



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Magnetic Field

NURRISMA PUSPITASARI

Magnetic Field

- Induksi Magnet dan Flux Magnet
- Gerak Muatan Listrik dalam Medan Magnet
- Kawat Berarus dalam Medan Magnet
- Pemakaian Medan Magnet
- Induksi magnet oleh kawat lurus berarus
- Induksi magnet oleh kawat melingkar
- Induksi magnet oleh solenoida
- Induksi magnet oleh toroida
- Gaya magnet pada dua kawat berarus

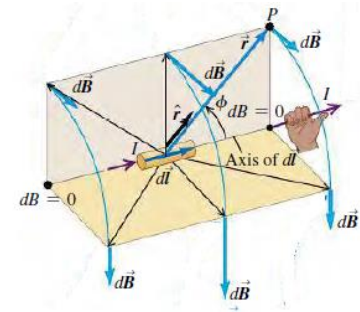
Magnetic Field

- **Induksi Magnet dan Flux Magnet**
- **Gerak Muatan Listrik dalam Medan Magnet**
- **Kawat Berarus dalam Medan Magnet**
- **Pemakaian Medan Magnet**
 - Induksi magnet oleh kawat lurus berarus
 - Induksi magnet oleh kawat melingkar
 - Induksi magnet oleh solenoida
 - Induksi magnet oleh toroida
 - Gaya magnet pada dua kawat berarus

Magnetic Field

- Induksi Magnet dan Flux Magnet
- Gerak Muatan Listrik dalam Medan Magnet
- Kawat Berarus dalam Medan Magnet
- Pemakaian Medan Magnet
- Induksi magnet oleh kawat lurus berarus
- Induksi magnet oleh kawat melingkar
- Induksi magnet oleh solenoida
- Induksi magnet oleh toroida
- Gaya magnet pada dua kawat berarus

BIOT-SAVART LAW



Induksi magnet oleh arus listrik

- Induksi magnet pada kawat berarus listrik

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

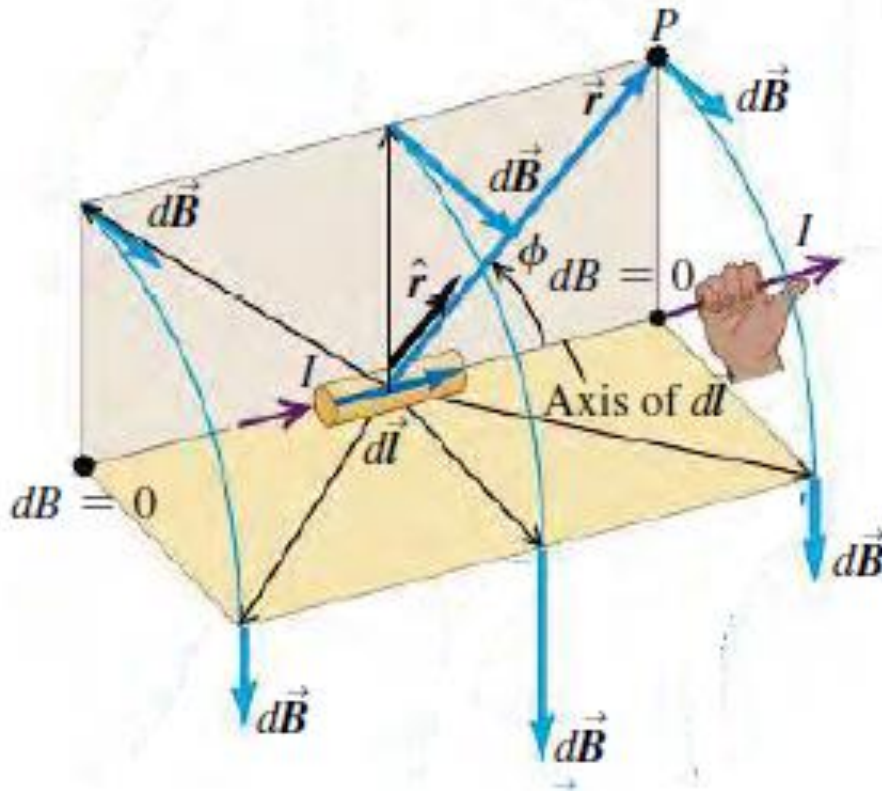
Menurut savart, medan magnet di titik P oleh elemen kawat dl adalah:

