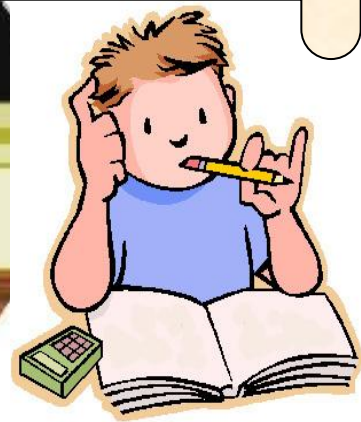


BAB VIII LISTRIK STATIS



1. Bagaimana caranya agar suatu benda bermuatan listrik?
2. Apa jenis-jenis muatan listrik?
3. Bagaimana sifat-sifat muatan listrik?
4. Mengapa benda dapat bermuatan listrik?
5. Bagaimana cara mengetahui suatu benda bermuatan listrik?
6. Apa yang dimaksudkan dengan hukum Coulomb?



Dewasa ini penggunaan energi listrik sudah sangat meluas, sebab tidak lagi menjadi monopoli masyarakat perkotaan saja tetapi sudah sampai ke pedesaan. Sebab dengan adanya *jaringan listrik* yang dibangun PLN (Perusahaan Listrik Negara), *energi listrik* yang dihasilkan oleh mesin *pembangkit tenaga listrik* mampu didistribusikan sampai jauh ke pedesaan.

Kebutuhan energi listrik sudah menjadi sangat penting dalam kehidupan masyarakat modern, sebab sebagian besar peralatan rumah tangga, perkantoran dan industri sudah menggunakan energi listrik. Masalah apakah yang akan kita hadapi, jika aliran listrik dari PLN berhenti dalam waktu yang relatif lama?

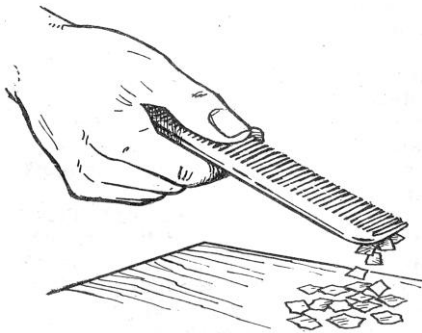
Siapa yang pertama kali menemukan listrik? Tidak ada yang mengetahui secara pasti. Diperkirakan listrik statis (listrik tidak mengalir) ditemukan oleh orang-orang Yunani kuno. Kemudian barulah ditemukan listrik dinamis (listrik mengalir) oleh orang-orang Itali.

Bagaimanakah sifat-sifat listrik statis dan listrik dinamis? Untuk mengetahui hal tersebut, terlebih dahulu akan kita bahas materi pokok tentang listrik statis. Pelajarilah seluruh kegiatan dan uraian berikut dengan baik.

8.1. MUATAN LISTRIK

Sejak lama telah diketahui oleh orang Yunani bahwa ada sejenis batuan yang kalau digosok dapat menarik benda-benda kecil. Batuan tersebut oleh mereka kemudian diberi nama “elektron” yang kemudian menjadi sebuah konsep yang sangat penting dalam dunia atom dan kelistrikan.

Kejadian yang serupa sudah sering kita lakukan, yaitu dengan menggosok-gosokkan sisir plastik ke rambut yang kering sehingga dapat menarik sobekan-sobekan kertas kecil seperti gambar 8-1.



Gambar 8-1. Sisir plastik bermuatan

Batang plastik yang digosok dengan kain wol, atau batang kaca yang digosok dengan kain sutra, juga menunjukkan kejadian yang sama yaitu dapat menarik sobekan-sobekan kertas kecil. Semua peristiwa tersebut menunjukkan kepada kita bahwa dengan cara menggosok, beberapa jenis benda dapat *bermuatan listrik*.

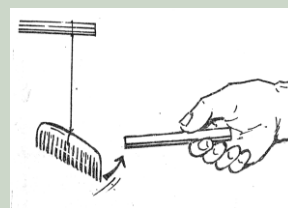
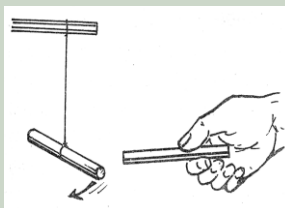
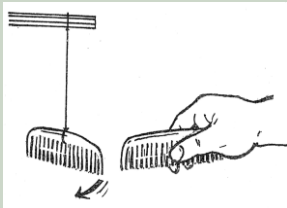
Apakah jenis muatan listrik pada plastik yang digosok kain wol sama dengan muatan listrik pada kaca yang digosok kain sutra?

