

A. Konsep Listrik Statis

Ayo, Kita Pelajari



- Muatan listrik
- Hukum Coulomb
- Beda potensial
- Energi listrik
- Medan listrik



Istilah Penting

- Muatan
- Elektron
- Proton
- Elektroskop
- Gaya Coulomb
- Medan listrik
- Beda potensial listrik

Mengapa Penting?



Setelah memahami bab ini, kamu akan dapat menjelaskan konsep listrik statis dan gejalanya dalam kehidupan sehari-hari.

1. Muatan Listrik

Atom tersusun atas partikel subatom yaitu proton (bermuatan positif), neutron (tidak bermuatan), dan elektron (bermuatan negatif). Neutron dan proton membentuk inti atom, sedangkan elektron bergerak di sekitar inti atom. Elektron inilah yang memiliki kaitan erat dengan fenomena kelistrikan pada suatu benda. Bagaimana interaksi antar muatan listrik pada suatu benda? Kejadian apa sajakah dalam kehidupan sehari-hari yang menggambarkan adanya gejala interaksi antara muatan listrik? Agar lebih memahami muatan listrik dalam kehidupan sehari-hari, ayo lakukan aktivitas berikut!





Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 4.1 Gejala Listrik Statis

Apa yang kamu perlukan?

1. 2 buah sisir plastik atau penggaris plastik yang masih baru
2. 2 buah kaca atau gelas kaca
3. 2 utas tali/benang sepanjang 30 cm
4. 2 buah statif
5. Rambut kering

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Gantungkan dua sisir atau penggaris plastik pada dua statif dengan menggunakan tali. Atur jarak kedua sisir kurang lebih 5 cm. Perhatikan Gambar 4.1!



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 4.1 Dua Sisir Bermuatan yang Digantung

2. Gosokkan dua sisir atau penggaris plastik tersebut ke rambut kering, kemudian biarkan keduanya tergantung bebas. Amati dan catat peristiwa yang terjadi pada kedua sisir!
3. Lakukan langkah 1 dan 2 dengan menggunakan batang kaca atau gelas kaca.
4. Gantungkan satu sisir plastik dan satu kaca masing-masing pada statif!
5. Gosokkan sisir dan batang kaca pada rambut kering, kemudian biarkan sisir dan batang kaca tergantung bebas. Amati dan catat peristiwa yang terjadi pada sisir dan batang kaca!



Saat melakukan percobaan dengan menggunakan batang kaca, pastikan bagian ujung dan pinggirnya tidak tajam sehingga tidak melukai tanganmu. Kamu dapat mengganti batang kaca dengan gelas kaca agar aman.

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Bandingkan hasil pengamatan kegiatan 1-2 terhadap kegiatan 3! Mengapa hal tersebut terjadi?
2. Bandingkan hasil pengamatan kegiatan 5 dengan hasil kegiatan nomor 1. Jelaskan mengapa hal tersebut terjadi?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Setelah melakukan Aktivitas 4.1, dapatkah kamu menjelaskan mengapa hal tersebut terjadi? Hal tersebut terjadi karena ada kaitannya dengan elektron. Elektron adalah partikel penyusun atom yang bermuatan negatif yang mengelilingi inti atom. Benda yang kelebihan elektron disebut benda bermuatan negatif, sedangkan benda yang kekurangan elektron disebut benda bermuatan positif. Jika benda bermuatan positif didekatkan dengan benda bermuatan negatif, akan tarik menarik. Sebaliknya, jika benda bermuatan positif didekatkan dengan benda bermuatan positif, atau benda bermuatan negatif didekatkan dengan benda bermuatan negatif, akan tolak menolak. Interaksi kedua muatan tersebut merupakan **gejala listrik statis**.

Pada umumnya jumlah elektron dan proton pada atom sebuah benda adalah sama, sehingga atom-atom pada benda tersebut tidak bermuatan atau netral. Jika benda tersebut netral, dapatkah sebuah benda diubah menjadi bermuatan? Bagaimana caranya?

