = jarak antara ke dua kutum
k = konstanta yang besarnya 10^{-7} Wb/A.m

Muatan yang Bergerak Merasakan Gaya Magnet





$$\vec{F}_B = q\,\vec{v} \times \vec{B}$$

Gaya magnet tegak lurus terhadap:
Kecepatan **v** dari muatan dan medan magnet **B**

Satuan Medan Magnet B

Karena $\vec{\mathbf{F}}_B = q\,\vec{\mathbf{v}} \times \vec{\mathbf{B}}$

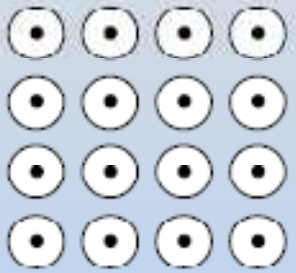
$$\text{B Units} = \frac{\text{newton}}{(\text{coulomb})(\text{meter/second})} = 1\frac{\text{N}}{\text{C}\cdot\text{m/s}} = 1\frac{\text{N}}{\text{A}\cdot\text{m}}$$

This is called 1 Tesla (T)

$1\ \text{T} = 10^4\ \text{Gauss (G)}$

Recall:
Cross Product

Notasi



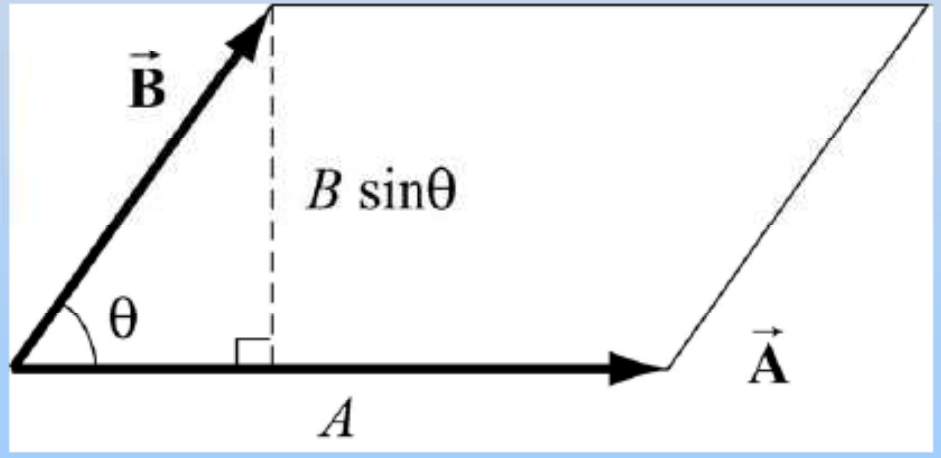
Keluar bidang
"kepala anak panah"

Masuk bidang
"ujung anak panah"

Cross Product: Besarnya

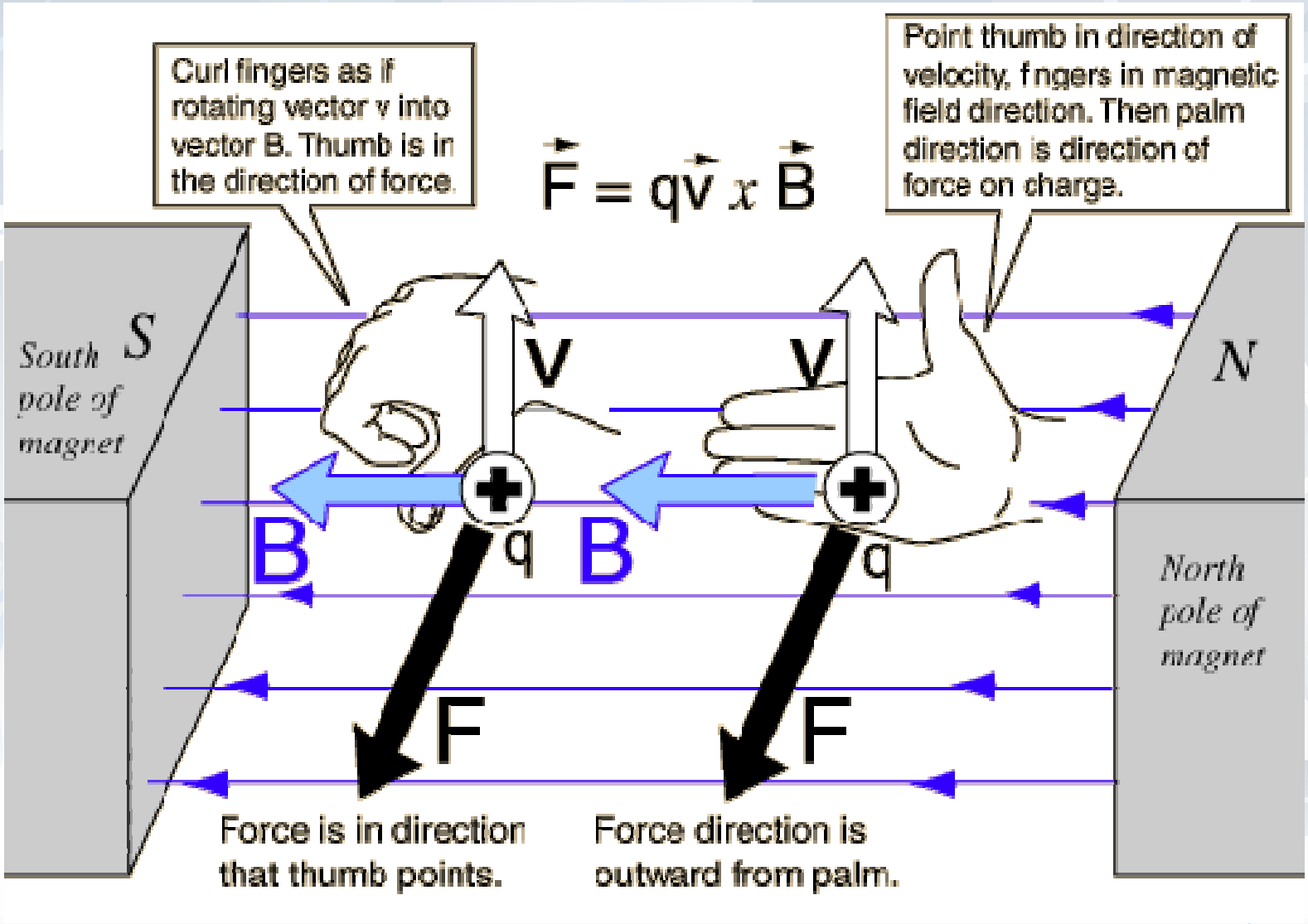
Menghitung besarnya cross product A x B:

$$\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B} \qquad \left|\vec{C}\right| = \left|\vec{A}\right|\left|\vec{B}\right| \sin\theta$$



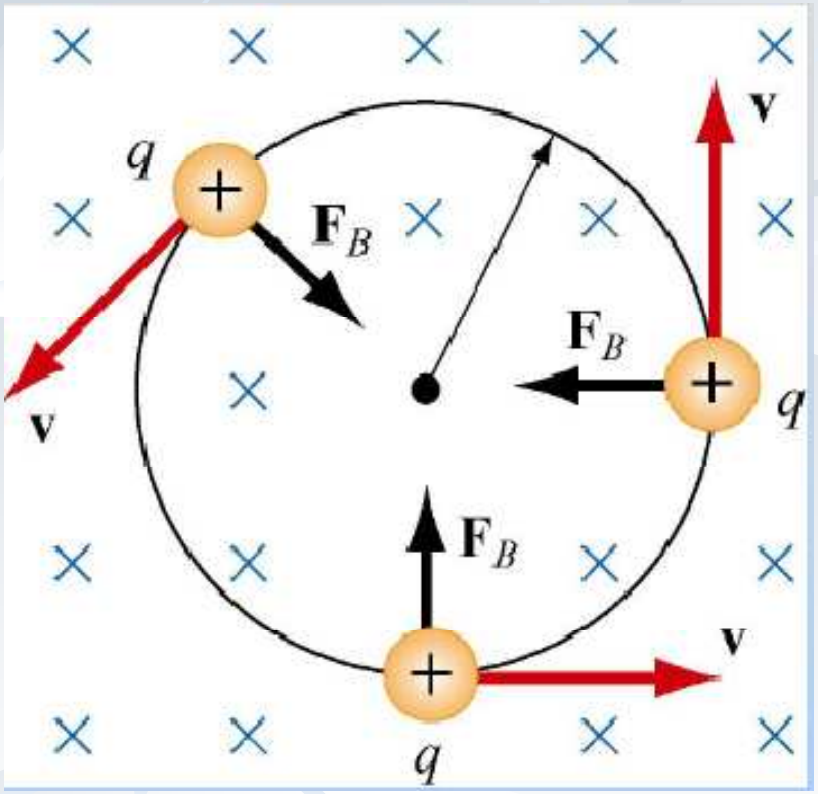
$|\vec{C}|$: Luas Trapesium

Aturan Tangan Kanan 1



- Jenis Gerak Seperti Apa yang Dihasilkan?

Gerak Siklotron



(1) r : Jari-jari lingkaran

$$qvB = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv}{qB}$$

(2) T : periode gerak

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

(3) ω : frekuensi siklotron

$$\omega = 2\pi f = \frac{v}{r} = \frac{qB}{m}$$

Animasi 7.2 Animasi 7.3

Gaya Magnet + Gaya Listrik: Gaya Lorentz

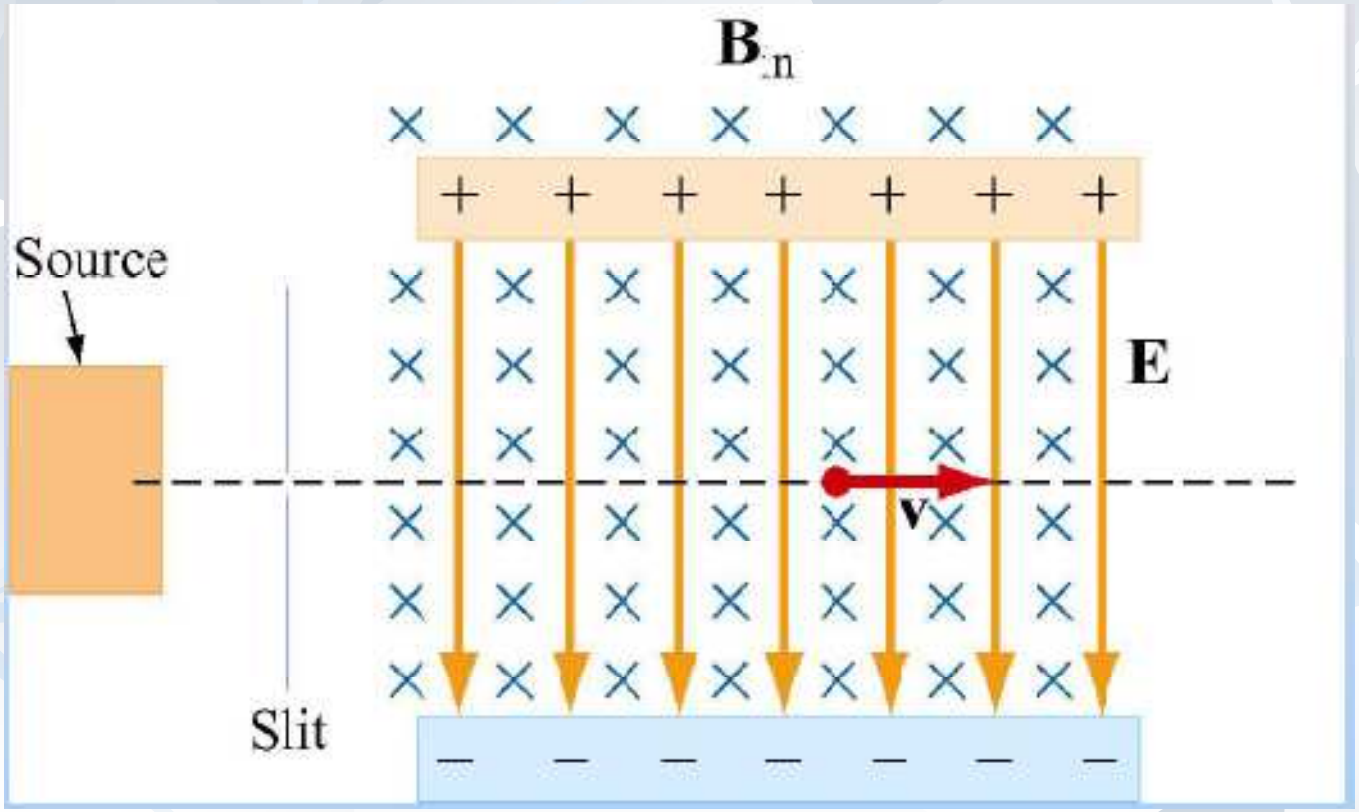
Muatan merasakan…

$$\vec{\mathbf{F}}_E = q\vec{\mathbf{E}} \qquad \vec{\mathbf{F}}_B = q\,\vec{\mathbf{v}} \times \vec{\mathbf{B}}$$

Medan Listrik Medan Magnet

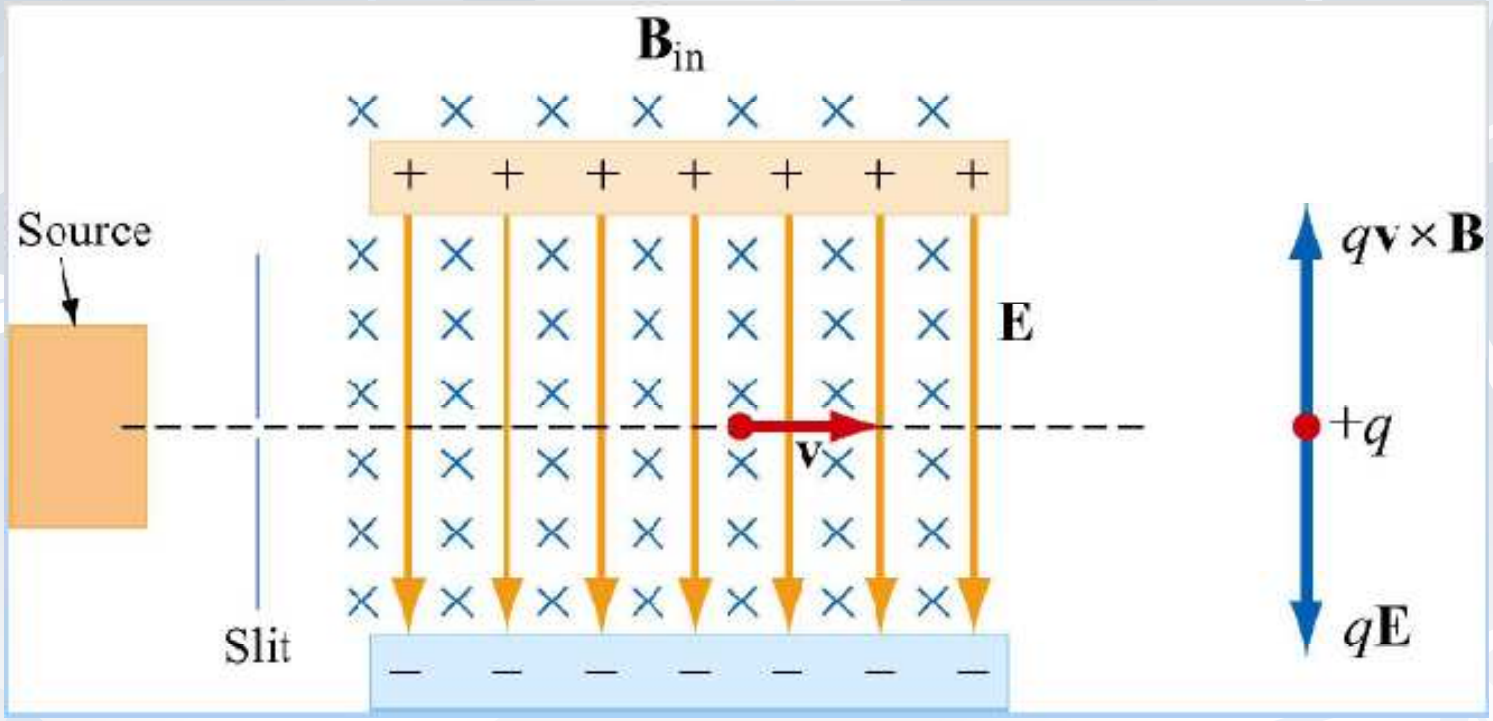
$$\vec{\mathbf{F}} = q\left(\vec{\mathbf{E}} + \vec{\mathbf{v}} \times \vec{\mathbf{B}}\right)$$

Aplikasi: Selektor Kecepatan



Apa yang terjadi disini?

Selektor Kecepatan



Partikel bergerak sepanjang garis lurus ketika:

$$\vec{\mathbf{F}}_{net} = q(\vec{\mathbf{E}} + \vec{\mathbf{v}} \times \vec{\mathbf{B}}) = 0 \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

Efek Hall (Animasi 7.4)

Efek Hall adalah peristiwa terbentuknya beda potensial antara dua sisi material yang dialiri arus listrik ketika material tersebut ditempatkan dalam medan magnet yang arahnya tegak lurus arah aliran muatan (arah arus).

Spektrometer Massa (Animasi 7.5)

Spektrometer massa adalah alat yang dapat menentukan massa atom dengan teliti.