Untuk mengetahui hal itu, mari kita selidiki dengan melakukan percobaan 8-1 secara berkelompok.

Tugas percobaan 8-1

Prosedur percobaan :

1. Siapkan dua buah batang plastik, dua buah batang kaca, kain wol dan kain sutra.
2. Gantung sebuah batang plastik dan sebuah batang kaca dengan benang.



3. Gosok kedua batang plastik dengan kain wol, lalu dekatkan. Apakah yang terjadi?
4. Gosok kedua batang kaca dengan kain sutra, lalu dekatkan. Apakah yang terjadi?
5. Gosok batang plastik dengan kain wol dan batang kaca dengan kain sutra, lalu dekatkan. Apakah yang terjadi?

Pertanyaan :

Kesimpulan apakah yang diperoleh dari hasil percobaan tersebut? Jelaskan!

Dari banyak percobaan yang telah pernah dilakukan, ternyata *semua benda bermuatan listrik yang ditarik oleh plastik digosok wol, akan ditolak oleh kaca yang digosok sutra. Demikian pula sebaliknya semua benda bermuatan listrik yang ditarik oleh kaca digosok sutra, akan ditolak oleh plastik yang digosok wol.* Fakta tersebut menunjukkan kepada kita bahwa :

1. Muatan listrik ada dua jenis, untuk membedakan maka muatan listrik positif yang sama dengan muatan kaca digosok kain sutra dan muatan listrik negatif yang sama dengan muatan plastik digosok kain wol.
2. Muatan listrik yang sejenis akan saling tolak-menolak, sedangkan muatan listrik yang tidak sejenis akan saling tarik-menarik.

8.2. TEORI ATOM

Pada tahun 1729 *Stephen Gray* menemukan bahwa jika sebuah benda bermuatan listrik dihubungkan dengan benda netral melalui sebuah logam, akan terjadi aliran muatan listrik dari benda bermuatan ke benda yang netral. Benda yang dapat memindahkan muatan listrik dari satu tempat ke tempat yang lain disebut *konduktor*, sedangkan benda yang sulit memindahkan muatan listrik disebut *isolator*.

Contoh benda yang bersifat konduktor adalah : *logam, karbon, raksa, badan manusia, elektrolit, air dan tanah (bumi)*. Contoh benda yang bersifat isolator adalah : *karet, porselen, udara, ebonit, parafin, minyak pelumas, sirlak*. Dalam perkembangan selanjutnya telah ditemukan juga bahan *semikonduktor*, yaitu bahan yang dalam keadaan normal bersifat isolator tetapi kalau ada perubahan suhu akan bersifat konduktor. Bahan semi konduktor ternyata sangat bermanfaat dalam menghasilkan berbagai produk elektronika. Dewasa ini sudah banyak yang mengembangkan bahan *superkonduktor*, jika berhasil maka penggunaan energi listrik akan menjadi sangat efisien, sebab bahan semi konduktor hambatan listriknya sangat kecil.

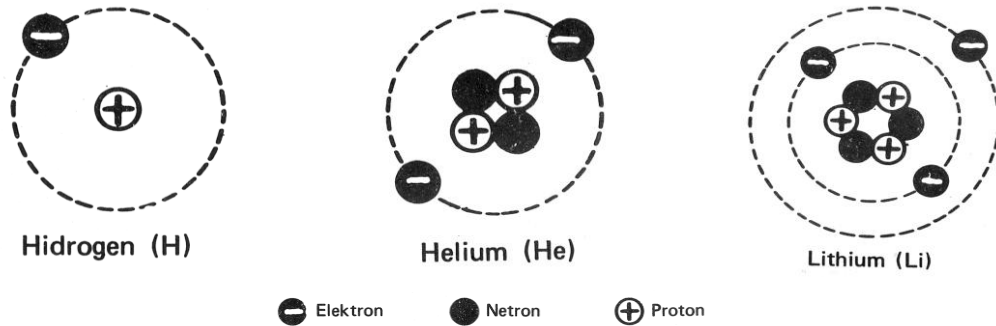
Semua benda bermuatan listrik, jika dihubungkan dengan bumi (menggunakan konduktor), seluruh muatannya akan habis dinetralkan bumi. Berapapun muatan listrik yang masuk ke dalam bumi, bumi tetap merupakan benda netral.

