

# Hukum Coulomb dan Intensitas Medan Listrik

**Dr. Ramadoni Syahputra**

**Jurusan Teknik Elektro FT UMY**

**MEDAN LISTRIK  
DISEBABKAN  
DISTRIBUSI MUATAN  
KONTINYU**

# MEDAN LISTRIK OLEH DISTRIBUSI MUATAN VOLUME

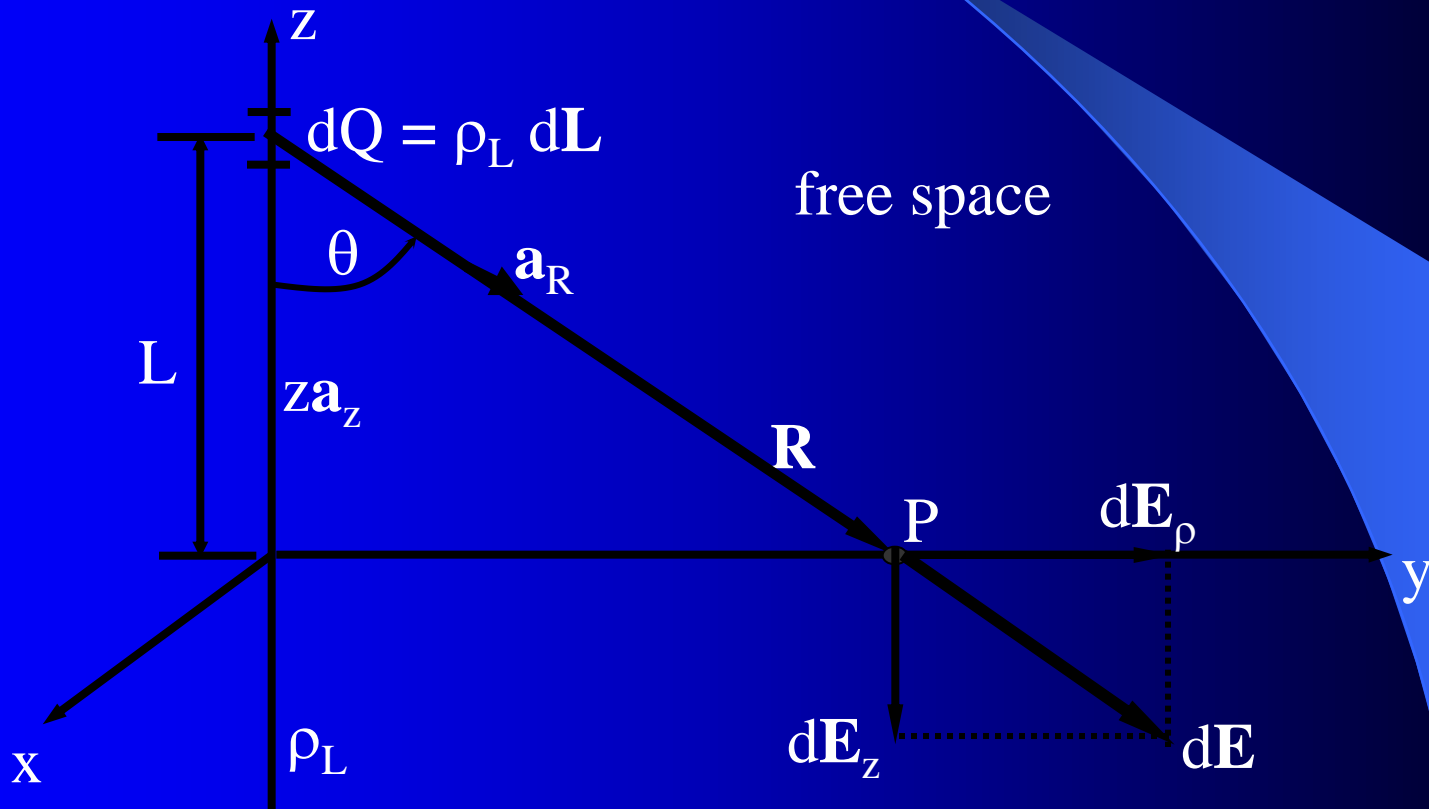
Sejumlah kecil muatan  $\Delta Q$   
dalam volume kecil  $\Delta v$  ialah

