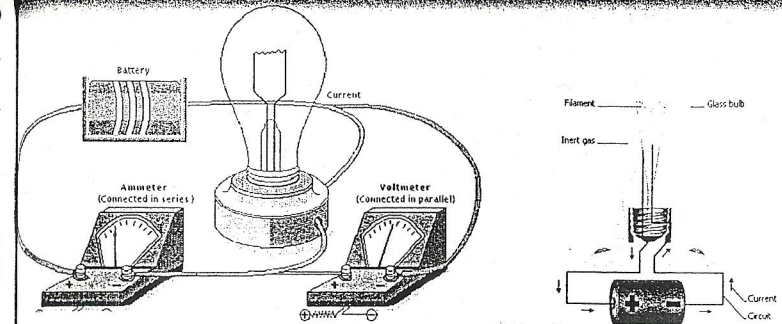


LISTRIK 12

ngan
obil
kson
peda
340
otor
mo-
otor
gan
ang
otor
n b
i f,
gan



LISTRIK STATIS

eh
jar
in,
da
ar
er
n
u

Dalam listrik statis, muatan-muatan listriknya berada dalam keadaan diam atau tidak bergerak.

1. Muatan Listrik

Muatan listrik terdiri atas:

- Elektron yang membawa muatan *negatif*.
- Proton yang membawa muatan *positif*.

$$\begin{aligned} \text{Muatan 1 elektron} &= -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ coulomb} \\ \text{Muatan 1 proton} &= +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ coulomb} \end{aligned}$$

Muatan listrik dari suatu benda ditentukan oleh jumlah proton dan elektronnya.

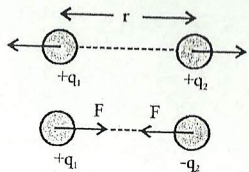
- Bila benda kelebihan elektron ($\Sigma \text{elektron} > \Sigma \text{proton}$), maka benda bermuatan *negatif*.
- Bila benda kekurangan elektron ($\Sigma \text{elektron} < \Sigma \text{proton}$), maka benda bermuatan *positif*.
- Bila $\Sigma \text{elektron} = \Sigma \text{proton}$, maka benda tidak bermuatan (*netral*).

Sifat Muatan Listrik

- a. Muatan sejenis akan tolak-menolak.
- b. Muatan tidak sejenis akan tarik-menarik.

Hukum Coulomb yang dinyatakan oleh Charles Augustin de Coulomb (1786) adalah sebagai berikut.

"Gaya tarik atau gaya tolak antara dua muatan listrik sebanding dengan muatan-muatannya dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua muatan."



$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

dengan:

F = gaya Coulomb (newton)

q = muatan listrik (coulomb)

r = jarak kedua muatan (meter)

k = konstanta = $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$

ϵ_0 = permitivitas listrik dalam ruang hampa/udara = $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$

Jika medium muatan bukan pada vakum atau udara, maka besar gaya Coulomb antara muatan q_1 dan q_2 berkurang.

$$F_{\text{bahan}} < F_{\text{udara}}$$

Permitivitas vakum ϵ_0 diganti dengan ϵ , yakni:

$$\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$$

Dengan: ϵ_r = permitivitas

Dalam vakum $\epsilon_r = 1$, sedangkan dalam udara $\epsilon_r = 1,0006$.

Jadi, gaya Coulomb dalam bahan adalah sebagai berikut.

$$F_{\text{bahan}} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \text{ atau } F_{\text{bahan}} = \frac{1}{\epsilon_r} \cdot F_{\text{vakum}}$$

Contoh Soal

1. Ada empat buah muatan A, B, C, D. A menolak B, A menarik C, C menolak D, dan D bermuatan positif. Jenis muatan-muatan lainnya adalah
 - A. A bermuatan (-), B bermuatan (+), C bermuatan (-)
 - B. A bermuatan (-), B bermuatan (-), C bermuatan (+)
 - C. A bermuatan (+), B bermuatan (-), C bermuatan (-)
 - D. A bermuatan (+), B bermuatan (-), C bermuatan (+)
 - E. A bermuatan (-), B bermuatan (-), C bermuatan (-)

Pembahasan:

Diketahui: D bermuatan positif

- a) C menolak D berarti C sejenis dengan D, C bermuatan (+).
- b) A menarik C berarti A tidak sejenis dengan C, A bermuatan (-).
- c) A menolak B berarti A sejenis dengan B, B bermuatan (-).

