

KELISTRIKAN & MAGNETISME

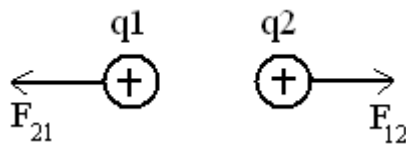
I. Muatan Listrik

Muatan dari proton e , sedangkan muatan dari electron $-e$ dimana e disebut satuan dasar muatan. Dalam Sistem SI, satuan muatan adalah coulomb, yang didefinisikan dalam bentuk arus listrik, Ampere. Coulomb (C) : Jumlah muatan yang mengalir melalui suatu penampang kawat dalam waktu satu detik bila besarnya arus dalam kawat adalah satu Ampere. Satuan dasar dari muatan listrik e dihubungkan dengan Coulomb melalui.

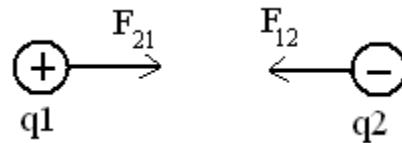
$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

muatan sekitar 10 nC ($1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$) sampai $0,1 \mu\text{C}$ ($1 \mu\text{C} = 10^{-6} \mu\text{C}$)

“Hukum Coulomb” : Gaya yang dilakukan oleh satu muatan titik pada muatan titik lainnya bekerja sepanjang garis yang menghubungkan kedua muatan tersebut.



a. Muatan sejenis tolak-menolak



b. Muatan yang tak sejenis tarik-menarik

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

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

F = Gaya (N)

q = muatan (C)

r = jarak (m)

$K = 8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

$q = N \cdot e$; N = jumlah muatan

Contoh : Dua muatan titik masing-masing sebesar $0,05 \mu\text{C}$ dipisahkan pada jarak 10 cm. carilah (a) besar gaya yang dilakukan oleh satu muatan pada muatan lainnya dan (b) jumlah satuan muatan dasar pada masing-masing muatan.

(a) Dari hukum Coulomb, besarnya gaya adalah

$$F_{12} = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r_{12}^2} = \frac{8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2 \cdot 0,05 \times 10^{-6} \text{ C} \cdot 0,05 \times 10^{-6} \text{ C}}{(0,1 \text{ m})^2} = 2,25 \times 10^{-3} \text{ N}$$

(b) Jumlah electron yang diperlukan untuk menghasilkan muatan sebesar $0,05 \mu\text{C}$ diperoleh dari:

$$q = N \cdot e \quad ; \quad e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$N = \frac{q}{e} = \frac{0,05 \times 10^{-6} \text{ C}}{1,6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 3,12 \times 10^{11}$$

Muatan dengan ukuran seperti ini tidak menunjukkan muatan yang terkuantisasi (diskrit). Satu juta electron dapat ditambah/dikurangkan dari muatan ini tanpa terdeteksi oleh peralatan biasa.

Contoh : Hitung perbandingan gaya listrik terhadap gaya gravitasi yang dilakukan satu proton pada proton yang lain.

Karena setiap proton mempunyai muatan $+e$, gaya listriknya adalah tolak-menolak dan besarnya :

$$F_e = \frac{Ke^2}{r^2}$$

Gaya gravitasi yang diberikan oleh hukum gravitasi Newton adalah tarik-menarik dan mempunyai harga :

$$F_g = \frac{Gm^2}{r^2}$$

Dimana m_p adalah massa proton. Perbandingan antara kedua gaya ini tidak bergantung pada jarak pisah r .

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{Ke^2}{Gm_p^2}$$

Dengan memasukkan harga $K = 8,99 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$, $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{Kg}^2$ dan $m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ Kg}$. Maka akan diperoleh :

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{Ke^2}{Gm_p^2} = \frac{(8,99 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2)(1,6 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{(6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{Kg}^2)(1,67 \times 10^{-27} \text{ Kg})^2} = 1,24 \times 10^{36}$$