Mengapa benda yang digosok dapat bermuatan listrik?

Untuk menjelaskan hal itu, kita dapat menggunakan teori atom yang pada prinsipnya menyatakan bahwa :

- a. Semua benda terdiri dari partikel-partikel sangat kecil yang disebut *atom*
- b. Setiap atom terdiri dari sebuah *inti* yang dikelilingi oleh satu atau beberapa *elektron* yang bermuatan listrik negatif.
- c. Di dalam inti atom ada *proton* yang bermuatan listrik positif dan neutron yang tidak bermuatan.

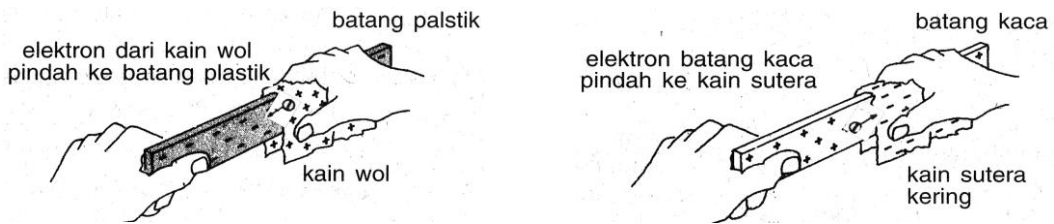
- d. Pada atom yang netral, jumlah muatan positif proton dalam inti atom, sama dengan jumlah muatan negatif elektron-elektron yang berputar mengelilingi inti.
- e. Karena suatu sebab, elektron dapat berpindah dari satu atom ke atom yang lainnya, tetapi proton dan neutron tetap berada dalam inti atom.



Gambar 8-2. Model atom

Dengan menggunakan teori atom, maka penjelasan mengapa benda yang digosok dapat bermuatan listrik adalah sebagai berikut :

Pada saat batang plastik digosok kain wol, terjadi perpindahan elektron dari kain wol ke batang plastik. Maka batang plastik akan kelebihan elektron, sehingga disebut bermuatan listrik negatif.



Gambar 8-3. Perpindahan elektron pada saat menggosok

Sebaliknya pada saat batang kaca digosok kain sutra, terjadi perpindahan elektron dari batang kaca ke kain sutra. Maka batang kaca akan kekurangan elektron, sehingga disebut bermuatan listrik positif.

Berdasarkan penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa suatu benda dikatakan bermuatan listrik jika ia kekurangan atau kelebihan elektron. Benda yang kekurangan elektron bermuatan listrik positif, sedangkan benda yang kelebihan elektron bermuatan listrik negatif.

Perlu diingat bahwa tidak ada muatan listrik yang dihasilkan pada saat menggosok benda, sebab yang terjadi hanyalah perpindahan elektron dari suatu benda ke benda yang lain.

Benda yang lebih positif dikatakan memiliki tegangan listrik (*potensial*) lebih tinggi, dibandingkan dengan benda yang lebih negatif. Jika kedua benda dihubungkan dengan konduktor, maka akan terjadi perpindahan elektron dari benda yang berpotensi rendah (lebih negatif) ke benda yang berpotensi lebih tinggi (lebih positif). Berarti elektron dapat pindah dari satu tempat ke tempat yang lain, jika kedua tempat itu memiliki perbedaan tegangan atau selisih potensial.

