

Medan Elektromagnetik

→ Medan Elektromagnetik

adalah gelombang antara medan listrik dan medan magnet yang saling berkaitan dan ditimbulkan oleh muatan yang bergerak.

• Medan Listrik

muncul karena adanya muatan listrik (positif atau negatif).

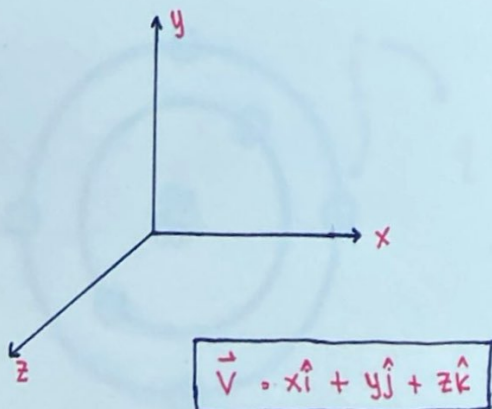
• Medan Magnet

muncul karena adanya arus listrik (muatan yang bergerak) atau magnet.

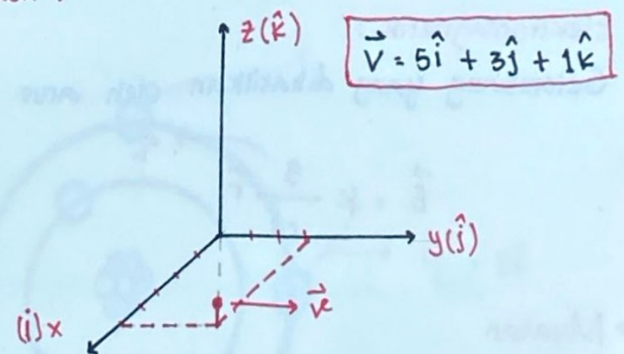
1. Sistem Koordinat

2. Medan Listrik dan Medan Magnet

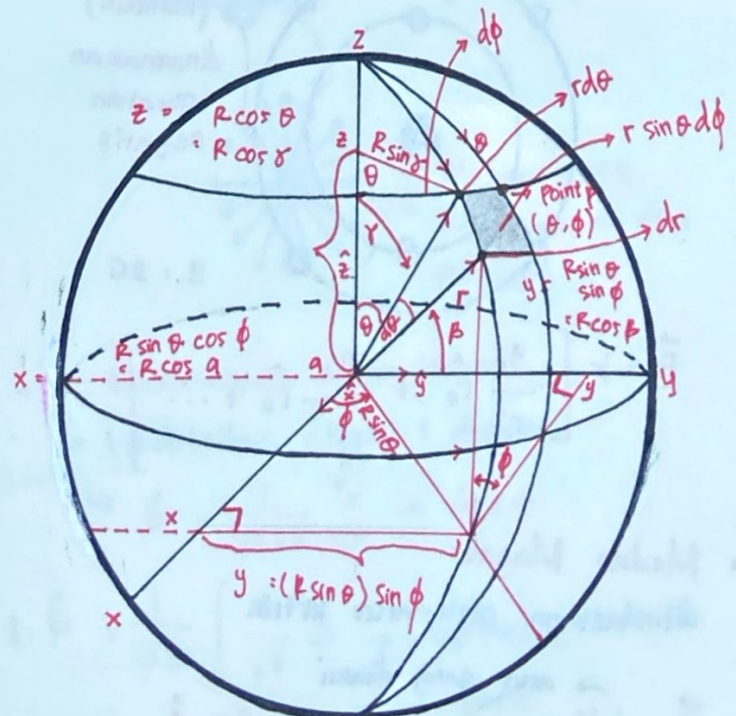
→ Sistem Koordinat Cartesius



Contoh :



→ Sistem Koordinat Bola



$$L = p \times l = r^2 \sin \theta d\theta d\phi$$

$$V = r \times L \times T = r^2 \sin \theta d\theta d\phi dr$$

→ Medan Listrik ($\vec{E}$)

→ Medan gravitasi : $\vec{g} = G \frac{M}{r^2} \hat{r}_0$

- Medan Listrik :