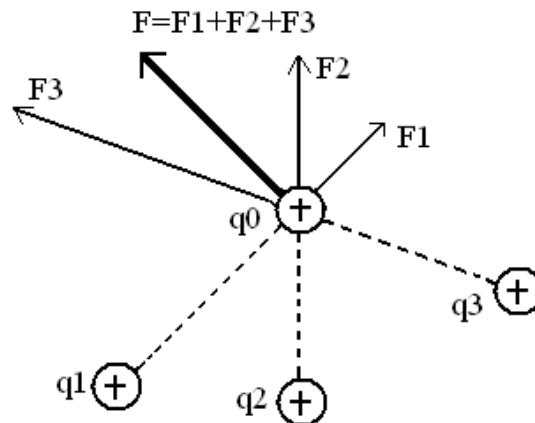
1. Tiga muatan titik terletak pada sumbu x; $q_1 = 25 \text{ nC}$ yang terletak pada titik asal, $q_2 = -10 \text{ nC}$ berada pada $x = 2 \text{ m}$, dan $q_0 = 20 \text{ nC}$ berada pada $x = 3,5 \text{ m}$. cari gaya total pada q_0 akibat q_1 dan q_2 ?
2. Muatan $q_1 = +25 \text{ nC}$ berada pada titik asal, muatan $q_2 = -15 \text{ nC}$ pada sumbu $x = 2 \text{ m}$ dan muatan $q_0 = +20 \text{ nC}$ pada $x = 2 \text{ m}$, $y = 2 \text{ m}$ seperti tampak pada gambar dibawah ini. Carilah gaya pada q_0 ?

Medan Listrik

Medan listrik merupakan suatu vektor dan medan listrik memenuhi prinsip superposisi. Menurut sistem satuan SI, satuan medan listrik adalah Newton/Coulomb (N/C).

Tabel 1. Besaran beberapa medan listrik yang ada di alam

	E (N/C)
Di dalam kabel rumah	10^{-2}
Di dalam gelombang radio	10^{-1}
Di atmosfer	10^2
Di matahari	10^3
Di bawah suatu awan mendung	10^4
Di bawah suatu ledakan petir	10^4
Di dalam tabung sinar-X	10^6
Pada elektron di dalam atom hydrogen	6×10^{11}
Pada permukaan inti uranium	2×10^{21}



Medan E pada suatu titik didefinisikan sebagai [gaya total pada suatu muatan uji positif \$q_0\$](#) dibagi dengan [\$q_0\$](#) .

Gaya yang dilakukan pada muatan uji q_0 pada setiap titik berhubungan dengan medan listrik di titik tersebut yaitu:

Contoh : jika suatu muatan uji positif besarnya 5 nC diletakan pada suatu titik, muatan mengalami gaya sebesar 2×10^{-4} N pada arah sumbu x. berapakah besar medan listrik E pada titik tersebut?

Jawab : $E = \frac{F}{q_0} = \frac{(2 \times 10^{-4} \text{ N})}{5 \times 10^{-9} \text{ C}} = 4 \times 10^4 \text{ N/C}$

Latihan : Berapa gaya pada sebuah electron yang terletak pada suatu titik pada contoh soal yang ada diatas dimana medan listriknya adalah $E = (4 \times 10^4 \text{ N/C})\mathbf{i}$.

(jawabannya: $(-6,4 \times 10^{-15} \text{ N})\mathbf{i}$)

Medan listrik akibat suatu muatan titik q_i yang posisinya di r_i dapat dihitung dengan hukum coulomb. Jika kita letakan muatan uji q_0 yang kecil dan positif pada suatu titik p yang berjarak r_{i0} , gaya pada muatan tersebut adalah:

$$F_{i0} = \frac{K \cdot q_i \cdot q_0}{r_{i0}^2} \hat{r}_{i0}$$

Dimana \hat{r}_{i0} adalah vektor satuan yang mempunyai arah dari q_i ke q_0 . Medan listrik pada titik p akibat muatan q_i adalah:

$$E_i = \frac{K \cdot q_i}{r_{i0}^2} \hat{r}_{i0}$$

Dimana \hat{r}_{i0} adalah jarak dari muatan ke titik p yang disebut titik medan, dan \hat{r}_{i0} adalah vektor satuan yang mempunyai arah dari muatan ke titik p. selanjutnya kita akan mengacu pada persamaan ini, yang sesuai dengan hukum coulomb, sebagai hukum coulomb untuk medan listrik akibat satu muatan titik. Medan listrik total akibat adanya distribusi muatan-muatan titik diperoleh dengan cara menjumlahkan medan-medan akibat tiap-tiap muatan secara terpisah.

$$E = \sum_i E_i = \sum_i \frac{K \cdot q_i}{r_{i0}^2} \hat{r}_{i0}$$