



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,
PENDIDIKAN DASAR DAN PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS
2020



Modul Pembelajaran SMA

FISIKA



KELAS
XII



LISTRIK STATIS

FISIKA XII

PENYUSUN

Issi Anissa, M.Pd
SMAN 1 Probolinggo

DAFTAR ISI

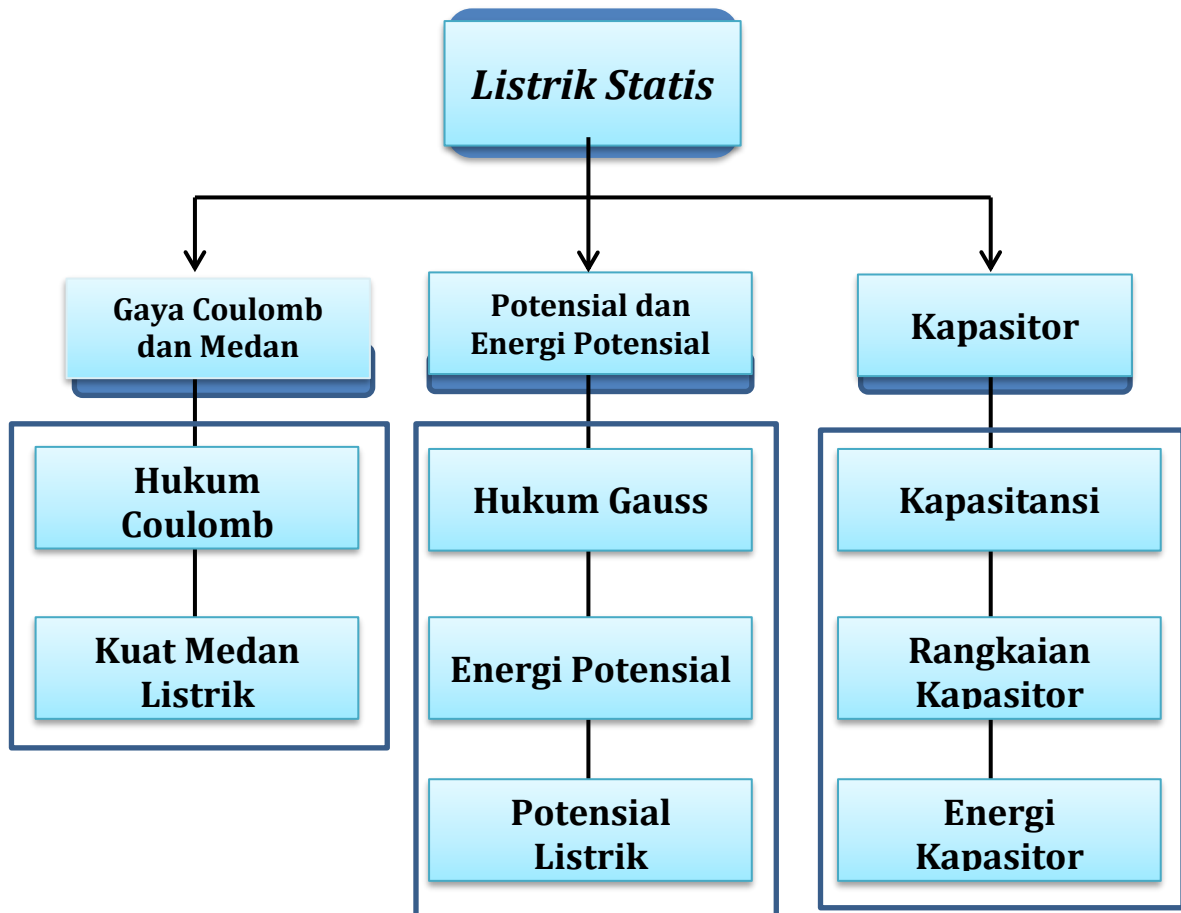
PENYUSUN	2
DAFTAR ISI	3
GLOSARIUM	5
PETA KONSEP	6
PENDAHULUAN	7
A. Identitas Modul	7
B. Kompetensi Dasar	7
C. Deskripsi Singkat Materi	7
D. Petunjuk Penggunaan Modul	7
E. Materi Pembelajaran	8
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1	9
GAYA COULOMB DAN MEDAN LISTRIK	9
A. Tujuan Pembelajaran	9
B. Uraian Materi	9
C. Rangkuman	13
D. Penugasan Mandiri	14
E. Latihan Soal	14
F. Penilaian Diri	19
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2	20
HUKUM GAUSS, ENERGI POTENSIAL DAN POTENSIAL LISTRIK	20
A. Tujuan Pembelajaran	20
B. Uraian Materi	20
C. Rangkuman	26
D. Latihan Soal	26
E. Penilaian Diri	29
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3	30
KAPASITOR DAN PENERAPAN LISTRIK STATIS DALAM KEHIDUPAN SEHARI- HARI	30
A. Tujuan Pembelajaran	30
B. Uraian Materi	30
C. Rangkuman	35
D. Penugasan Mandiri	35
E. Latihan Soal	36
F. Penilaian Diri	38