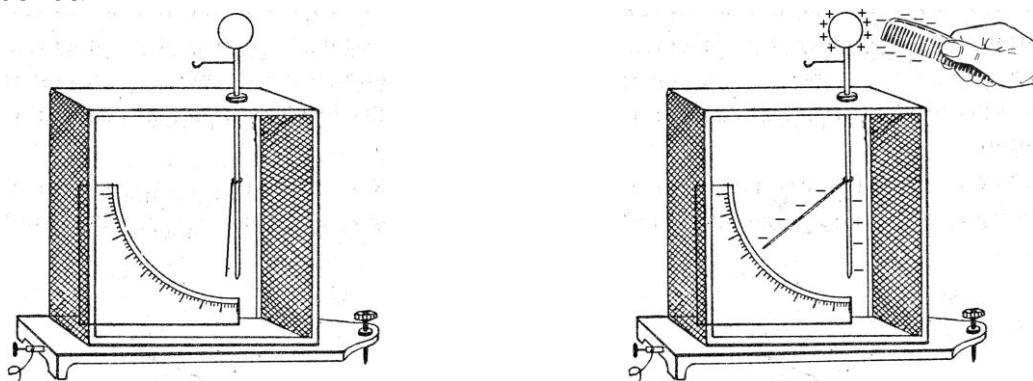


Gambar 8-4. Perpindahan elektron dari potensial rendah ke

Perhatikan gambar 8-4 dengan baik. Benda A memiliki potensial lebih tinggi dari benda B, sedangkan benda D memiliki potensial lebih besar dari benda C. Jika ke dua benda dihubungkan dengan konduktor, maka akan terjadi perpindahan elektron dari benda B ke benda A dan dari benda C ke benda D. Setelah muatan kedua benda sama, perpindahan elektron berhenti, sebab tegangan listrik kedua benda sama.

8.3. INDUKSI LISTRI

Elektroskop adalah suatu alat yang dapat dipergunakan untuk menyelidiki apakah suatu benda bermuatan listrik, atau netral dan apa jenis muatan dari suatu benda.



Gambar 8-5.

Elektroskop yang sederhana terdiri dari sebuah kotak kaca, berisi batang logam yang ujungnya diberi keping logam tipis seperti gambar 8-5.

Jika benda yang didekatkan pada kepala elektroskop menyebabkan keping elektroskop mengembang, maka benda tersebut bermuatan listrik. Semakin besar muatan nuatan benda, maka sudut pengembangan keping elektroskop akan semakin besar.

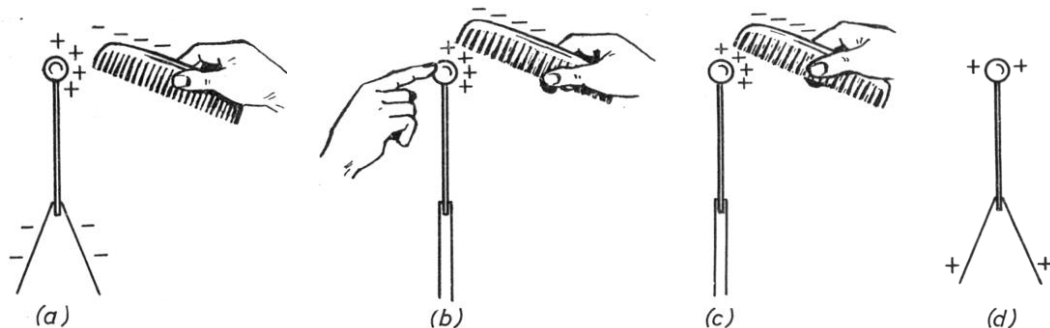
Mengapa keping elektroskop dapat mengembang?

Misalkan sisir bermuatan listrik negatif kita dekatkan ke kepala elektroskop, maka akan terjadi *induksi listrik* sehingga muatan listrik pada batang logam elektroskop akan terpisah (*terpolarisasi*). Muatan positif logam akan berkumpul di kepala elektroskop karena tertarik oleh muatan negatif sisir, sedangkan muatan negatif logam akan berkumpul di batang logam bagian bawah dan keping elektroskop. Karena keping elektroskop relatif ringan, maka gaya tolak-menolak antara muatan listrik sejenis yang berkumpul di bawah dapat membuat keping tersebut mengembang. Peristiwa terpisahnya muatan listrik suatu benda akibat pengaruh muatan benda lain disebut induksi listrik.

Bagaimanakah cara mengetahui jenis muatan suatu benda?

Untuk mengetahui apa jenis muatan suatu benda, maka elektroskop terlebih dahulu harus diberi jenis muatan listrik tertentu dengan cara induksi. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- a. Benda bermuatan didekatkan pada kepala elektroskop, sehingga kedua keping elektroskop mekar akibat terjadinya induksi listrik
- b. Sentuh kepala elektroskop dengan jari tangan, agar kedua keping kuncup karena muatannya dinetralkan oleh bumi
- c. Lepaskan sentuhan tangan dan jauhkan benda yang bermuatan dari kepala elektroskop, maka keping elektroskop akan mekar kembali karena muatan sejenis yang mula-mula hanya ada di kepala elektroskop akan tersebar merata dalam elektroskop. Sekarang elektroskop sudah bermuatan listrik.