Jawaban: B

2. Resultan gaya F yang bekerja pada muatan q pada gambar di samping ini adalah

- A. $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q(Q\ell)}{r^3}$
- B. $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q(Q\ell^2)}{r^4}$
- C. $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{\ell r}$
- D. $F = \frac{2}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r^2}$
- E. $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{\ell^2}$

Pembahasan:

- a) Besar $F_1 = F_2 = k \frac{qQ}{r^2}$
- b) Gunakan rumus kosinus

$F_R^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2F_1 \cdot F_2 \cos \alpha$, karena $F_1 = F_2$, maka:

$$F_R^2 = 2F_1 F_2 \cos \alpha$$

$$F_R = 2F_1 \cos \alpha$$

$$F_R = 2 \cdot k \cdot \frac{qQ}{r^2} \cdot \frac{1/2 \ell}{r}$$

$$F_R = k \cdot \frac{qQ\ell}{r^3}$$

$$F_R = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ\ell}{r^3}$$

Jawaban: A

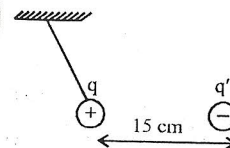
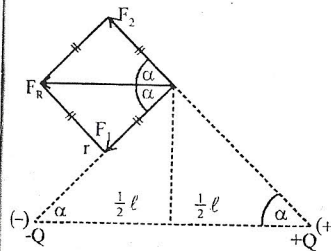
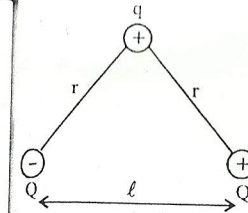
3. Sebuah benda bermassa 20 gram dan bermuatan $q = +0,5 \mu\text{C}$ digantungkan pada seutas tali ringan yang massanya dapat diabaikan. Tepat di sebelah kanan benda pada jarak 15 cm diletakkan muatan $q' = -1 \mu\text{C}$ yang menyebabkan posisi benda menjauhi seperti pada gambar di samping ini.

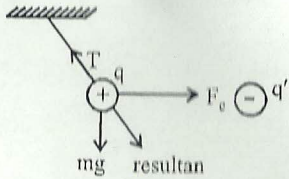
Jika $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ dan $g = 10 \text{ m/s}^2$, tegangan pada tali adalah....

- A. 0,20N C. 0,28N E. 0,40N
- B. 0,24N D. 0,32N

Pembahasan:

$$F_c = k \frac{qq'}{r^2}$$





$$= 9 \cdot 10^9 \frac{(0,5 \cdot 10^{-6})(1 \cdot 10^{-6})}{(15 \cdot 10^{-2})^2}$$

$$= \frac{9 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}}{15 \cdot 15 \cdot 10^{-4}}$$

$$= \frac{45}{225} = 0,2 \text{ N}$$

T = Resultan

$$= \sqrt{F_c^2 + (mg)^2}$$

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

$$= \sqrt{0,08}$$

$$= 0,28 \text{ N}$$

Jawaban: C

4. Dua buah muatan masing-masing $20 \mu\text{C}$ dan $24 \mu\text{C}$ terpisah pada jarak 12 cm . Bila kedua muatan diletakkan dalam bahan yang memiliki permitivitas relatif sebesar 3 , maka besar gaya yang bekerja pada kedua muatan tersebut adalah
- A. 400 N C. 200 N E. 50 N
 B. 300 N D. 100 N

Pembahasan:

$$\frac{F_{\text{bahan}}}{F_{\text{vakum}}} = \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon} \times \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}} = \frac{\epsilon_0}{\epsilon}, \text{ nilai } \epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$$

$$\frac{F_{\text{bahan}}}{F_{\text{vakum}}} = \frac{\epsilon_0}{\epsilon_r \epsilon_0} = \frac{1}{\epsilon_r}$$

$$F_{\text{bahan}} = \frac{1}{\epsilon_r} F_{\text{vakum}}$$

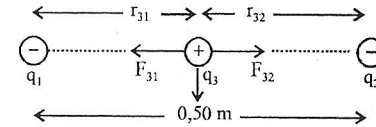
$$F_{\text{vakum}} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = (9 \cdot 10^9) \frac{(20 \cdot 10^{-6})(24 \cdot 10^{-6})}{(12 \cdot 10^{-2})^2} = 300 \text{ N}$$

$$\epsilon_r = 3$$

$$F_{\text{bahan}} = \frac{1}{\epsilon_r} F_{\text{vakum}} = \frac{1}{3} \cdot 300 = 100 \text{ N}$$

