

**M.K. LISTRIK MAGNET  
JOBSHEET 10**

**MAGNETOSTATIKA**

**5.1 HUKUM RANGKAIAN AMPERE**

Jika dilakukan integral garis terhadap induksi magnetik B akan diperoleh,

$$\oint_C B \cdot ds = \frac{\sim_0 I'}{4f} \oint_C \oint_{C'} \frac{ds \cdot (ds' \times \hat{R})}{R^2} = \frac{\sim_0 I'}{4f} 4fR^2 = \sim_0 I'_{enc} \quad (5-44)$$

Hukum di atas disebut juga Hukum Rangkaian Ampere bentuk integral. Enc maksudnya adalah arus yang terdapat dalam lintasan atau rangkaian Ampere. Jika lebih dari satu arus filamen terdapat dalam lintasan Ampere maka bentuk persamaan di atas menjadi

$$\oint_C B \cdot ds = \sum_i \sim_0 I_i = \sim_0 I'_{enc} \quad (5-45)$$

Dari teorema Stoke diperoleh

$$\oint_C B \cdot ds = \sim_0 \int_S J \cdot da = \int_S (\nabla \times B) \cdot da \quad (5-46)$$

Ini adalah bentuk diferensial dari Hukum Rangkaian Ampere.

Hukum Rangkaian Ampere ini sangat berguna untuk menentukan induksi magnetik untuk berbagai distribusi arus.

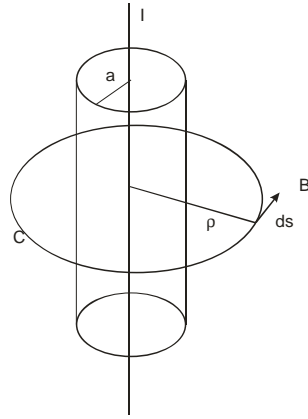
**5.4.1 Induksi Magnetik B oleh Arus Lurus.**

Misalkan suatu arus lurus I mengalir sepanjang suatu silinder yang berjari-jari a, seperti pada Gambar 5.8. Induksi magnetik dapat dicari dengan persamaan

$$\oint_C B \cdot ds = \int_0^{2f} B_{\zeta} \cdot \dots d\zeta = 2f \dots B_{\zeta} = \sim_0 I_{enc} \quad (5-47)$$

Harga B dapat ditentukan dengan

$$B_{\zeta} (\dots) = \frac{\sim_0 I_{enc}}{2f \dots} \quad (5-48)$$



Gambar 5.8 Arus yang mengalir dalam silinder.

(1) Di dalam silinder, yaitu  $\rho > a$ , arus dalam lintasan  $I_{enc} = I$ , sehingga

$$B_{\phi}(\dots) = \frac{\tilde{\mu}_0 I}{2f \dots} \quad (5-49)$$

(2) Di luar silinder, yaitu  $\rho < a$ , arus dalam lintasan  $I_{enc} = I (\rho^2 / a^2)$ , sehingga

$$B_{\phi}(\dots) = \frac{\tilde{\mu}_0 I \dots}{2f a^2} \quad (5-50)$$

## 5.4 Potensial Vektor

### 5.4.1 Divergensi B

Dari hasil divergensi B diperoleh sifat-sifat medan magnet. Divergensi B menghasilkan

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = \nabla \cdot \left[ \frac{\tilde{\mu}_0}{4f} \oint_C \frac{ds' \times \hat{R}}{R^2} \right] = \frac{\tilde{\mu}_0 I'}{4f} \oint_C \nabla \cdot \left[ \frac{ds' \times \hat{R}}{R^2} \right] \quad (5-51)$$

Dengan menggunakan sifat operasi vektor diperoleh

$$\nabla \cdot \left[ ds' \times \left( \frac{\hat{R}}{R^2} \right) \right] = \left( \frac{\hat{R}}{R^2} \right) \cdot (\nabla \times ds') - ds' \cdot \left[ \nabla \times \left( \frac{\hat{R}}{R^2} \right) \right] \quad (5-52)$$

Karena  $\nabla \times ds' = 0$  dan  $\nabla \times \left( \frac{\hat{R}}{R^2} \right) = 0$  diperoleh

$$\nabla \cdot B = 0 \quad (5-53)$$

Hal ini menunjukkan bahwa garis-garis induksi magnetik merupakan garis-garis lintasan tertutup yang sekali gus menunjukkan kenyataan bahwa di alam tidak terdapat kutub tunggal (monopol magnet).

