

MATA KULIAH : FISIKA DASAR II
KODE MK : EL-122
Dosen : Dr. Budi Mulyanti, MSi

Pertemuan ke-2

CAKUPAN MATERI

1. MEDAN LISTRIK
2. INTENSITAS/ KUAT MEDAN LISTRIK
3. GARIS GAYA DAN FLUKS LISTRIK

SUMBER-SUMBER:

1. Frederick Bueche & David L. Wallach, Technical Physics, 1994, New York, John Wiley & Sons, Inc
2. Tipler, Fisika Untuk sains dan Teknik (terjemah oleh Bambang Soegijono), Jakarta, Penerbit Erlangga, 1991
3. Gancoli Douglas C, Fisika 2 (terjemah), 2001, Penerbit Erlangga, Edisi 5.
4. Sears & Zemansky, Fisika Untuk Universitas 3 (Optika & Fisika Modern), 1991, Jakarta-New York, Yayasan Dana Buku Indonesia
5. Frederick J. Bueche, Seri Buku Schaum Fisika, 1989, Jakarta, Penerbit Erlangga
6. Halliday & Resnick, Fisika 2, 1990, Jakarta, Penerbit Erlangga
7. Sutrisno, Seri Fisika Dasar (Fisika Modern), 1989, Bandung, Penerbit ITB

1.3. MEDAN LISTRIK \vec{E}

- Medan listrik dikatakan ada di sebuah titik jika ada gaya elektrostatis yang dialami oleh benda bermuatan yang ditempatkan di titik tersebut. Benda bermuatan tersebut disebut sebagai muatan uji.
- Intensitas listrik \vec{E} di sebuah titik didefinisikan sebagai hasil bagi antara gaya \vec{F} yang bekerja pada muatan uji positif dengan jumlah muatan q' pada muatan uji tersebut.
- Secara matematis :

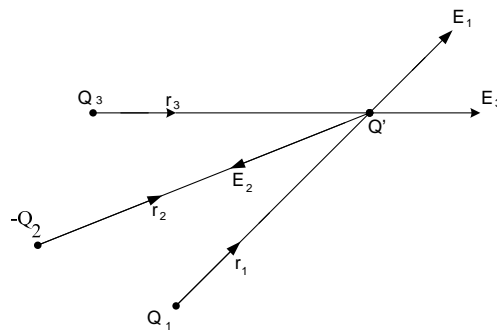
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q'} \text{ karena muatan } q' \text{ positif maka } \vec{E} \text{ searah } \vec{F}$$

- Jika digunakan muatan uji negatif maka \vec{E} berlawanan arah dengan \vec{F}
- Istilah lain intensitas listrik adalah kuat medan listrik dan intensitas medan listrik. Satuan intensitas listrik dalam SI adalah NC^{-1} atau V/m
- Karena jika muatan q' cukup besar maka akan mempengaruhi kesimetrian muatan sumber sehingga berpengaruh terhadap kuantitas yang akan diukur.
- Definisi yang tepat untuk intensitas listrik: $\vec{E} = \lim_{q' \rightarrow 0} \frac{\vec{F}}{q'}$

1.4 INTENSITAS/ KUAT MEDAN LISTRIK

Perhitungan Intensitas Medan Listrik

- Untuk menghitung listrik di suatu titik dapat digunakan hukum Coulomb jika besar dan posisi semua muatan yang menimbulkan medan diketahui.
- Misalkan :



Gambar. Tiga buah muatan sumber Q_1 , Q_2 dan Q_3 yang bekerja pada muatan uji Q' dimana arah vektor \vec{r}_1 , \vec{r}_2 dan \vec{r}_3 dari muatan sumber ke muatan uji.