Jawaban: D

5. Sebuah partikel bermuatan $+5,0 \mu\text{C}$ diletakkan pada garis hubung di antara partikel-partikel bermuatan $-9,0 \mu\text{C}$ dan $-4,0 \mu\text{C}$ yang berjarak $0,50 \text{ m}$. Agar partikel tersebut tidak merasakan gaya Coulomb yang disebabkan oleh kedua partikel bermuatan negatif, maka partikel bermuatan $+5,0 \mu\text{C}$ harus diletakkan di
- A. $0,35 \text{ m}$ dari q_1 C. $0,30 \text{ m}$ dari q_1 E. $0,10 \text{ m}$ dari q_1
 b. $0,35 \text{ m}$ dari q_2 D. $0,20 \text{ m}$ dari q_1



Pembahasan:

Misalkan muatan q_3 diletakkan $x \text{ m}$ dari muatan q_1 , maka:

$$r_{31} = x \text{ m}; r_{32} = (0,5 - x) \text{ m}$$

Supaya resultan gaya Coulomb pada q_3 sama dengan nol, maka besar gaya Coulomb pada q_3 oleh q_1 harus sama dengan besar gaya Coulomb pada q_3 oleh q_2 (lihat gambar di atas).

$$F_{31} = F_{32}$$

$$k \frac{q_3 q_1}{r_{31}^2} = k \frac{q_3 q_2}{r_{32}^2}$$

$$\left(\frac{r_{32}}{r_{31}}\right)^2 = \frac{q_2}{q_1} = \frac{4,0 \cdot 10^{-6}}{9,0 \cdot 10^{-6}} = \frac{4}{9}$$

$$\frac{r_{32}}{r_{31}} = \sqrt{\frac{4}{9}} = \frac{2}{3}$$

$$3 r_{32} = 2 r_{31}$$

$$3(0,5 - x) = 2x$$

$$1,5 - 3x = 2x$$

$$1,5 = 5x$$

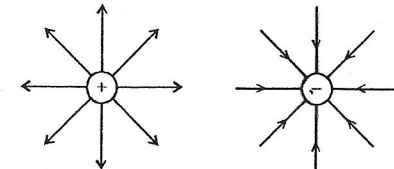
$$x = 0,3$$

Jadi, supaya resultan gaya Coulomb pada $q_3 = 0$, maka q_3 diletakkan $0,30 \text{ m}$ dari q_1 .

Jawaban: C

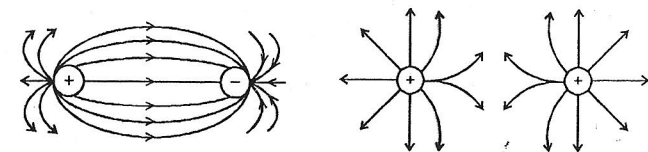
2. Medan Listrik

Medan listrik adalah suatu daerah/ruang di sekitar muatan listrik yang masih dipengaruhi oleh gaya listrik. Medan listrik digambarkan dengan garis gaya listrik yang arahnya keluar (menjauhi) muatan positif dan masuk (mendekati) muatan negatif.



Muatan positif

Muatan negatif



Kuat medan listrik adalah besarnya gaya Coulomb untuk tiap satu satuan muatan.

Secara matematis

$$E = \frac{F}{q}$$

Dengan: E = kuat medan listrik (N/C)

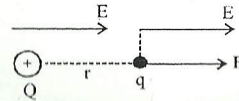
F = gaya Coulomb (N)

q = muatan uji (C)

a. **Kuat Medan Listrik oleh Muatan Listrik**

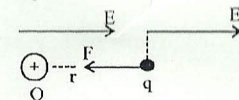
Q = sumber muatan positif

q = muatan uji positif



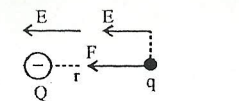
Q = sumber muatan positif

q = muatan uji negatif



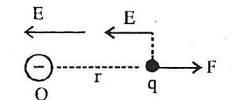
Q = sumber muatan negatif

q = suatu uji positif



Q = sumber muatan negatif

q = muatan uji negatif



Besarnya gaya Coulomb antara muatan sumber Q dan muatan uji q adalah sebagai berikut.

$$F = k \frac{Qq}{r^2}$$

Kuat medan listriknya adalah

$$E = \frac{F}{q} = \frac{k \frac{Qq}{r^2}}{q} = k \frac{Q}{r^2}$$

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

Dengan: E = besar kuat medan listrik (N/C)

