

Medan Elektronik

No
Date

1. Tiga buah muatan titik q_1 , q_2 dan q_3 yang masing-masing bermuatan $2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ (Positif), $3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ (Positif) dan $5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ (Negatif) terletak pada sebuah garis lurus. Jika jarak q_1 dan q_2 adalah 3m dan q_2 dan q_3 adalah 2m, hitung gaya elektrostatis yang dialami oleh q_1 .

Jawab:

Diketahui:

$$= q_1 = 2 \times 10^{-6} \text{ (Positif)}$$

$$= q_2 = 3 \times 10^{-6} \text{ (Positif)}$$

$$= q_3 = -5 \times 10^{-6} \text{ (Negatif)}$$

$$= r_{12} = 3 \text{ m}$$

$$= r_{23} = 2 \text{ m}$$

$$= k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

Ditanya: Gaya elektrostatis yang dialami oleh q_1 ?

Jawab:

- Gaya pada q_1 akibat q_2 (tolak menolak)

$$F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$$

$$F_{12} = \frac{9 \times 10^9 (2 \times 10^{-6}) (3 \times 10^{-6})}{3^2}$$

$$F_{12} = 9 \times 10^9 \frac{6 \times 10^{-12}}{9}$$

$$F_{12} = (9 \times 10^9) (6,67 \times 10^{-13})$$

$$F_{12} = 6 \times 10^{-3} \text{ N (menjauhi } q_2)$$

- Gaya pada q_1 akibat q_3 (tarik menarik)

$$F_{13} = r_{12} + r_{23} = 3 \text{ m} + 2 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2}$$

$$F_{13} = 9 \times 10^9 \frac{(2 \times 10^{-6}) (-5 \times 10^{-6})}{5^2}$$

$$F_{13} = 9 \times 10^9 \frac{10 \times 10^{-12}}{25}$$

$$F_{13} = (9 \times 10^{-9}) (4 \times 10^{-13})$$

$$F_{12} = 3,6 \times 10^{-3} \text{ N (menuju } q_1)$$

Karena kedua gaya tersebut berlawanan arah maka:

$$F_{\text{net}} = F_{13} - F_{12}$$

$$F_{\text{net}} = 3,6 \times 10^{-3} - 6,0 \times 10^{-3}$$

$$F_{\text{net}} = -2,4 \times 10^{-3} \text{ N ke kiri (menjauhi } q_2)$$

2. Dua buah Partikel bermuatan Plastik dan sama besar terpisah jarak $2,60 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ dilepaskan dari keadaan diam. Sesaat setelah dilepas Partikel 1 yang bermassa $6,0 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$ bergerak dengan percepatan $9,6 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-2}$, Sedangkan Partikel 2 bergerak dengan percepatan $0,5 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-2}$. Tentukan
- Besar muatan masing-masing Partikel
 - Massa Partikel 2

Jawab:

Diketahui:

$$r = 2,60 \cdot 10^{-2}$$

$$m_1 = 6,0 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$$

$$a_1 = 9,6 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2$$

$$a_2 = 0,5 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2$$

$$k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

Jawab:-

- a.) Besar muatan masing-masing Partikel 1

$$F = m \cdot a_1$$

$$F = (6,0 \cdot 10^{-6}) (9,6 \cdot 10^3)$$

$$F = 0,0276 \text{ N}$$

$$q = \sqrt{\frac{F r^2}{k}}$$

$$q = \sqrt{\frac{(0,0276) (2,60 \cdot 10^{-2})^2}{9,0 \cdot 10^9}}$$

$$q = \sqrt{\frac{(0,0276) (6,76 \cdot 10^{-9})}{9,0 \cdot 10^9}}$$

$$q = \sqrt{\frac{1,866 \cdot 10^{-5}}{9,0 \cdot 10^9}}$$

$$q = \sqrt{2,0733 \cdot 10^{-15}}$$

$$q = 4,55 \cdot 10^{-8} \text{ C (untuk setiap Partikel, sama besar)}$$

b.) Massa partikel 2 (m_2)karena gaya sama $m_1 a_1 = m_2 a_2$

maka

$$m_2 = \frac{m_1 a_1}{a_2}$$

$$m_2 = \frac{(6,0 \times 10^{-6}) (9,6 \times 10^3)}{8,5 \times 10^3}$$

$$m_2 = \frac{0,0276}{8,5 \times 10^3}$$

$$m_2 = 3,25 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

3. Tentukan gaya yang dialami q_1 jika:

$$q_1 (-9, 0, 0) = 5 \text{ C}$$

$$q_2 (9, 0, 0) = 10 \text{ C}$$

$$q_3 (0, 5, 0) = 6 \text{ C}$$

Jawab:

$$\text{Diketahui: } q_1 (-9, 0, 0) = 5 \text{ C}$$

$$q_2 (9, 0, 0) = 10 \text{ C}$$

$$q_3 (0, 5, 0) = 6 \text{ C}$$

$$k = 9 \times 10^9$$

Hitung gaya dari q_2 dan q_3 terhadap q_1

$$r_{12} =$$

$$r_{12} = 8 \text{ m}$$

$$F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{(5)(10)}{8^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{50}{64}$$