EVALUASI	39
KUNCI JAWABAN EVALUASI.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44

GLOSARIUM

- Hukum Coulomb** : Hukum yang dinyatakan oleh Charles Coulomb menjelaskan bahwa gaya interaksi antara muatan listrik berbanding terbalik dengan kuadrat jarak
- Medan Listrik** : Medan listrik adalah daerah di sekitar partikel bermuatan listrik yang masih dipengaruhi gaya listrik
- Elektroskop** : Elektroskop adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi adanya muatan pada suatu benda.
- Hukum Gauss** : Hukum yang menyatakan tentang jumlah garis-garis gaya listrik yang menembus suatu permukaan tertutup, sama dengan jumlah muatan listrik yang dilingkupi oleh permukaan tertutup dibagi dengan permitivitas udara ϵ_0 .
- Fluks Listrik** : jumlah garis-garis gaya listrik (fluks listrik) yang menembus suatu permukaan tertutup,
- Potensial listrik** : usaha per satuan muatan yang dibutuhkan untuk memindahkan satu muatan dari satu titik ke titik lainnya
- Permitivitas** : Suatu nilai konstanta dari bahan yang menunjukkan kemampuan untuk dilalui muatan listrik
- Bola konduktor** : Konduktor yang berupa bola yang muatan listriknya tersebar di permukaan bola.
- Kapasitansi** : Kemampuan atau daya tampung kapasitor dalam menyimpan muatan listrik untuk beda potensial yang diberikan.

PETA KONSEP



PENDAHULUAN

A. Identitas Modul

Mata Pelajaran : Fisika
 Kelas : XII
 Alokasi Waktu : 12 JP
 Judul Modul : Listrik Statis

B. Kompetensi Dasar

- 3.2 Menganalisis muatan listrik, gaya listrik, kuat medan listrik, fluks, potensial listrik, energi potensial listrik serta penerapannya pada berbagai kasus
- 4.2 Melakukan percobaan berikut presentasi hasil percobaan kelistrikan (misalnya pengisian dan pengosongan kapasitor) dan manfaatnya dalam kehidupan sehari-hari

C. Deskripsi Singkat Materi

Pernahkah Anda mengunjungi Taman Pintar di Yogyakarta? Disana terdapat sebuah wahana alat peraga sains yang Generator Van De Graaf seperti terlihat pada gambar. Pada saat meletakkan tangan kita pada alat tersebut maka rambut akan berdiri. Mengapa semua rambutnya dapat berdiri ?



Gambar 1. Generator van de graaf

Atau, pernahkah Anda merasakan sengatan kecil pada jari tangan ketika menyentuh layar TV atau monitor komputer yang menyala. Apa yang menyebabkan Anda merasakan sengatan tersebut? Bagaimana juga dengan mesin fotokopi yang sering kita rasakan manfaatnya? Tahukah prinsip kerjanya?

Nah, dalam modul ini, Anda akan mempelajari tentang Listrik statis yang penerapannya sangat banyak dalam kehidupan sehari-hari. Modul ini akan membantu Anda memahami tentang gaya Coulomb, kuat medan listrik, potensial dan energi potensial listrik statis, serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Untuk mempermudah dalam mempelajarinya, ingat kembali materi vektor yang sudah dipelajari di kelas X.

D. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Pelajari daftar isi modul dengan cermat dan teliti.
2. Pelajari setiap kegiatan belajar ini dengan membaca berulang-ulang sehingga kalian benar-benar paham dan mengerti
3. Jawablah latihan soal dengan tepat kemudian cocokkan hasil jawaban kalian dengan kunci jawaban yang sudah tersedia
4. Untuk mengembangkan kemampuan berpikir kreatif dan kritis, Anda dapat mengerjakan penugasan mandiri pada kegiatan belajar. Anda dapat memilih salah satu penugasan pada kegiatan belajar

5. Catatlah kesulitan yang kalian temui dalam modul ini untuk ditanyakan pada guru saat tatap muka. Bacalah referensi lain yang berhubungan dengan materi modul agar pengetahuan Anda bisa bertambah.
6. Kerjakan evaluasi untuk mengetahui sejauh mana ketercapaian materi yang sudah kalian dapatkan.
7. Lakukan penilaian diri di akhir pembelajaran.

E. Materi Pembelajaran

Modul ini terbagi menjadi 3 kegiatan pembelajaran dan di dalamnya terdapat uraian materi, contoh soal, soal latihan dan soal evaluasi.

Pertama : Gaya Coulomb dan Kuat medan Listrik,

Kedua : Hukum Gauss , Energi potensial dan potensial listrik

Ketiga : Kapasitor dan Penerapan Listrik Statis dalam kehidupan sehari-hari

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

GAYA COULOMB DAN MEDAN LISTRIK

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar 1 ini, Anda diharapkan mampu menganalisis konsep muatan listrik, Hukum Coulomb dan kuat medan listrik. Anda juga diharapkan mampu melakukan uji coba muatan pada benda dengan membuat alat peraga elektroskop sederhana.