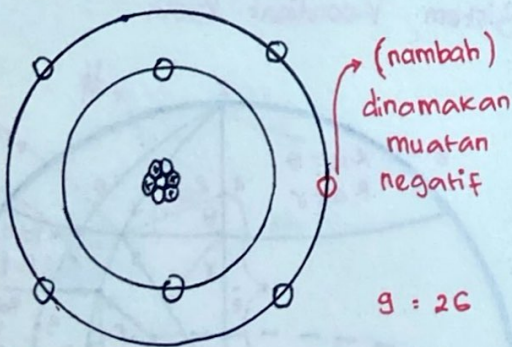
Medan yang dapat menimbulkan elektromagnetik

- Elektromagnetik :

Gelombang yang dihasilkan oleh arus listrik

$$\vec{E} = k \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

→ Muatan



$$\vec{E} = k \left[\frac{q_1}{r_1^2} \hat{r}_0 + \frac{q_2}{r_2^2} \hat{r}_0 + \dots \right]$$

- Medan Magnet

ditimbulkan oleh arus listrik

→ arus yang dilalui

$$\vec{B} = i d\vec{l} \times \frac{\vec{x}}{r^2} \longrightarrow \vec{B} = \frac{q\vec{v} \times \hat{b}}{r^2}$$

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

$$F = B i l \rightarrow \text{sudut } 90^\circ$$

$$F = B i l \sin \theta \neq 90^\circ$$

→ Perbedaan medan listrik dengan Medan Magnet

- Medan Listrik

dihasilkan oleh muatan listrik diam.

Medan ini memberikan gaya pada muatan lain, baik muatan itu diam maupun bergerak.

- Medan Magnet

dihasilkan oleh muatan listrik bergerak (arus)

Medan ini hanya memberikan gaya pada muatan lain yang juga sedang bergerak.

Jumat, 12 september 2025

Distribusi Muatan

≠ Medan ($\vec{E}$) oleh muatan diskrit

• Distribusi masa kontinu dirumuskan $dm = \rho dV$

• Analog dengan Persamaan tersebut distribusi muatan kontinu dirumuskan $dq = \rho dV$

• $dq = \sigma da$

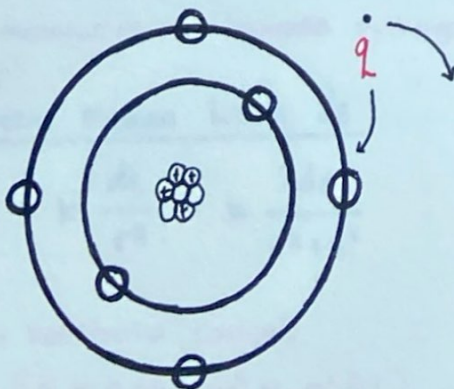
Untuk muatan yang terdistribusi pada luas Permukaan.

• $dq = \lambda dl$

Untuk muatan yang terdistribusi pada garis.

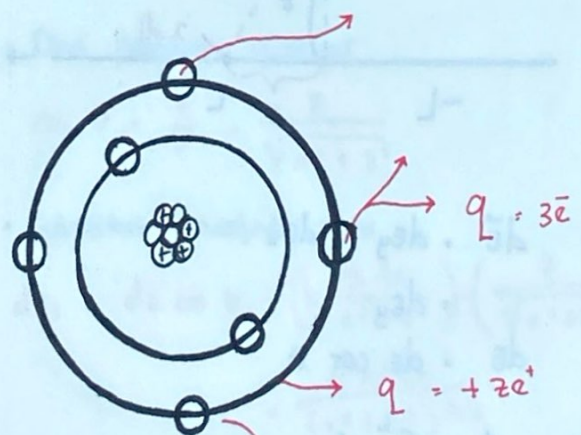
• Besarnya medan listrik oleh muatan garis dengan rapat muatan $dq = \lambda dl$

$$\vec{E} = k \int \frac{\hat{r}_0}{r^2} dq \quad \vec{E} = k \int \frac{\hat{r}_0}{r^2} \lambda dl$$



$$q = \pm ne \\ = 2ne$$

≠ Muatan → Kata sifat dari sebuah atom



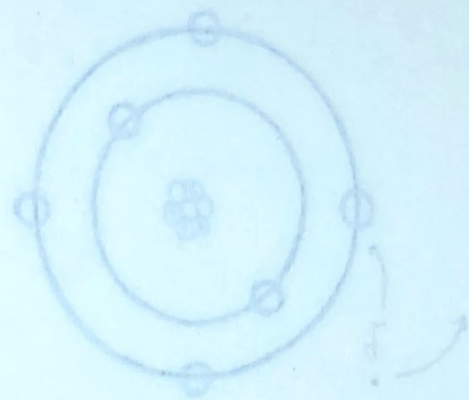
Medan yang kekurangan dua elektron

≠ $\vec{E}$ terdistribusi dalam bahan

→ terdistribusi dalam 1 dimensi

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}_0 \rightarrow \text{diskrit}$$

$$1. \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{q}{r^2} dl \rightarrow \text{berbentuk garis}$$