Q = muatan sumber (C)

r = jarak muatan uji terhadap muatan sumber (m)

Kuat medan listrik di suatu titik akibat beberapa muatan sumber adalah jumlah vektor (resultan) dari vektor-vektor kuat medan listrik yang dihasilkan oleh tiap muatan sumber pada titik tersebut.

$$\vec{E}_{\text{tot}} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

Contoh Soal

1. Sebuah muatan uji $+3,0 \cdot 10^{-5}$ C diletakkan dalam suatu medan listrik. Gaya yang bekerja pada muatan uji tersebut adalah 0,45 N pada sudut 20° terhadap sumbu x positif. Besar kuat medan listrik pada muatan uji tersebut adalah

- A. $1,0 \cdot 10^4$ N/C C. $1,5 \cdot 10^4$ N/C E. $1,5 \cdot 10^3$ N/C
B. $1,3 \cdot 10^4$ N/C D. $1,0 \cdot 10^3$ N/C

Pembahasan:

Muatan uji: $q = +3,0 \cdot 10^{-5}$ C

$F = 0,45$ N pada 20°

$$E = \frac{F}{q} = \frac{0,45 \text{ N}}{3,0 \cdot 10^{-5} \text{ C}} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ N/C}$$

Jawaban: C

2. Sebuah elektron berada dalam medan listrik yang homogen dengan intensitas (E) sebesar 10^5 N/C seperti pada gambar di samping. Bila diketahui pula massa elektron = $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg, muatan elektron = $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C, maka besarnya gaya yang dialami oleh elektron tersebut adalah...

- A. $1,75 \cdot 10^6$ m/det² ke kanan D. $1,75 \cdot 10^5$ m/det² ke kiri
B. $1,75 \cdot 10^6$ m/det² ke kiri E. semua jawaban salah
C. $1,75 \cdot 10^5$ m/det² ke kanan

Pembahasan:

Elektron akan mendapatkan gaya yang arahnya selalu berlawanan dengan arah kuat medan listriknya atau intensitas listriknya, karena E ke kanan maka F pada elektron ke kiri.

Gaya Coulombnya:

$$F = qE$$

Hukum Newton II

$$F = m \cdot a$$

Bila kedua persamaan itu dihubungkan didapat

$$m \cdot a = qE$$

$$a = \frac{qE}{m} = \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})(10^5)}{9,1 \cdot 10^{-31}} = 1,75 \cdot 10^6 \text{ m/det}^2$$

q dalam hal ini diambil harganya yang positif, karena kita memerlukan hanya besarnya percepatan.

Jawaban: B

3. Dua buah titik bermuatan masing-masing $+q_1$ dan $+q_2$ berjarak 4 meter satu sama lain. Perbandingan antara q_1 dan q_2 agar kuat medan listriknya nol pada titik yang berjarak 1 meter dari q_1 adalah

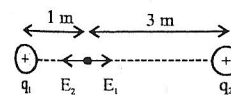
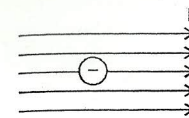
- A. $q_1 = 3 q_2$ C. $q_1 = 9 q_2$ E. $q_1 = \frac{1}{3} q_2$
B. $q_1 = 6 q_2$ D. $q_1 = \frac{1}{9} q_2$

Pembahasan:

Supaya E pada titik tersebut nol, maka $E_1 - E_2 = 0$ atau $E_1 = E_2$

$$r_1 = 1 \text{ m}, r_2 = 3 \text{ m}$$

$$k \frac{q_1}{r_1^2} = k \frac{q_2}{r_2^2}$$



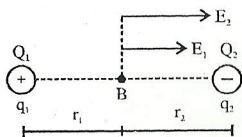
$$\frac{q_1}{1^2} = \frac{q_2}{3^2} \Rightarrow q_1 = \frac{1}{9} q_2$$

Jawaban: D

b. Kuat Medan Listrik oleh Beberapa Muatan

1) Resultan Medan Listrik yang Segaris

Titik B berada di antara muatan Q_1 dan Q_2 yang terletak satu garis. E_1 adalah kuat medan listrik karena pengaruh muatan Q_1 yang ditentukan dengan rumus berikut.



$$E_1 = k \frac{Q_1}{r_1^2}$$

E_2 adalah kuat medan listrik karena pengaruh muatan Q_2 yang ditentukan dengan rumus di bawah ini.