Salah satu cara untuk mengubah benda menjadi bermuatan adalah dengan menggosokkan benda. Sisir atau penggaris plastik yang digosokkan pada rambut kering akan bermuatan negatif karena sisir atau penggaris plastik mengalami kelebihan elektron (elektron dari rambut berpindah ke sisir atau penggaris plastik). Sementara itu, kaca yang digosokkan pada rambut kering akan bermuatan positif karena kaca mengalami kekurangan elektron (elektron dari kaca berpindah ke rambut yang kering).





Tahukah Kamu?

Tabel 4.1 menunjukkan urutan deret benda yang akan bermuatan negatif bila digosok dengan sembarang benda di atasnya dan akan bermuatan positif bila digosok dengan benda di bawahnya. Misalnya jika gelas digosokkan secara searah pada wol, maka gelas tersebut akan menjadi bermuatan positif dan wol akan menjadi bermuatan negatif. Deret semacam ini dinamakan **deret tribolistrik**.

Tabel 4.1 Deret Tribolistrik

No	Nama Benda	No	Nama Benda
1	Bulu kelinci	8	Kayu
2	Gelas (kaca)	9	Batu ambar
3	Mika (plastik)	10	Damar
4	Wol	11	Logam (Cu, Ni, Ag)
5	Bulu kucing	12	Belerang
6	Sutera	13	Logam (Pt, Au)
7	Kapas	14	Solenoid



Ayo, Kita Cari Tahu

Bagaimana cara mengetahui suatu benda bermuatan atau tidak? Salah satu cara untuk mengetahui muatan listrik pada benda adalah dengan menggunakan **elektroskop**. Perhatikan Gambar 4.2! Elektroskop memiliki tiga bagian utama, yaitu kepala elektroskop, daun elektroskop yang terbuat dari lempeng emas atau aluminium, dan logam penghantar atau konduktor yang menghubungkan kepala elektroskop dengan daun elektroskop. Daun elektroskop akan membuka apabila kepala elektroskop didekatkan dengan benda yang bermuatan listrik.



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 4.2
Elektroskop Sederhana

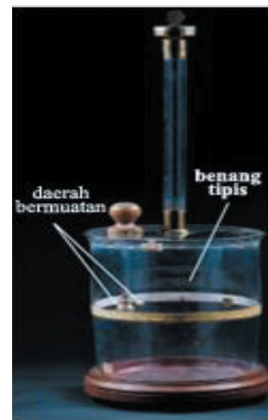


Agar dapat mengetahui jenis muatan listrik pada benda, maka elektrostatik yang digunakan harus sudah bermuatan dan jenisnya telah diketahui. Jika lempeng daun elektrostatik semakin membuka lebar, maka jenis muatan pada benda sama dengan jenis muatan pada elektrostatik.

Sekarang, buatlah elektrostatik dengan menggunakan alat dan bahan sederhana, seperti dari kertas aluminium serta botol minuman kemasan plastik. Diskusikan dengan teman kelompokmu tentang cara kerja elektrostatik! Carilah informasi dengan bertanya kepada guru atau membaca berbagai buku untuk melengkapi tugasmu!

2. Hukum Coulomb

Masih ingatkah kamu bahwa muatan listrik dapat saling menarik atau saling menolak? Bagaimana hubungan antara jarak dua benda yang bermuatan listrik terhadap gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik antar kedua benda? Ilmuwan Prancis, Charles Augustin Coulomb (1736 – 1806), menyelidiki hubungan gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik dua benda bermuatan listrik terhadap besar muatan listrik dan jaraknya menggunakan alat neraca puntir Coulomb seperti pada Gambar 4.3. Pada materi ini kamu tidak perlu melakukan penyelidikan tersebut dengan menggunakan neraca puntir, cukup lakukan Aktivitas 4.2 berikut dengan penuh semangat.