$$\Delta Q = \rho_v \Delta v$$

Muatan total dalam volume berhingga didapatkan dengan melakukan integrasi ke seluruh volume tersebut:

$$Q = \int_{vol} dQ = \int_{vol} \rho_v dv$$

# MEDAN LISTRIK OLEH MUATAN GARIS



*kita mempunyai*

$$d\mathbf{E} = \frac{\rho_L dL}{4\pi\epsilon_0 R^2} \mathbf{a}_R \quad \text{atau}$$

$$\begin{aligned} dE_\rho &= \frac{\rho_L dL \sin \theta}{4\pi\epsilon_0 R^2} = \frac{\rho_L dL}{4\pi\epsilon_0 R^2} \frac{y}{R} \\ &= \frac{\rho_L dL \rho}{4\pi\epsilon_0 R^3} \end{aligned}$$

*Dengan menggantikan  $R^2$  dengan  $L^2 + \rho^2$  dan menjumlahkan kontribusi setiap elemen muatan,*

$$\mathbf{E}_\rho = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\rho_L \rho dL}{4\pi\epsilon_0 (L^2 + \rho^2)^{3/2}}$$

Pengintegrasian dengan tabel integral atau perubahan  $L = \rho \cot \theta$  menghasilkan

$$\mathbf{E}_\rho = \frac{\rho_L}{4\pi\epsilon_0} \rho \left( \frac{1}{\rho^2} - \frac{L}{\sqrt{L^2 + \rho^2}} \right)_{-\infty}^{\infty}$$