- **Kawat Berarus**

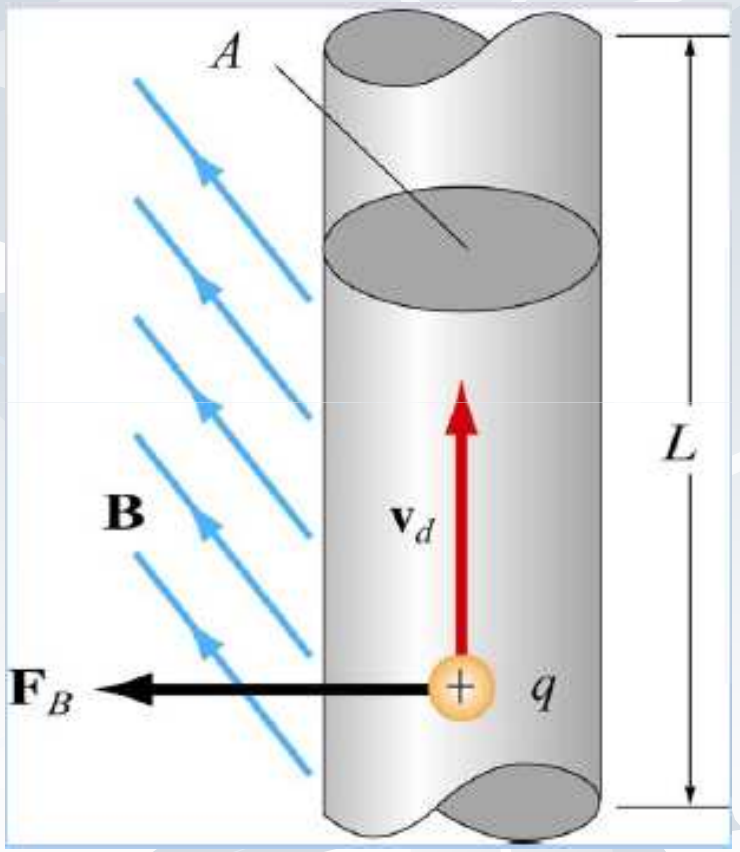
Gaya Magnet pada Kawat Berarus

$$\vec{\mathbf{F}}_B = q\vec{\mathbf{v}} \times \vec{\mathbf{B}}$$

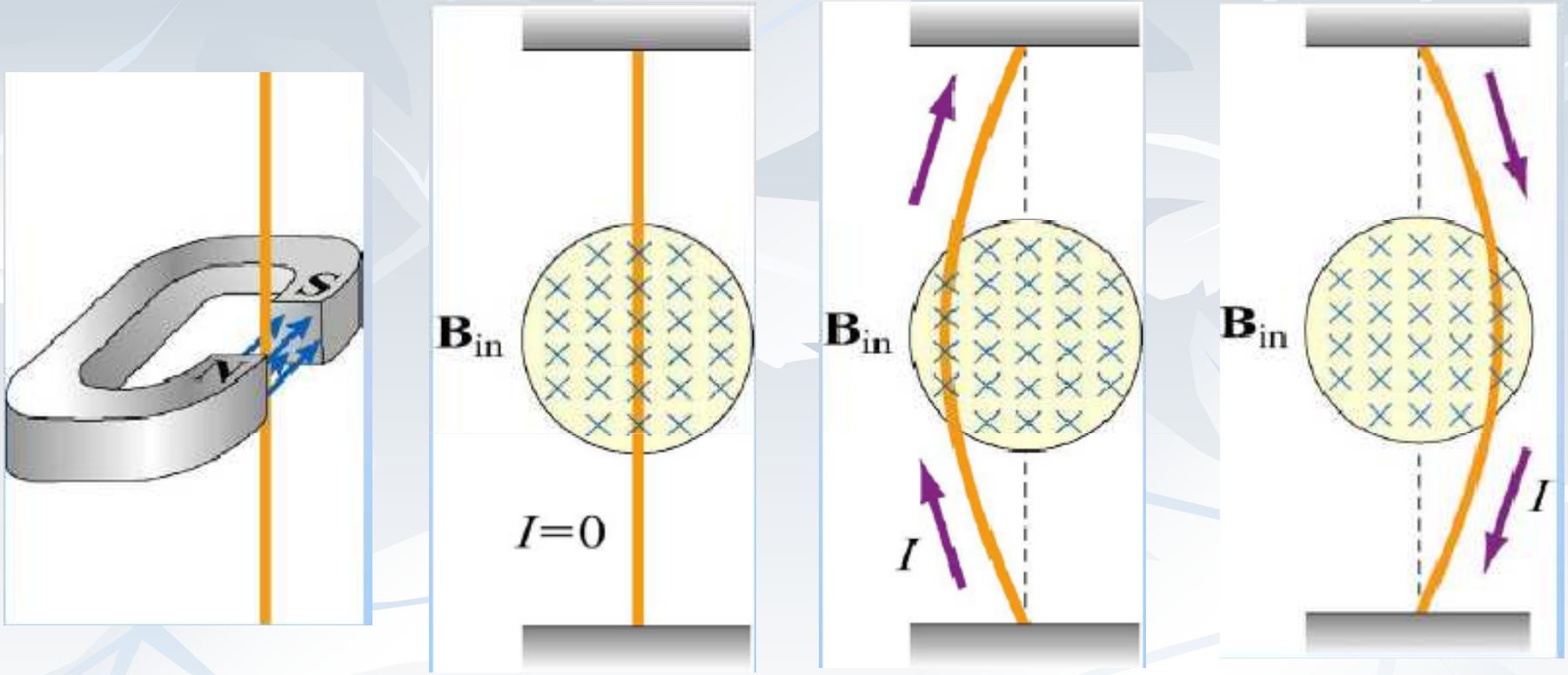
$$= (\text{charge})\frac{\text{m}}{\text{s}} \times \vec{\mathbf{B}}$$

$$= \frac{\text{charge}}{\text{s}}\text{m} \times \vec{\mathbf{B}}$$

$$\vec{\mathbf{F}}_B = I\left(\vec{\mathbf{L}} \times \vec{\mathbf{B}}\right)$$



Gaya Magnet pada Kawat Berarus



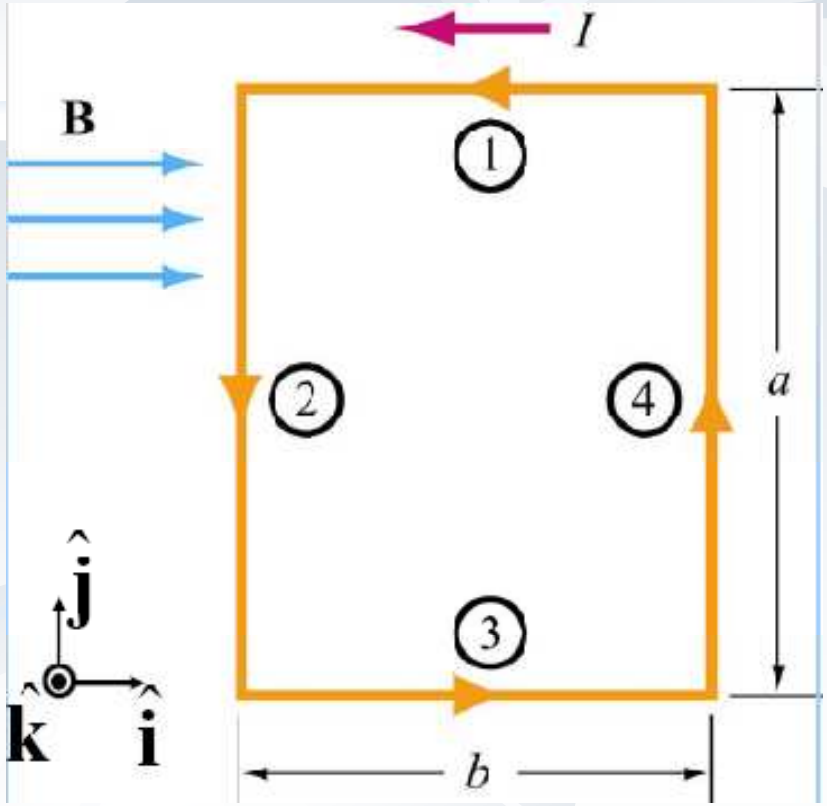
Arus adalah muatan yang bergerak, dan kita ketahui bahwa muatan yang bergerak **merasakan** gaya dalam suatu medan magnet

Animasi 7.8

Gaya & Torsi

Arus pada Simpal Segi Empat

Tempatkan simpal segi empat pada daerah bermedan magnet uniform B



$$\vec{\mathbf{F}}_1 = \vec{\mathbf{F}}_3 = 0 \quad \left(I\vec{\mathbf{L}} \| \vec{\mathbf{B}}\right)$$

$$\vec{\mathbf{F}}_2 = I(-a\hat{\mathbf{j}}) \times (B\hat{\mathbf{i}}) = IaB\hat{\mathbf{k}}$$

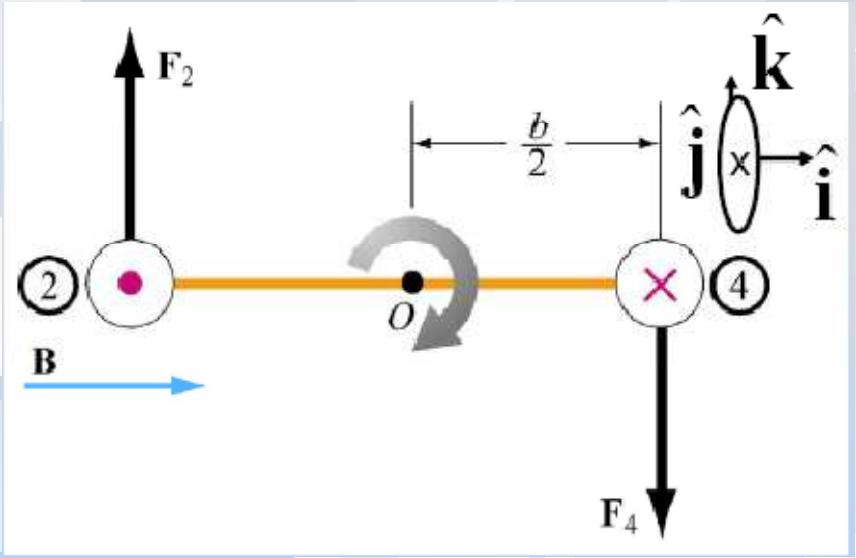
$$\vec{\mathbf{F}}_4 = I(a\hat{\mathbf{j}}) \times (B\hat{\mathbf{i}}) = -IaB\hat{\mathbf{k}}$$

$$\vec{\mathbf{F}}_{net} = \vec{\mathbf{F}}_1 + \vec{\mathbf{F}}_2 + \vec{\mathbf{F}}_3 + \vec{\mathbf{F}}_4 = 0$$

Tidak ada gaya neto pada simpal!!

Torsi pada Simpal Segi Empat

Recall: $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$



$$\vec{\tau} = \left(-\frac{b}{2}\hat{\mathbf{i}}\right) \times \vec{\mathbf{F}}_2 + \left(\frac{b}{2}\hat{\mathbf{i}}\right) \times \vec{\mathbf{F}}_4$$

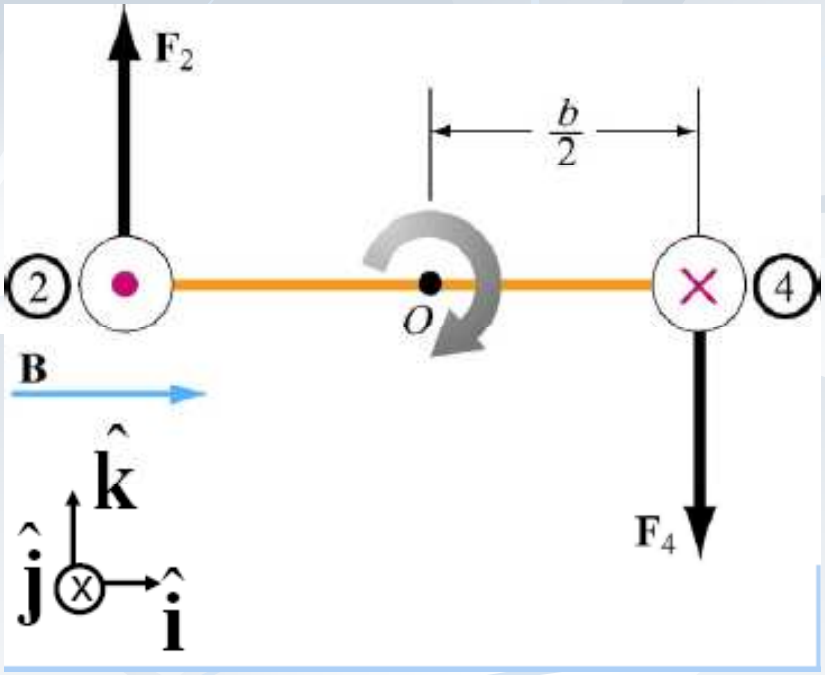
$$= \left(-\frac{b}{2}\hat{\mathbf{i}}\right) \times \left(IaB\hat{\mathbf{k}}\right) + \left(\frac{b}{2}\hat{\mathbf{i}}\right) \times \left(-IaB\hat{\mathbf{k}}\right)$$

$$= \frac{IabB}{2}\hat{\mathbf{j}} + \frac{IabB}{2}\hat{\mathbf{j}} = IabB\hat{\mathbf{j}}$$

Arah Torsi:
Ibu jari arah torsi,
Jari-jari berotasi searah benda

Animasi 7.6

Torsi pada Simpal Segi Empat



$$\vec{\tau} = IAB\hat{\mathbf{j}}$$

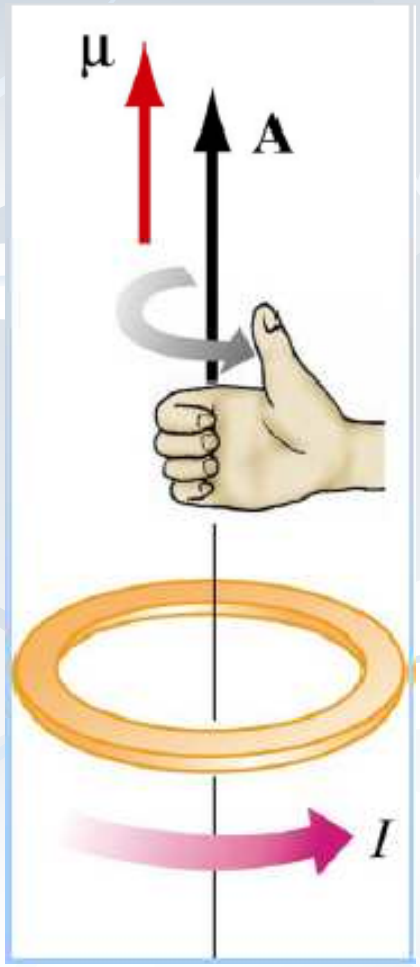
$\vec{\mathbf{A}} = A\hat{\mathbf{n}} = ab\hat{\mathbf{n}}$: vektor luas

$\hat{\mathbf{n}} = +\hat{\mathbf{k}}, \quad \vec{\mathbf{B}} = B\hat{\mathbf{i}}$

$$\vec{\tau} = I\vec{\mathbf{A}} \times \vec{\mathbf{B}}$$

Familiar? Tidak ada gaya neto tapi ada torsi

Momen Dipol Magnet



Definisikan Momen Dipole Magnet:

$$\vec{\boldsymbol{\mu}} \equiv IA\hat{\mathbf{n}} \equiv I\vec{\mathbf{A}}$$

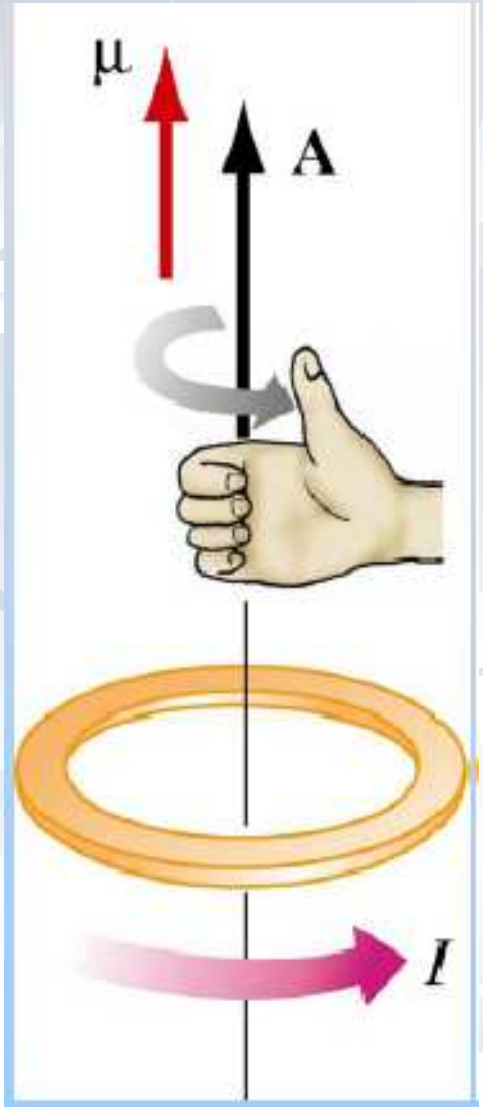
Sehingga:

$$\vec{\boldsymbol{\tau}} = \vec{\boldsymbol{\mu}} \times \vec{\mathbf{B}}$$

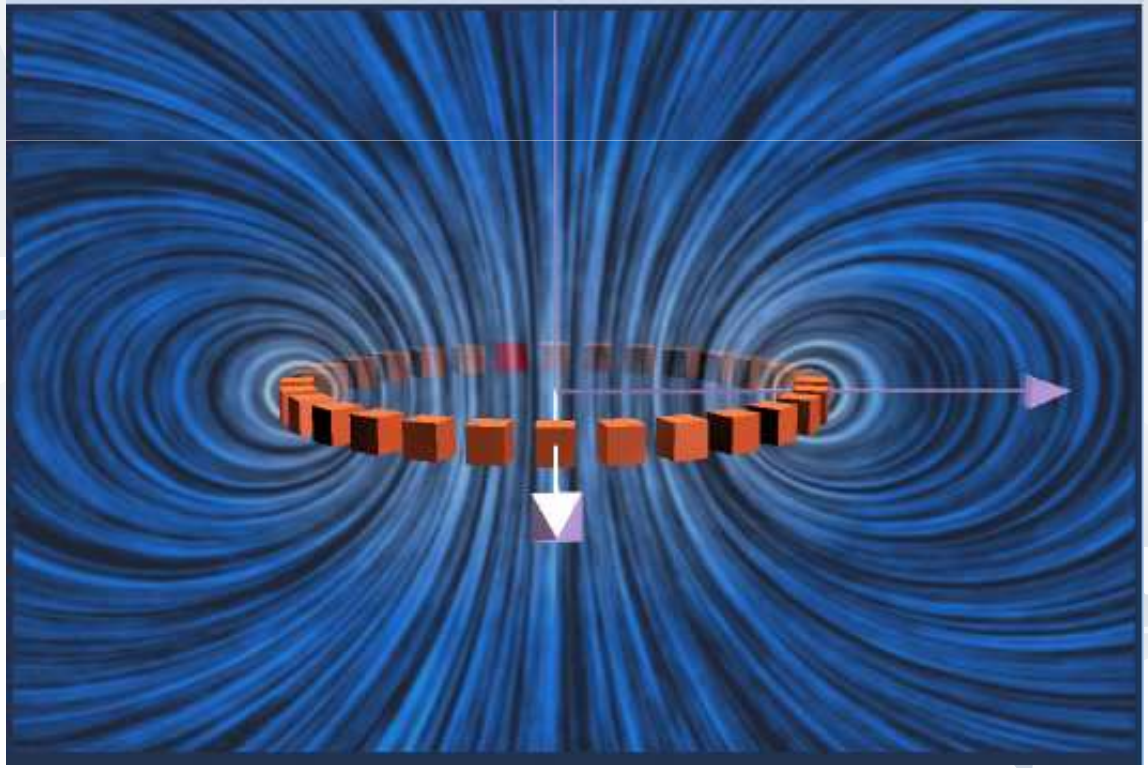
Analog dengan $\vec{\boldsymbol{\tau}} = \vec{\mathbf{p}} \times \vec{\mathbf{E}}$

τ cenderung mensejajarkan μ dengan B

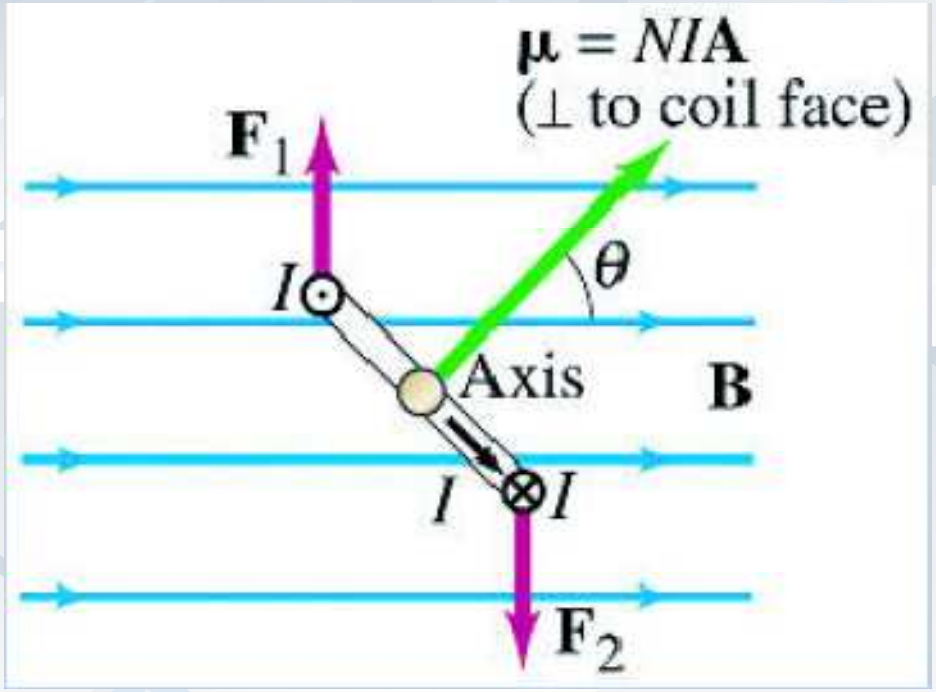
Momen Dipol Magnet



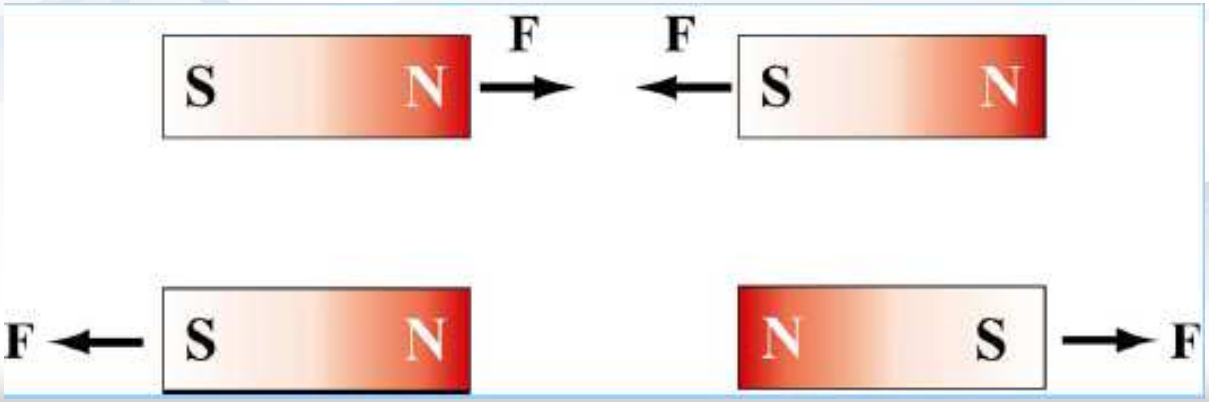
$$\vec{\boldsymbol{\mu}} \equiv IA\hat{\mathbf{n}} \equiv I\vec{\mathbf{A}}$$



Dipol tidak dapat bergerak???



Dipol berotasi tetapi tidak mengalami gaya neto



Tapi dipol DAPAT merasakan gaya karena **B**. Seperti apa?

- **Sesuatu yang baru,**
- **Dipol dalam Medan Magnet Non-Uniform :**
  - **Gaya**

Gaya pada Dipol Magnet

Untuk menentukan gaya, kita perlu mengetahui energi:

$$U_{Dipole} = -\vec{\mu} \cdot \vec{\mathbf{B}}$$

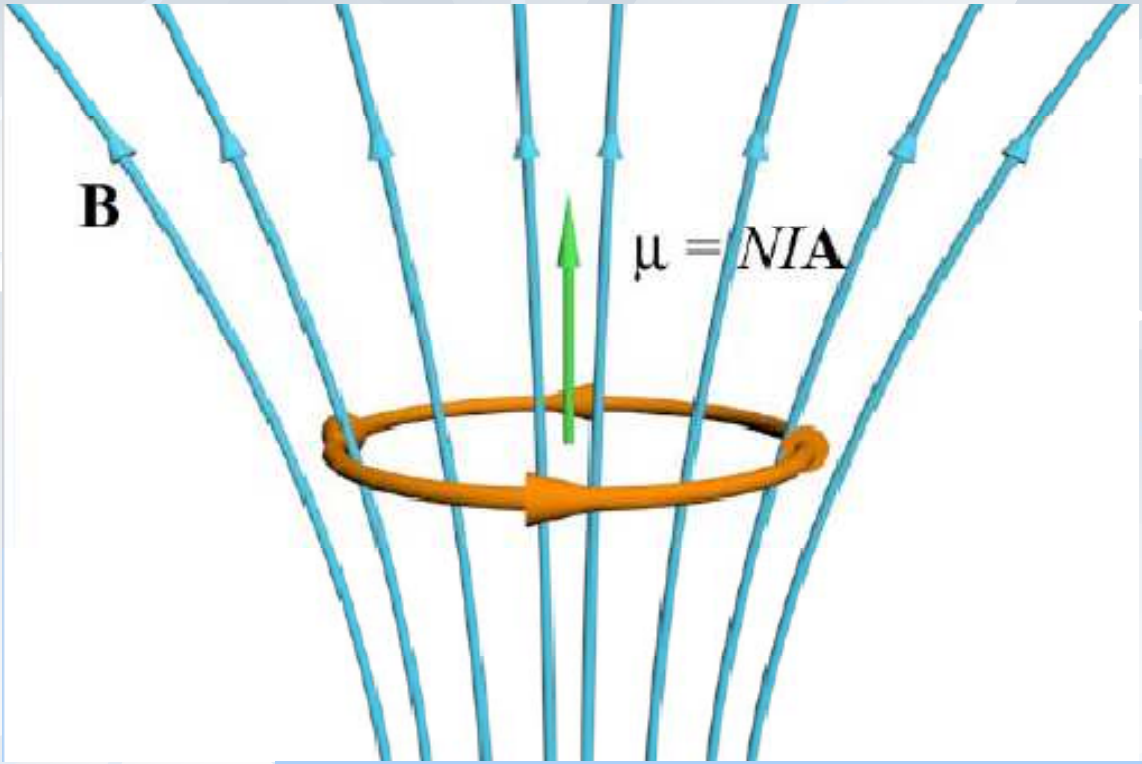
Gaya menyatakan bagaimana energi berubah terhadap posisi:

$$\vec{\mathbf{F}}_{Dipole} = -\vec{\nabla} U_{Dipole} = \vec{\nabla}\left(\vec{\mu} \cdot \vec{\mathbf{B}}\right)$$

$$(\text{after math}) = \left(\vec{\mu} \cdot \vec{\nabla}\right)\vec{\mathbf{B}}$$

Dipol hanya merasakan gaya dalam medan magnet yang *non-uniform*

Gaya pada Dipol Magnet

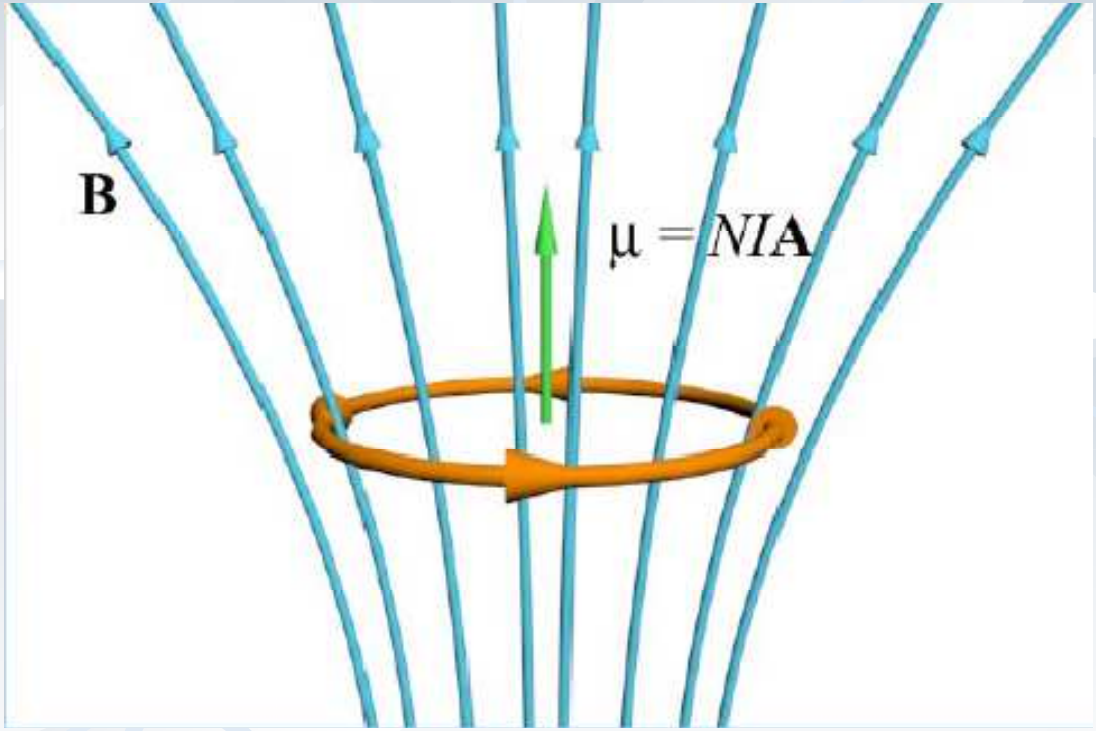


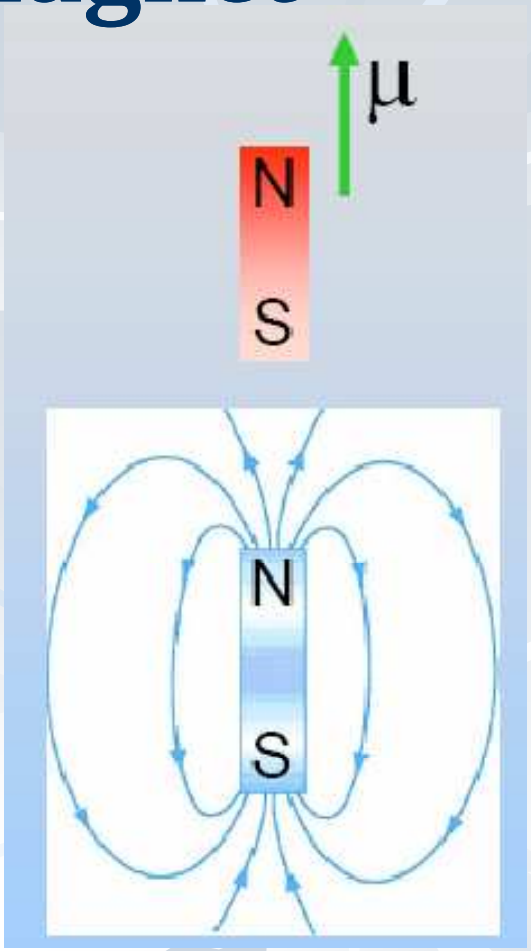
$$\frac{\partial \vec{\mathbf{B}}}{\partial z} \text{ negative}$$

Force down!

$$\vec{\mathbf{F}}_{Dipole} = \left(\vec{\boldsymbol{\mu}} \cdot \vec{\nabla}\right)\vec{\mathbf{B}} = \mu \frac{\partial \vec{\mathbf{B}}}{\partial z}$$

Gaya pada Dipol Magnet

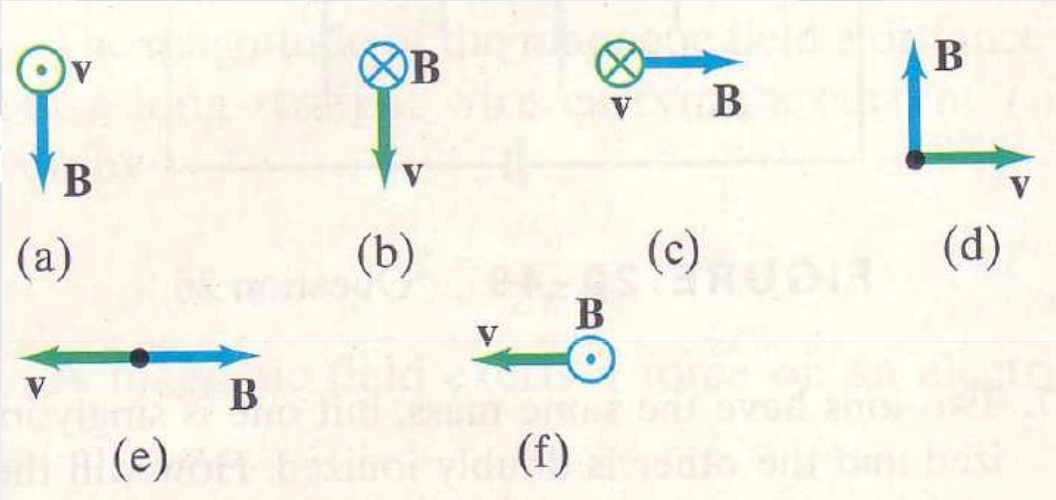




Magnet batang di bawah dipol, dengan kutub N di atas.
Magnet batang sejajar dengan dipol, tarik-menarik!