#### 5.4.2 Definisi dan Sifat Potensial Vektor

Divergensi B selalu nol. Dari sifat operasi vektor yang menyatakan bahwa divergensi dari suatu curl selalu nol maka tentulah medan B sendiri merupakan curl dari suatu medan vektor, atau

$$B(r) = \nabla \times A(r) \quad (5-54)$$

Medan vektor A disebut sebagai potensial vektor. Potensial vektor ini dapat diperoleh dari

$$\frac{ds' \times \hat{R}}{R^2} = -ds' \times \nabla \left( \frac{1}{R} \right) = \nabla \times \left( \frac{ds'}{R} \right) - \frac{\nabla \times ds'}{R} = \nabla \times \left( \frac{ds'}{R} \right) \quad (5-55)$$

karena  $\nabla \times ds' = 0$ . Dengan demikian diperoleh

$$B = \frac{\sim_0 I'}{4f} \oint_{C'} \nabla \times \left( \frac{ds'}{R} \right) = \nabla \times \left( \frac{\sim_0 I'}{4f} \oint_{C'} \frac{ds'}{R} \right) = \nabla \times A \quad (5-56)$$

Untuk arus sumber berupa arus filament, potensial vektor adalah

$$A(r) = \oint_{C'} \frac{I' ds'}{R} \quad (5-57)$$

Jika arus filamen lebih dari satu potensial vektor merupakan penjumlahan potensial vektor dari masing-masing arus filamen

$$A(r) = \sum_i \oint_{C'_i} \frac{I'_i ds'_i}{R_i} \quad (5-58)$$

Untuk arus sumber berupa arus permukaan dengan rapat arus K, potensial vektor adalah

$$A(r) = \frac{\sim_0}{4f} \int_{S'} \frac{K(r') da'}{R} \quad (5-59)$$

Untuk arus sumber berupa arus volume dengan rapat arus  $J$ , potensial vektor adalah

$$A(r) = \frac{\mu_0}{4f} \int \frac{J(r') d\tau'}{R} \quad (5-60)$$

Untuk muatan  $q$  yang bergerak dengan kecepatan  $v$ , potensial vektor adalah

$$A(r) = \frac{\mu_0}{4f} \frac{qv}{R} \quad (5-61)$$

**Jawablah pertanyaan berikut ini bersama kelompokmu. Gunakan referensi yang relevan.**

- 5.6 Sebuah silinder pejal dengan jari-jari  $a$  dialiri arus  $I$  seragam dalam arah sumbu silinder. Tentukan induksi magnetik di dalam dan diluar silinder.
- 5.7 Sebuah silinder berongga dengan jari-jari dalam  $a$  dan jari-jari luar  $b$  diberi arus seragam  $I$  dalam arah sumbu silinder. Tentukan induksi magnetik pada :
  - a. Dalam rongga silinder ( $r < a$ )
  - b. Dalam silinder ( $a < r < b$ )
  - c. Di luar silinder ( $r > b$ )
- 5.8 Sebuah silinder pejal dengan jari-jari  $a$  dialiri arus  $I$  dengan rapat arus volume  $J = kr$  dimana  $k$  adalah konstanta dan  $r$  jarak ke sumbu silinder, dalam arah sumbu silinder. Tentukan induksi magnetik di dalam dan diluar silinder
- 5.9 Sebuah silinder berongga dengan jari-jari dalam  $a$  dan jari-jari luar  $b$  diberi arus  $I$  rapat arus volume  $J = kr$  dimana  $k$  adalah konstanta dan  $r$  jarak ke sumbu silinder, dalam arah sumbu silinder. Tentukan induksi magnetik pada :
  - a. Dalam rongga silinder ( $r < a$ )
  - b. Dalam silinder ( $a < r < b$ )
  - c. Di luar silinder ( $r > b$ )
- 5.10 Tentukan potensial vektor magnetik di dalam dan di luar solenoida ideal yang panjang tak hingga.