

# Magnetostatik

Fadjar Fathurrahman

2016

## 1 Gaya magnetik

Gaya magnet yang dirasakan oleh suatu muatan  $Q$  yang bergerak dengan kecepatan  $\mathbf{v}$  pada suatu medan magnet  $\mathbf{B}$  adalah

$$\mathbf{F}_{\text{mag}} = Q(\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (1)$$

Persamaan 1 dikenal dengan nama hukum gaya Lorentz. Jika muatan juga dikenai medan listrik  $\mathbf{E}$  selain medan magnet  $\mathbf{B}$ , maka total gaya pada muatan  $Q$  adalah:

$$\mathbf{F} = Q[\mathbf{E} + (\mathbf{v} \times \mathbf{B})] \quad (2)$$

Jika  $Q$  bergerak sejauh  $d\mathbf{l} = \mathbf{v} dt$  maka kerja yang dilakukan adalah

$$\begin{aligned} dW_{\text{mag}} &= \mathbf{F}_{\text{mag}} \cdot d\mathbf{l} \\ &= Q(\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{v} dt \\ &= 0 \end{aligned}$$

*Gaya magnetik tidak melakukan kerja.*

## 2 Arus

Arus didefinisikan sebagai jumlah muatan yang mengalir persatuan waktu pada suatu titik. Arus diukur dalam satuan coulomb-per-detik atau ampere:

$$1 \text{ A} = 1 \text{ C/s} \quad (3)$$

Gaya magnetik pada suatu segmen kawat berarus adalah:

$$\begin{aligned} \mathbf{F}_{\text{mag}} &= \int (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) dq \\ &= \int (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \lambda dl \\ &= \int (\mathbf{I} \times \mathbf{B}) dl \end{aligned}$$

Karena arus  $\mathbf{I}$  dan segment kawat  $d\mathbf{l}$  memiliki arah yang sama,

$$\mathbf{F}_{\text{mag}} = \int I(d\mathbf{l} \times \mathbf{B}) \quad (4)$$

Arus yang mengalir pada suatu permukaan dapat dideskripsikan dengan rapat arus permukaan,  $\mathbf{K}$ . Jika rapat muatan permukaan adalah  $\sigma$  dan kecepatannya adalah  $\mathbf{v}$ , maka rapat arus permukaan dapat dinyatakan dengan

$$\mathbf{K} = \sigma \mathbf{v} \quad (5)$$

Maka, gaya magnet pada arus permukaan adalah

$$\mathbf{F}_{\text{mag}} = \int (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \sigma dS \quad (6)$$

Untuk arus yang mengalir pada suatu volume dapat dideskripsikan dengan rapat muatan volume,  $\mathbf{J}$ . Jika rapat muatan volume adalah  $\rho$  dan kecepatannya adalah  $\mathbf{v}$ , maka

$$\mathbf{J} = \rho \mathbf{v} \quad (7)$$

Gaya magnetik pada arus volume adalah

$$\mathbf{F}_{\text{mag}} = \int (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \rho dV \quad (8)$$

$$= \int (\mathbf{J} \times \mathbf{B}) \quad (9)$$

**Persamaan kontinuitas**

Arus total yang mengalir melalui suatu permukaan  $\mathcal{S}$  adalah

$$I = \int_{\mathcal{S}} \mathbf{J} \cdot d\mathbf{A}_{\perp} = \int_{\mathcal{S}} \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S} \quad (10)$$

Persamaan kontinuitas:

$$\nabla \cdot \mathbf{J} = -\frac{\partial \rho}{\partial t} \quad (11)$$

## 3 Hukum Biot-Savart

Medan magnet dari arus tunak pada garis adalah:

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\mathbf{I} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2} \quad (12)$$

$$abcdefghijklmnopqrstuvwxyz \quad (13)$$

$$abcdefghijklmnopqrstuvwxyz \quad (14)$$