B. Uraian Materi

Agar Anda mampu menguasai materi ini dengan baik maka bacalah dengan seksama uraian materi tentang muatan listrik, Hukum Coulomb dan kuat medan listrik. Yakinlah bahwa Anda mampu untuk mempelajarinya dengan baik.

1. Muatan Listrik

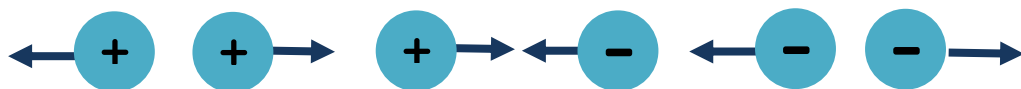


Gambar 2. Sisir menarik kertas

Apa itu muatan listrik? Apa yang dimaksud dengan Q

Anda tentunya sudah sangat paham bahwa muatan listrik adalah muatan dasar suatu benda yang membuatnya mengalami gaya pada benda lain yang berdekatan dan memiliki muatan listrik. Muatan listrik diberi simbol Q , dan satuannya adalah Coulomb (C). Jika jumlah proton lebih banyak dibanding jumlah elektronnya ($\Sigma p > \Sigma e$), maka atom bermuatan positif.

Sebaliknya, jika jumlah elektron lebih banyak dibanding jumlah protonnya ($\Sigma e > \Sigma p$), maka atom bermuatan negatif. Jika muatan listrik didekatkan dengan muatan listrik sejenis (positif-positif, dan negatif-negatif), interaksi yang terjadi yakni saling tolak-menolak. Sedangkan ketika suatu muatan listrik didekatkan dengan muatan listrik tak sejenis (positif-negatif), maka akan terjadi tarik-menarik.

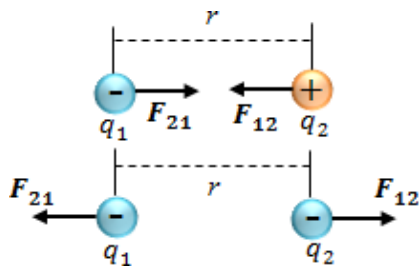


Gambar 3. Sifat muatan listrik ketika saling didekatkan

Lalu bagaimana sisir plastik yang digosokkan dapat menarik sobekan-sobekan kertas kecil? Setelah mengetahui sifat-sifat muatan listrik. Kita dapat lebih mudah memahami bagaimana sisir tersebut menarik sobekan-sobekan kertas. Perlu diketahui bahwa sebelum sisir digosokkan dengan rambut secara satu arah, sisir tidak bermuatan listrik, Sisir yang tidak bermuatan listrik tersebut belum bisa menarik sobekan-sobekan kertas. Namun setelah sisir digosokkan dengan rambut, muatan negatif pada sisir berpindah ke rambut sehingga muatan positif pada sisir lebih banyak daripada muatan negatifnya. Pada saat tersebut, sisir dapat dikatakan sebagai benda bermuatan listrik positif sehingga sisir dapat menarik sobekan-sobekan kertas.

2. Hukum Coulomb

Anda sudah mengetahui bahwa sebuah muatan (q_1) akan menimbulkan interaksi tarik-menarik atau tolak menolak pada muatan lainnya (q_2) yang berada cukup dekat dengan muatan q_1 . Interaksi tarik-menarik dan tolak-menolak tersebut disebut gaya listrik (F). Lalu bagaimana hubungan antara gaya listrik dengan kedua muatan dan jarak antar kedua muatan tersebut? Melalui eksperimen gaya Coulomb, maka akan didapat hubungan antara besar gaya Coulomb dengan jarak antar muatan dan besar muatan.



Gambar 4. Gaya Coulomb antar muatan

Anda sudah mengetahui bahwa sebuah muatan (q_1) akan menimbulkan interaksi tarik-menarik atau tolak menolak pada muatan lainnya (q_2) yang berada cukup dekat dengan muatan q_1 . Interaksi tarik-menarik dan tolak-menolak tersebut disebut gaya listrik (F). Lalu bagaimana hubungan antara gaya listrik dengan kedua muatan dan jarak antar kedua muatan tersebut? Melalui eksperimen gaya Coulomb, maka akan didapat hubungan antara besar gaya Coulomb dengan jarak antar muatan dan besar muatan.