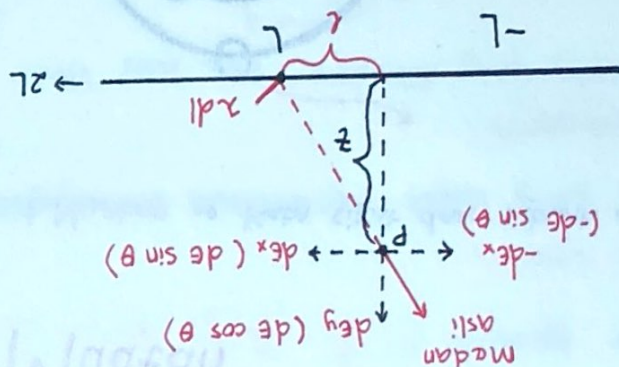


$$E_z = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{-L}^L \frac{\lambda z}{r^3} dz$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{-L}^L \frac{\lambda z}{(z^2 + L^2)^{3/2}} dz$$

$$E_z = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{-L}^L \frac{\lambda z}{(z^2 + L^2)^{3/2}} dz$$

$$d\vec{E} = dE_x + dE_y + dE_z$$



≠ Contoh :

$$E_z = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{-L}^L \frac{\lambda z}{(z^2 + L^2)^{3/2}} dz$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{\lambda z}{(z^2 + L^2)^{1/2}} - \frac{\lambda L^2}{(z^2 + L^2)^{3/2}} \right]_{-L}^L$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{\lambda L}{(L^2 + L^2)^{1/2}} - \frac{\lambda L^2}{(L^2 + L^2)^{3/2}} - \left(\frac{\lambda (-L)}{((-L)^2 + L^2)^{1/2}} - \frac{\lambda L^2}{((-L)^2 + L^2)^{3/2}} \right) \right]$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{\lambda L}{(2L^2)^{1/2}} - \frac{\lambda L^2}{(2L^2)^{3/2}} + \frac{\lambda L}{(2L^2)^{1/2}} - \frac{\lambda L^2}{(2L^2)^{3/2}} \right]$$

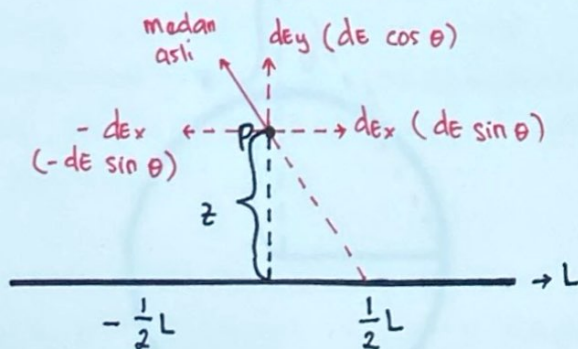
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{2\lambda L}{(2L^2)^{1/2}} - \frac{2\lambda L^2}{(2L^2)^{3/2}} \right]$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{2\lambda L}{\sqrt{2}L} - \frac{2\lambda L^2}{2L^3} \right]$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{\sqrt{2}\lambda}{L} - \frac{\lambda}{L} \right]$$

$$= \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 L} (\sqrt{2} - 1)$$

Problem



→ Elemen muatan kecil (dq)