$$F_{12} = 7,03 \times 10^9 \text{ N (tarik-menarik)}$$

$$r_{13} = \sqrt{(10+9)^2 + (5-0)^2}$$

$$= \sqrt{176}$$

$$= 13,27 \text{ m}$$

$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{(5)(6)}{176}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{30}{176}$$

$$F_{13} = 1,53 \times 10^9 \text{ N (diagonal, tekan)}$$

4. Tiga Partikel bermuatan terdistribusi sebagai berikut:

$$q_1 (0, 5, 0) = 10\text{C}$$

$$q_2 (5, 5, 0) = 5\text{C}$$

$$q_3 (0, 5, 5) = -10\text{C}$$

Tentukan gaya yang dialami oleh q_3 !

Jawab:

Diketahui:

$$q_1 (0, 5, 0) = 10\text{C}$$

$$q_2 (5, 5, 0) = 5\text{C}$$

$$q_3 (0, 5, 5) = -10\text{C}$$

$$r_{13} = 5\text{m}$$

$$k = 9 \times 10^9$$

Ditanya: F_3 ?

$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{(10)(-10)}{25}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{-100}{25}$$

$$F_{13} = -3.6 \times 10^{10} \text{N}$$

$$r_{23} = r_2 - r_3$$

$$= (5, 0, -5)$$

$$r_{23} = \sqrt{(5-0)^2 + (0-5)^2 + (0-5)^2}$$

$$= \sqrt{50}$$

$$= 7.07 \text{m}$$

$$F_{23} = k \frac{q_1 q_2}{r_{23}^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{(5)(-10)}{50}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{-50}{50}$$

$$F_{23} = -9 \times 10^9 \text{N}$$

5. Berapa gaya yang dialami muatan $q = 10\text{C}$ di $(0,0,0)$ karena pengaruh muatan.

$$q_1 = 2\text{C di } (0,2,0)$$

$$q_2 = 4\text{C di } (2,2,0)$$

$$q_3 = 5\text{C di } (0,2,2)$$

$$q_4 = -5\text{C di } (2,2,2)$$

Jawab :

$$\text{Diketahui : } q_1 = 2\text{C di } (0,2,0)$$

$$q_2 = 4\text{C di } (2,2,0)$$

$$q_3 = 5\text{C di } (0,2,2)$$

$$q_4 = -5\text{C di } (2,2,2)$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

$$q = 10\text{C di } (0,0,0)$$

Ditanya : F_{tot} ?

$$q_1 = 2\text{C di } (0,2,0)$$

$$r = 2.0\text{m}$$

$$F_1 = k \frac{q_1 q}{r^2}$$

$$F_1 = 9 \times 10^9 \frac{(10)(2)}{2^2}$$

$$F_1 = 9 \times 10^9 \frac{(20)}{4}$$

$$F_1 = 9 \times 10^9 \cdot 5$$

$$F_1 = 4.5 \times 10^{10} \text{ N}$$

$$q_2 = 4\text{C di } (2,2,0)$$

$$r = \sqrt{(-2)^2 + (-2)^2}$$

$$= \sqrt{8}$$

$$\approx 2.8284\text{m}$$

$$r^2 = 8.0\text{m}$$

$$F_2 = k \frac{q_2 q}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{(10)(4)}{8}$$

$$= 9 \times 10^9 \cdot 5$$

$$F_2 = 4.5 \times 10^{10} \text{ N}$$

$$q_3 = 5\text{C di } (0,2,2)$$

$$r = \sqrt{0^2 + (-2)^2 + (-2)^2}$$

$$= \sqrt{8}$$

$$= 2.828\text{m}$$

$$r^2 = 8.0\text{m}$$

$$F_3 = k \frac{q_3 q}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{(10)(5)}{8}$$

$$= 9 \times 10^9 \cdot 6.25$$

$$= 5.625 \times 10^{10} \text{ N}$$

• $q_4 = -5 \text{ C di } (2, 2, 2)$
 $r = \sqrt{(1-2)^2 + (-2)^2 + (-2)^2}$
 $= \sqrt{12}$
 $= 3.464$
 $r^2 = 12.0 \text{ m}$

$$F_1 = k \frac{q_1 q_4}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{(10)(-5)}{12}$$

$$= -3.75 \times 10^{10} \text{ N}$$

Komponen $F_1 = (0, -4.500000000 \times 10^{10}, 0) \text{ N}$

Komponen $F_2 = -3.18198051 \times 10^{10} \text{ N}$

$$F_{2y} = -3.18198051 \times 10^{10} \text{ N}$$

$$F_{2z} = 0$$

Komponen $F_3 = 0$

$$F_{3x} = 0$$

$$F_{3y} = -3.18198051 \times 10^{10} \text{ N}$$

$$F_{3z} = -3.18198051 \times 10^{10} \text{ N}$$

Komponen $F_4 = 2.16506350 \times 10^{10} \text{ N}$

$$F_{4x} = 2.16506350 \times 10^{10} \text{ N}$$

$$F_{4y} = 2.16506350 \times 10^{10} \text{ N}$$

$$F_{4z} = 2.16506350 \times 10^{10} \text{ N}$$

Penjumlahan komponen

$$F_x = -1.01691260 \times 10^{10} \text{ N}$$

$$F_y = -9.9939265 \times 10^{10} \text{ N}$$

$$F_z = -1.01241213 \times 10^{10} \text{ N}$$

faktor gaya total

$$F_{\text{total}} = (-1.01691260 \times 10^{10}, -9.9939265 \times 10^{10}, -1.01241213 \times 10^{10})$$