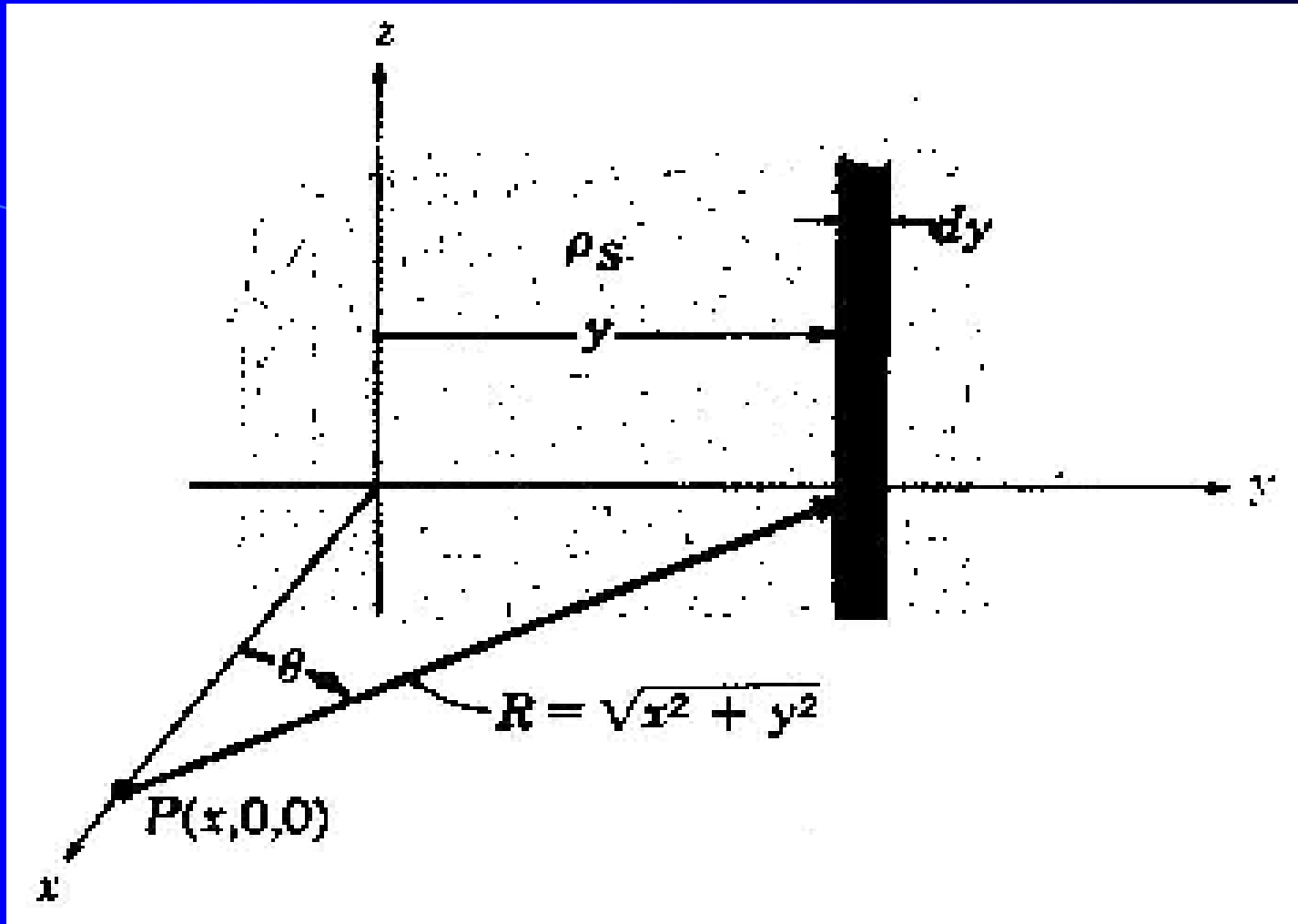
dan

$$\mathbf{E}_\rho = \frac{\rho_L}{2\pi\epsilon_0\rho}$$



# MEDAN LISTRIK OLEH MUATAN BIDANG

- Konfigurasi muatan yang tersebar merata pada bidang tak terhingga dengan kerapatan serbasama  $\rho_s$  C/m<sup>2</sup>, biasanya dipakai untuk distribusi muatan pada konduktor dalam saluran transmisi pipih atau kapasitor keping sejajar.
- Muatan statik berada pada permukaan penghantar dan bukan di dalam penghantar tersebut, karena itu  $\rho_s$  kita sebut sebagai kerapatan muatan permukaan.
- Rumpun distribusi muatan yang dibahas sekarang telah lengkap yaitu titik, garis, permukaan, dan volume atau  $Q$ ,  $\rho_L$ ,  $\rho_s$ , dan  $\rho$ .



Penentuan medan di titik P oleh satu lembaran muatan

Kerapatan muatan garis atau muatan per satuan panjang adalah

$$\rho_L = \rho_s dy$$

dan jarak dari muatan garis ini ke titik umum P pada sumbu x adalah

$$R = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Kontribusi  $E_x$  pada P dari pita dengan lebar diferensial ,

$$dE_x = \frac{\rho_s dy}{2\pi\epsilon_0 \sqrt{x^2 + y^2}} \cos\theta = \frac{\rho_s}{2\pi\epsilon_0} \frac{x dy}{x^2 + y^2}$$

Penjumlahan efek dari semua pita menghasilkan,

$$E_x = \frac{\rho_s}{2\pi\epsilon_0} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x dy}{x^2 + y^2} = \frac{\rho_s}{2\pi\epsilon_0} \left[ \tan^{-1} \frac{y}{x} \right]_{-\infty}^{\infty}$$

$$= \frac{\rho_s}{2\epsilon_0}$$

Jika titik P dipilih pada sumbu x yang negatif, maka

$$E_x = -\frac{\rho_s}{2\epsilon_0}$$

karena arah medannya selalu menjauhi muatan positif.