Sumber : Zitzewitz, 2005.

Gambar 4.3 Set Percobaan Coulomb



Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 4.2 Bagaimana Interaksi Dua Benda Bermuatan terhadap Jaraknya?

Apa yang kamu perlukan?

1. 1 buah penggaris
2. 1 buah statif



3. 2 buah balon yang sudah ditiup
4. Benang
5. Kain wol (dapat diganti dengan rambut yang kering)

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Gosokkan kedua balon tersebut pada kain wol atau rambut yang kering selama 30 sekon
2. Gantung kedua balon dengan menggunakan tali sepanjang 50 cm pada masing-masing statif yang diletakkan secara berjauhan sehingga kedua balon terpisah pada jarak ± 25 cm, seperti pada Gambar 4.4! Amati interaksi yang terjadi!



Sumber : Dok. Kemdikbud

Gambar 4.4 Set Percobaan Interaksi Dua Benda Bermuatan

3. Ulangi langkah pertama dan kedua. Buat variasi lamanya waktu untuk menggosok balon, misalnya dengan menggosokkan balon ke kain wol atau rambut yang kering selama 60 sekon.
4. Ulangi langkah pertama hingga ketiga, namun dengan memisahkan kedua balon sedikit lebih dekat, misalnya 15 cm.

Tabel 4.2 Data Pengamatan Kuat Interaksi Kedua Balon terhadap Lamanya Waktu Menggosok dan Jarak Kedua Muatan

No	Lamanya Waktu Menggosok Balon dengan Kain Wol atau Rambut yang Kering (sekon)	Jarak Kedua Balon (cm)	Kuat Interaksi Kedua Balon
1	30	a) 25	
		b) 15	
2	60	a) 25	
		b) 15	



Apa yang perlu kamu diskusikan?

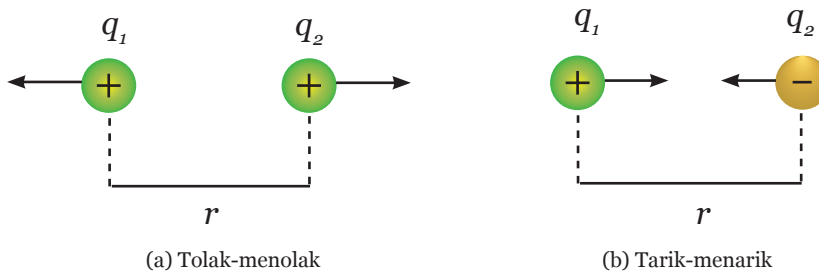
1. Bagaimana interaksi kedua balon dengan adanya perubahan jarak? Apakah jarak memengaruhi besarnya gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik kedua balon? (Bandingkan hasil pengamatan nomor 1a dengan 1b atau nomor 2a dengan 2b)
2. Bagaimana interaksi kedua balon dengan adanya perubahan lamanya waktu menggosok? Apakah besar muatan memengaruhi besar gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik kedua balon? (Bandingkan hasil pengamatan nomor 1a dengan 2a atau nomor 1b dengan 2b)

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Bagaimana hubungan antara gaya tarik menarik atau tolak menolak dengan jarak dan besar tiap-tiap muatan?

Sejenis seperti hasil percobaan pada Aktivitas 4.2, berdasarkan percobaan dengan menggunakan neraca puntir, Coulomb menyimpulkan interaksi dua benda yang bermuatan sebagai berikut.

- a. Semakin besar jarak kedua benda yang bermuatan, semakin kecil gaya listrik antara benda tersebut dan sebaliknya.
- b. Semakin besar muatan kedua benda, semakin besar gaya listrik antara benda tersebut.



(a) Tolak-menolak

(b) Tarik-menarik

Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 4.5 Gaya Coulomb pada Muatan Listrik

Secara matematis, rumusan Gaya Coulomb (F_c) dapat dituliskan sebagai berikut.