Besar gaya

$$|F| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$

$$= 9.7191799 \times 10^{10} \text{ N}$$

7. Sebuah batang panjangnya L , rapat muatan persatuan panjang adalah λ . Hitung:
- Kuat medan listrik di titik P yang berjarak z diatas ujung kawat.
 - Kuat medan listrik pada titik P yang berjarak z ditengah-tengah kawat.

Jawab:

Diketahui: Panjang batang = L

Rapat muatan linier = λ

- a. Titik P berjarak z diatas ujung kawat

Misal batang bermuatan terletak sepanjang sumbu $-x$ dari $x=0$

Sampai $x=L$. Titik P berada pada $x = -z$

$$dq = \lambda dx$$

Jarak antara dq dan P :

$$r = x + z$$

Maka kuat medan listrik

$$dF = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda dx}{(x+z)^2}$$

$$E = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \int_0^L \frac{dx}{(x+z)^2}$$

$$E = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \left[-\frac{1}{x+z} \right]_0^L$$

$$E = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{z} - \frac{1}{L+z} \right)$$

- b. Titik P berjarak z dari tengah-tengah kawat

Misal kawat terbentang dari $x = -\frac{L}{2}$ sampai $x = +\frac{L}{2}$

titik P berada tegak lurus pada jarak z dari tengah

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

$$dE_y = dE \cos \theta = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \frac{z}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda z dx}{(x^2 + z^2)^{3/2}}$$

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

$$E_y = \frac{\lambda z}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{x}{z^2 \sqrt{x^2 + z^2}} \right]_{-L/2}^{L/2}$$

$$E_y = \frac{\lambda z}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{x}{z^2 \sqrt{x^2 + z^2}} \right]_{-L/2}^{L/2}$$

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

$$E_y = \frac{\lambda z}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{L}{z^2 \sqrt{(L/2)^2 + z^2}} \right]$$

$$E = \frac{\lambda L}{4\pi\epsilon_0 z^2 \sqrt{(L/2)^2 + z^2}}$$

0. Hitung medan listrik pada bola konduktor dengan rapat muatan σ dan jari-jari R

Jawab:

Diketahui: σ : Rapatan muatan permukaan (C/m^2)
 R : Jari-jari bola konduktor (m)

$$Q = \sigma \cdot \text{Luas Permukaan} = \sigma \cdot 4\pi R^2$$

Ditanya: $E(r)$? (medan listrik didalam dan diluar bola konduktor)

Jawab:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0}$$

- Untuk daerah didalam bola konduktor ($r < R$)

$$Q_{enc} = 0$$

$$E(r) \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0} = 0 \Rightarrow E(r) = 0 \quad (r < R)$$

didalam bola konduktor tidak ada medan listrik

- Untuk daerah diluar bola konduktor ($r > R$)

$$Q = 4\pi R^2 \sigma$$

Mengunakan hukum gauss

$$E(r) \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$\begin{aligned} E(r) &= \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 r^2} \\ &= \frac{4\pi R^2 \sigma}{4\pi \epsilon_0 r^2} \\ &= \frac{\sigma R^2}{\epsilon_0 r^2} \quad (r > R) \end{aligned}$$

Arah medan listrik radial keluar jika $\sigma > 0$

tersebut

- ~~tersebut~~ dipermukaan bola $r = R$
 $E_{luar} - E_{dalam} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

$$E_{dalam} = 0$$

$$E_{permukaan} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

Jadi

$$E(r) = \begin{cases} 0 & r < R \\ \frac{\sigma R^2}{\epsilon_0 r^2} & r \geq R \end{cases} \quad \text{dan } Q = 4\pi R^2 \sigma$$

Bila kuat Medan listrik $\vec{E} = kr^3 \hat{r}_0$ dalam koordinat bola, dimana $k = \text{konstanta}$

a. Hitung rapat muatannya

b. Cari muatan total yang terdapat dalam suatu bola dengan jari-jari R berpusat di O

Jawab :

Diketahui : $E = kr^3 \hat{r}_0$ dalam koordinat bola
 $k = \text{konstanta}$

Ditanya : a) ρ ?

b) Q total?

Jawab :

a. Menggunakan hukum garis (divergensi) $E_r = kr^3$

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

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} (r^2 E_r)$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} (kr^4)$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{1}{r^2} (4kr^3)$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = 4kr$$

maka

$$\frac{\rho}{\epsilon_0} = 4kr$$

$$\rho = 4\epsilon_0 kr$$