1. Sebanding dengan arus I
2. Sebanding dengan panjang kawat (dl)
3. Sebanding dengan sinus sudut antara dl dengan garis hubung titik P dengan dl
4. Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak P dengan dl

Induksi magnet oleh arus listrik

- Induksi magnet pada kawat berarus listrik

Biot-Savart Law



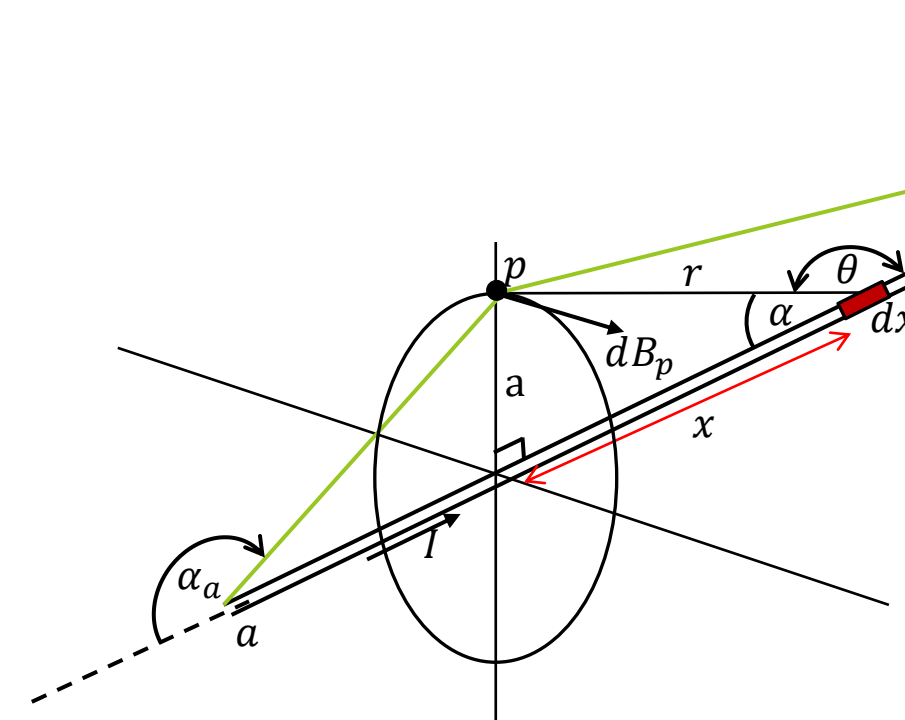
$$\vec{dB}_p = \frac{\mu_0 I d\vec{l} \times \hat{r}}{4\pi r^2}$$

$$dB_p = \frac{\mu_0 I dl \sin \phi}{4\pi r^2}$$

Dengan:

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

Induksi magnet pada kawat lurus berarus listrik



dari gambar

$$\tan \alpha = \frac{a}{x} \quad \longrightarrow \quad dx = -\frac{a}{\sin^2 \alpha} d\alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{a}{r} \quad \longrightarrow \quad \frac{1}{r^2} = \frac{\sin^2 \alpha}{a^2}$$

$$\sin \theta = \sin(180 - \alpha) = \sin \alpha$$

$$dB_p = \frac{\mu_0 I dx \sin \theta}{4\pi r^2}$$

$$B_p = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_a^b \frac{dx \sin \theta}{r^2}$$

Sehingga:

$$B_p = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_a^b \left(-\frac{a}{\sin^2 \alpha} d\alpha \right) \left(\frac{\sin^2 \alpha}{a^2} \right) (\sin \alpha)$$