Latihan

1. Carilah arah gaya gaya yang bekerja pada muatan negatif pada tiap diagram pada gambar dengan **v** adalah kecepatan muatan dan **B adalah medan magnet.**



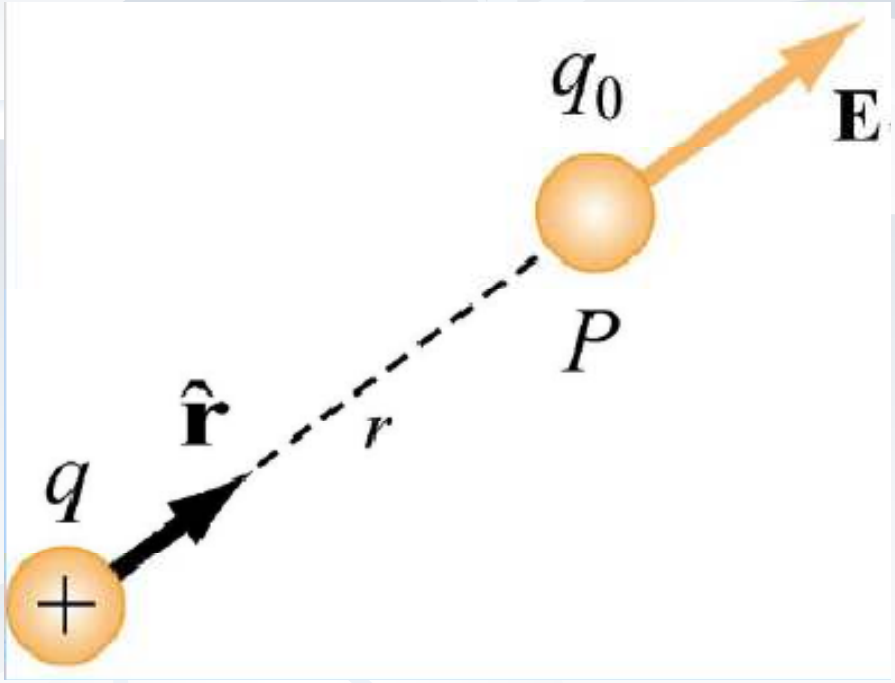
2. Partikel bermuatan q bergerak dengan laju tetap memasuki medan magnet dan medan listrik secara tegak lurus (medan listrik tegak lurus medan magnet). Apabila besar insuksi magnet 0,2T dan kuat medan listrik 6×10^4 V/m, tentukan laju partikel !

3. Sebuah partikel yang memiliki satu muatan elementer memasuki daerah yang mengandung medan magnet 0,01 T dengan laju 2 x 10^7 m/s arah tegak lurus medan magnet. Diamati bahwa partikel tersebut bergerak dalam lintasan lingkaran dengan jari-jari 11 mm. tentukan massa partikel tersebut!
4. Tabung televisi menggunakan medan magnet untuk membelokkan berkas elektron. Elektron ditembakkan dari senjata elektron dalam tabung dengan laju 2 × 107 m/s. Elektron-elektron tersebut kemudian bergerak menuju layar yang jaraknya 20 cm arah horisontal. Selama perjalanan, elektron dibelokkan dalam arah tegak lurus oleh medan magnet sejauh 10 cm. Hitunglah kuat medan magnet yang terpasang dalam tabung.

Sumber Medan Magnet:
Biot-Savart

Medan Listrik oleh Muatan Titik

Sebuah muatan listrik menghasilkan medan listrik:

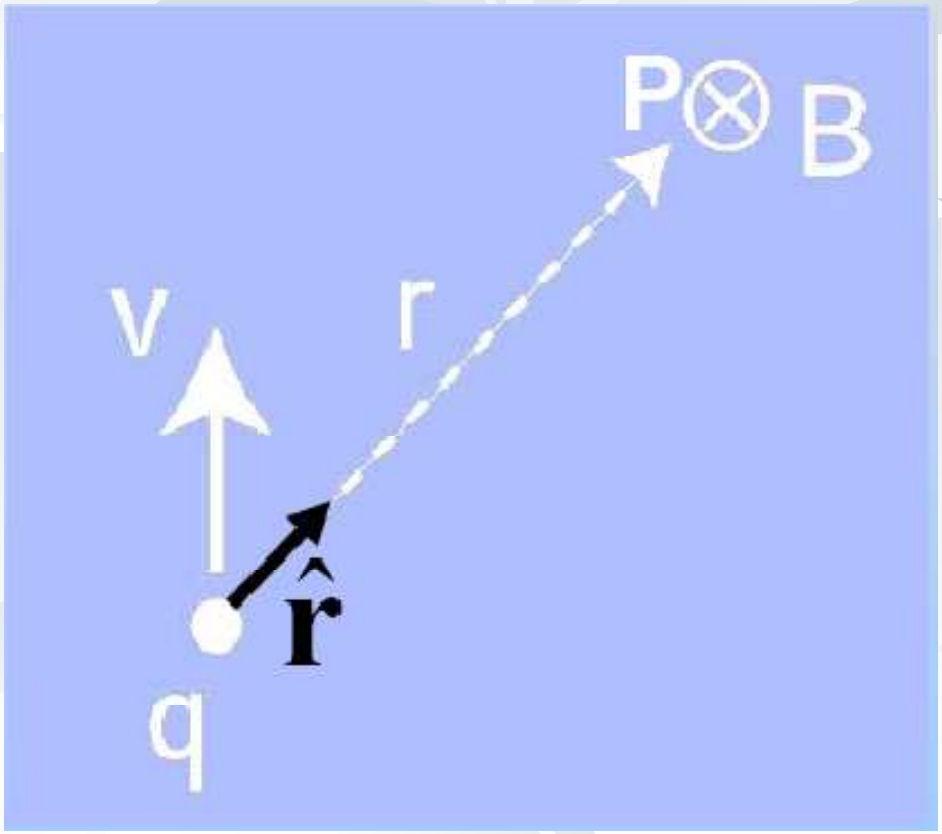


$$\vec{\mathbf{E}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}\hat{\mathbf{r}}$$

$\hat{\mathbf{r}}$: vektor satuan yang berarah dari q ke *P*

Medan Magnet oleh Muatan yang Bergerak

Muatan yang bergerak dengan kecepatan **v** menghasilkan medan magnet:



$$\vec{\mathbf{B}} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{q\,\vec{\mathbf{v}} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$$

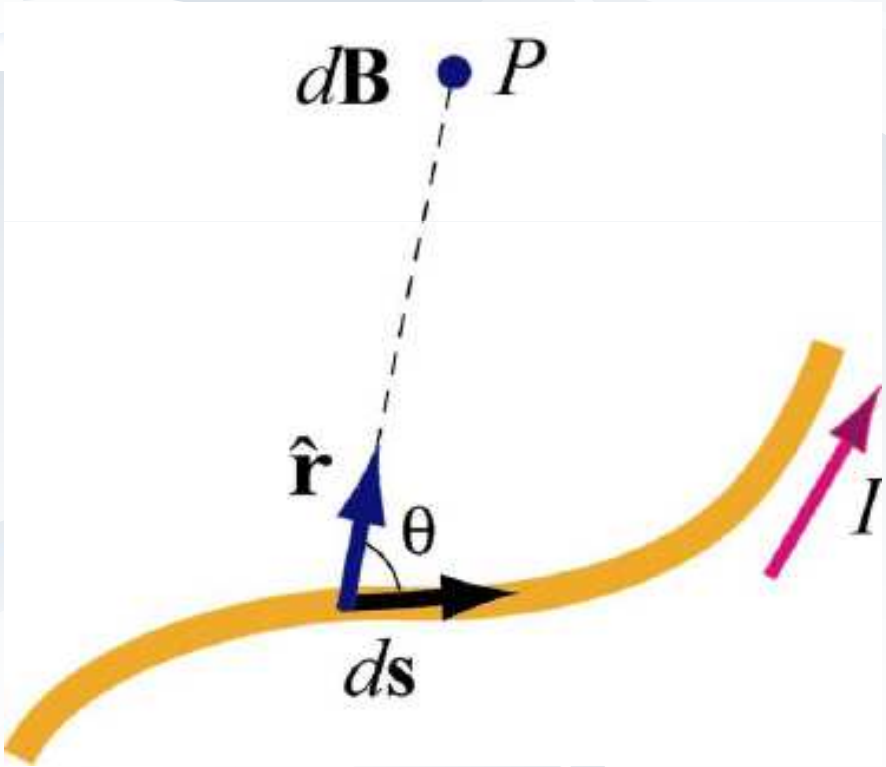
$\hat{\mathbf{r}}$: Vektor satuan berarah dari q ke P

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T \cdot m/A}$$

permeabilitas vakum

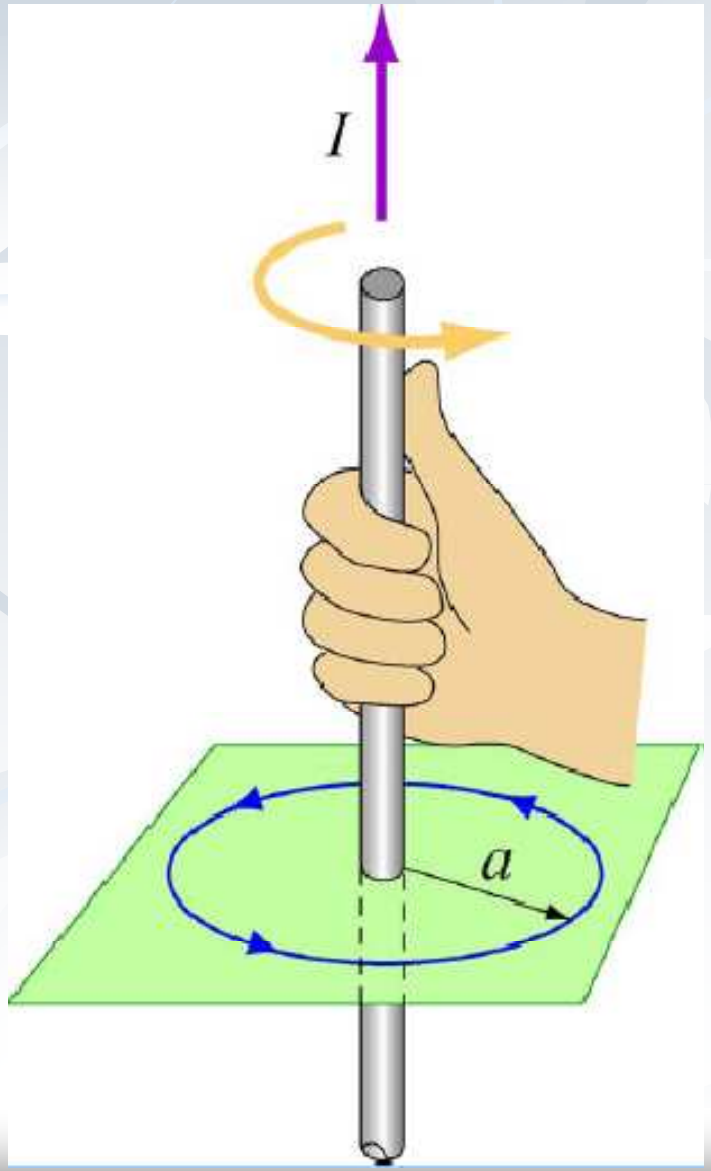
Hukum Biot-Savart

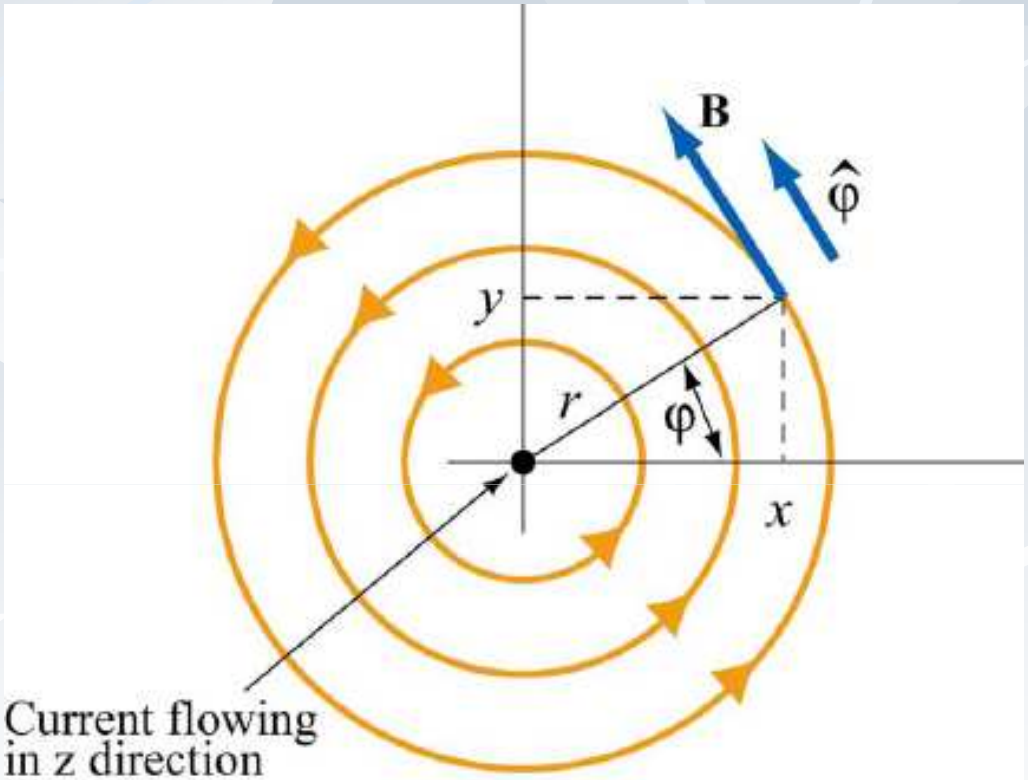
Elemen arus sepanjang ds yang membawa arus I menghasilkan medan magnet



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

Aturan Tangan Kanan 2



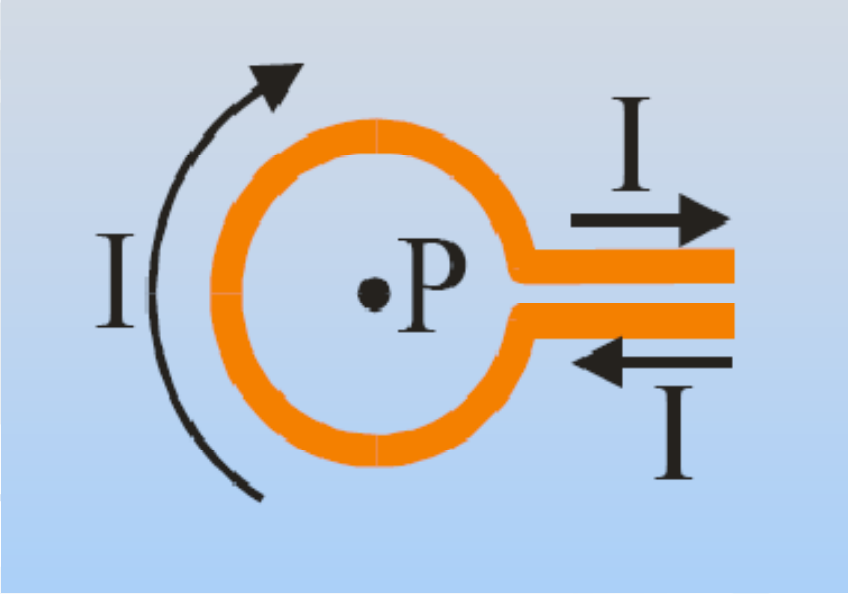


$$\hat{\mathbf{z}} \times \hat{\boldsymbol{\rho}} = \hat{\boldsymbol{\varphi}}$$

Animasi 7.7

Contoh : Koil Radius *R*

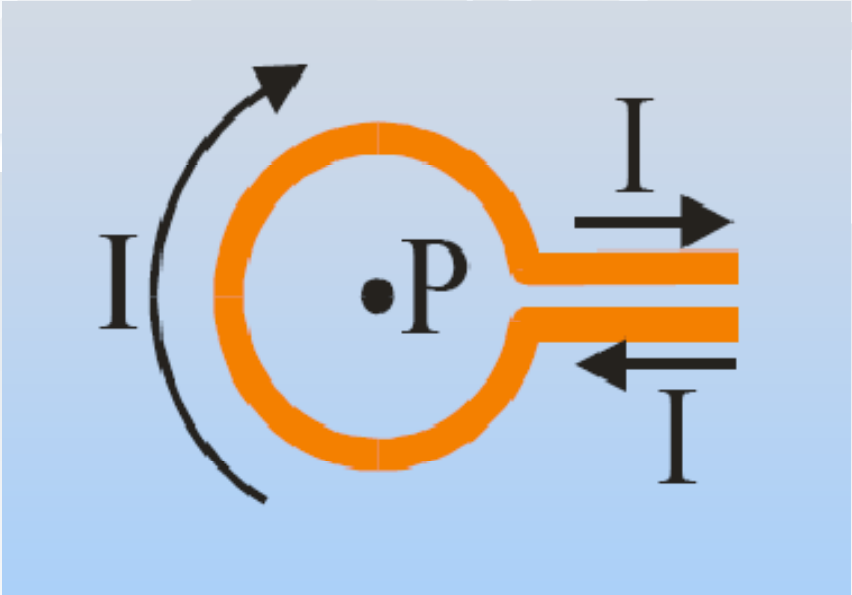
Tinjau sebuah koil dengan radius *R* dan arus *I*



Carilah medan magnet **B** di pusat koil (P)!