Hasil analisis data dari eksperimen tersebut menunjukkan bahwa **besar gaya Coulomb sebanding dengan perkalian kedua muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua muatan tersebut.**

Secara sistematis, hukum Coulomb dinyatakan sebagai berikut :

$$F = k \frac{Q_1 \times Q_2}{r^2}$$

Keterangan :

- F = Gaya Coulomb (N)
- k = Koefisien ($9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$)
- Q_1 = Muatan pertama (C)
- Q_2 = Muatan kedua (C)
- r = Jarak antar muatan (m)

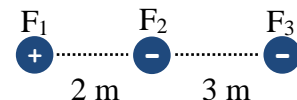
Resultan Gaya Coulomb

Perlu diingat bahwa **Gaya coulomb merupakan besaran vektor** sehingga harus memperhatikan nilai dan juga arah vektor semua partikel bermuatan.

a. Muatan Segaris

Jika semua partikel bermuatan berada pada satu garis lurus, maka resultan gaya Coulomb-nya dapat dirumuskan sebagai berikut :

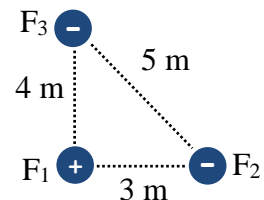
$$F_{\text{total}} = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n$$



b. Muatan Membentuk Sudut Siku-Siku

Jika semua partikel bermuatan membentuk sudut siku-siku terhadap salah satu partikel bermuatan, maka resultan gaya Coulomb-nya dapat dirumuskan sebagai berikut :

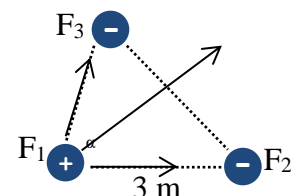
$$F_{\text{total}} = \sqrt{F_{12}^2 + F_{13}^2}$$



c. Muatan Membentuk Sudut bukan Siku-Siku

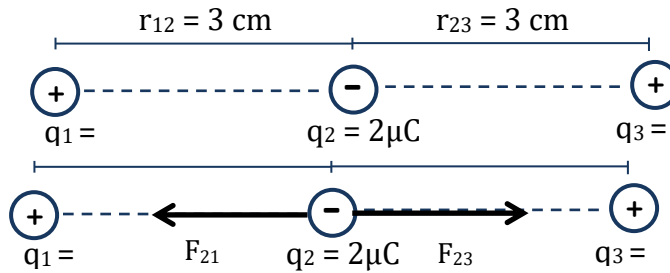
Jika semua partikel bermuatan membentuk sudut bukan siku-siku, maka resultan gaya Coulomb-nya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_{\text{total}} = \sqrt{F_{12}^2 + F_{13}^2 + 2F_{12}F_{13}\cos\theta}$$



contoh soal

Tentukan besar dan arah gaya Coulomb yang dialami q_2 jika terletak diantara q_1 dan q_3 !



Jawab :

Besar gaya yang dialami q_2 karena pengaruh q_1

$$F_{21} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \longrightarrow F_{21} = (9 \times 10^9) \frac{(2 \times 10^{-6})(1 \times 10^{-6})}{(3 \times 10^{-2})^2}$$

$$F_{21} = 20N$$

Besar gaya yang dialami q_2 karena pengaruh q_3

$$F_{23} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \longrightarrow F_{23} = (9 \times 10^9) \frac{(2 \times 10^{-6})(4 \times 10^{-6})}{(3 \times 10^{-2})^2}$$

$$F_{23} = 80N$$

Karena q_2 dan q_1 saling tarik menarik maka F_{21} arahnya menuju q_1 , sedangkan q_2 dan q_3 juga saling tarik menarik maka arahnya menuju q_3 , sehingga resultan gaya yang bekerja pada q_2 adalah :

$$F_2 = F_{23} - F_{21} \longrightarrow F_2 = 80 - 20 \longrightarrow F_2 = 60 N$$

3. Medan Listrik

Ketika Anda mendekatkan sisir atau penggaris plastik pada potongan kertas kecil, maka beberapa potongan kertas akan menempel pada sisir atau penggaris. Nah, bagaimana ketika sisir atau penggaris dijauhkan? Ternyata terdapat suatu wilayah di sekitar sisir atau penggaris plastik tersebut tersebut yang masih dapat terpengaruh oleh gaya listrik. Tempat di sekitar muatan listrik yang masih dipengaruhi gaya listrik itu merupakan medan listrik.

Medan listrik adalah daerah di sekitar partikel bermuatan listrik yang masih dipengaruhi gaya Coulumb. Benda bermuatan yang menghasilkan medan listrik dinamakan *muatan sumber*. Muatan lain yang diletakkan dalam pengaruh medan listrik muatan sumber dinamakan *muatan uji*. Perhatikan ilustrasi berikut :



Gambar 5. (a) Gaya listrik yang bekerja pada muatan-muatan yang diletakkan dalam ruang di sekitar *muatan sumber* A. **(b)** Garis khayal arah medan listrik, arah gaya listrik muatan positif ke luar, dan muatan negatif ke dalam.

a. Persamaan Medan Listrik

Kuat medan listrik dapat didefinisikan dalam persamaan berikut :

$$E = \frac{F}{q_0}$$

✓ Pada muatan uji

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

✓ Pada suatu titik

- Keterangan:
- E = kuat medan listrik (N/C)
 - F = gaya Coulomb (N)
 - k = konstanta Coulomb (Nm²/C²)
 - Q = besar muatan listrik (C)
 - q₀ = besar muatan uji (C)
 - r = jarak muatan terhadap titik tertentu (m)

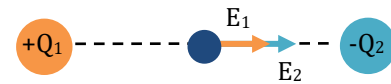
b. Resultan Medan Listrik

Apabila terdapat lebih dari satu muatan sumber, maka besarnya medan listrik yang bekerja pada partikel itu sama dengan jumlah vektornya. Maka, dalam menghitung resultan medan listrik yang dihasilkan partikel bermuatan listrik harus memperhatikan arah vektor medan listriknya.