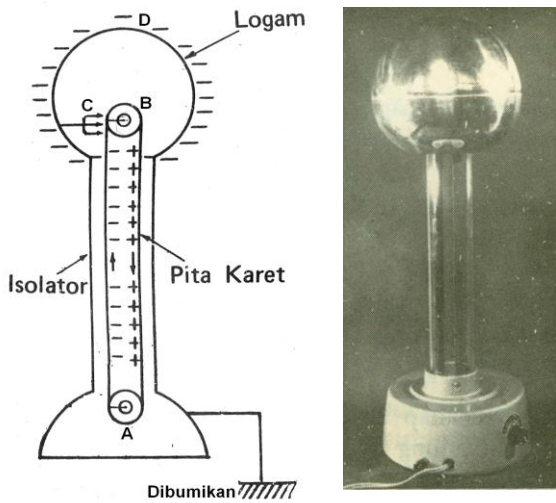
Gambar 8-6. Memberi muatan elektroskop dengan

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dengan cara induksi, maka jenis muatan elektroskop akan berlawanan dengan jenis muatan benda yang dipakai untuk menginduksi elektroskop tersebut.

8.4. GENERATOR VAN DE GRAFF

Alat yang dapat dipakai untuk menghasilkan muatan listrik cukup besar adalah *Generator Van de Graff*, seperti yang terlihat dalam gambar 8-8. Secara singkat cara kerja alat ini adalah sebagai berikut :

Sebuah pita karet yang permukaannya cukup lebar dan tidak berujung pangkal, diputar oleh sebuah motor sehingga bergesekan dengan silinder logam (A) dan (B). Muatan listrik pada pita karet yang dihasilkan oleh gesekan tersebut, mengalir melalui ujung runcing (C) ke kepala generator yang dibuat dari plat logam tipis berbentuk kulit bola (D).

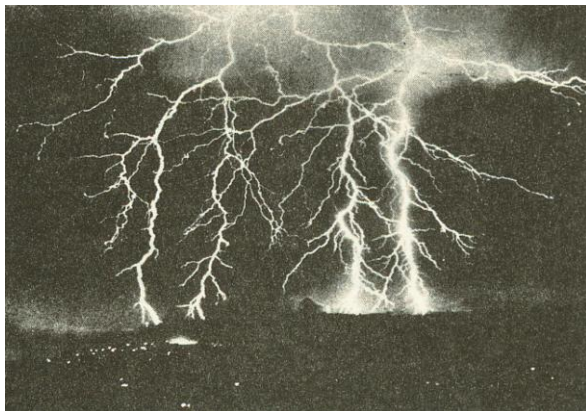


Gambar 8-8. Generator Van de

Akibat adanya gaya tolak-menolak di antara muatan yang sejenis, maka muatan-muatan tersebut akan tersebar merata dipermukaan kulit bola bagian luar. Kerapatan muatan dipermukaan bola akan terus bertambah, selama gelang karet terus berputar.

Dengan menggunakan Generator Van de Graff kita dapat melihat demonstrasi terjadinya kilat buatan, yaitu dengan cara mendekatkan sebuah kulit bola logam yang lain (tetapi sudah dibumikan) ke kepala generator yang telah bermuatan tersebut.

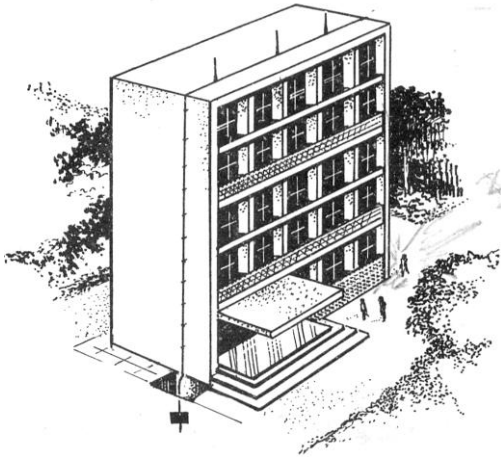
Kilat atau petir adalah loncatan api listrik dari satu gumpalan awan ke gumpalan awan yang lain, atau antara suatu gumpalan awan dengan permukaan bumi. Hal itu dapat terjadi karena masing-masing gumpalan awan dapat bermuatan listrik pada saat bergesekan dengan udara. Jika diantara awan



Gambar 8-8. Kilat atau

dengan awan atau antara awan dengan suatu tempat di permukaan bumi terjadi perbedaan tegangan listrik yang sangat tinggi, maka *medan listrik* dapat *mengionisasi* udara disekitar sehingga yang semula bersifat isolator berubah menjadi konduktor. Akibatnya akan terjadi loncatan elektron dari tempat bertegangan rendah ke tempat bertegangan lebih tinggi. Udara yang dilalui terbakar dan kita dapat melihat petir atau lilat.