Contoh : Koil Radius *R*

Tinjau sebuah koil dengan radius *R* dan arus *I*

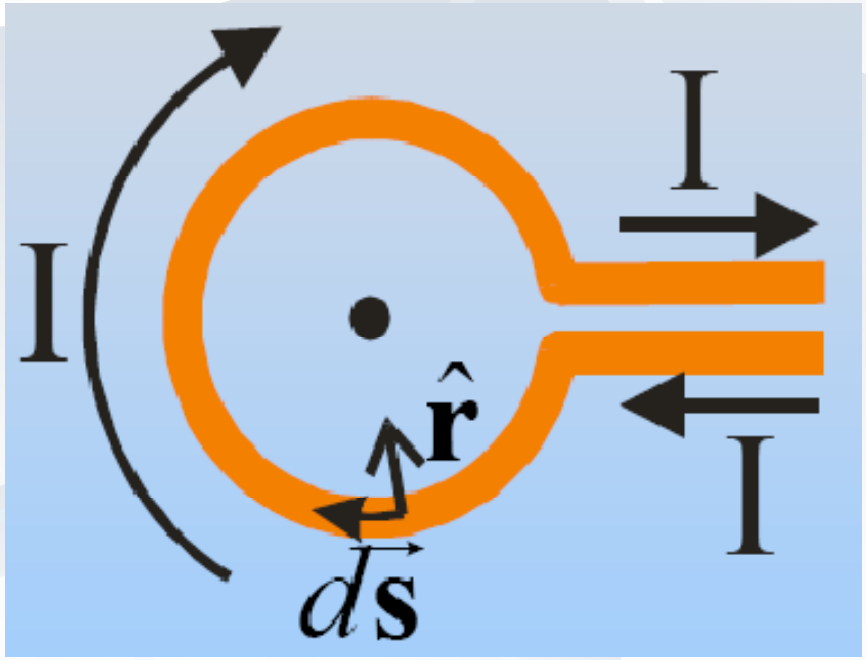


1) Pikirkan sejenak “arahnya”
2) Pilih ds
3) Tetapkan sistem koordinat
4) Tulis hukum Biot-Savart

Contoh : Koil Radius *R*

Bagian yang melingkar pada koil…

$$d\vec{\mathbf{s}} \perp \hat{\mathbf{r}} \quad \rightarrow \quad \left| d\vec{\mathbf{s}} \times \hat{\mathbf{r}} \right| = ds$$



Biot-Savart:

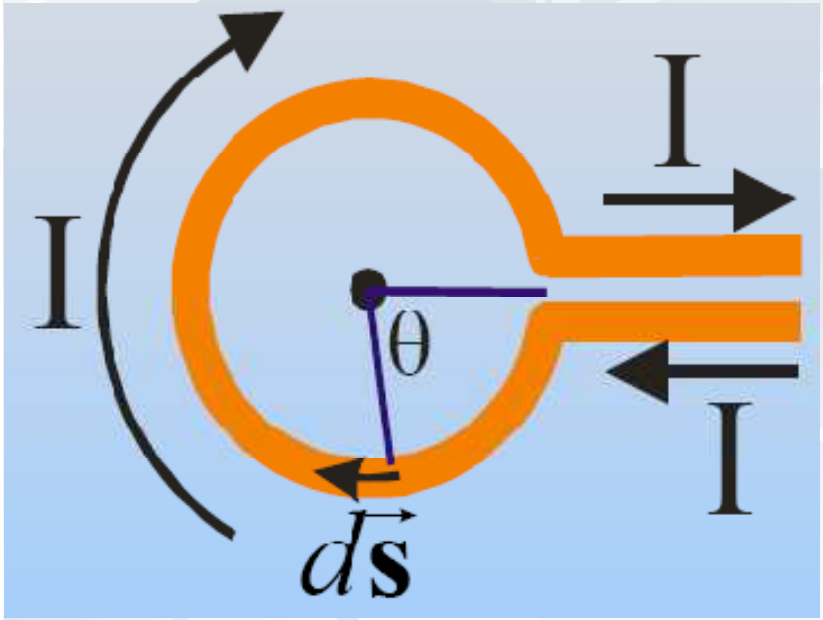
$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{\left| d\vec{\mathbf{s}} \times \hat{\mathbf{r}} \right|}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{ds}{r^2}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{R\, d\theta}{R^2}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\theta}{R}$$

Contoh : Koil Radius *R*

Tinjau sebuah koil dengan radius *R* dan arus *I*



$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{d\theta}{R}$$

$$B = \int dB = \int_0^{2\pi} \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{d\theta}{R}$$

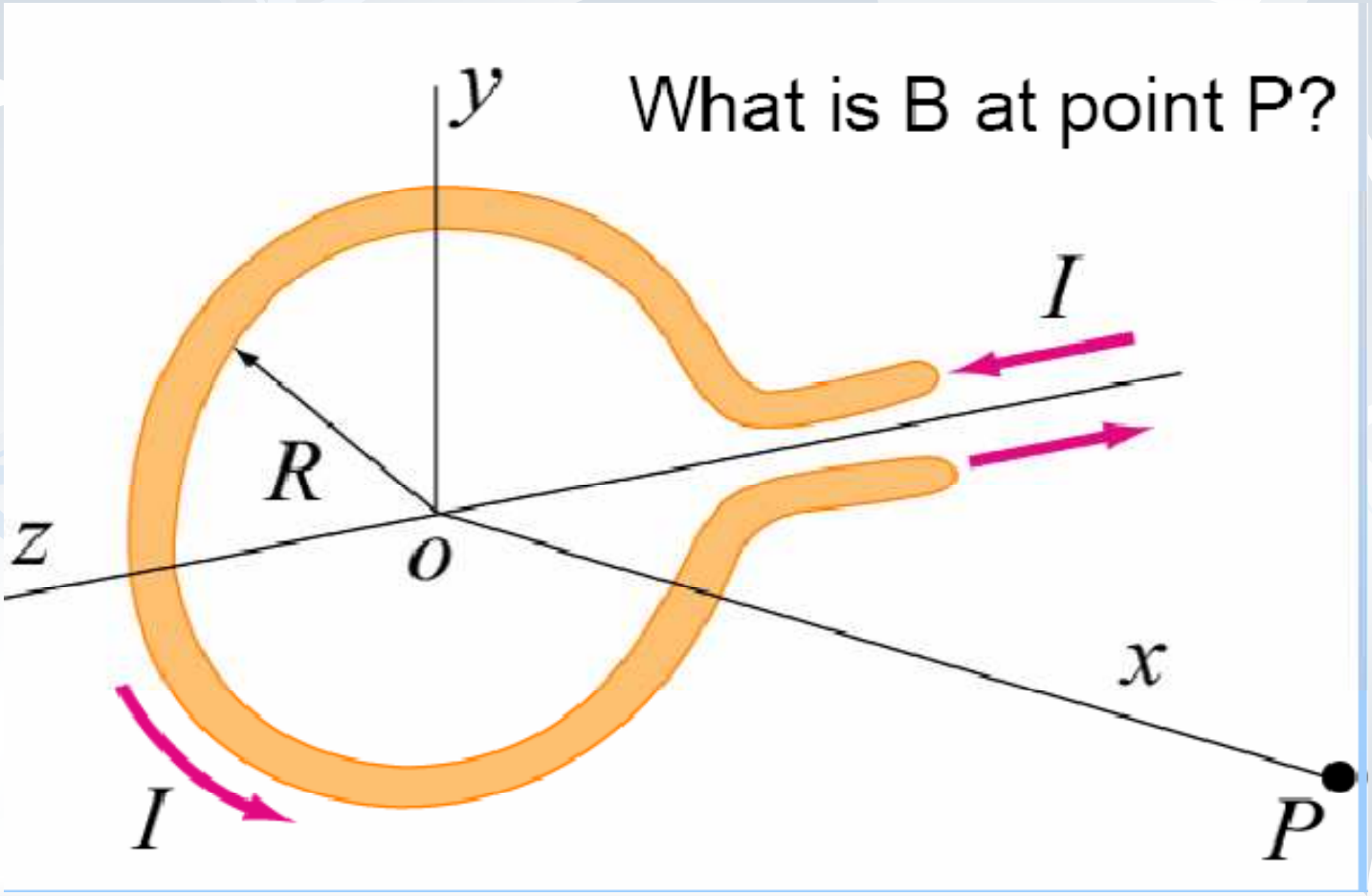
$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi R}\int_0^{2\pi} d\theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}(2\pi)$$

$$\vec{\mathbf{B}} = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

Masuk bidang

Problem

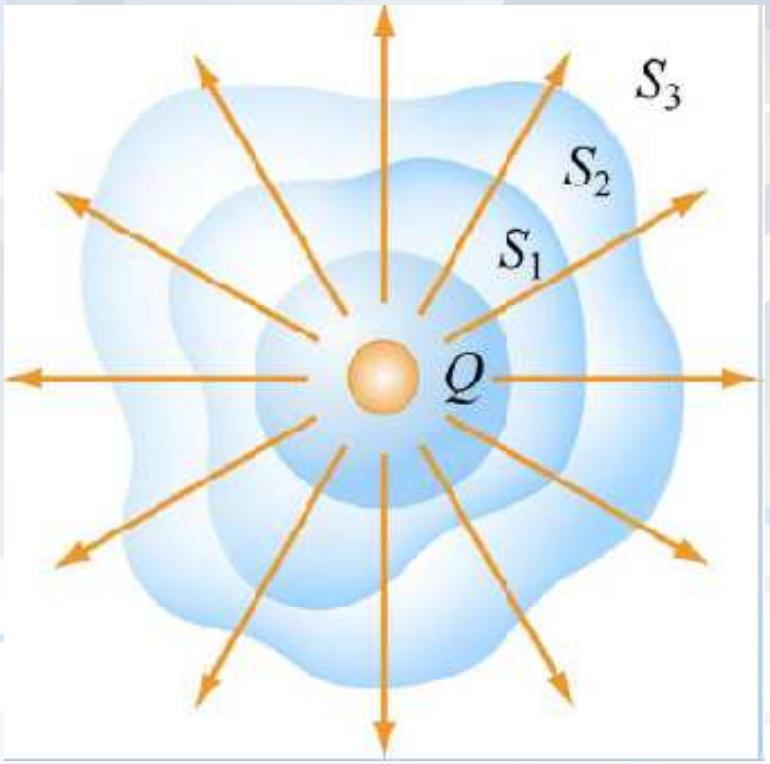
Medan B dari Koil Radius R



Persamaan Maxwell ke 3:
Hukum Ampere

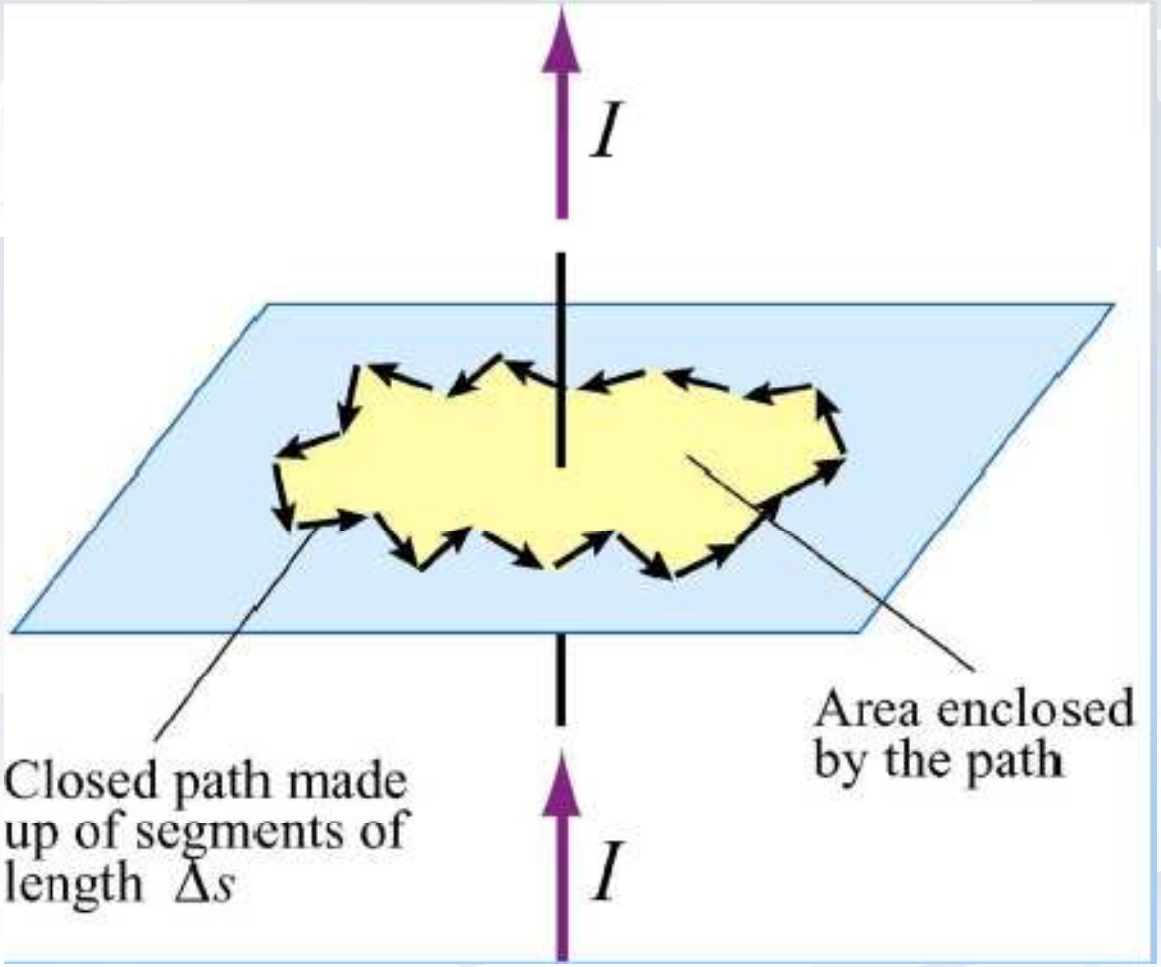
Analog dengan hukum Gauss

Hukum Gauss – Idenya



Total “flux” yang menembus setiap permukaan adalah sama dan hanya bergantung pada jumlah muatan di dalam permukaan tersebut

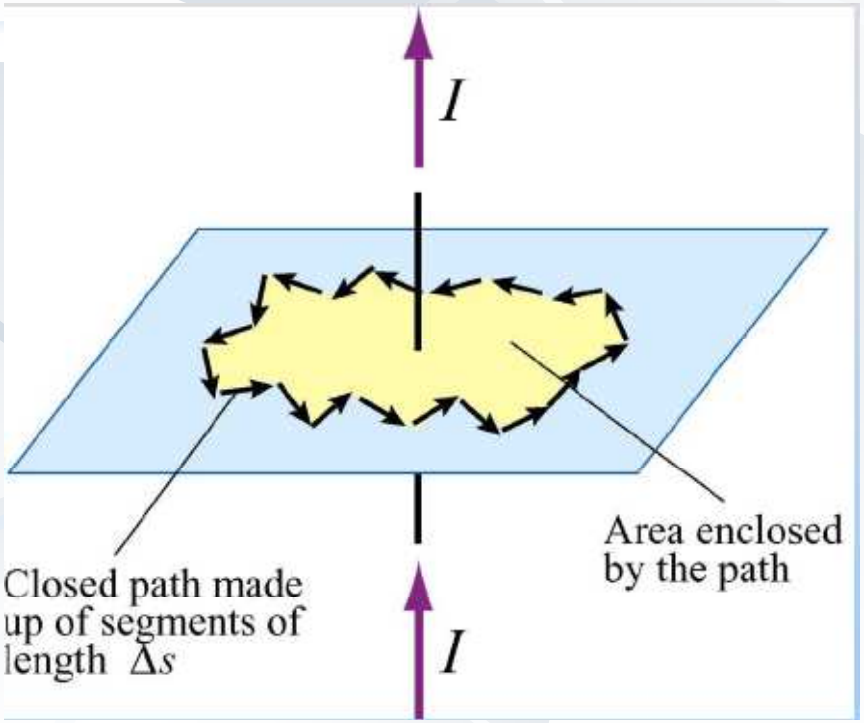
Hukum Ampere: Idenya



Untuk mencari medan B disekeliling loop, pastilah terdapat arus yang menembus loop

Hukum Ampere: Persamaan

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



Integral garisnya sepanjang lintasan tertutup yang mengelilingi sebuah permukaan terbuka *S*.