▪ **Partikel dalam Satu Garis Lurus**

Jika semua partikel bermuatan berada pada satu garis lurus, maka resultan medan listriknya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$E_{total} = \pm E_1 \pm E_2 \pm E_3 \pm \dots \pm E_n$$

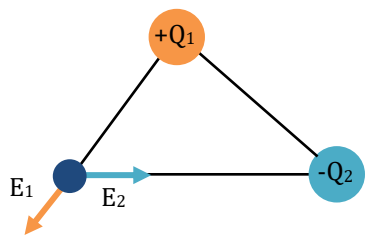


▪ **Partikel Membentuk Sudut Tertentu**

Jika semua partikel bermuatan membentuk sudut tertentu, maka resultan medan listriknya dapat dirumuskan sebagai berikut :

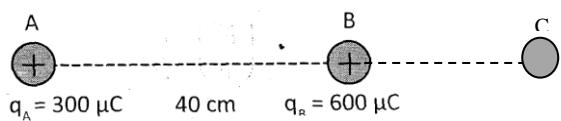
Metode Analisis vektor

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



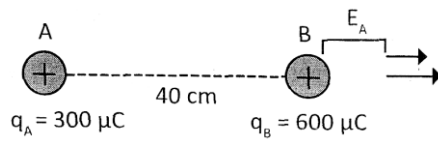
contoh soal

Dua buah muatan listrik diletakkan terpisah seperti gambar. Titik C berada 20 cm disebelah kanan B. Jika k=9.10⁹Nm².C⁻² dan 1μC=10⁻⁶ maka tentukan kuat medan kuat medan di titik C!



Jawab :

Perhatikan gambar berikut!



$$r_A = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

$$r_B = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$

karena arahnya searah maka medan di titik C adalah

$$E_C = + E_B$$

$$E_C = k \frac{q_A}{r_A^2} + k \frac{q_B}{r_B^2}$$

$$E_C = 9.10^9 \frac{3.10^{-4}}{0,6^2} + 9.10^9 \frac{6.10^{-4}}{0,2^2}$$

$$E_C = 75.10^5 + 1350.10^5$$

$$E_C = 1,425.10^8 \text{ N/C}$$

C. Rangkuman

1. Jika muatan listrik didekatkan dengan muatan listrik sejenis interaksi yang terjadi yakni saling tolak-menolak. Sedangkan ketika suatu muatan listrik didekatkan dengan muatan listrik tak sejenis, maka akan terjadi tarik-menarik.
2. Besar gaya Coulomb sebanding dengan perkalian kedua muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua muatan tersebut.

$$F = k \frac{Q_1 \times Q_2}{r^2}$$

3. Jika semua partikel bermuatan berada pada satu garis lurus, maka resultan gaya Coulomb-nya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_{\text{total}} = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n$$

4. Jika semua partikel bermuatan membentuk sudut bukan siku-siku, maka resultan gaya Coulomb-nya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_{\text{total}} = \sqrt{F_{12}^2 + F_{13}^2 + 2F_{12}F_{13}\cos\theta}$$

5. Medan listrik adalah daerah di sekitar partikel bermuatan listrik yang masih dipengaruhi gaya Coulomb.

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

6. Jika semua partikel bermuatan berada pada satu garis lurus, maka resultan medan listriknya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E_{total} = \pm E_1 \pm E_2 \pm E_3 \pm \dots \pm E_n$$

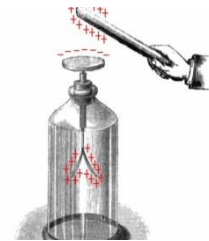
7. Jika semua partikel bermuatan membentuk sudut tertentu, maka resultan medan listriknya dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

D. Penugasan Mandiri

TUGAS PROYEK

Elektroskop adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi adanya muatan pada suatu benda. Cobalah untuk membuat elektroskop sederhana dengan menggunakan bahan-bahan yang ada di sekitar anda. Buatlah laporannya secara sederhana yang menjelaskan tentang prinsip kerja alat yang sudah Anda buat.



Semangat Mencoba

E. Latihan Soal

Cobalah menguji kemampuan Anda dengan menyelesaikan latihan soal pada kegiatan belajar 1 tanpa melihat terlebih dahulu pembahasan. Berikutnya, cocokkan hasil jawaban Anda dengan kunci jawaban dan pembahasan yang tersedia. Pahami langkah-langkahnya untuk memudahkan Anda memahaminya dan mampu menerapkan pada variasi soal yang lain.