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

dengan:

F_c = gaya Coulomb (newton)

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

r = jarak antara dua muatan (meter)
 q_1 = besar muatan listrik benda pertama (coulomb)
 q_2 = besar muatan listrik benda kedua (coulomb)



Ayo, Kita Pahami

Contoh Soal

1. Dua buah muatan listrik positif yang ada di dalam membran sel saraf masing-masing sebesar q dan $2q$ terletak pada jarak 2 cm. Hitung berapakah gaya Coulomb yang dialami kedua muatan tersebut jika $q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$!
 (Besarnya konstanta (k) = $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$)

Diketahui:

Muatan 1 (q_1) = $+q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
 Muatan 2 (q_2) = $+2q = 3,2 \times 10^{-19} \text{ C}$
 Jarak kedua muatan (r) = 2 cm = $2 \times 10^{-2} \text{ m}$

Ditanya: gaya Coulomb kedua muatan.

Jawab:

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

$$F = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times \frac{(1,6 \times 10^{-19} \text{ C}) \times (3,2 \times 10^{-19} \text{ C})}{(2 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

$$F = 11,52 \times 10^{-25} \text{ Nm}^2\text{C}^2/\text{C}^2 \text{ m}^2$$

$$F = 1,152 \times 10^{-24} \text{ N}$$

Jadi besar gaya Coulomb yang dialami muatan positif q dan $2q$ yang terpisah pada jarak 2 cm adalah $1,152 \times 10^{-24} \text{ N}$

2. Jika besar gaya Coulomb antara dua muatan identik A dan B adalah 1,6 N, serta kedua muatan tersebut terpisah pada jarak 3 cm, berapakah besar muatan A dan B?

Diketahui:

Gaya Coulomb kedua muatan = 1,6 N
 Jarak kedua muatan = 3 cm = 0,03 m

Ditanya: besar muatan A dan B



Jawab:

Muatan A dan B identik, sehingga $q_A = q_B = q_C$

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

$$1,6 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times \frac{q^2}{(3 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

$$q^2 = \frac{1,6 \times 9 \times 10^{-4}}{9 \times 10^9}$$

$$q = \sqrt{1,6 \times 10^{-13}} = \sqrt{16 \times 10^{-14}}$$

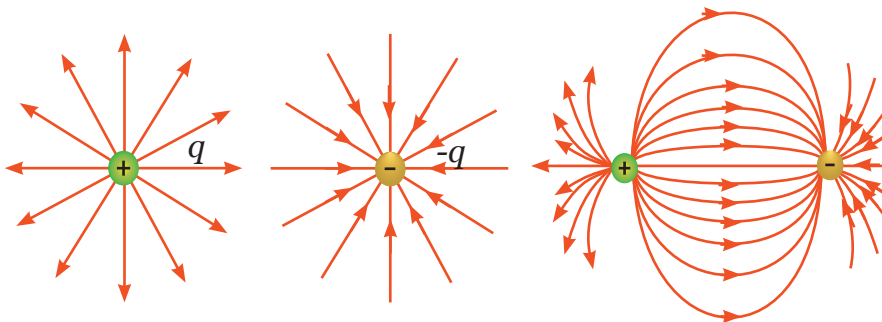
$$q = 4 \times 10^{-7} \text{ C} = 0,4 \mu\text{C}$$

Jadi, besar muatan identik A dan B adalah $0,4 \mu\text{C}$

3. Medan Listrik

Di sekitar muatan-muatan listrik ada medan listrik, yang dapat memengaruhi muatan lain yang berada tidak jauh darinya. **Medan listrik** merupakan daerah di sekitar muatan yang dapat menimbulkan gaya listrik terhadap muatan lain.