I_{enc} adalah arus yang menembus S:

$$I_{enc} = \int_S \vec{\mathbf{J}} \cdot d\vec{\mathbf{A}}$$

Biot-Savart vs. Ampere

Hukum Biot-Savart

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

Sumber arus umum (sembarang)
contoh: kawat berhingga, kawat loop

Hukum Ampere

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

Sumber arus simetri
contoh: kawat takberhingga, lembaran arus takhingga

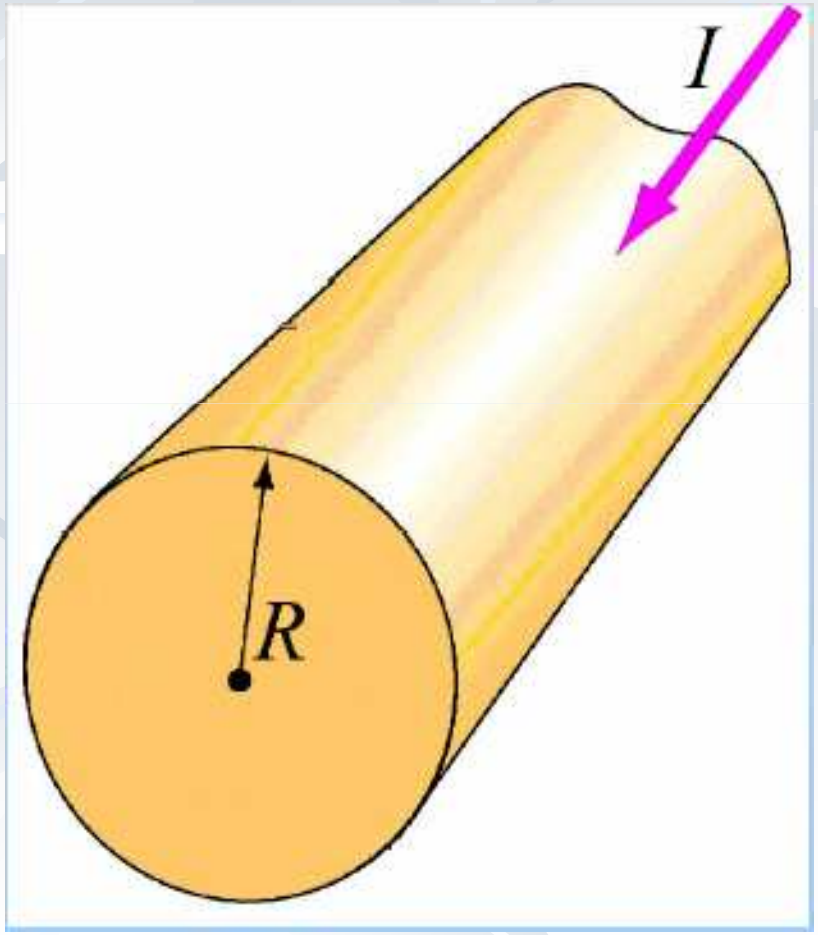
Penggunaan Hukum Ampere

1. Identifikasi daerah yang akan dihitung medan B nya
   Mencari arah B dengan aturan tangan kanan
2. Pilih lintasan Ampere S: Simetri
   B = 0 atau konstan pada lintasan Ampere!
3. Hitung
4. Hitung arus yang dilingkupi lintasan Ampere S
5. Gunakan hukum Ampere untuk mencari B

$$\oint \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{s}}$$

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

Contoh: Kawat tak Berhingga



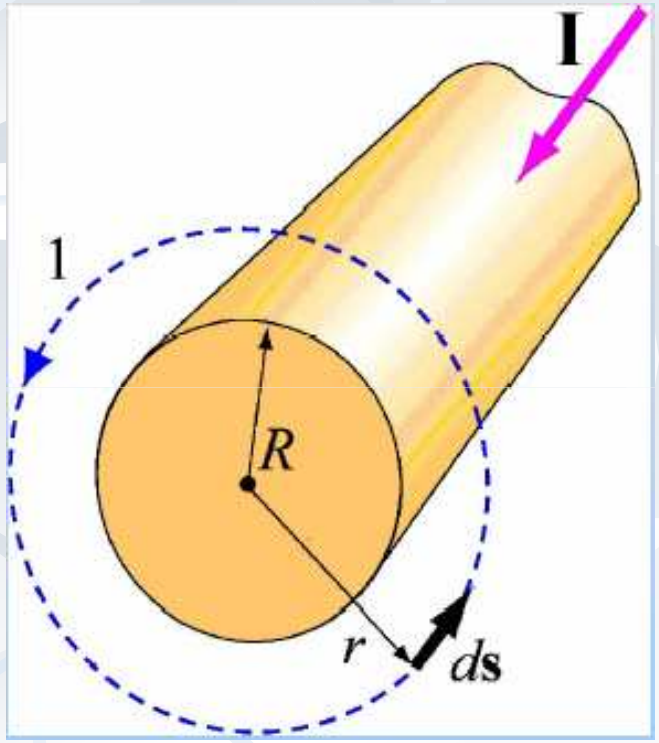
Sebuah konduktor silinder memiliki radius R dan rapat arus uniform dengan arus total I

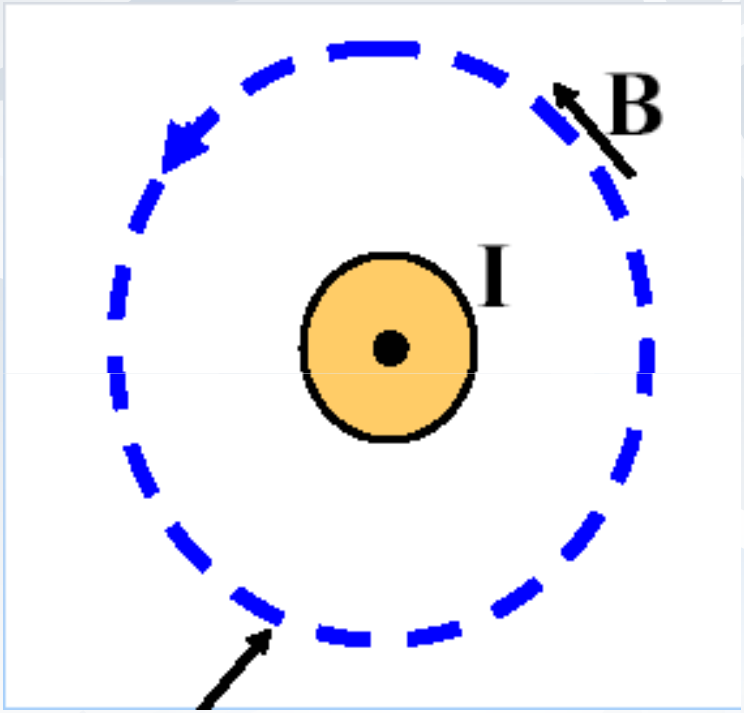
Cari B di daerah:

(1) Luar kawat ($r \geq R$)

(2) Dalam kawat ($r < R$)

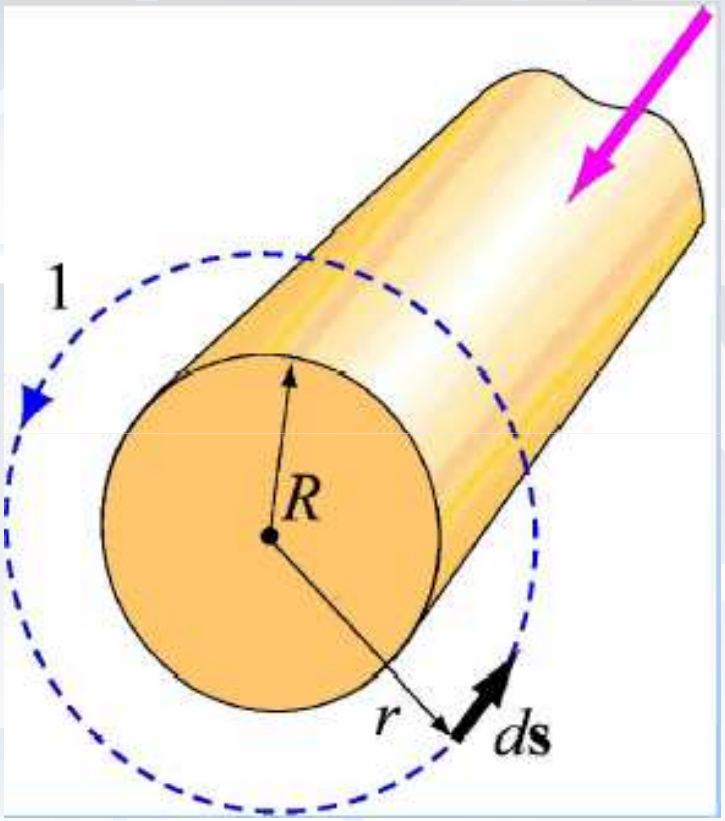
Contoh Hukum Ampere: Kawat Takhingga





Lintasan Ampere:
B konstan & sejajar
I terlingkupi

Contoh: Kawat Radius *R*



Daerah 1: r ≥ R

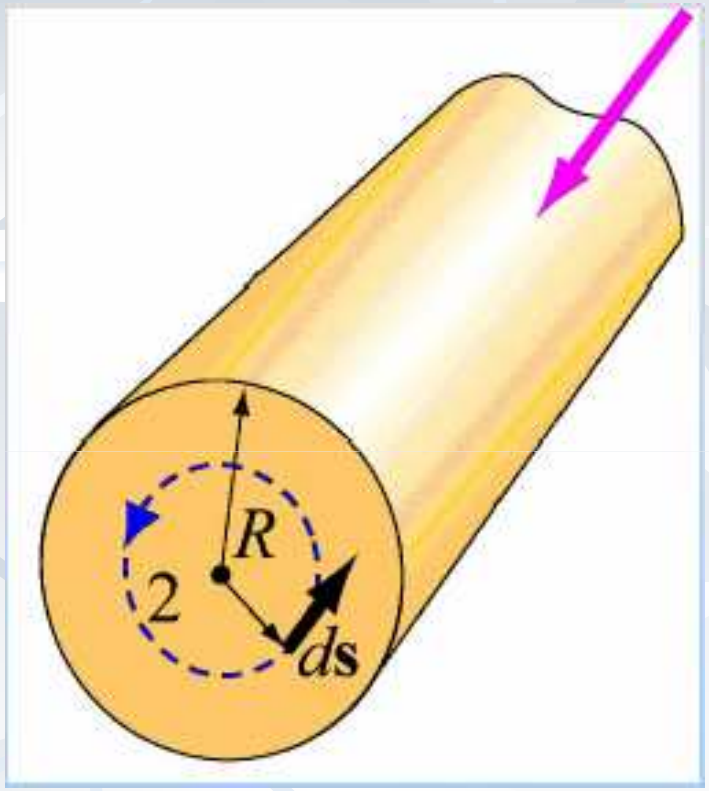
Simetri Silinder →
Lintasan Ampere lingkaran
Medan B berlawanan jarum jam

$$\oint \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{s}} = B \oint d\vec{\mathbf{s}} = B(2\pi r)$$
$$= \mu_0 I_{enc} = \mu_0 I$$

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

Berlawanan arah jarum jam

Contoh: Kawat Radius *R*



Daerah 2: r < R

$$\oint \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{s}} = B \oint d\vec{\mathbf{s}} = B(2\pi r)$$

$$= \mu_0 I_{enc} = \mu_0 I \left(\frac{\pi r^2}{\pi R^2} \right)$$

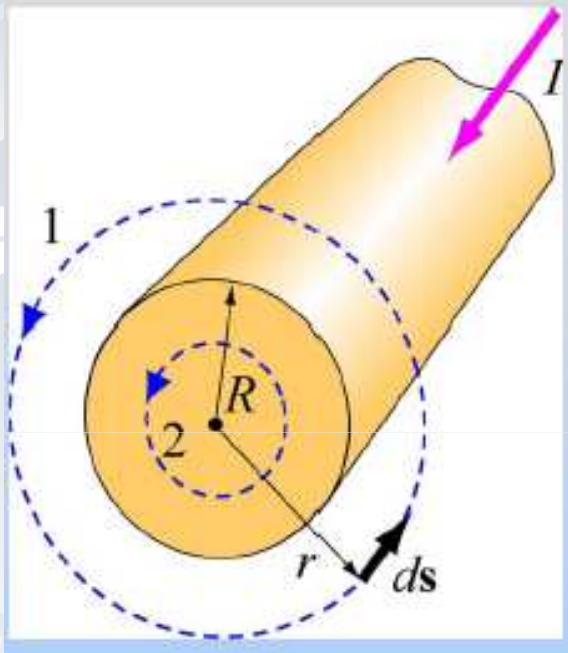
$$\vec{\mathbf{B}} = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2}$$

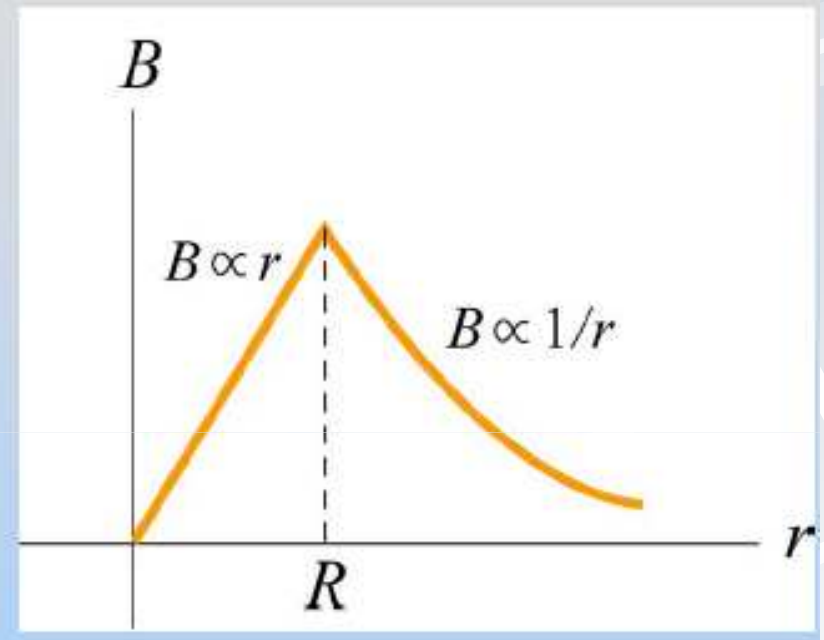
Berlawanan arah jarum jam

Dapat juga:

$$J = \frac{I}{A} = \frac{I}{\pi R^2}; \; I_{enc} = JA_{enc} = \frac{I}{\pi R^2}\left(\pi r^2\right)$$

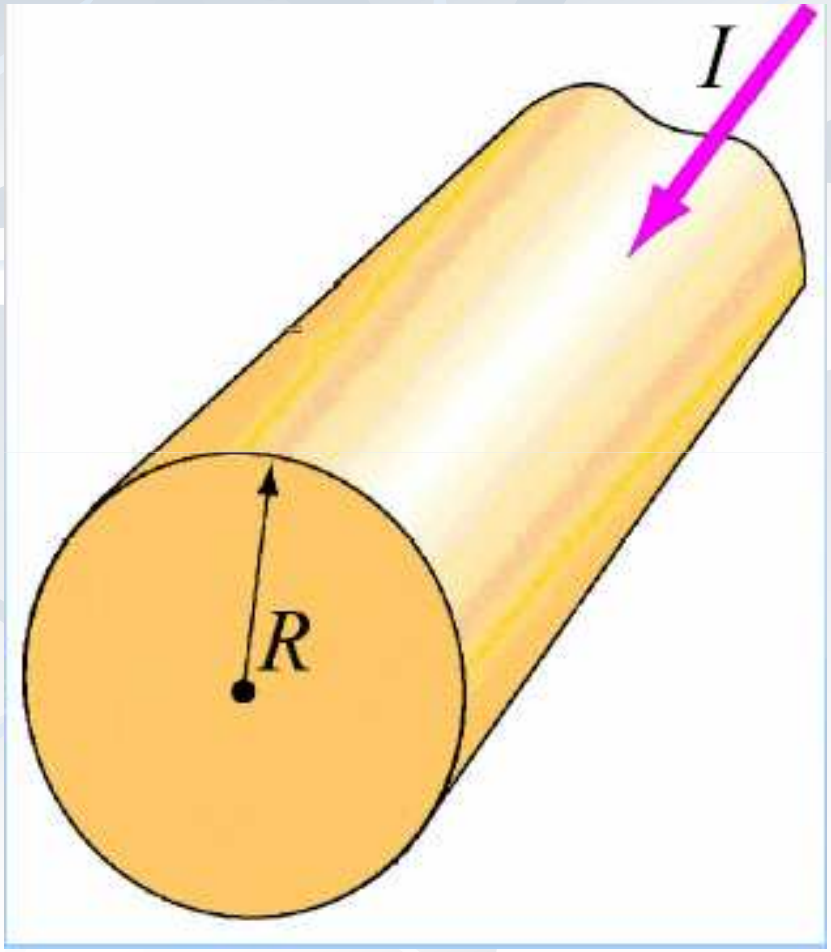
Contoh: Kawat Radius *R*





$$B_{in} = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2} \qquad B_{out} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Problem: Kawat Silinder Non-Uniform