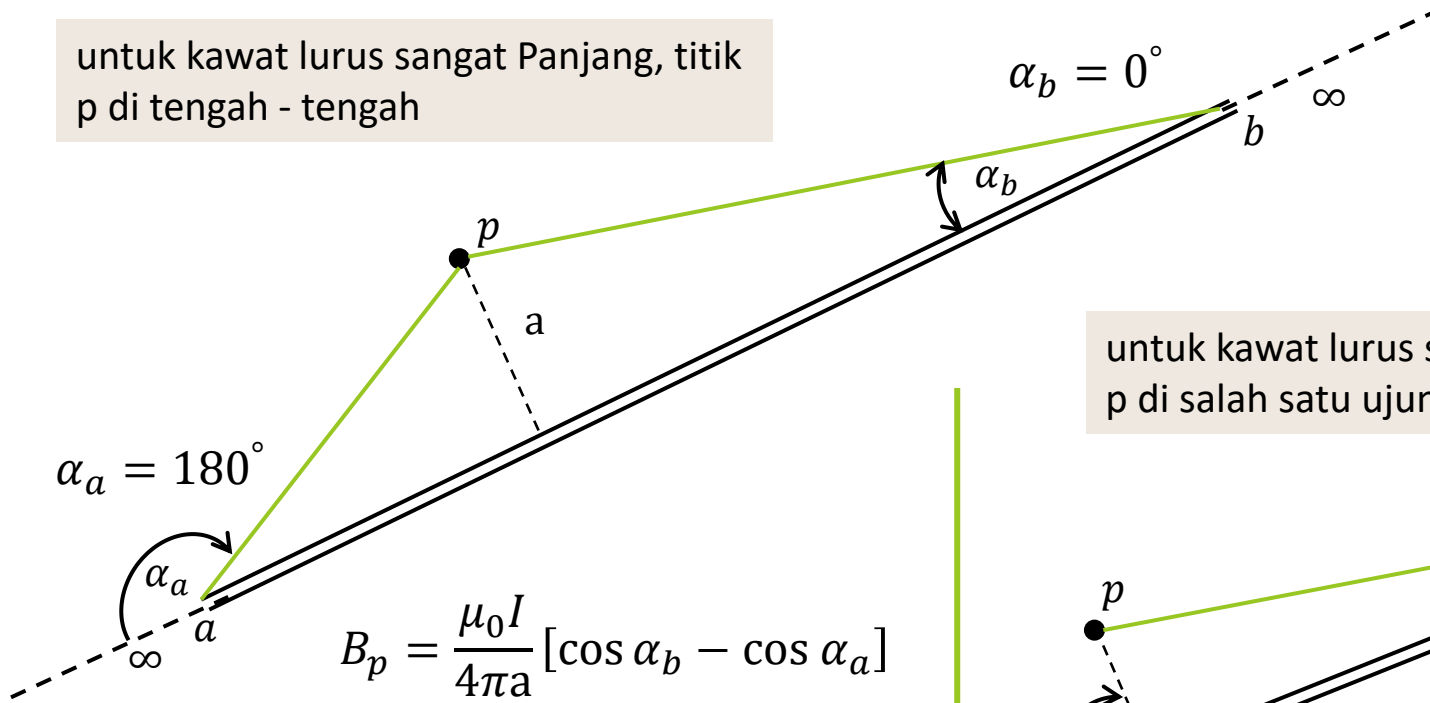
$$B_p = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \int_a^b (-\sin \alpha) d\alpha$$

$$B_p = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} [\cos \alpha]_a^b$$

$$B_p = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} [\cos \alpha_b - \cos \alpha_a]$$

α digunakan jika arus bergerak dari A ke B
 θ digunakan jika arus bergerak dari B ke A

untuk kawat lurus sangat Panjang, titik p di tengah - tengah



sehingga:

$$B_p = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} [\cos \alpha_b - \cos \alpha_a]$$

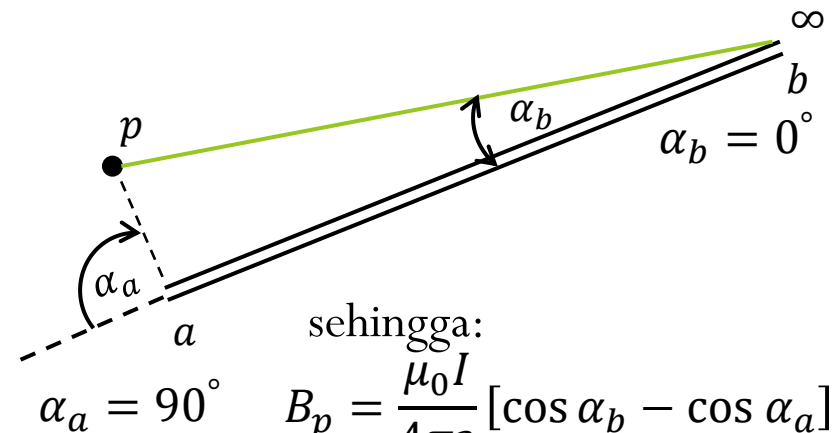
$$B_p = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} [\cos 0^\circ - \cos 180^\circ]$$

$$B_p = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} [1 - (-1)]$$

$$B_p = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} [2]$$

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

untuk kawat lurus sangat Panjang, titik p di salah satu ujung



sehingga:

$$B_p = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} [\cos \alpha_b - \cos \alpha_a]$$

