

Pertemuan II

Gejala listrik Besaran listrik

Besar gaya interaksi dalam persamaan matematis dinyatakan sebagai berikut :

i) Untuk muatan listrik yang berada diruang vakum (hampa udara)

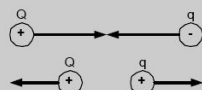
$$F = k \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1.)$$

ii) Untuk muatan yang berada dimedium dielektrik.

$$F = \frac{k}{k_e} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (2.)$$

Catatan :

a.>Gaya interaksi adalah tarik menarik jika kedua muatan tersebut berlainan tanda, dan akan saling tolak menolak jika kedua muatan tersebut bertanda sama.



Gambar 2. Gaya interaksi antar muatan

b.>Gaya interaksi/ gaya coulomb merupakan besaran vektor jadi berlaku hukum penjumlahan secara vektor.

c.> Besar gaya coulomb yang dialami oleh dua muatan pertama akibat muatan kedua, sama dengan besar gaya coulomb yang dialami oleh muatan kedua akibat muatan pertama.

d.>Permitivitas dalam udara dapat dianggap sebagai permitivitas ruang hampa (vakum).

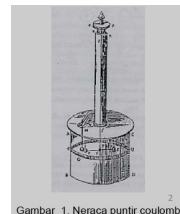
Gejala Listrik

a) Hukum Coulomb

- Pengertian muatan listrik menunjukkan bahwa muatan tidak menyebar pada daerah tertentu melainkan berkumpul dalam satu titik.
- Pada tahun 1785 Charles Coulomb mengadakan penelitian pertama tentang gaya yang ditimbulkan oleh dua benda yang bermuatan dengan alat yang bernama neraca puntir coulomb.

Dari hasil percobaan tersebut, Coulomb berkesimpulan :

Besarnya gaya interaksi antara dua buah benda titik yang bermuatan listrik adalah berbanding lurus dengan perkalian antara masing-masing muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua muatan titik tersebut.



Gambar 1. Neraca puntir coulomb

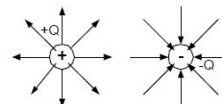
Keterangan :

- F : besar gaya interaksi yang dialami oleh masing-masing muatan satuannya Newton (N).
- q1,q2 : besar masing-masing muatan, satuannya Coulomb (C)
- ke : konstanta dielektrik dari medium (permitivitas relatif).
- k : konstanta : $9 \cdot 10^9 \text{ Nm/coulomb}^2$
- r : jarak antara kedua muatan listrik, satuannya meter (m)

b) Hukum Faraday

Arah medan listrik di beberapa titik dapat dilukiskan secara grafis dengan menggunakan garis-garis gaya (kayalan). Konsep dasar ini dikemukakan oleh Michael Faraday yang berbunyi :

Sebuah garis gaya dalam suatu medan listrik adalah sebuah garis gaya yang dilukiskan apabila garis singgung pada setiap titiknya menunjukkan arah medan listrik pada titik tersebut.



Gambar 4. Arah garis gaya

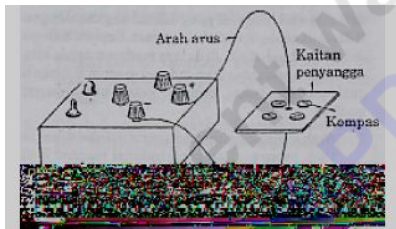
Garis gaya menuju keluar dari muatan positif dan masuk menuju ke muatan negatif.

- Adanya Garis Gaya Listrik (GGL) menunjukkan adanya Kuat Medan Listrik --- muncul krn ada BEDA POTENSIAL (+) & (-).

- Beda potensial antara dua titik adalah kerja yang dilakukan per satuan muatan jika muatan tersebut dipindahkan.
- Dalam satuan SI, satuan beda potensial listrik adalah *Volt (disingkat V)*,
– dengan 1 volt = 1 joule/coulomb.

Potensial listrik (V) dapat didefinisikan sebagai bentuk perbandingan energi listrik (W) dengan muatan titik (Q) tersebut.

Sehingga : $W = QV$ atau $V = W/Q$

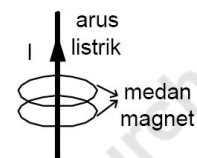


Gambar 5. percobaan Oersted

- Kawat berarus akan menimbulkan jarum pada kompas bergerak.
- Kesimpulan yang dapat diambil adalah Dalam kawat penghantar yang dilewati arus listrik disekitarnya akan timbul garis gaya magnet.
- Seperti halnya bumi yang memiliki medan magnet, jarum kompas menghadap UTARA - SELATAN.

c) Hukum Oersted

- Jika muatan listrik mengalir melalui kawat penghantar konduktor, maka akan timbul pengaruh magnetik disekitar kawat berarus tersebut.
- Jika serbuk besi diletakkan disekitar kawat berarus maka serbuk besi tersebut akan berarah secara teratur.
- Hans Christian Oersted, pada tahun 1820, mengadakan penelitian tentang pengaruh medan magnet disekitar kawat berarus.
- Susunan percobaan Oersted tersusun seperti gambar dibawah ini.



Gambar 6. Medan disekitar kawat berarus

- Disekitar medan magnet permanen atau kawat penghantar berarus merupakan daerah medan magnet.
- Vektor dalam medan magnet tersebut dilambangkan dengan **B** atau disebut dengan induksi medan magnet.
- Dalam SI, satuan induksi magnet (B) adalah Tesla.