Secara Umum:

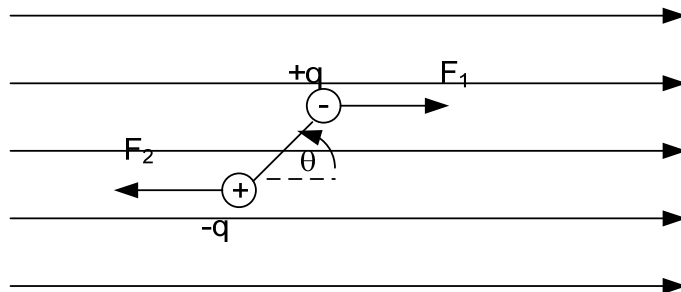
- Vektor posisi \vec{r} adalah dari muatan sumber menuju ke muatan uji.
- Jika muatan sumber + arah medan \vec{E} searah \vec{r} (menjauhi sumber)
- Jika muatan sumber - arah medan \vec{E} berlawanan arah dengan \vec{r} (menuju sumber)
- Intensitas medan listrik total:

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

- Secara umum: $\vec{E}_{tot} = k \sum \frac{q\hat{r}}{r^2}$ (penjumlahan vektor)
- Pada umumnya medan listrik tidak disebabkan oleh muatan-muatan titik, namun oleh muatan yang terdistribusi ke seluruh permukaan volume/garis. Sehingga intensitas listrik dihitung dengan mengandaikan konduktor yang terbagi atas elernen kecil Δq .
- Untuk $\Delta q \rightarrow 0$, maka: $\vec{E}_{tot} = k \int \frac{\hat{r}dq}{r^2}$

Medan *Dipole*

Pasangan muatan titik yang sama besar dan berlawanan tanda yang dipisahkan oleh vektor sejauh \vec{l} disebut dipol listrik. Pada beberapa molekul, pusat muatan positif tidak berimpit dengan pusat muatan negatif walaupun tidak ada medan listrik luar. Molekul yang sedemikian disebut molekul polar. Molekul polar ini memiliki momen dipol permanen \vec{p} , yaitu: $\vec{p} = q\vec{l}$. Jika suatu molekul polar ditempatkan di dalam medan listrik homogen, akan ada gaya total yang bekerja padanya. Tetapi akan ada momen yang mengarahkan molekul untuk berputar sehingga dipol mengarah sejajar dengan medan listrik.



Gambar: Suatu dipole listrik dalam medan listrik homogen

Kita peroleh torka $\vec{\tau}$ yang dihasilkan oleh dua buah gaya yang berlawanan arah, yang disebut kopel, adalah sama di setiap titik dalam ruang. Dari Gambar kita lihat bahwa torka pada muatan negatif mempunyai harga $F_1 l \sin \theta = qEl \sin \theta = pE \sin \theta$

atau penulisan secara vektor adalah $\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$. Torka ini dapat ditulis dengan lebih baik sebagai perkalian silang momen dipol \vec{p} dengan medan listrik \vec{E} . Arah dari torka menuju ke kertas sedemikian rupa sehingga torka memutar momen dipol ke arah medan listrik \vec{E} .

Jika dipol berputar melalui sudut $d\theta$ medan listrik melakukan kerja:

$$dW = -\tau d\theta = -pE \sin \theta d\theta$$

tanda minus menunjukkan torka yang cenderung menurunkan q . Dengan membuat kerja ini menurunkan energi potensial akan kita peroleh:

$$dU = -dW = +pE \sin \theta d\theta$$

Dengan integrasi diperoleh: $U = -pE \cos \theta + U_0$

Dengan mengambil energi potensial nol, maka: $U = -pE \cos \theta = -\vec{p} \cdot \vec{E}$

Satuan momen dipol atom atau molekul adalah muatan dasar e dilakikan jarak (misalkan $e \cdot \text{nm}$)

Contoh:

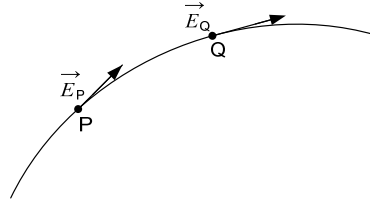
Suatu dipol dengan momen sebesar $0,02 e \cdot \text{nm}$ berada di dalam medan listrik homogen yang besarnya $3 \times 10^3 \text{ N/C}$ serta membentuk sudut 20° terhadap arah medan listrik. Tentukan: a. Besar torka pada dipol dan b. Energi potensial sistem.