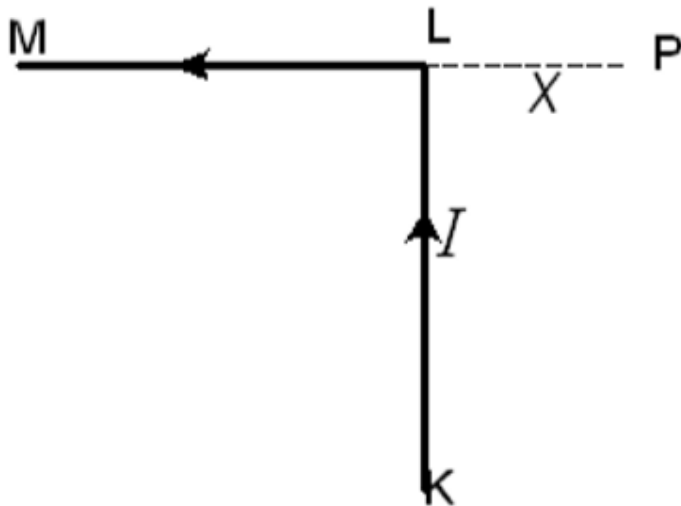
$$B_p = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} [\cos 0^\circ - \cos 90^\circ]$$

$$B_p = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} [1 - 0]$$

$$B_p = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}$$

Contoh Soal 124 No. 27

Hitunglah besar dan arah medan magnet di titik P yang diakibatkan oleh penghantar berarus I yang lewat kawat sangat panjang yang berbentuk seperti tampak pada gambar



Penyelesaian:

$$B_p = B_{KL} + B_{LM}$$

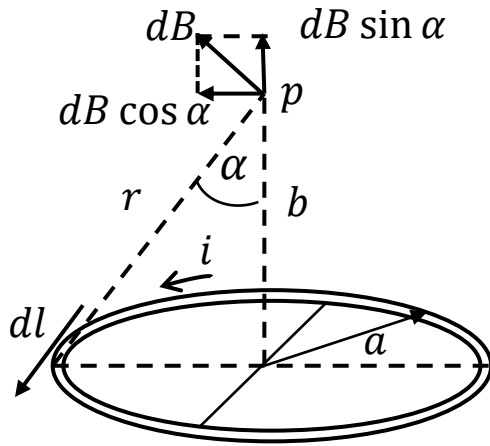
$$B_p = \frac{\mu_0 I}{4\pi x} [\cos \alpha_L - \cos \alpha_K] + 0$$

$$B_p = \frac{\mu_0 I}{4\pi x} [\cos 90^\circ - \cos 180^\circ] + 0$$

$$B_p = \frac{\mu_0 I}{4\pi x} [0 - (-1)] + 0$$

$$B_p = \frac{\mu_0 I}{4\pi x}$$

- Induksi magnet pada kawat melingkar



$$B_p = \int dB \sin \alpha$$

$$B_p = \int \frac{\mu_0 i dl \sin \theta}{4\pi r^2} \sin \alpha$$

$$B_p = \int \frac{\mu_0 i dl \sin 90}{4\pi r^2} \sin \alpha$$

$$B_p = \frac{\mu_0 i}{4\pi r^2} \sin \alpha \int dl$$

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

$$B_p = \frac{\mu_0 i a}{4\pi r^3} (2\pi a)$$

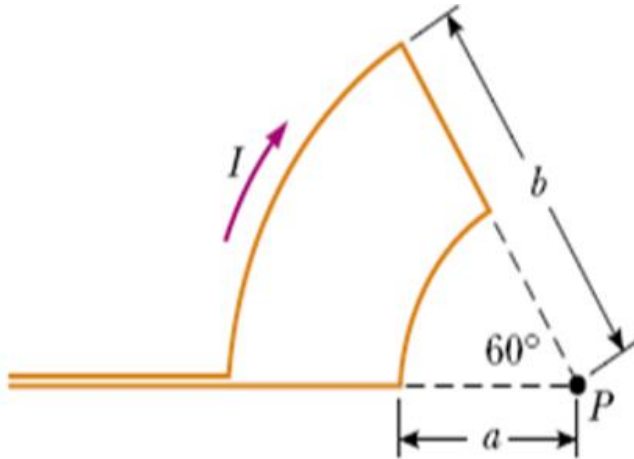
$$B_p = \frac{\mu_0 i a^2}{2r^3}$$

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

Jika titik P berada di pusat cincin dengan jumlah lilitan N, maka $b = 0$, sehingga:

$$B_p = \frac{\mu_0 i N}{2a}$$

29. Sebuah penghantar berbentuk seperti pada gambar dialiri arus I . Tentukanlah besar dan arah medan magnet dititik P



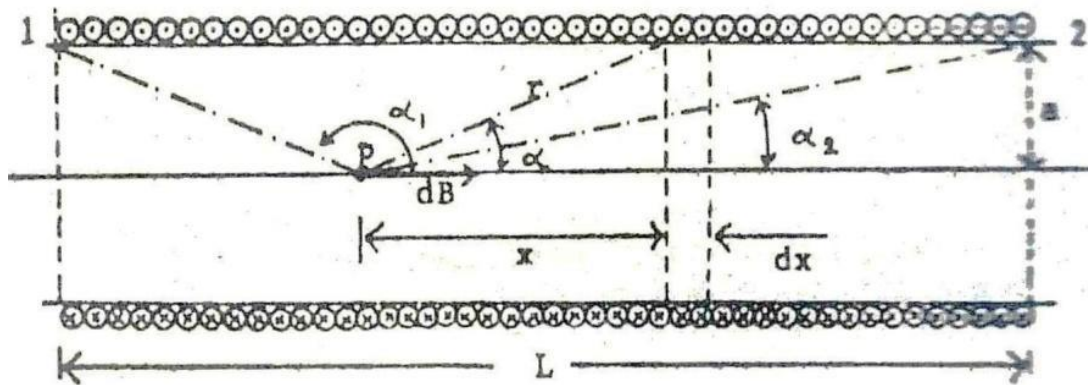
Penyelesaian:

$$B_p = B_1 - B_2$$

$$B_p = \left(\frac{60}{360} \right) \left[\frac{\mu_0 I N}{2a} - \frac{\mu_0 I N}{2b} \right]$$

$$B_p = \left(\frac{1}{6} \right) \frac{\mu_0 I}{2} \left[\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right] \quad \Rightarrow \quad B_p = \frac{\mu_0 I}{12} \left[\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right]$$

- Induksi magnet oleh solenoida



$$dB_p = \frac{\mu_0 i a (dN)}{2r^2} \sin \alpha$$

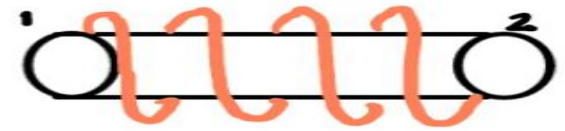
$$n = \frac{N}{L} = \frac{dN}{dx}$$

$$dN = n dx$$

$$dB_p = \frac{\mu_0 i a (n dx)}{2r^2} \sin \alpha$$

$$B_p = \frac{\mu_0 i a n}{2} \int \frac{\sin \alpha}{r^2} dx$$

$$B_p = \frac{\mu_0 i a N}{2L} \int_1^2 \sin \alpha \left(\frac{\sin^2 \alpha}{a^2} \right) \left(-\frac{a}{\sin^2 \alpha} d\alpha \right)$$



$$\tan \alpha = \frac{a}{x} \rightarrow dx = -\frac{a}{\sin^2 \alpha} d\alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{a}{r} \rightarrow \frac{1}{r^2} = \frac{\sin^2 \alpha}{a^2}$$

$$B_p = \frac{\mu_0 i N}{2L} \int_1^2 (-\sin \alpha) d\alpha$$

$$B_p = \frac{\mu_0 i N}{2L} [\cos \alpha]_1^2$$

$$B_p = \frac{\mu_0 i N}{2L} [\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1]$$

Untuk solenoida sangat Panjang

$$\alpha_2 = 0^\circ, \alpha_1 = 180^\circ$$

$$B_p = \frac{\mu_0 i N}{2L} [1 - (-1)]$$

$$B_p = \frac{\mu_0 i N}{L}$$

untuk solenoida sangat Panjang dan titik P di ujung

$$\alpha_2 = 0^\circ, \alpha_1 = 90^\circ$$

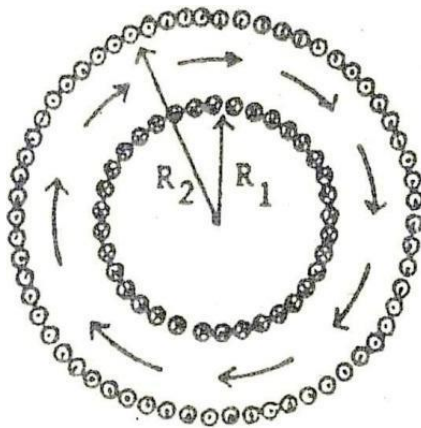
$$B_p = \frac{\mu_0 i N}{2L} [\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1]$$