$$E_2 = k \frac{Q_2}{r_2^2}$$

Besar kuat medan listrik di B adalah resultan vektor E_1 dan E_2 yang ditentukan dengan rumus:

$$E_B = E_1 + E_2$$

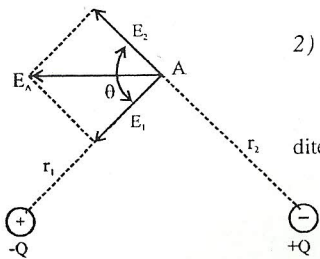
$$E_B = k \frac{Q_1}{r_1^2} + k \frac{Q_2}{r_2^2}$$

$$E_B = k \left(\frac{Q_1}{r_1^2} + \frac{Q_2}{r_2^2} \right)$$

2) Resultan Medan Listrik yang tak Segaris

Titik A berada dalam pengaruh medan listrik dari muatan Q_1 dan Q_2 .

Besar kuat medan listrik di A adalah resultan vektor E_1 dan E_2 yang ditentukan dengan rumus.



$$E_A = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \theta}$$

Dengan: θ adalah sudut apit E_1 dan E_2 .

Contoh Soal

- Titik P berada di antara muatan $Q_1 = -5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ dan $Q_2 = +2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ yang berjarak 1 meter. Jika jarak P ke muatan Q_1 adalah 60 cm. Hitunglah:
 - Kuat medan listrik di titik P.
 - Gaya yang bekerja pada muatan $-4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ yang diletakkan di P!

Pembahasan:

$$Q_1 = -5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$Q_2 = +2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$r_2 = 40 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

$$r_1 = 60 \text{ cm} = 6 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

- Kuat medan listrik di titik P

$$E_1 = k \frac{Q_1}{r_1^2}$$

$$= (9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2) \frac{(-5 \cdot 10^{-6} \text{ C})}{(6 \cdot 10^{-1} \text{ m})^2}$$

$$= -1,25 \cdot 10^5 \text{ N/C}$$

Tanda negatif menunjukkan vektor kuat medan listrik E_1 menuju Q_1 .

$$E_2 = k \frac{Q_2}{r_2^2}$$

$$= (9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2) \frac{2 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(4 \cdot 10^{-1} \text{ m})^2}$$

$$= 1,125 \cdot 10^5 \text{ N/C}$$

Vektor E_1 dan E_2 searah (sama-sama menuju Q_1)

$$|E_p| = E_p = E_1 + E_2$$

$$= 1,25 \cdot 10^5 + 1,125 \cdot 10^5$$

$$= 2,375 \cdot 10^5 \text{ N/C}$$

- Gaya yang bekerja pada muatan $-4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ di titik P

$$q = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

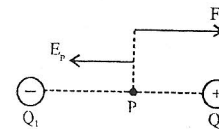
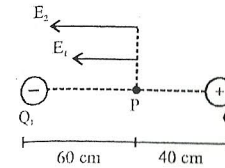
$$E_p = \frac{F}{q}$$

$$F = E_p \cdot q$$

$$= (2,375 \cdot 10^5 \text{ N/C})(-4 \cdot 10^{-6} \text{ C})$$

$$= -0,95 \text{ N (arah vektor berlawanan dengan arah vektor } E_p)$$

Jadi besar gaya Coulomb 0,95 N ke arah muatan Q_2 .



- Dua bola bermuatan listrik B dan C berada pada jarak 1 m. Muatan bola B dan C masing-masing besarnya $Q_B = +40 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ dan muatan bola $Q_C = -50 \cdot 10^{-5} \text{ C}$. Titik A berada dalam pengaruh medan listrik dari kedua bola tersebut sehingga A, B, dan C merupakan segitiga samakaki dengan sudut $BAC = 45^\circ$ dan jarak AC 1 m.

Hiunglah:

- Kuat medan di titik A
- Gaya Coulomb muatan $+20 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ yang diletakkan di titik A!