Jawab:

a. $|\vec{\tau}| = pE \sin \theta = 3,28 \times 10^{-27} \text{ Nm}$

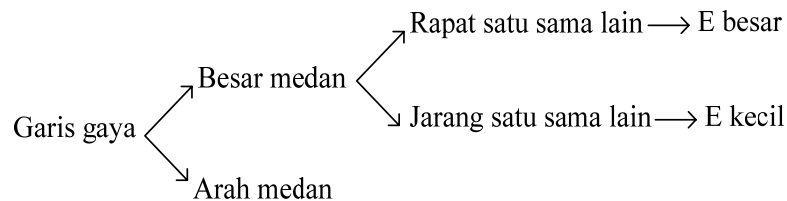
b. $U = -pE \cos \theta = -9,02 \times 10^{-27} \text{ J}$

1.5. GARIS-GARIS GAYA DAN FLUKS LISTRIK



Gambar: Garis gaya dan intensitas medan listrik di titik P dan Q

- Garis gaya ialah garis khayal (imajiner) dimana arah tangennya, di sembarang titik adalah arah medan di titik yang berseberangan.
- Setiap garis gaya dalam medan elektrostatik merupakan garis tak putus-putus yang berawal dari muatan + dan berakhir di muatan -.
- Garis-garis gaya tak ada yang berpotongan karena hanya satu garis gaya untuk tiap titik medan resultan.
- Jumlah garis gaya per satuan luas yang melewati sebuah permukaan (yang tegak lurus arah medan) sebanding dengan intensitas listrik di setiap titik.



FLUX LISTRIK Φ_E

- Fluks listrik Φ_E dikatakan + (positif) jika garis-garis gaya keluar dan suatu permukaan tertutup dan - (negatif) jika menuju ke dalam permukaan.
- Flux didefinisikan sebagai integral permukaan dari komponen normal intensitas listrik \vec{E} pada seluruh permukaan tertutup.

$$\Phi_E = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

SOAL-SOAL

1. Sebuah benda kecil yang muatannya $-5 \times 10^{-9} \text{C}$ mengalami gaya ke bawah sebesar $20 \times 10^{-9} \text{N}$ bila diletakkan di suatu titik tertentu dalam sebuah medan listrik.
 - a) Berapa intensitas listrik pada titik tersebut?
 - b) Berapa besar dan arah gaya yang bekerja terhadap elektron yang ditempatkan di titik tersebut ?
2. Dalam suatu sistem koordinasi cartisian, sebuah muatan sebesar $25 \times 10^{-9} \text{C}$ ditempatkan di titik pusat koordinat dan sebuah muatan sebesar $-10 \times 10^{-9} \text{C}$ di tempatkan di titik A (6,0). Berapakah imtensitas listrik di titik B (3,0)?
3. Dua buah muatan masing-masing sebesar $4,0 \times 10^{-9} \text{C}$ berada pad sumbu-x. Satu terletak pada $x=0$ dan satu lagi pada $x=8 \text{ nm}$. Tentukan medan listrik di (a) $x=-2 \text{ nm}$ dan (b) $x=10 \text{ nm}$.
4. Dua buah muatan $+q$ dan $+2q$ dipisahkan oleh jarak yang sangat dekat. Gambarkan garis-garis gaya untuk system muatan tersebut.
5. Tiga muatan titik masing-masing besarnya $+Q$ diletakkan pada titik-titik sudut segitiga sama sisi. Gambarkan garis-garis gaya pada sistem tersebut.
6. Dua buah muatan titik $q_1 = +2,0 \text{ pC}$ dan $q_2 = -2,0 \text{ pC}$ dipisahkan dengan jarak $4 \text{ }\mu\text{m}$. (a) Berapakah momen dipole dari pasangan muatan tersebut (b) Gambarkan dipole tersebut vdan tunjukkan arah dari momen dipolenya.