$$B_p = \frac{\mu_0 i N}{2L} [\cos 0 - \cos 90^\circ]$$



$$B_p = \frac{\mu_0 i N}{2L}$$

- Induksi magnet oleh Toroida



$$B = \frac{\mu_0 i N}{L}$$

dengan

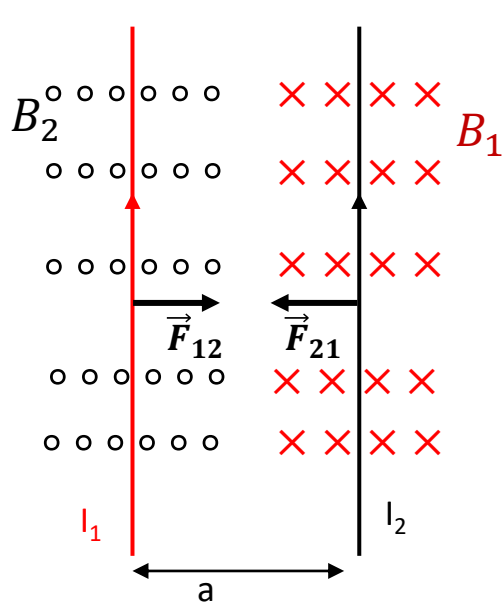
$$L = 2\pi R$$

$$R = \frac{R_1 + R_2}{2}$$

$$B = \frac{\mu_0 i N}{\pi(R_1 + R_2)}$$

Gaya pada dua kawat lurus berarus

- untuk dua kawat lurus sejajar sangat panjang



Gaya pada kawat 1

$$\vec{F}_{12} = I_1(\vec{l}_1 \times \vec{B}_2)$$

$$\vec{F}_{12} = I_1 l_1 B_2 (\hat{k} \times \hat{i})$$

$$\vec{F}_{12} = I_1 l_1 \frac{\mu_0 I_2}{2\pi a} (\hat{j})$$

$$\frac{\vec{F}_{12}}{l_1} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a} \hat{j}$$

Gaya pada kawat 2

$$\vec{F}_{21} = I_2(\vec{l}_2 \times \vec{B}_1)$$

$$\vec{F}_{21} = I_2 l_2 B_1 (\hat{k} \times -\hat{i})$$

$$\vec{F}_{21} = I_2 l_2 \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a} (-\hat{j})$$

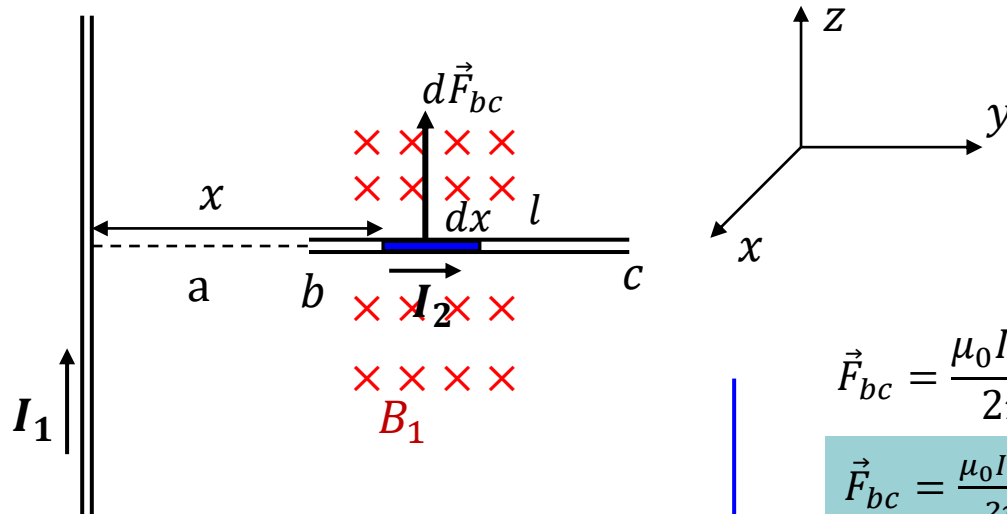
$$\frac{\vec{F}_{21}}{l_2} = \frac{\mu_0 I_2 I_1}{2\pi a} (-\hat{j})$$