Kesukaran dalam tanda ini biasanya diatasi dengan memakai vektor satuan  $\mathbf{a}_N$  yang arahnya ke luar dari bidang dan normal pada bidang tersebut. Jadi,

$$\mathbf{E} = \frac{\rho_s}{2\epsilon_0} \mathbf{a}_N$$

*Pada daerah  $x > a$ ,*

$$\mathbf{E}_+ = \frac{\rho_s}{2\epsilon_0} \mathbf{a}_x \quad \mathbf{E}_- = -\frac{\rho_s}{2\epsilon_0} \mathbf{a}_x \quad \mathbf{E} = \mathbf{E}_+ + \mathbf{E}_- = \mathbf{0}$$

*dan untuk  $x < 0$*

$$\mathbf{E}_+ = -\frac{\rho_s}{2\epsilon_0} \mathbf{a}_x \quad \mathbf{E}_- = \frac{\rho_s}{2\epsilon_0} \mathbf{a}_x \quad \mathbf{E} = \mathbf{E}_+ + \mathbf{E}_- = \mathbf{0}$$

*bilamana  $0 < x < a$*

$$\mathbf{E}_+ = \frac{\rho_s}{2\epsilon_0} \mathbf{a}_x \quad \mathbf{E}_- = \frac{\rho_s}{2\epsilon_0} \mathbf{a}_x \quad \mathbf{E} = \mathbf{E}_+ + \mathbf{E}_- = \frac{\rho_s}{\epsilon_0} \mathbf{a}_x$$

# Contoh Soal

- Muatan titik 5 nC terletak di  $(0, 0, 5)$  dan  $(4, 3, 0)$ .
- Tentukan intensitas medan listrik ( $\mathbf{E}$ ) dan kerapatan fluks listrik ( $\mathbf{D}$ ) pada titik  $(2, 4, 3)$ .

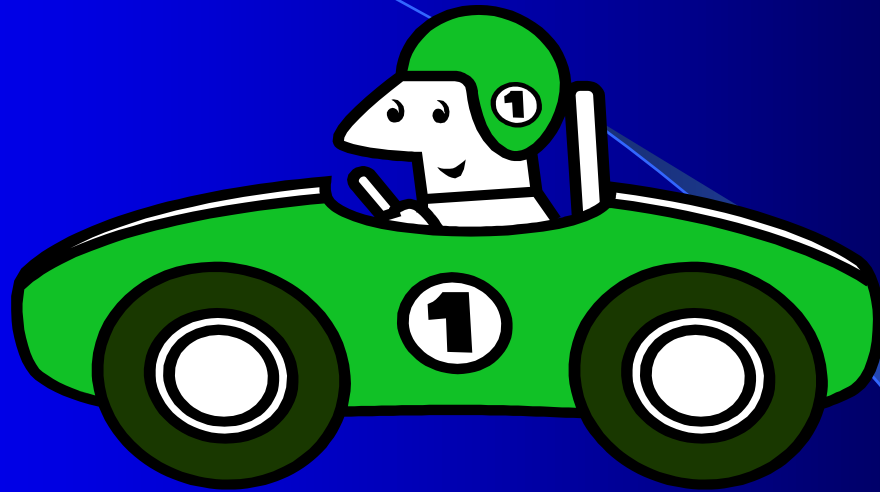
# Contoh Soal

- Muatan garis tak-berhingga serbasama,  $\rho_L = 10 \text{ nC/m}$ , terletak sepanjang sumbu  $z$  dalam ruang hampa.
- Tentukan intensitas medan listrik ( $\mathbf{E}$ ) dan kerapatan fluks listrik ( $\mathbf{D}$ ) pada titik  $(2, 4, 3)$ .



# Tugas

1. Muatan titik 25 nC terletak di  $(2, -6, 5)$  dan  $(3, 7, -4)$ . Tentukan intensitas medan listrik (**E**) dan kerapatan fluks listrik (**D**) pada titik  $(4, 5, 7)$ .
2. Muatan garis tak-berhingga serbasama,  $\rho_L = 30 \text{ nC/m}$ , terletak sepanjang sumbu  $y$  dalam ruang hampa. Tentukan intensitas medan listrik (**E**) dan kerapatan fluks listrik (**D**) pada titik  $(4, 5, 7)$ .



thank's  
thank's