tinjau garis yang sangat kecil dengan panjang dx pada posisi x

muatan → $dq = \lambda dx$

→ Medan Listrik dari dq

- Jarak r dari dq ke P

$$r = \sqrt{x^2 + z^2}$$

→ menggunakan teorema Pythagoras

- Besar medan Listrik dE

$$dE = k \frac{dq}{r^2} = k \frac{\lambda dx}{x^2 + z^2}$$

k = konstanta Coulomb

$$(k \approx 8.99 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2)$$

→ Analisis Komponen Vektor

- Komponen vertikal → $dE = k \frac{dq}{r^2} = k \frac{\lambda dx}{x^2 + z^2}$

- Dari geometri gambar

$$\cos \theta = \frac{z}{r} = \frac{z}{\sqrt{x^2 + z^2}}$$

- Substitusi menjadi satu

$$\begin{aligned} dE_z &= dE \cos \theta = \left(k \frac{\lambda dx}{x^2 + z^2} \right) \left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + z^2}} \right) \\ &= \frac{k \lambda z dx}{(x^2 + z^2)^{3/2}} \end{aligned}$$

→ Integrasi untuk mendapatkan medan total

$$E = E_z = \int_{-L/2}^{L/2} dE_z = \int_{-L/2}^{L/2} \frac{k \lambda z}{(x^2 + z^2)^{3/2}} dx$$

- keluarkan konstanta dari integral

$$E = k \lambda z \int_{-L/2}^{L/2} \frac{dx}{(x^2 + z^2)^{3/2}}$$

$$\int \frac{dx}{(x^2 + z^2)^{3/2}} = \frac{x}{z^2 \sqrt{x^2 + z^2}}$$

- masukkan batas integrasinya

$$E = k \lambda z \left[\frac{x}{z^2 \sqrt{x^2 + z^2}} \right]_{-L/2}^{L/2}$$

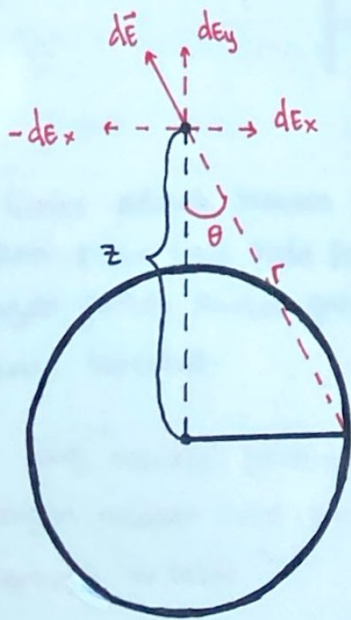
$$E = \frac{k\lambda}{z} \left[\frac{L/2}{\sqrt{(L/2)^2 + z^2}} - \frac{-L/2}{\sqrt{(-L/2)^2 + z^2}} \right]$$

$$E = \frac{k\lambda}{z} \left[\frac{L/2}{\sqrt{L^2/4 + z^2}} + \frac{L/2}{\sqrt{L^2/4 + z^2}} \right]$$

$$E = \frac{k\lambda}{z} \left[\frac{L}{\sqrt{z^2 + (L/2)^2}} \right]$$

• Hasil Akhir

$$E = \frac{k\lambda L}{z\sqrt{z^2 + (L/2)^2}}$$



Saling
meniadakan
→

$$\begin{aligned} d\vec{E} &= dE_x + dE_y \\ &= dE_y \\ d\vec{E} &= dE \cos \theta \end{aligned}$$

$$\vec{E} = dE \cos \theta$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_0^{2\pi a} \frac{\lambda dl \cos \theta}{r^2} = \frac{1}{\square} \int_0^{2\pi a} \frac{\lambda z}{r^3} dl$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_0^{2\pi a} \frac{\lambda z}{(z^2 + a^2)^{3/2}} dl$$

$$= \frac{\lambda z}{4\pi\epsilon_0 (z^2 + a^2)^{3/2}} l \bigg|_0^{2\pi a}$$

$$= \frac{\lambda z \cdot 2\pi a}{4\pi\epsilon_0 (z^2 + a^2)^{3/2}}$$

$$\vec{E} = \frac{\lambda z a}{2\epsilon_0 (z^2 + a^2)^{3/2}}$$

Jumat, 19 September 2020

Hukum Gauss

Hukum Gauss adalah hukum yang menghubungkan fluks total pada permukaan tertutup dengan jumlah muatan yang dikandung oleh permukaan tersebut.

* Fluks total yang melewati permukaan tertutup sebanding dengan muatan total yang dilingkupi permukaan tertutup tersebut.