Besar gaya persatuan panjang pada kedua kawat berarus besarnya sama

$$|\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}| = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a}$$

Untuk arah arus sama gaya pada kedua kawat saling tarik-menarik, sebaliknya jika arah arus berlawanan maka gaya pada kedua kawat tolak menolak

- untuk dua kawat lurus saling tegak lurus



$$\vec{F}_{bc} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} [\ln x]_a^{a+l} (\hat{k})$$

$$\vec{F}_{bc} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln \left(\frac{a+l}{a} \right) \hat{k}$$

$$d\vec{F}_{bc} = I_2 (d\vec{x} \times d\vec{B}_1)$$

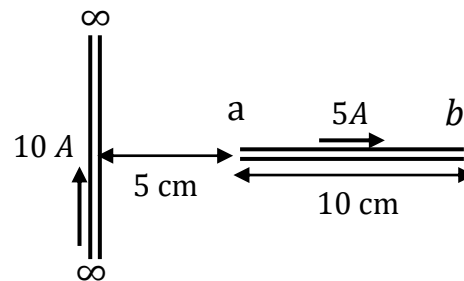
$$d\vec{F}_{bc} = I_2 (dx) (dB_1) (\hat{j} \times -\hat{i})$$

$$d\vec{F}_{bc} = I_2 (dx) \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} (\hat{k})$$

$$\vec{F}_{bc} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \int_a^{a+l} \frac{dx}{x} (\hat{k})$$

Contoh 4.12 hal 111

Sebuah kawat panjang tak hingga dialiri arus 10A. Pada arah tegak lurus kawat tersebut terdapat kawat sepanjang 10 cm yang dialiri arus 5A (lihat gambar). Tentukan gaya pada kawat ab.



Penyelesaian:

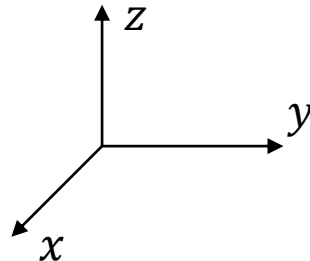
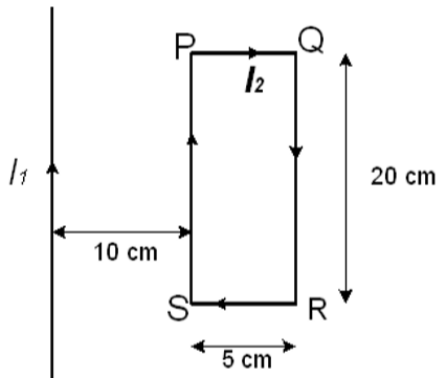
$$\vec{F}_{ab} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln\left(\frac{a+l}{a}\right) \hat{k}$$

$$\vec{F}_{ab} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30 \times 5}{2\pi} \ln\left(\frac{5+10}{5}\right) \hat{k}$$

$$\vec{F}_{ab} = 10^{-5} \ln(3) \hat{k}$$

Soal Buku hal 121 no. 6

Sebuah loop berarus $I_2 = 20$ A berbentuk persegi panjang dengan ukuran 5 cm x 20 cm, berada di dekat sebuah penghantar lurus sangat panjang yang dialiri arus $I_1 = 30$ A (lihat gambar). Tentukanlah besar dan arah gaya magnet yang dialami oleh masing-masing sisi persegi panjang!



Penyelesaian:

$$\vec{F}_{sp} = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l_{sp}}{2\pi a} (-\hat{j})$$

$$\vec{F}_{sp} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30 \times 20 \times 0,2}{2\pi \times 0,1} (-\hat{j})$$

$$\vec{F}_{sp} = 2,4 \times 10^{-4} (-\hat{j}) \text{ N}$$

$$\vec{F}_{PQ} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln\left(\frac{a+l}{a}\right) \hat{k}$$

$$\vec{F}_{PQ} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30 \times 20}{2\pi} \ln\left(\frac{10+5}{5}\right) \hat{k}$$

$$\vec{F}_{PQ} = 1,2 \times 10^{-4} \ln(3) \hat{k}$$

$$\vec{F}_{QR} = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l_{QR}}{2\pi(a + l_{pq})} (\hat{j})$$

$$\vec{F}_{QR} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30 \times 20 \times 0,2}{2\pi \times 0,15} (\hat{j})$$

$$\vec{F}_{QR} = 1,6 \times 10^{-4} (\hat{j}) \text{ N}$$

$$\vec{F}_{RS} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln\left(\frac{a+l}{a}\right) (-\hat{k})$$