Ujung runcing adalah bentuk benda yang paling mudah menyerap atau memancarkan muatan listrik, itulah sebabnya kilat yang menyambar ke suatu tempat di permukaan bumi biasanya mengenai bangunan atau pohon yang relatif lebih tinggi dari sekitarnya. Untuk menghindari kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh kilat atau petir, maka tiang pemancar atau bangunan yang relatif tinggi selalu dilengkapi dengan alat penangkal petir seperti yang terlihat dalam gambar 8-10.



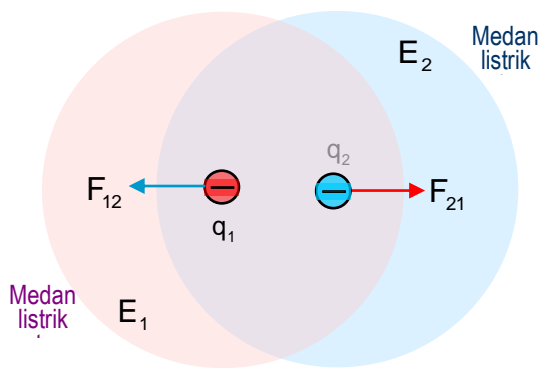
Gambar 8-10. Penangkal petir di gedung

Alat tersebut dapat kita lihat di atas tiang atau bangunan, berupa batang logam ujungnya runcing dihubungkan dengan kawat besar pada selebar tembaga yang di tanam cukup dalam di bawah bangunan tersebut (dibumikan). Jika ada awan bermuatan yang lewat, maka penangkal petir akan terinduksi dan menetralkan muatan awan sehingga tidak sempat terjadi petir. Kalau petir terjadi, maka batang runcing telah menyediakan jalan agar petir tersebut mengalir ke bumi dan dinetralkan oleh bumi.

8.5. HUKUM COULOMB

Fakta menunjukkan bahwa antara muatan listrik sejenis akan terjadi gaya tolak-menolak, sedangkan antara muatan listrik yang tidak sejenis akan terjadi gaya tarik-menarik.

Apakah yang menyebabkan terjadinya gaya listrik tersebut?



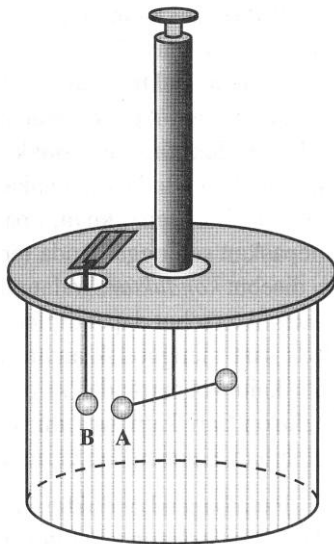
Gambar 8-11. Muatan mendapat gaya dalam

Misalkan muatan listrik (q_1) berada di suatu tempat, maka di sekitar muatan tersebut ada *medan listrik* (E_1). Demikian juga dengan muatan lain (q_2) yang diletakkan di dekat muatan (q_1), di sekitar muatan (q_2) ada medan listrik (E_2). Karena muatan (q_1) berada dalam medan listrik (E_2) ia mengalami gaya (F_{12}), sedangkan muatan (q_2) yang berada dalam medan listrik (E_1) akan mengalami gaya (F_{21}). mendapatkan gaya dari muatan (B).

Gaya listrik antara kedua muatan tersebut merupakan gaya aksi-raksi, yaitu sama besar dan berlawanan arah. Perlu dipahami bahwa gaya listrik tersebut merupakan gaya interaksi melalui medan listrik, jadi tidak perlu ada sentuhan antara kedua benda yang bermuatan listrik tersebut.