Medan listrik dapat digambarkan oleh serangkaian garis gaya listrik yang arahnya ke luar atau ke dalam muatan. Arah garis gaya listrik ke dalam digunakan untuk menunjukkan muatan negatif dan arah garis medan listrik ke luar digunakan untuk menunjukkan muatan positif. Perhatikan Gambar 4.6!

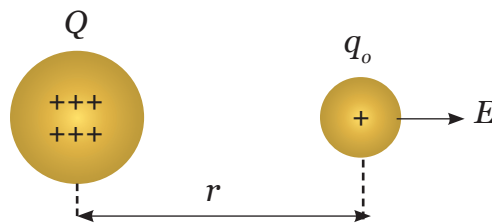


Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 4.6 Garis Medan Listrik Dua Muatan



Bagaimana cara menentukan besar kuat medan listrik? Agar dapat memahami cara menentukan besarnya medan listrik (E) perhatikan Gambar 4.7 dan penjelasan berikut.



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 4.7 Muatan Q didekati Muatan q_o

Agar dapat mengetahui besar kuat medan listrik yang ditimbulkan oleh muatan Q , sebuah muatan uji (q_o) yang muatannya jauh lebih kecil diletakkan di dekat muatan tersebut dengan jarak r . Berdasarkan hukum Coulomb, muatan q_o tersebut akan memperoleh gaya tolak dari muatan Q sebesar,

$$F = k \cdot \frac{Q \cdot q_o}{r^2}$$

Kuat medan listrik (E) didefinisikan sebagai besarnya gaya listrik (F) yang bekerja pada satu satuan muatan uji (q_o), maka besarnya kuat medan listrik pada tempat muatan uji tersebut adalah:

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

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

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

Dapat disimpulkan bahwa besar kuat medan listrik pada suatu titik yang berjarak r dari muatan Q adalah:

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

dengan:

E = medan listrik (N/C)

F = gaya Coulomb (newton)

Q = besar muatan listrik (coulomb)





Ayo, Kita Pahami

Contoh Soal

1. Gaya Coulomb yang dialami kedua muatan A dan B adalah sebesar $4 \times 10^{-4} \text{ N}$. Jika besar muatan A sebesar $4 \times 10^{-6} \text{ C}$ dan muatan uji B sebesar $4 \times 10^{-12} \text{ C}$, berapakah besar kuat medan listrik yang dirasakan muatan uji B oleh muatan A tersebut?

Diketahui:

Besar gaya Coulomb = $4 \times 10^{-4} \text{ N}$

Besar muatan A = $4 \times 10^{-6} \text{ C}$

Besar muatan B = $4 \times 10^{-12} \text{ C}$

Ditanya: besar kuat medan listrik yang dirasakan muatan uji B oleh muatan A (E_A)

Jawab:

$$E = \frac{F}{q_B} = \frac{4 \times 10^{-4} \text{ N}}{4 \times 10^{-12} \text{ C}} = 10^8 \text{ N/C}$$

Jadi, besar kuat medan listrik yang ditimbulkan oleh muatan A adalah 10^8 N/C .

2. Medan listrik yang dirasakan oleh muatan uji A terhadap muatan B sebesar 80 N/C . Jika jarak kedua muatan tersebut adalah 3 cm, berapakah besar muatan B?

Diketahui:

Medan listrik = 80 N/C

Jarak kedua muatan = 3 cm = 0,03 m

Ditanya: besar muatan B

Jawab:

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

$$80 \text{ N/C} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{Q}{(3 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

$$Q = 80 \text{ N/C} \cdot \frac{9 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2}$$

$$Q = 8 \times 10^{-12} \text{ C}$$

Jadi, besar muatan B adalah $Q = 8 \times 10^{-12} \text{ C}$.