Besaran Listrik

Dalam kelistrikan, ada dua besaran fisika yang menjadi **besaran dasar yaitu**

- muatan listrik
- energi listrik

Muatan dan energi, merupakan konsep dasar fisika yang menjadi fondasi ilmiah dalam teknologi elektro.

Namun dalam praktik, kita tidak mengolah langsung besaran dasar ini, karenakedua besaran ini tidak mudah untuk diukur.

Besaran yang sering kita olah adalah yang mudah diukur yaitu arus, tegangan, dan daya.

Arus

- **Arus listrik (I) merupakan ukuran** dari aliran muatan. Atau laju perubahan jumlah muatan yang melewati titik tertentu.
- Dalam bentuk diferensial didefinisikan sebagai:

$$i = \frac{dq}{dt}$$

$$I = \frac{Q}{t} \quad \begin{matrix} I = \text{amper(A)} \\ Q = \text{coulomb(C)} \\ t = \text{detik (s)} \end{matrix}$$

1 ampere = 1 coulomb / sekon = 1 C/s

Tegangan.

- **Tegangan dinyatakan sebagai** perubahan energi yang dialami oleh muatan yang berpindah dari satu titik ke titik yang lain di dalam rangkaian.
- Tegangan antara titik A dan titik B di suatu rangkaian *didefinisikan sebagai perubahan energi per satuan muatan, yang dalam bentuk diferensial* dapat kita tuliskan sebagai:

$$v = \frac{dw}{dq}$$

$V = \text{tegangan (volt)}$
 $W = \text{Energi (joule)}$
 $Q = \text{Muatan (Coulomb)}$
 maka 1 volt = 1 joule/coulomb = 1 J/C.

Daya

Daya (P), didefinisikan sebagai laju perubahan energi persatu satuan waktu, yang dapat kita tuliskan:

$$p = \frac{dw}{dt}$$

$$p = \left(\frac{dw}{dt} \right) = \left(\frac{dw}{dq} \right) \left(\frac{dq}{dt} \right) = vi$$

P = Daya (Watt), sehingga 1W = 1J/s

W = Energi (Joule)

T = waktu (sekon)

V = tegangan (Volt)

I = Arus (Amper)

Energi

Energi (w). Untuk memperoleh besar energi yang teralihkan dalam selang waktu antara t_1 dan t_2 kita melakukan integrasi daya antara t_1 dan t_2

$$w = \int_{t_1}^{t_2} p dt$$

Muatan

- **Muatan (Q) diperoleh dengan** mengintegrasikan arus terhadap waktu.
- Jadi jumlah muatan yang dialihkan oleh arus i dalam selang waktu antara t_1 dan t_2 adalah :

$$q = \int_{t_1}^{t_2} i dt$$

CONTOH

1. **Tegangan pada suatu piranti adalah 12 V (konstan)** dan arus yang mengalir padanya adalah 100 mA.

- Berapakah daya yang diserap ?
- Berapakah energi yang diserap selama 8 jam?
- Berapakah jumlah muatan yang dipindahkan melalui piranti tersebut selama 8 jam itu?

Penyelesaian:

a). Daya yang diserap adalah :

$$p = vi = 12 \times 100 \times 10^{-3} = 1,2 \text{ W}$$

b). Energi yang diserap selama 8 jam adalah

$$w = \int_0^8 p dt = \int_0^8 1,2 dt = 1,2t \Big|_0^8 = 9,6 \text{ Wh}$$

c). Jumlah muatan yang dipindahkan selama 8 jam adalah

$$q = \int_0^8 i dt = 100 \times 10^{-3} t \Big|_0^8 = 0,1 \times 8 = 0,8 \text{ Ah}$$

Pemahaman :

Satuan daya adalah Watt. Untuk daya besar digunakan satuan kW (kilo watt) yaitu $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$. Satuan daya yang lain adalah *horse power* (HP).

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ W} \quad \text{atau} \quad 1 \text{ kW} = 1,341 \text{ HP}$$

Watt-hour (Wh) adalah satuan energi yang biasa dipakai dalam sistem tenaga listrik.

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J} \quad \text{atau} \quad 1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$$

Satuan muatan adalah Coulomb. Dalam penyelesaian soal di atas, kita menggunakan satuan Ampere-hour (Ah) untuk muatan. Satuan ini biasa digunakan untuk menyatakan kapasitas suatu accu (*accumulator*). Contoh : accu mobil berkapasitas 40 Ah.

karena $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ maka $1 \text{ C} = 1 \text{ As}$ dan $1 \text{ Ah} = 3600 \text{ C}$

CONTOH-2.2:

Sebuah piranti menyerap daya 100 W pada tegangan 200V (konstan).

Berapakah besar arus yang mengalir dan berapakah energi yang diserap selama 8 jam ?

Penyelesaian :

$$i = \frac{P}{v} = \frac{100}{200} = 0,5 \text{ A}$$

$$w = \int_0^8 100 dt = 100t \Big|_0^8 = 800 \text{ Wh} = 0,8 \text{ kWh}$$

CONTOH-2.3:

Arus yang melalui suatu piranti berubah terhadap waktu sebagai $i(t) = 0,05t$ ampere.

Berapakah jumlah muatan yang dipindahkan melalui piranti ini antara $t = 0$ sampai $t = 5$ detik ?

Penyelesaian :

Jumlah muatan yang dipindahkan dalam 5 detik adalah

$$q = \int_0^5 i dt = \int_0^5 0,05t dt = \frac{0,05}{2} t^2 \Big|_0^5 = \frac{1,25}{2} = 0,625 \text{ coulomb}$$