Berapakah besar gaya listrik tersebut?

Orang yang pertama kali menyelidiki besar gaya tarik-menarik atau tolak-menolak antara dua muatan listrik adalah Charles Coulomb, dengan menggunakan neraca puntir sebagai berikut :



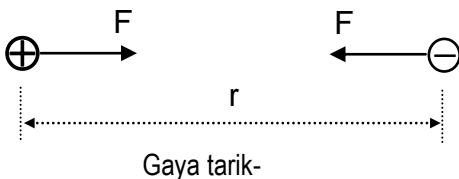
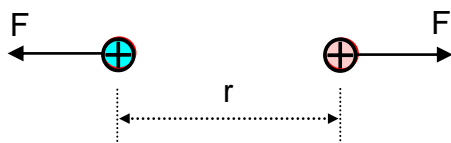
Gambar 8-11. Neraca

Jika bola (A) dan (B) diberi muatan listrik, maka akibat gaya tarik-menarik atau tolak-menolak batang bola (A) yang digantung akan terpuntir (berputar). Besar-kecilnya sudut puntiran itu, dapat dipergunakan sebagai petunjuk (indikator) besar-kecilnya gaya listrik. Dari berbagai percobaan yang telah dilakukan, diperoleh fakta bahwa :

- a. semakin besar muatan kedua bola, maka gaya tarik-menarik atau tolak-menolak antara ke dua bola akan semakin besar.
- b. Semakin besar jarak ke dua bola, maka gaya tarik-menarik atau tolak-menolak antara ke dua bola akan semakin kecil.

Berdasarkan hasil analisis data kuantitatif yang sangat teliti, kemudian disimpulkan suatu pernyataan Hukum Coulomb sebagai berikut :

“Besar gaya tarik-menarik atau tolak-menolak antara dua muatan listrik statis, adalah sebanding dengan hasil kali kedua muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua muatan tersebut”



$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \dots\dots\dots (8-1)$$

Dengan :

- q = muatan listrik, satuannya coulomb (C)
- r = jarak, satuannya (m)
- F = gaya, satuannya (N)
- k = suatu konstanta yang besarnya adalah $9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$

Contoh Soal dan Jawabannya

Mula-mula gaya antara dua benda bermuatan listrik adalah (F), jika besar muatan masing-masing benda dan jaraknya diperbesar dua kali, apakah besar gayanya akan berubah? Jelaskan!

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

Ditanyakan : $F' = \dots ?$

Jika $Q_1 = 2q_1$

$Q_2 = 2q_2$ dan $R = 2r$

Jawaban : $F' = k \frac{Q_1 Q_2}{R^2} \rightarrow F' = k \frac{(2q_1)(2q_2)}{(2r)^2}$

$$F' = k \frac{4q_1 q_2}{4r^2}$$

$$F' = F \text{ (gayanya tetap seperti semula)}$$

TUGAS MERANGKUM

Untuk menata kembali seluruh pengetahuan yang telah kalian peroleh dari bab ini, sekarang cobalah membuat rangkuman dengan menjawab pertanyaan berikut :

1. Apa saja jenis-jenis muatan listrik?
2. Bagaimana sifat-sifat muatan listrik?
3. Kapan suatu benda dikatakan bermuatan listrik?
4. Apa perbedaan proton, neutron dan elektron?
5. Apa yang dimaksud dengan induksi listrik?
6. Apa kegunaan elektroskop?
7. Apa perbedaan konduktor, isolator dan semikonduktor?
8. Bagaimana arah aliran elektron?
9. Apa yang menyebabkan terjadinya kilat (petir)?
10. Apa kegunaan Generator Van de Graff?
11. Bagaimana pernyataan hukum Coulomb? Tuliskan bentuk persamaannya?