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{dalam}}}{\epsilon_0}$$

Non Diskrit

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \iiint \nabla \cdot \vec{E} \, d\tau \quad \left(E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \right)$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \int_V \nabla \cdot \vec{E} \, d\tau \rightarrow r$$

$$\hookrightarrow \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \frac{Q}{r^2} r^2 \sin\theta \, d\theta \, d\phi$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} (2\pi) \int_0^\pi Q \sin\theta \, d\theta = \frac{Q(2\pi)}{4\pi\epsilon_0} \left[-\cos\theta \right]_0^\pi = \frac{4\pi Q}{4\pi\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$\boxed{\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{Q}{\epsilon_0}}$$

$$\iiint \nabla \cdot \vec{E} \, d\tau \rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

$$\nabla \cdot \vec{E} \rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint \nabla \cdot \left(\frac{\hat{r}}{r^2} \right) \rho \, d\tau \quad \int_V \delta \, d\tau = 1$$

$$Q = \rho \, d\tau$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \nabla \cdot \left(\frac{\hat{r}}{r^2} \right) \, d\tau$$

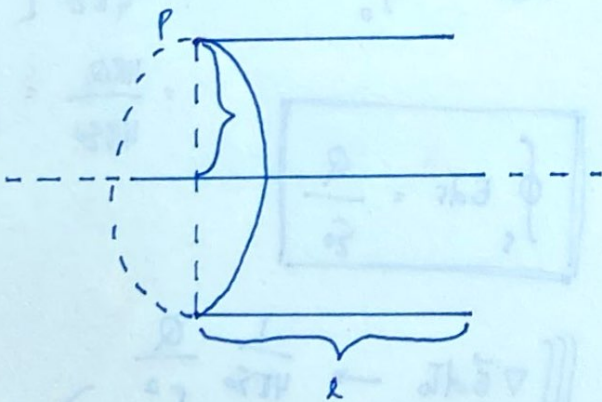
$$= \frac{\rho}{4\pi\epsilon_0} \left[\int 4\pi \delta \, d\tau \right]$$

$$= \frac{4\pi\rho}{4\pi\epsilon_0} \rightarrow \nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

operator

* Contoh :

1. Hitung medan listrik pada kawat lurus panjang sejauh z ...



$$E \oint ds = E(s)$$

$$\oint \vec{E} ds = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

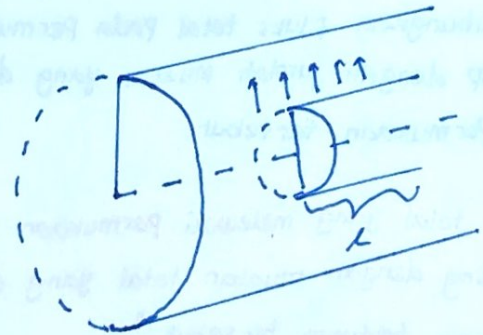
$$E \cdot s = \frac{\lambda z}{\epsilon_0}$$

$$E \cdot 2\pi r z = \frac{\lambda z}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$$

Satu Dimensi = λz
Luar = δA
Volume = ρV

2. Pada silinder dengan jari-jari r , hitung medan magnet di dalam dengan keadaan sangat rapat



$$\oint \vec{E} ds = \frac{Q}{\epsilon_0} \rightarrow \rho dV$$

$$= \frac{1}{\epsilon_0} \iiint \rho dV$$

$$= \frac{r}{\epsilon_0} \int_0^z \int_0^{2\pi} \int_0^r \rho r dr dz$$

$$= \frac{2\pi\rho}{\epsilon_0} \int_0^z \int_0^r r dr dz$$

$$= \frac{2\pi\rho z}{\epsilon_0} \int_0^r r dr = \frac{2\pi\rho z}{\epsilon_0} \left[\frac{1}{2} r^2 \right]_0^r$$

E.S

$$E(2\pi r L) = \frac{2\pi \rho_L}{2\epsilon_0} \left[r^2 - 0 \right]$$

$$E(2\pi r L) = \frac{\pi \cdot \rho_L r^2}{\epsilon_0}$$

$$\bar{E} = \frac{\rho_L r^2}{2r\epsilon_0} = \frac{\rho_L}{2\epsilon_0}$$

$$\bar{E} = \frac{\rho_L}{2\epsilon_0}$$



Yang Mempengaruhi

- Ukuran
- Rapat massa
- Letaknya