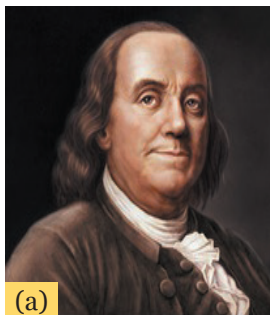
Ayo, Kita Selesaikan

Soal Latihan Medan Listrik

1. Gaya Coulomb yang dialami kedua muatan A dan B adalah sebesar 3×10^{-4} N. Jika besar muatan A dan B masing-masing sebesar 2×10^{-6} C dan $1,5 \times 10^{-6}$ C, berapakah besar kuat medan listrik yang dirasakan muatan A oleh muatan B?
2. Pada percobaan dua buah balon bermuatan yang didekatkan, gaya tolak menolak kedua balon akan semakin besar jika posisi kedua balon tersebut semakin didekatkan. Dapatkah kamu menunjukkan sketsa (gambar) peristiwa tersebut?

4. Beda Potensial dan Energi listrik

Tahukah kamu, mengapa petir berbahaya? Apa sebenarnya petir itu? Orang yang pertama kali menyatakan bahwa petir terjadi akibat adanya gejala listrik statis adalah Benjamin Franklin (1706 – 1790). Menurutny, **petir** adalah kilatan cahaya yang muncul akibat perpindahan muatan negatif (elektron) antara awan dan awan atau antara awan dan bumi. Petir dapat terjadi karena adanya beda potensial yang sangat besar antara dua awan yang berbeda atau antara awan dengan bumi. Akibatnya akan terjadi lompatan muatan listrik atau perpindahan elektron secara besar-besaran dari awan ke awan atau dari awan ke bumi.



(a)



(b)

Sumber: (a) freedigitalpothos.net (b) hdw.datawallpaper.com

Gambar 4.8 (a) Benjamin Franklin, (b) Sambaran Petir pada Malam Hari



Besarnya beda potensial listrik dapat dihitung dengan membandingkan besar energi listrik yang diperlukan dengan jumlah muatan listrik yang dipindahkan, yaitu:

$$\Delta V = \frac{W}{Q}$$

dengan:

ΔV = beda potensial listrik (volt)

W = energi listrik (joule)

Q = muatan listrik (coulomb)



Ayo, Kita Diskusikan

Agar lebih memahami konsep beda potensial, diskusikan beberapa pertanyaan berikut!

1. Jika ada dua benda bermuatan listrik seperti empat gambar berikut, maka benda manakah yang memiliki beda potensial yang lebih besar?

a.



A



B

b.



A



B

c.



A



B

d.



A



B

2. Jika selisih potensial antara benda A dan B cukup besar, maka akan terjadi loncatan muatan listrik (elektron). Dari benda mana ke benda manakah loncatan elektron tersebut mengalir?
3. Apa yang terjadi apabila benda A dan B memiliki elektron yang sama? Apakah ada perpindahan elektron?





Ayo, Kita Pahami

Contoh Soal

1. Berapakah beda potensial kutub-kutub baterai sebuah rangkaian jika baterai tersebut membutuhkan energi sebesar 60 J untuk memindahkan muatan sebesar 20 C?

Diketahui:

$$W = 60 \text{ J}$$

$$Q = 20 \text{ C}$$

Ditanya: beda potensial

Jawab:

$$V = \frac{W}{Q} = \frac{60 \text{ J}}{20 \text{ C}} = 3 \text{ V}$$

Jadi, beda potensial kutub-kutub baterai rangkaian tersebut adalah 3 Volt.

2. Sebuah baterai memiliki beda potensial sebesar 1,5 V. Berapakah besar energi yang diperlukan baterai jika digunakan untuk memindahkan muatan sebanyak 40 C?

Diketahui:

$$\text{Beda potensial} = 1,5 \text{ V}$$

$$\text{Besar muatan} = 40 \text{ C}$$

Ditanya: besar energi untuk memindahkan muatan

Jawab:

$$w = V \times Q = 1,5 \text{ V} \times 40 \text{ C} = 60 \text{ J}$$

Jadi, besar energi untuk memindahkan muatan tersebut sebesar 60 Joule.