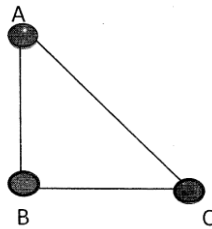


I. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat!

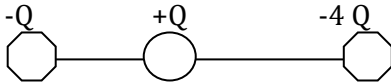
- Sebuah elektroskop di beri muatan Q_1 . kemudian di beri muatan Q_2 sehingga kedua kaki elektroskop agak menguncup. Ini berarti ...
 - Q_2 dan Q_1 sejenis, besar Q_2 kurang dari besar Q_1
 - Q_2 dan Q_1 berlawanan jenis, besar Q_2 kurang dari besar Q_1
 - Q_2 dan Q_1 sejenis, besar Q_2 lebih dari besar Q_1 .
 - Q_2 dan Q_1 berlawanan jenis, Q_2 lebih dari besar Q_1
 - Q_2 dan Q_1 berlawanan jenis, besar Q_2 sama dengan besar Q_1 .

2. Tiga buah muatan listrik berada pada posisi di titik sudut segitiga ABC panjang sisi $AB = BC = 20$ cm dan besar muatan sama ($q = 2\mu\text{C}$). besar gaya listrik yang bekerja pada titik B adalah.

- A. $0,9\sqrt{3}$ N
- B. $0,9\sqrt{2}$ N
- C. 0,9 N
- D. 0,81 N
- E. 0,4 N

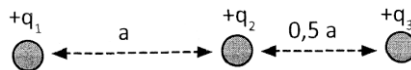


3. Perhatikan gambar berikut ini!



Jika muatan $+Q$ terletak antara A dan B yang berjarak 9cm, di mana muatan $+Q$ harus di letakkan sehingga gaya coloumb yang dialaminya nol ?

- A. 3 cm dari muatan B
 - B. 4 cm dari muatan B
 - C. 5 cm dari muatan B
 - D. 3 cm dari muatan A
 - E. 6 cm dari muatan A
4. Muatan listrik $+q_1 = 10$ C; $+q_2 = 20$ C dan q_3 terpisah seperti gambar di udara.

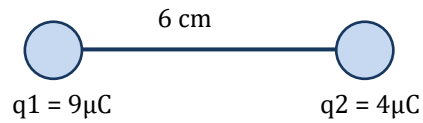


Agar gaya coloumb yang bekerja di muatan $q_2 = \text{nol}$ maka muatan q_3 adalah ..

- A. +2,5 C
 - B. -2,5 C
 - C. +25 C
 - D. -25 C
 - E. +4 C
5. Dua buah muatan listrik yang nilainya sama di letakkan pada jarak r meter sehingga terjadi gaya coloumb sebesar F_1 Newton. Ketika jarak keduanya di ubah menjadi dua kali semula, gaya coloumb yang dialami menjadi F_2 perbandingan $F_1:F_2$ adalah
- A. 1:2
 - B. 2:1
 - C. 1:4
 - D. 4:1
 - E. 3:2
6. Perbandingan antara Gaya Coulomb yang menggunakan medium vakum udara dengan menggunakan bahan X, dimana memiliki permeabilitas 2,5 adalah ...
- A. 2 : 3
 - B. 3 : 4
 - C. 1 : 3
 - D. 1 : 4
 - E. 2 : 5

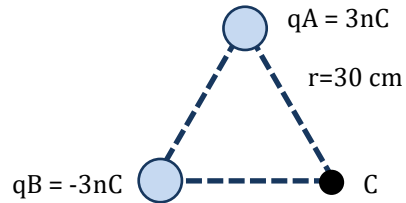
7. Dua buah muatan terpisah pada jarak 6 cm seperti terlihat pada gambar. Kuat medan magnet yang bernilai nol terletak pada.....

- A. 2,4 cm di sebelah kiri q_2
- B. 2,4 cm di sebelah kanan q_1
- C. 3,6 cm di sebelah kanan q_2
- D. 3,6 cm di sebelah kiri q_2
- E. 2,4 cm di sebelah kanan q_2

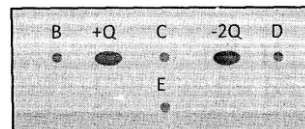


8. Pada titik sudut A dan B segitiga sama sisi ABC masing-masing $+3\text{nC}$ dan -3nC . Panjang sisi segitiga 30 cm, maka besar kuat medan listrik di titik sudut C adalah ... ($k=9 \times 10^9 \text{Nm}^2/\text{C}^2$)

- A. 300 N/C
- B. 400 N/C
- C. 500 N/C
- D. 600 N/C
- E. 900 N/C



9. Pada gambar diatas, dua buah muatan $+Q$ dan $-2Q$ terletak di udara dan terpisah pada jarak x . Letak titik yang mungkin kuat medan listriknya sama dengan nol adalah di titik ...