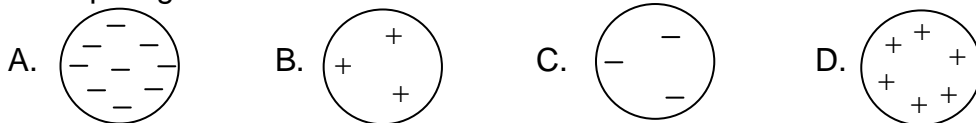
SOAL-SOAL UNTUK LATIHAN

A. Bentuk Soal Pilihan Ganda

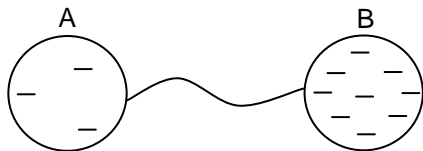
Pilih salah satu alternatif jawaban yang paling benar, dengan jalan memberikan tanda silang (X) pada lembar jawaban yang telah disediakan

- Sisir yang digosokkan ke rambut kering, akan bermuatan listrik negatif. Hal itu disebabkan karena sejumlah :
 - Elektron pindah dari sisir ke rambut
 - Proton pindah dari rambut ke sisir
 - Elektron pindah dari rambut ke sisir
 - Proton pindah dari sisir ke rambut
- Suatu benda dikatakan bermuatan listrik positif, jika benda tersebut :
 - Kekurangan elektron
 - Kelebihan proton
 - Kelebihan elektron
 - Kekurangan proton
- Menurut teori atom, pernyataan yang benar adalah :
 - Proton dan neutron di inti atom, elektron berputar mengelilingi inti atom
 - Neutron dan elektron di inti atom, proton berputar mengelilingi inti atom
 - Elektron dan proton di inti atom, neutron berputar mengelilingi inti atom
 - Neutron di inti atom, proton dan elektron berputar mengelilingi inti atom

- Dari empat benda yang bermuatan berikut, benda yang memiliki potensial listrik paling besar adalah :



- Jika dua benda bermuatan seperti gambar dihubungkan dengan konduktor, maka yang akan terjadi adalah :



- Elektron mengalir dari A ke B
- Arus listrik mengalir dari A ke B
- Elektron mengalir dari B ke A
- Arus listrik mengalir dari B ke A

Jawaban yang benar adalah :

- 1 dan 2
- 2 dan 3
- 1 dan 4
- 3 dan 4

6. Alat elektroskop dapat dipergunakan untuk :
1. Mengetahui apakah suatu benda bermuatan listrik
 2. Memberikan muatan listrik pada suatu benda
 3. Mengetahui jenis muatan listrik suatu benda
 4. Mengukur besar muatan listrik suatu benda
- Jawaban yang benar adalah :
- A. 1 dan 3 B. 2 dan 4 C. 1, 2 dan 3 D. 1, 2, 3 dan 4
7. Kita memiliki tiga benda bermuatan listrik dengan sifat benda P ditarik Q dan benda R menarik P. Maka kemungkinannya, jenis muatan masing-masing benda adalah :
1. P negatif, Q positif, R positif
 2. P positif, Q negatif, R positif
 3. P positif, Q negatif, R negatif
 4. P negatif, Q negatif, R positif
- Jawaban yang benar adalah :
- A. 1 dan 3 B. 2 dan 4 C. dan 3 D. 1 dan 4
8. Jika muatan masing-masing benda diperbesar dua kali dan jaraknya diperkecil setengahnya, maka besar gaya listriknya akan menjadi :
- A. tetap seperti semula C. 8 kali semula
- B. 4 kali semula D. 16 kali semula
9. Jika sebuah penangkal petir terlihat disambar kilat oleh awan yang bertegangan lebih tinggi, maka pada kejadian itu telah terjadi loncatan :
- A. Proton dari awan ke bumi, melalui penangkal petir
 - B. Elektron dari awan ke bumi, melalui penangkal petir
 - C. Proton dari bumi ke awan, melalui penangkal petir
 - D. Elektron dari bumi ke awan, melalui penangkal petir
10. Empat buah benda bermuatan memiliki sifat P menarik Q, R menarik Q dan S menolak R. Jika diketahui S bermuatan negatif, maka : ...
- A. P negatif, Q positif, R positif
 - B. P negatif, Q negatif, R positif
 - C. P positif, Q negatif, R positif
 - D. P negatif, Q positif, R negatif

B. Bentuk Soal Uraian

1. Mengapa kaca digosok sutra bermuatan positif, sedangkan ebonit digosok wol bermuatan negatif? Jelaskan!
2. Apa yang menyebabkan suatu benda memiliki potensial listrik lebih besar atau lebih kecil dari benda lainnya?.
3. Apakah yang dimaksudkan dengan medan listrik?
4. Bagaimanakah cara kerja penangkal petir ? Jelaskan !
5. Coba ceritakan salah satu peristiwa yang pernah dialami, sehubungan dengan adanya listrik statis tersebut.