Pembahasan:

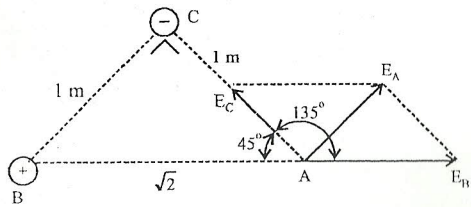
$$Q_B = +40 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

$$Q_C = -50 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

$$r_{BC} = 1 \text{ m}$$

$$r_{AC} = 1 \text{ m}$$

$$\angle BAC = 45^\circ$$



a. Kuat medan di titik A

$$E_B = k \frac{Q_B}{r_{AB}^2} = (9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2) \frac{(40 \cdot 10^{-5} \text{ C})}{(\sqrt{2} \text{ m})^2}$$

$$= 18 \cdot 10^5 \text{ N/C}$$

$$E_C = k \frac{Q_C}{r_{AC}^2} = (9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2) \frac{(-50 \cdot 10^{-5} \text{ C})}{(1 \text{ m})^2}$$

$$= -45 \cdot 10^5 \text{ N/C}$$

Tanda negatif menunjukkan arah vektor.

$$E_A = \sqrt{E_B^2 + E_C^2 + 2E_B E_C \cos 135^\circ}$$

$$= \sqrt{(18 \cdot 10^5)^2 + (45 \cdot 10^5)^2 + 2(18 \cdot 10^5)(45 \cdot 10^5)(-0,707)}$$

$$= \sqrt{1,204 \cdot 10^{13}}$$

$$= 3,47 \cdot 10^6 \text{ N/C}$$

Jadi, kuat medan listrik di titik A sebesar $3,47 \cdot 10^6 \text{ N/C}$

b. Gaya yang bekerja pada muatan di titik A

$$q = +20 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

$$E_A = \frac{F}{q}$$

$$F = E_A \cdot q$$

$$= (3,47 \cdot 10^6 \text{ N/C})(20 \cdot 10^{-5} \text{ C})$$

$$= 694 \text{ N}$$

Jadi, gaya Coulomb yang bekerja pada muatan di titik A sebesar 694 N.

c. Hukum Gauss

Jika terdapat garis-garis gaya dari suatu medan listrik homogen yang menembus tegak lurus bidang seluas A (seperti tampak pada gambar), maka fluks listrik (Φ) yang melalui bidang tersebut sama dengan:

$$\Phi = E \cdot A$$

Φ = fluks listrik

Satuan Φ dalam SI adalah $\text{NC}^{-1} \text{ m}^2$ atau weber (Wb).

Persamaan fluks listrik untuk medan listrik yang menembus bidang tidak secara tegak lurus.

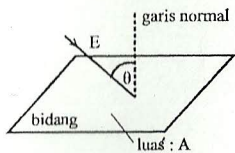
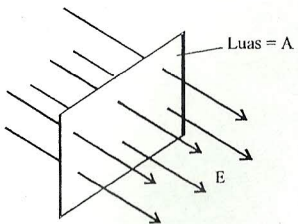
$$\Phi = E \cdot A \cdot \cos \theta$$

Dengan: Φ = fluks listrik (Wb)

E = kuat medan listrik (N/C)

A = luas bidang yang ditembus oleh medan listrik (m^2)

θ = sudut antara E dan garis normal bidang



Hukum Gauss berbunyi:

“Jumlah garis gaya dari suatu medan listrik yang menembus suatu permukaan tertutup sebanding dengan jumlah muatan listrik yang dilingkupi oleh permukaan tertutup itu.”

Secara matematis, hukum Gauss dinyatakan dengan rumus berikut.

$$\Phi = E \cdot A \cdot \cos \theta = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

Dengan: Q = muatan yang dilingkupi permukaan tertutup

ϵ_0 = permitivitas udara

Contoh Soal

1. Terdapat persegi panjang yang panjangnya 30 cm dan lebarnya 20 cm. Bila kuat medan listrik homogen sebesar 200 N/C dan arahnya searah dengan bidang, maka jumlah garis medan listrik yang menembus bidang persegipanjang tersebut adalah

- A. nol C. 3 weber C. 5 weber
B. 2 weber D. 4 weber

Pembahasan:

$$A = p \times \ell$$

$$= 30 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$$

$$= 600 \text{ cm}^2$$

$$= 6 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

Jumlah garis medan yang menembus bidang:

$$\Phi = E \cdot A \cos \theta$$

$$\Phi = (200 \text{ N/C})(6 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2)(\cos 90^\circ)$$

$$\Phi = 0$$

Jawaban: A

2. Soal seperti No. 1, kuat medan listrik homogen sebesar 200 N/C dan arahnya membentuk sudut 30° terhadap bidang adalah

- A. nol C. 3 weber E. 6 weber
B. 2 weber D. 4 weber

Pembahasan:

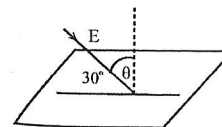
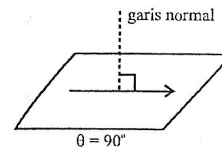
$$\Phi = E \cdot A \cdot \cos \theta$$