- A.B
- B.C
- C.D
- D.E
- E.Tidak ada

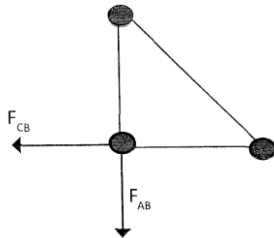
10. Partikel A dan B masing-masing bermuatan $+8 \mu\text{C}$ dan $+18 \mu\text{C}$. jika titik C yang terletak di antara partikel A dan B memiliki medan listrik = 0, sedangkan jarak C dan partikel A = 2 cm maka jarak A dengan B adalah ...cm

- A. 3
- B. 4
- C. 5
- D. 7
- E. 9

Pembahasan Latihan Soal

1. Karena saling timbul gaya tarik menarik yang mengakibatkan elektroskop menguncup maka kedua muatan Q_2 dan Q_1 berlawanan jenis, untuk besarnya sama karena ketika muatan Q_1 di berikan ke dalam elektroskop tidak terjadi perubahan pada elektroskop

Jawaban: E



2.

Karena q sama maka $F_{AB}=F_{CB}=F$ memiliki jarak $AB = BC=0,2$ m dan membentuk sudut 90° ,

$$F_B = \sqrt{F_{AB}^2 + F_{CB}^2}$$

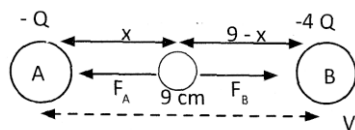
$$F_B = \sqrt{2F^2}$$

$$F_B = F\sqrt{2}$$

$$F_B = k \frac{qq}{r^2} \sqrt{2} = k q_a q_b / r_{ab}^2 = 9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-12} / 4 \cdot 10^{-2} = 0,9$$

Sehingga besarnya gaya coloumb yang di alami $F_B = 0,9\sqrt{2}$ N

Jawaban: B



3.

Karena muatan sejenis maka letak muatan $+Q$ agar gaya yang bekerja adalah nol harus diantara kedua muatan A dan B.

$$\sum F = 0$$

$$F_B - F_A = 0$$

$$F_B = F_A$$

$$k = \frac{q_B Q}{(9-x)^2} = k \frac{q_A Q}{x^2}$$

$$\frac{q_B}{(9-x)^2} = \frac{q_A}{x^2}$$

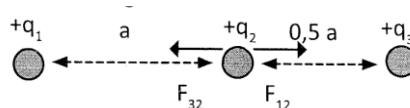
$$\frac{4Q}{(9-x)^2} = \frac{Q}{x^2}$$

$$2x = 9 - x$$

Maka $x = 3$ cm di kanan muatan A

Jawaban: D

4. Perhatikan gambar berikut ini!



Agar muatan q_2 memperoleh gaya nol maka muatan q_3 adalah muatan positif.

$$F_{32}=F_{12}$$

$$k \frac{q_3 q_2}{0,25 a^2} = k \frac{q_1 q_2}{a^2}$$

$$q_3 = \frac{1}{4} q_1$$

$$q_3 = +2,5 \text{ C}$$

Jawaban: C

5. Gaya coloumb dapat dinyatakann dalam persamaan:

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

Sehingga $F \propto \frac{1}{r^2}$

$$\frac{F_1}{F_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \left(\frac{2r_2}{r_1}\right)^2$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{4}{1}$$

Maka $F_1 : F_2 = 4:1$

Jawaban: D

$$6. \quad F_{\text{bahan}} = \frac{1}{\epsilon_r} \times F_{\text{udara}}$$

$$\frac{F_{\text{udara}}}{F_{\text{bahan}}} = \frac{\epsilon_r}{1} = \frac{2,5}{1} = \frac{5}{2}$$

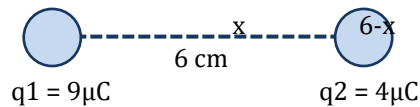
Jawaban = E.

7. Kedua jenis muatan sama, maka medan listrik nol terletak diantara kedua muatan,

$$E_0 = 0$$

$$E_1 - E_2 = 0 \Leftrightarrow E_1 = E_2$$

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



$$\frac{9}{x^2} = \frac{4}{(6-x)^2} \rightarrow \frac{3}{x} = \frac{2}{(6-x)}$$

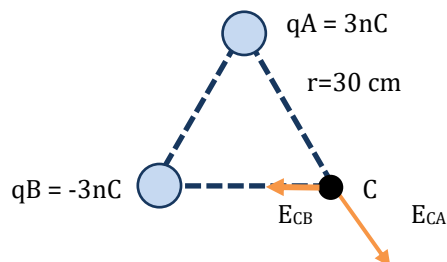
$$18 - 3x = 2x$$

$$18 = 5x \rightarrow x = 3,6$$

Jadi, titik yang memiliki nilai medan listrik bernilai nol terletak pada 3,6 cm dari muatan q_1 , dan 2,4 cm dari muatan q_2 .