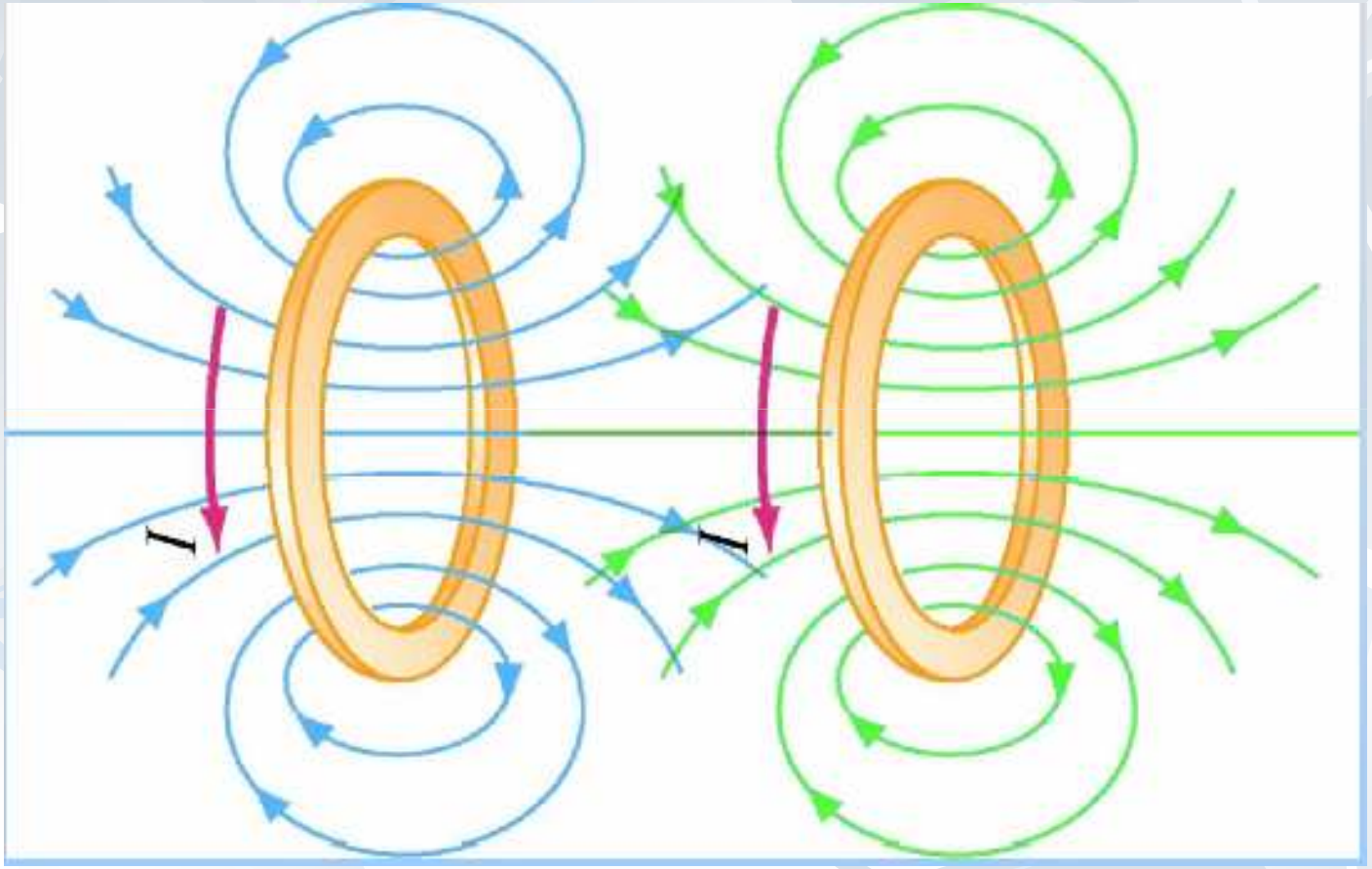
Sebuah kawat silinder radius R dan rapat arus nonuniform dengan arus total:

$$\vec{\mathbf{J}} = J_0 \frac{R}{r}$$

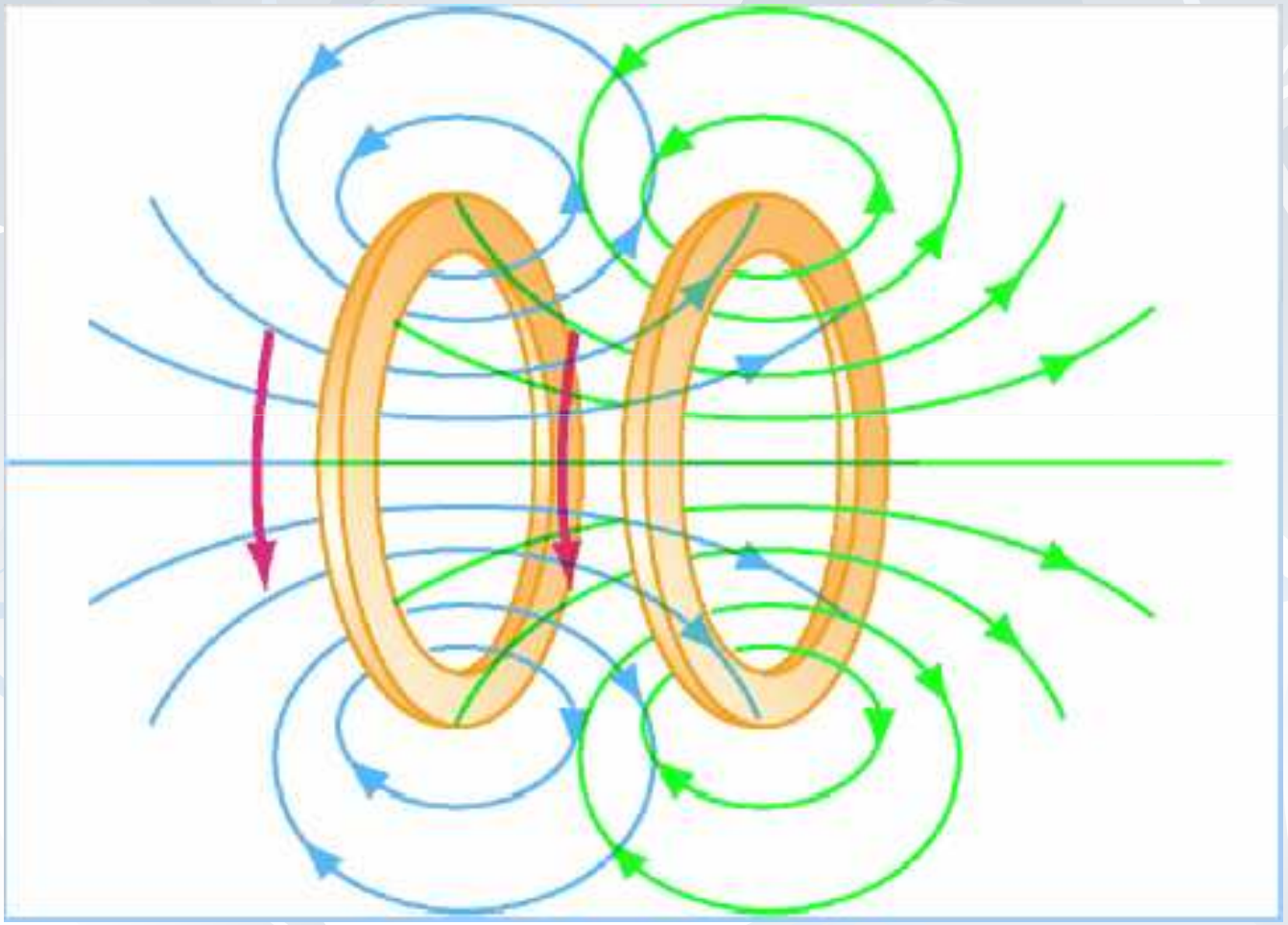
Cari B di daerah:
(1) r ≥ R
(2) r < R

Geometri yang Lain

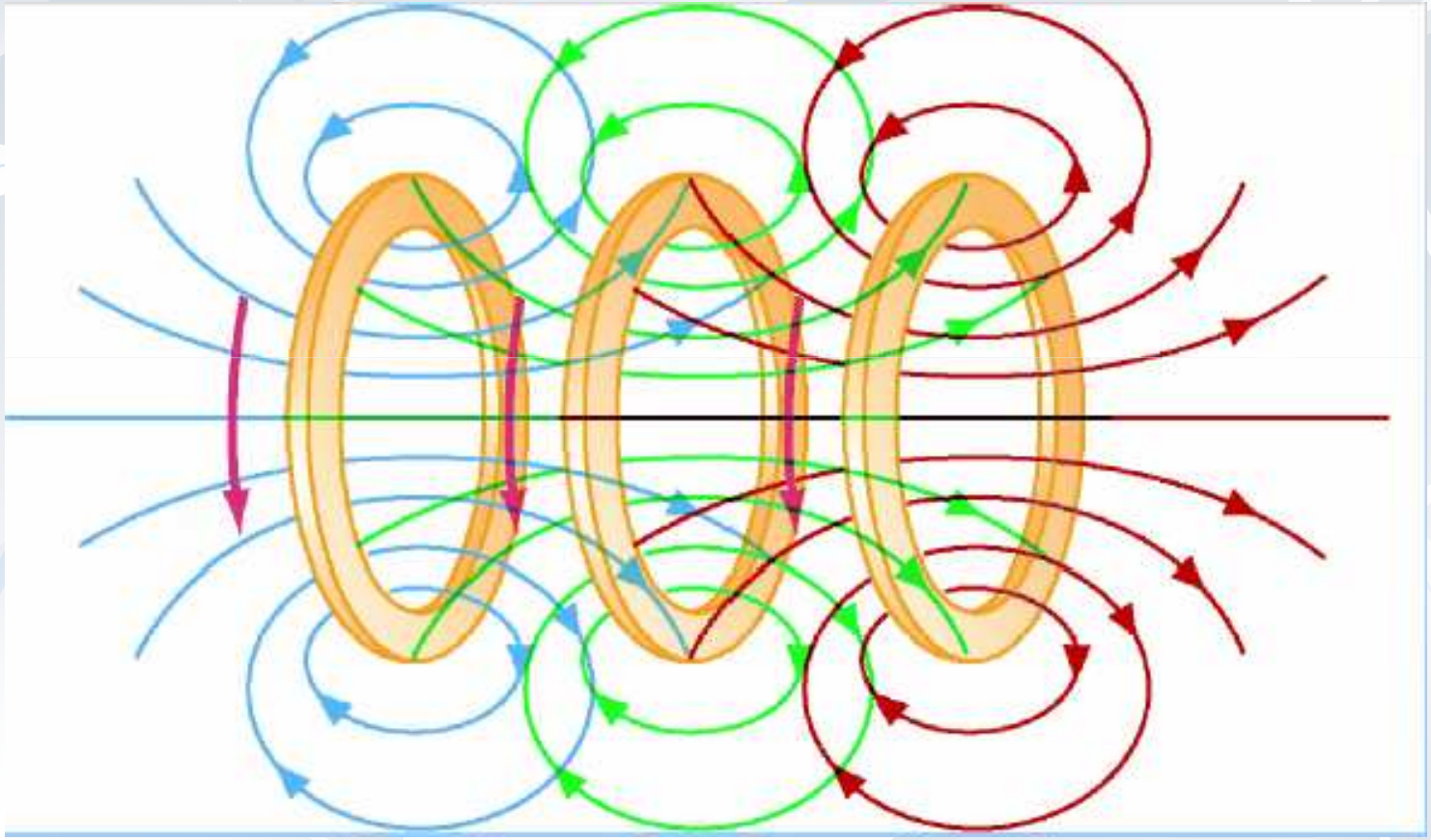
Koil Helmholtz



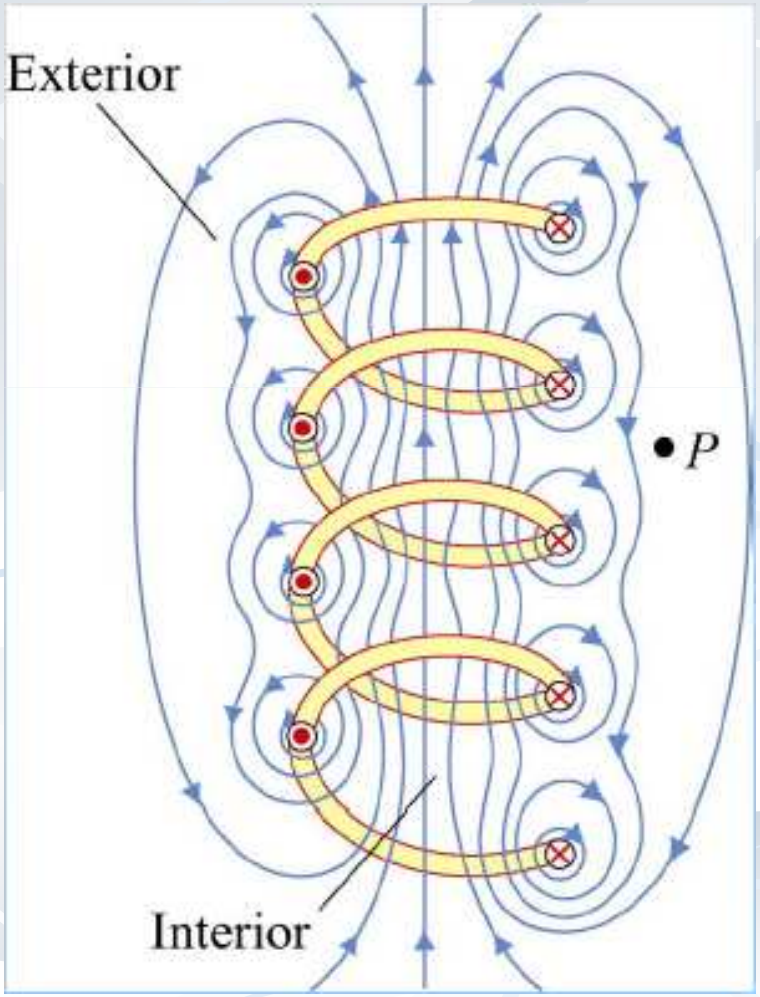
Koil Helmholtz dengan Jarak Lebih Dekat



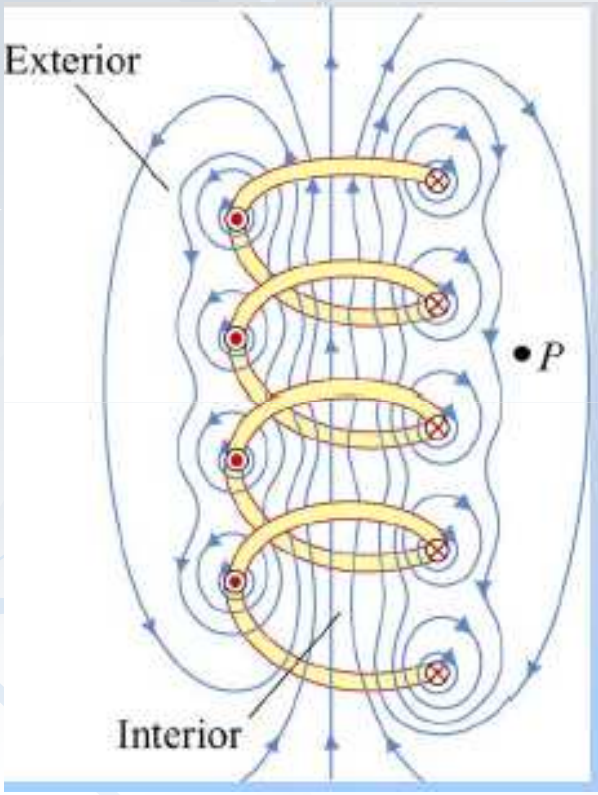
Lilitan Kawat

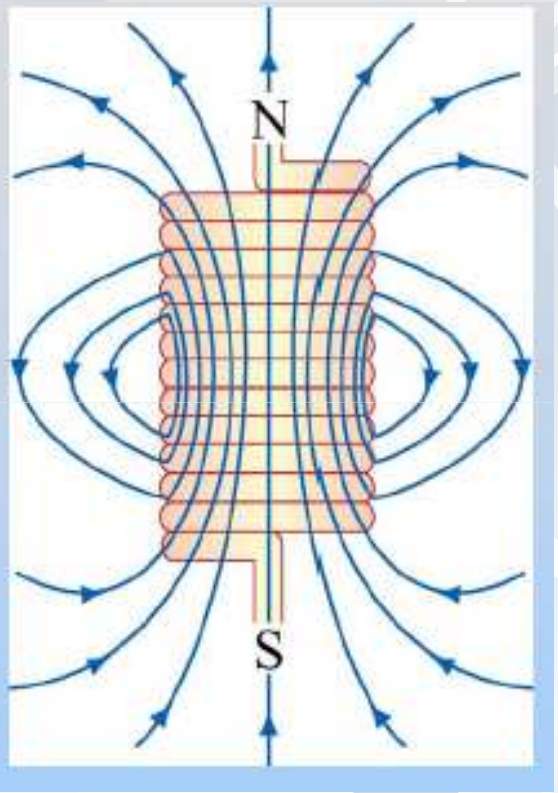


Lilitan Kawat – Solenoid



Medan Magnet dari Solenoid

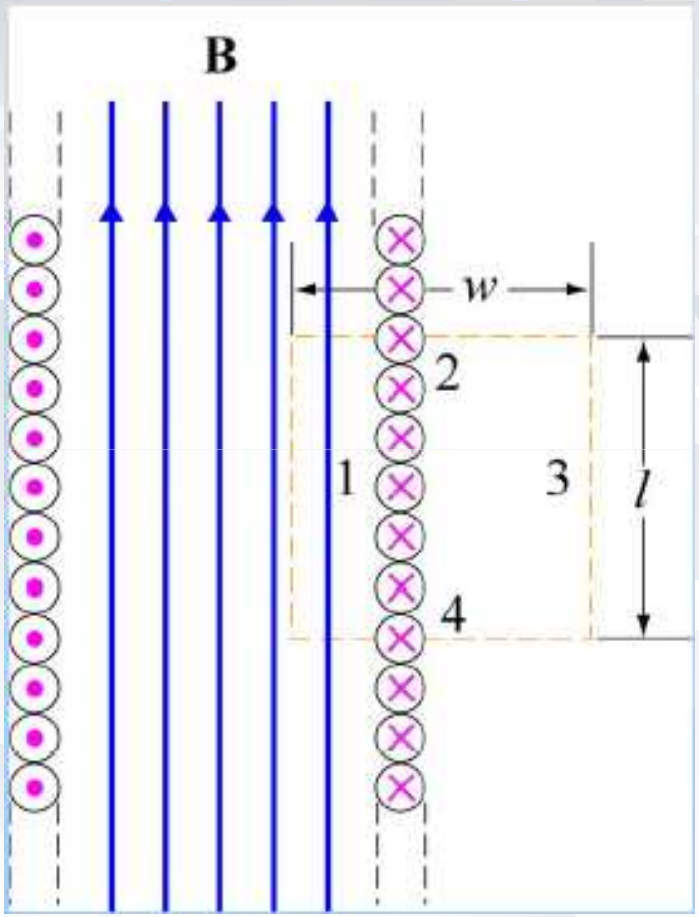




Gulungan renggang Gulungan rapat

Untuk solenoid ideal, B uniform di dalam & nol di luar

Medan Magnet dari Solenoid



Gunakan hukum Ampere:

$$\begin{cases} \vec{\mathbf{B}} \perp d\vec{\mathbf{s}} & \text{along sides 2 and 4} \\ \vec{\mathbf{B}} = 0 & \text{along side 3} \end{cases}$$