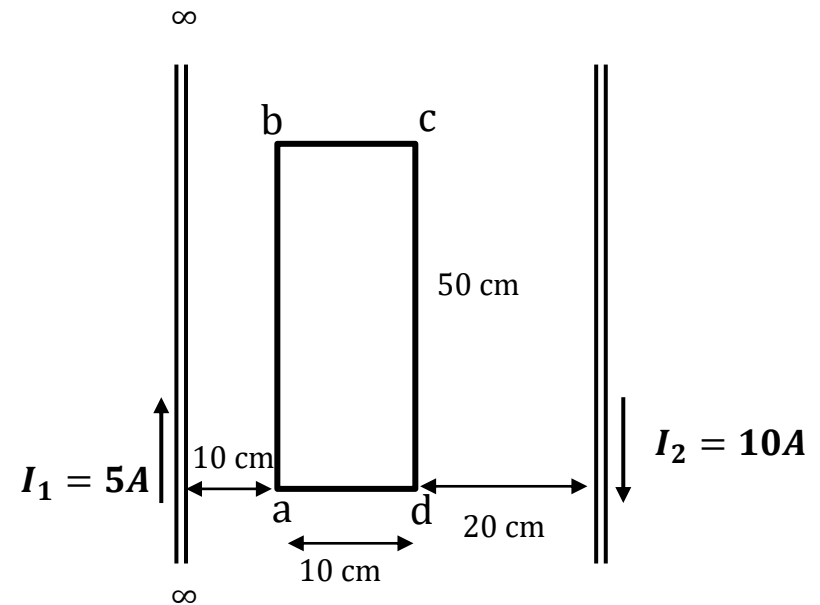
$$\vec{F}_{RS} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30 \times 20}{2\pi} \ln\left(\frac{10+5}{5}\right) (-\hat{k})$$

$$\vec{F}_{RS} = 1,2 \times 10^{-4} \ln(3) (-\hat{k})$$

➤ Flux Magnet oleh kawat berarus

Contoh 4.13

Dua kawat panjang tak hingga sejajar berarus dipisahkan dengan jarak 50 cm. Diantara kedua kawat terdapat loop persegi panjang berukuran (10 cm x 50 cm) (lihat gambar). Bila kedua kawat dialiri arus yang berlawanan, tentukan flux magnet yang dilingkungi abcd



Penyelesaian:

$$d\phi_1 = (dB \cdot dA)$$

$$\phi_1 = \int_m^{m+n} \left(\frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} \cdot l dx \right)$$

$$\phi_1 = \frac{\mu_0 I_1 l}{2\pi} \int_m^{m+n} \left(\frac{dx}{x} \right)$$

$$\phi_1 = \frac{\mu_0 I_1 l}{2\pi} [\ln x]_n^{m+n}$$

$$\phi_1 = \frac{\mu_0 I_1 l}{2\pi} \ln\left(\frac{m+n}{n}\right)$$

$$\phi_1 = \frac{4\pi \times 10^{-7} 5 \times 0,5}{2\pi} \ln\left(\frac{20}{10}\right)$$

$$\phi_1 = 5 \times 10^{-7} \ln(2) \text{ Wb}$$

$$\phi_2 = \frac{\mu_0 I_2 l}{2\pi} \ln\left(\frac{m+n}{n}\right)$$

$$\phi_2 = \frac{4\pi \times 10^{-7} 10 \times 0,5}{2\pi} \ln\left(\frac{30}{20}\right)$$

$$\phi_2 = 10 \times 10^{-7} \ln(1,5) \text{ Wb}$$

$$\phi_{tot} = \phi_1 + \phi_2$$

$$\phi_{tot} = 5 \times 10^{-7} \ln(2) + 10 \times 10^{-7} \ln(1,5)$$

$$\phi_{tot} = 5 \times 10^{-7} (\ln(2) + 2 \ln(1,5))$$

$$\phi_{tot} = 5 \times 10^{-7} \ln 4,5$$

TUGAS 4.2

Kerjakan soal di buku hal 120-124
No. 2, 20, 18, 19, 25, 28

Dikumpulkan di myitsclassroom
paling lambat Rabu, 22 April 2020
pukul 07:00

TERIMA KASIH