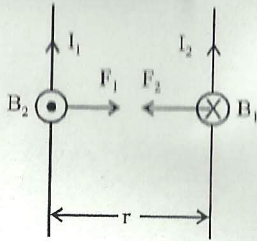
$$\Phi = 200 \cdot 6 \cdot 10^{-2} \cdot \cos 60^\circ$$

$$\Phi = 12 \cdot \frac{1}{2}$$

$$\Phi = 6 \text{ weber}$$

Jawaban: E





Pembahasan:

Diketahui: $I_1 = I_2 = I$

$$F_1 = F_2 = F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 \ell}{2 \pi r}$$

$$F = \frac{\mu_0 I^2 \ell}{2 \pi r}$$

$$F \sim \frac{1}{r} \sim r^{-1}$$

Jadi, kedua kawat itu akan tarik-menarik dengan gaya sebanding r^{-1} .

Jawaban: D

4. Sebuah elektron bergerak di dalam suatu medan magnet serba sama sebesar 0,2 T. Arah gerak elektron membentuk sudut 60° terhadap arah medan magnet. Apabila elektron mendapat gaya sebesar $64\sqrt{3} \cdot 10^{-14}$ N, maka besar kecepatan gerak elektron adalah (muatan elektron = $1,6 \cdot 10^{-19}$ C)

- A. $2 \cdot 10^6$ m/s C. $2 \cdot 10^7$ m/s E. $8 \cdot 10^7$ m/s
 B. $4 \cdot 10^6$ m/s D. $4 \cdot 10^7$ m/s

Pembahasan:

Diketahui: $B = 0,2$ T

$\alpha = 60^\circ$

$F_L = 64\sqrt{3} \cdot 10^{-14}$ N

$q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

$$F_L = qvB \sin \alpha \Rightarrow v = \frac{F_L}{qB \sin \alpha}$$

$$= \frac{64\sqrt{3} \cdot 10^{-14}}{(1,6 \cdot 10^{-19})(0,2) \sin 60^\circ}$$

$$= \frac{64\sqrt{3} \cdot 10^{-14}}{(0,32 \cdot 10^{-19})(\frac{1}{2}\sqrt{3})}$$

$$= 4 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

Jawaban: D

5. EBTANAS 1997

Sebuah partikel α bergerak tegak lurus terhadap medan magnet yang arahnya masuk bidang gambar. Hingga $B = 0,2$ T dan kecepatan partikel $3 \cdot 10^5$ m/s, maka jari-jari lintasannya adalah

- ($m = 6,4 \cdot 10^{-27}$ kg, $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$ C)
 A. 1,33 m C. 0,30 m E. 0,03 m
 B. 0,75 m D. 0,13 m

Pembahasan:

Diketahui: $B = 0,2$ T

$v = 3 \cdot 10^5$ m/s

$m = 6,4 \cdot 10^{-27}$ kg

$q = 3,2 \cdot 10^{-19}$ C

$R = \frac{mv}{qB}$

$$= \frac{(6,4 \cdot 10^{-27})(3 \cdot 10^5)}{(3,2 \cdot 10^{-19})(0,2)} = \frac{3 \cdot 10^{-22}}{10^{-20}} = 0,03$$

Jawaban: E

6. Kecepatan sudut dari sebuah partikel q yang bergerak melingkar pada medan magnet homogen B dengan jari-jari R dan massa partikel m , akan memenuhi persamaan

- A. $\omega = \frac{m}{qB}$ C. $\omega = \frac{m}{qR}$ E. $\omega = \frac{qB}{2\pi m}$
 B. $\omega = \frac{qB}{m}$ D. $\omega = \frac{qB}{mR}$

Pembahasan:

Pada partikel yang bergerak melingkar berlaku:

$F_L = F_s$

$qvB = m \frac{v^2}{R}$

$qB = \frac{mv}{R}$

$\frac{v}{R} = \frac{qB}{m}$

$\omega = \frac{qB}{m}$

Jawaban: B

INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

Induksi elektromagnetik adalah gejala timbulnya arus listrik pada suatu penghantar karena pengaruh medan magnet yang berubah.

Gaya gerak listrik yang timbul di ujung-ujung penghantar akibat perubahan medan magnet disebut gaya gerak listrik induksi (ggl induksi). Arus listrik yang dihasilkan oleh ggl induksi disebut arus induksi.