$$\oint \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{s}} = \int_1 \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{s}} + \int_2 \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{s}} + \int_3 \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{s}} + \int_4 \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{s}}$$
$$= Bl + 0 + 0 + 0$$

$$I_{enc} = nlI$$

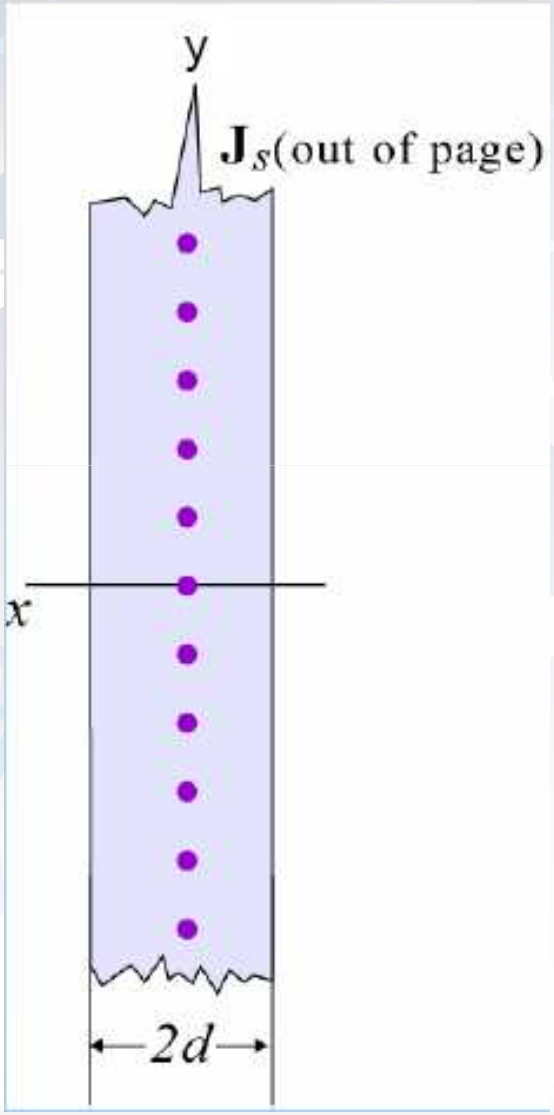
n: rapat lilitan

n = N/L

$$\oint \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{s}} = Bl = \mu_0 nlI$$

$$B = \frac{\mu_0 nlI}{l} = \mu_0 nI$$

Problem: Lembaran Arus

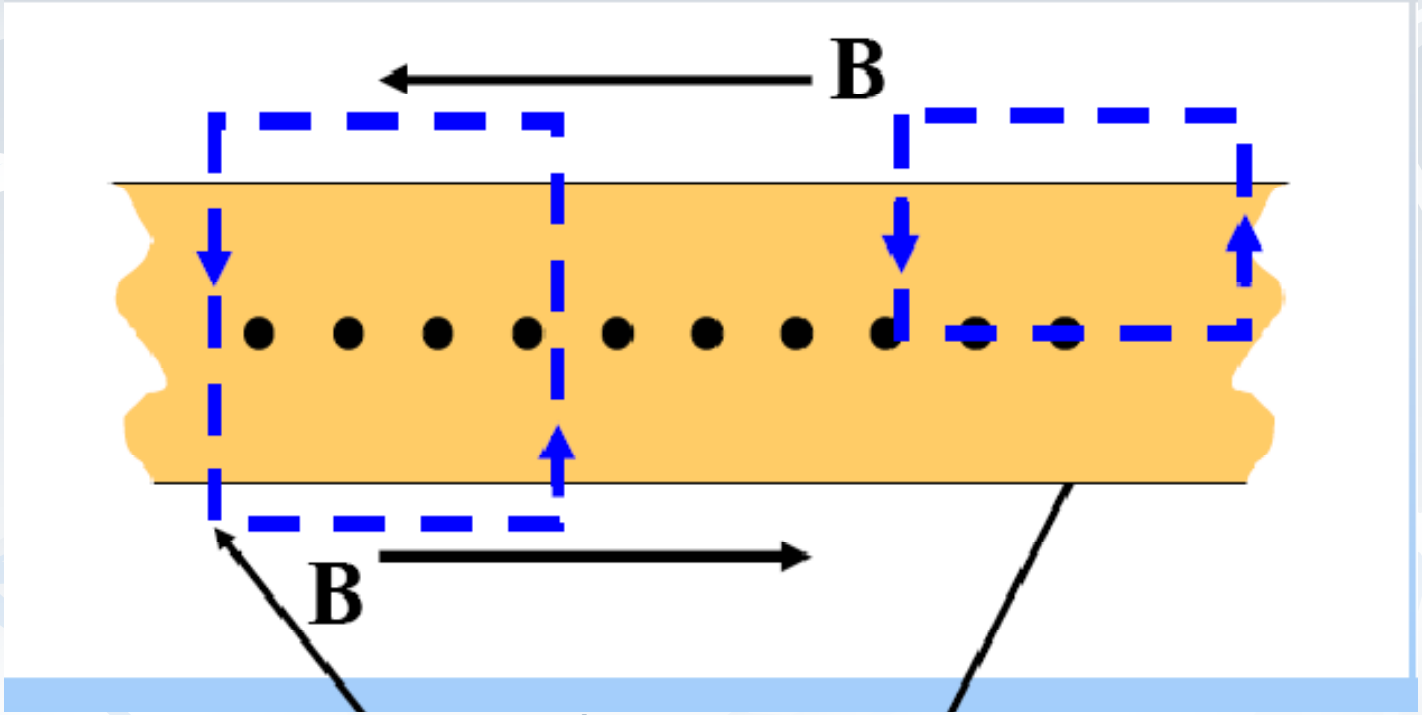


Sebuah lembaran arus (arah y & z takhingga, tebal 2d arah x) membawa rapat arus uniform:

$$\vec{\mathbf{J}}_s = J\hat{\mathbf{k}}$$

Cari B di luar dan di dalam!

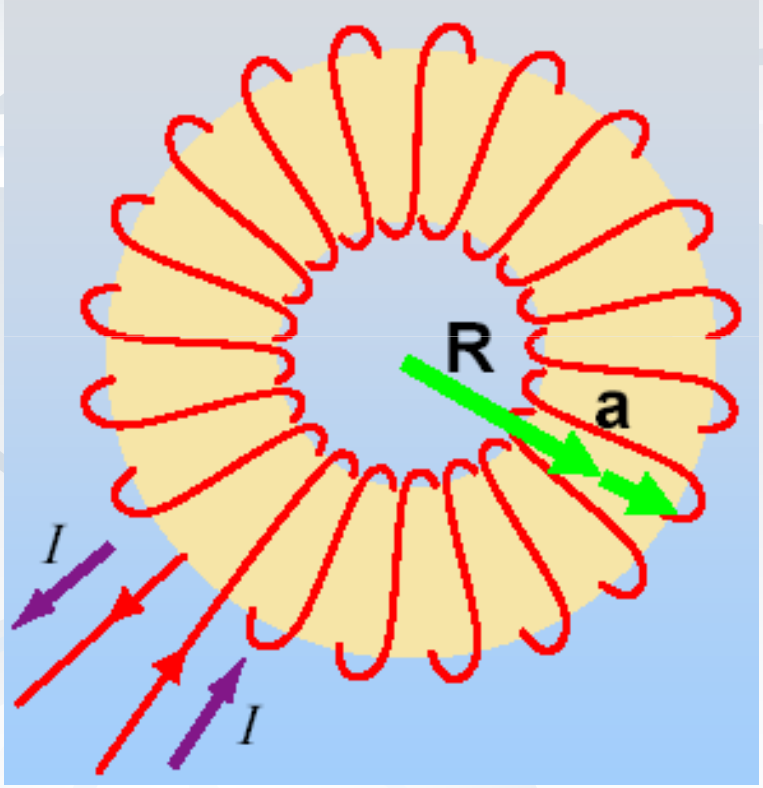
Hukum Ampere:
Lembaran Arus Takhingga



Lintasan Ampere:

B Konstan & Paralel OR Tegaklurus OR Nol
Arus Terlingkupi

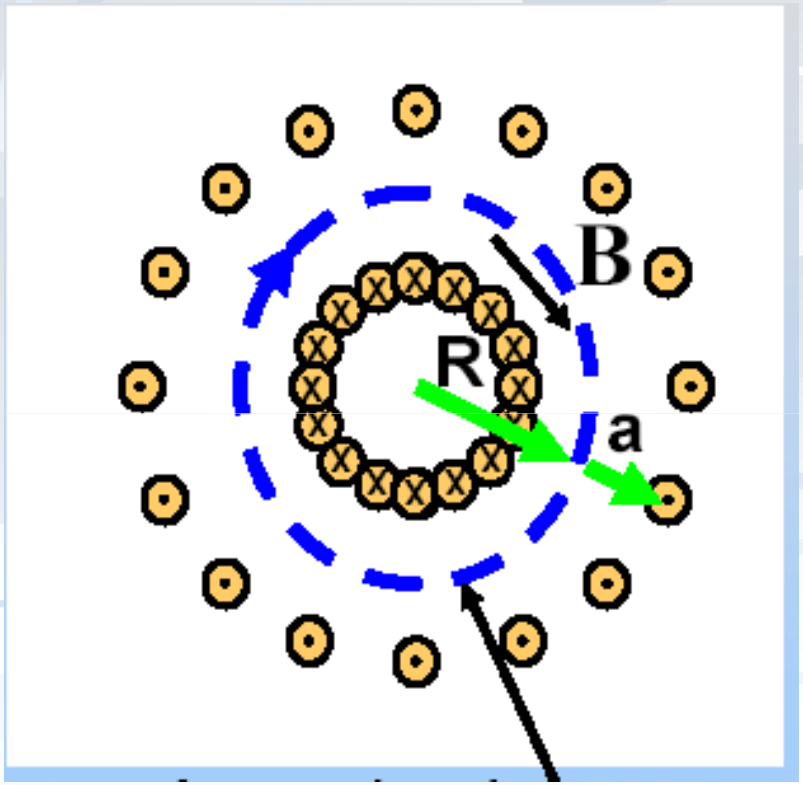
Problem: Torus



Sebuah torus (sebuah solenoida radius *a* dan *n* lilitan/meter yang ujung-ujungnya diketemukan sehingga membentuk donat berradius *R*) berarus uniform *I*.

Cari B disumbu pusat solenoid!

Hukum Ampere: Torus

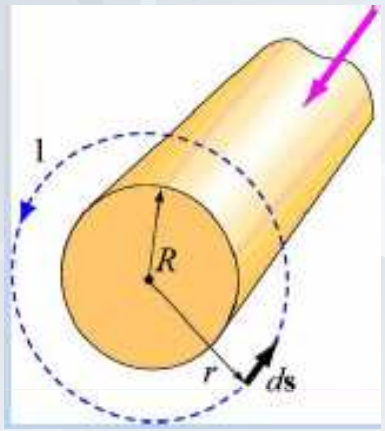


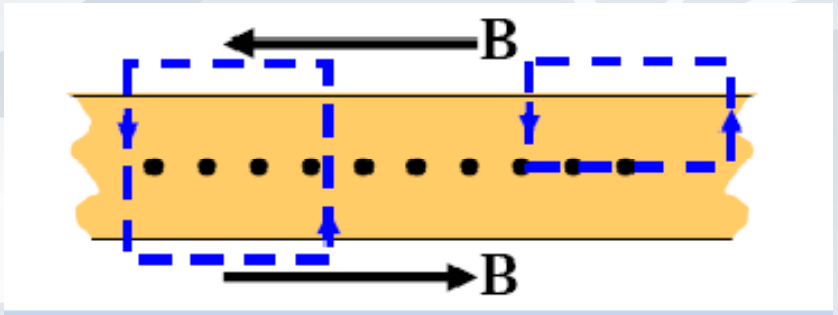
Lintasan Ampere:
B konstan & Paralel
I terlingkupi

Hukum Ampere:

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

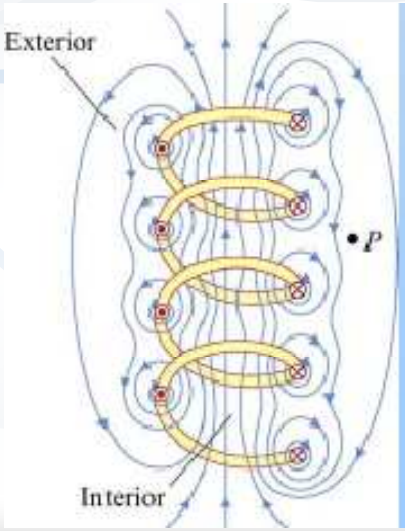
Kawat Silinder Takhingga

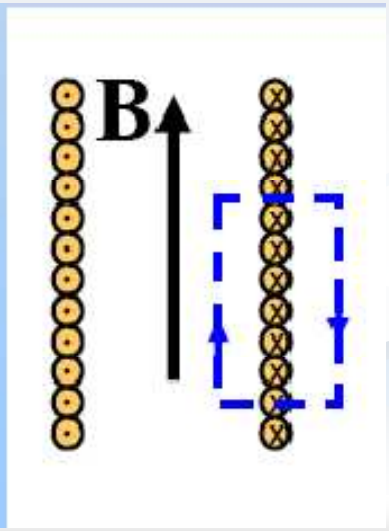


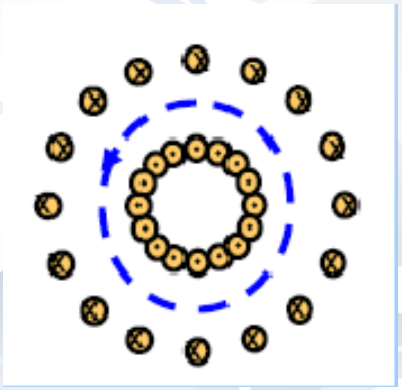


Lembaran Arus Takhingga

Solenoid







Torus

- **Review Singkat …**

Persamaan Maxwell (Sejauh Ini)

Hukum Gauss:

$$\oiint_S \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{A}} = \frac{Q_{in}}{\varepsilon_0}$$

"Muatan listrik merupakan sumber medan listrik yang menyebar"

Hukum Gauss Magnet :

$$\oiint_S \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{A}} = 0$$

"Tidak Ada Monopol Magnet! (Medan B tidak menyebar)"

Hukum Ampere:

$$\oint_C \vec{\mathbf{B}} \cdot d\,\vec{\mathbf{s}} = \mu_0 I_{enc}$$

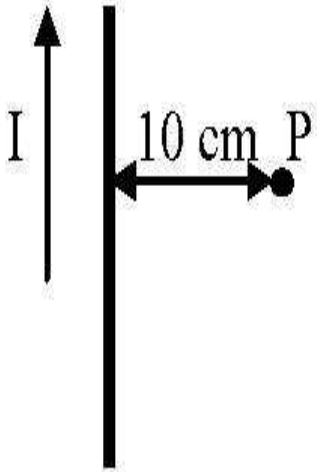
"Arus merupakan sumber medan magnet yang melingkar"

Tugas :

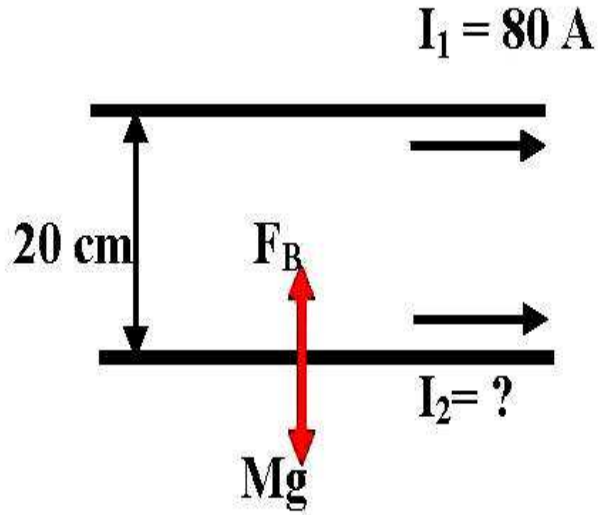
1. Sebuah proton dengan kecepatan 5×10^{6} m/det bergerak vertikal ke atas memasuki medan magnet dan mendapatkan gaya perlawanan ke arah Barat sebesar 8×10^{-14} N. Ketika proton bergerak dari arah Utara gaya perlawanan yang ditimbulkan akibat medan magnet besarnya = 0. Jika muatan proton $q = +e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C, tentukan besar dan arah medan magnetnya!

2. Sebuah elektron bergerak di bidang datar dengan kecepatan 2×10^7 m/det memasuki medan magnet uniform 0,01 T secara tegak lurus. Hitung jarak edar electron secara kuantitatif!

3. Kabel listrik di tembok dialiri arus dc sebesar 25 A vertikal ke atas. Hitung medan magnet di titik P yang berada 10 cm dari kabel!



4. Sebuah kabel dipasang mendatar, dialiri arus dc I_1 sebesar 80 A. Kabel kedua yang dipasang parallel berada 20 cm di bawahnya memiliki massa 0,12 g/meter panjang. Berapa besar arus yang mengalir di kabel kedua I_2 agar kabel tersebut tidak jatuh akibat gaya gravitasi ?



5. Sebuah koil lingkaran dari kabel berdiameter 20 cm memiliki 10 lilitan. Setiap lilitan dialiri arus sebesar 3 A. Koil tersebut ditempatkan dalam medan magnet luar sebesar 2 T. Tentukan torsi maksimum dan minimumnya!