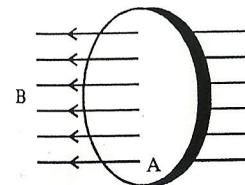
Alat yang dibuat berdasarkan konsep induksi elektromagnetik adalah generator dan transformator.

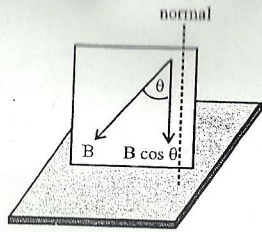
1. Fluks Magnet

Fluks magnet didefinisikan sebagai perkalian antara medan magnet B dengan luas bidang A yang tegak lurus dengan induksi magnetnya. Secara matematis ditulis:

$\Phi = BA$

Dalam kenyataannya, induksi magnet B tidak selalu tegak lurus pada bidang. Sehingga rumus fluks magnet di atas berubah menjadi:





$$\Phi = BA \cos \theta$$

dengan: Φ = fluks magnet (Wb)
 B = induksi magnet (T)
 A = luas bidang (m^2)
 θ = sudut antara arah induksi magnet B dengan arah normal bidang

2. Hukum Faraday

Hasil percobaan yang dilakukan Faraday adalah sebagai berikut.

- Bila jumlah fluks magnet yang memasuki suatu kumparan berubah, maka pada ujung-ujung kumparan timbul ggl induksi.
- Besar ggl induksi bergantung pada laju perubahan fluks dan banyaknya lilitan.

Secara matematis ditulis:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

tanda negatif menunjukkan arah arus induksi

dengan: ε = ggl induksi (volt)
 N = jumlah lilitan kumparan
 $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ = laju perubahan fluks magnet (Wb/s)

Perubahan fluks magnet dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

- memperbesar perubahan induksi magnet B ,
- memperkecil luas bidang A yang ditembus oleh medan magnet, dan
- memperkecil sudut θ .

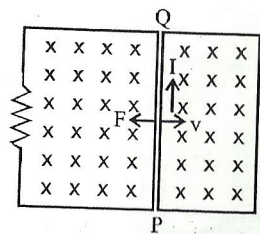
3. Hukum Lenz

Hukum Lenz berbunyi "arus induksi akan muncul di dalam arah yang sedemikian rupa sehingga arah tersebut menentang perubahan yang dihasilkannya." Dengan kata lain, arah arus induksi yang terjadi dalam suatu penghantar menimbulkan medan magnet yang menentang penyebab perubahan medan magnet tersebut.

Berdasarkan gambar di samping

- Arah v merupakan arah penyebab perubahan.
- Arah gaya Lorentz F_L selalu berlawanan dengan arah v .
- Dengan menggunakan aturan tangan kanan, maka diperoleh arah I dari P ke Q .

$$\varepsilon = Blv$$



4. Ggl Induksi Diri (Hukum Henry)

Apabila arus yang mengalir pada suatu penghantar berubah tiap waktu, maka pada penghantar tersebut akan terjadi ggl induksi diri dan oleh Josep Henry dirumuskan sebagai:

$$\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$$

dengan: ε = ggl induksi diri (volt)
 L = induktansi diri (H)
 $\frac{dI}{dt}$ = besarnya perubahan arus tiap waktu (A/s)

Induktansi diri (L) adalah ggl yang terjadi dalam suatu penghantar itu dan terjadi perubahan kuat arus I A tiap sekon.

Besar induktansi diri suatu penghantar dirumuskan sebagai:

$$L = \frac{N\Phi}{I}$$

dengan: L = induktansi diri (H)
 N = jumlah lilitan kumparan
 Φ = fluks magnet (Wb)
 I = kuat arus (A)

Besar induktansi diri pada pusat solenoida adalah:

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{\ell}$$

dengan: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Wb/Am
 A = luas bidang kumparan
 ℓ = panjang solenoida

Contoh Soal

- Sebuah kumparan dengan 100 lilitan dalam waktu 0,01 detik menimbulkan perubahan fluks magnet sebesar 10^{-4} Wb, maka pada ujung-ujung kumparan akan timbul ggl induksi sebesar

- A. 1 volt C. 50 volt E. 200 volt
 B. 10 volt D. 100 volt

Pembahasan:

Diketahui: $N = 100$ lilitan

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{10^{-4} \text{ Wb}}{0,01 \text{ s}} = 10^{-2} \text{ Wb/s}$$

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt} = -100 (10^{-2}) = -1 \text{ (tanda negatif menunjukkan arah arus induksi)}$$

Jadi, ggl induksi yang timbul sebesar 1 volt.

Jawaban: A