Jawaban : A

8.



$$E_{CB} = k \frac{q_B}{r^2} = (9 \times 10^9) \frac{(3 \times 10^{-9})}{(30 \times 10^{-2})^2} = 300 \text{ N}$$

$$E_{CA} = k \frac{q_A}{r^2} = (9 \times 10^9) \frac{(3 \times 10^{-9})}{(30 \times 10^{-2})^2} = 300 \text{ N}$$

$$E_{\text{total}} = \sqrt{E_{CB}^2 + E_{CA}^2 + 2E_{CB}E_{CA}\cos\theta}$$

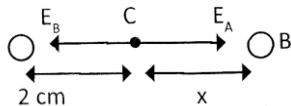
$$E_{\text{total}} = \sqrt{300^2 + 300^2 + 2(300)(300)\cos 120^\circ}$$

$$E_{total} = \sqrt{90.000 + 90.000 - 90.000} = \sqrt{90.000} = 300N/C$$

Jawaban : A

9. Titik kemungkinan kuat medan listriknya nol adalah titik B. Arena yang sebelah kanan memiliki muatan $-2Q$ sedangkan di sebelah kiri ada muatan $+Q$ maka untuk memperoleh nilai medan nol harus diletakkan didekat muatan yang kecil yaitu dekat $+Q$ dan arena bermuatan tidak sejenis maka letaknya bukan diantara kedua muatan.

Jawaban : A



10.

Untuk medan listrik di C = 0 maka $E_A = E_B$

$$k = \frac{Q_A}{AC^2} = k = \frac{Q_B}{CB^2}$$

$$\frac{8}{2^2} = \frac{18}{x^2}$$

X = 3 cm sehingga jarak AB = 2 + 3 = 5 cm

Jawaban: C

F. Penilaian Diri

Bagaimana Kemampuan Anda sekarang?

Mari cek kemampuan diri Anda dengan mengisi tabel berikut!

No	Pertanyaan	Ya	Tidak	Keterangan
1.	Saya dapat menjelaskan sifat-sifat muatan listrik dan perpindahan muatan listrik statis pada beberapa peristiwa			
2.	Saya dapat menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi Gaya Coulomb			
3.	Saya dapat menerapkan konsep vektor untuk menyelesaikan permasalahan yang terkait dengan resultan gaya			
4.	Saya mampu menganalisis kuat medan listrik			

Jika semua jawaban "YA", maka Anda dapat melanjutkan kegiatan belajar selanjutnya.

Jika terdapat jawaban yang "TIDAK", maka Anda bisa mengulang kembali materi yang masih belum dipahami.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

HUKUM GAUSS, ENERGI POTENSIAL DAN POTENSIAL LISTRIK

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar 1 dan memahaminya dengan baik, maka lanjutkan untuk mempelajari kegiatan pembelajaran 2. Dengan mempelajari kegiatan belajar 2, Anda diharapkan mampu menganalisis hukum Gauss dalam penentuan medan listrik distribusi muatan kontinu serta menentukan usaha dan energi potensial listrik.

B. Uraian Materi



Gambar 6. Mesin fotocopy

Anda tentu sering sekali merasakan manfaat mesin fotocopy dalam menyelesaikan tugas atau lainnya. Pernahkah Anda berusaha ingin tahu bagaimana prinsip kerja mesin fotocopy sehingga mampu mencetak tulisan atau gambar dengan jelas dan cepat. Ternyata, prinsip kerja mesin fotocopy juga menerapkan konsep listrik statis.

Pada kegiatan belajar 2 ini, Anda akan belajar tentang penerapan Hukum Gauss, potensial dan energi potensial. Baca dengan seksama dan pahami dengan baik.

1. Hukum Gauss

Medan listrik divisualisasikan dengan menggunakan garis khayal medan listrik. Garis-garis medan listrik adalah garis bersambungan yang selalu mengarah menuju *massa sumber* medan listrik. Semakin banyak garis-garis medan listrik, maka semakin kuat medan listriknya.

Hukum Gauss yang menjelaskan tentang jumlah garis-garis gaya listrik (fluks listrik) yang menembus suatu permukaan tertutup, sama dengan jumlah muatan listrik yang dilingkupi oleh permukaan tertutup dibagi dengan permitivitas udara ϵ_0 .

Secara sistematis, hukum Gauss dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\Phi = EA \cos \theta = \frac{\sum q}{\epsilon_0}$$

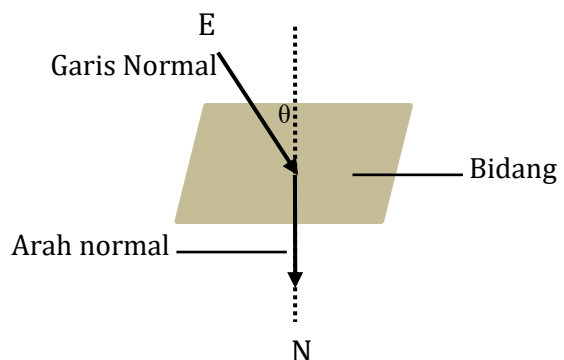
Keterangan: A = Luas permukaan tertutup (m^2)

Φ = Fluks Listrik (Wb/Weber)

θ = Sudut antara E dan arah normal

E = Medan listrik (Nm^2/C^2)

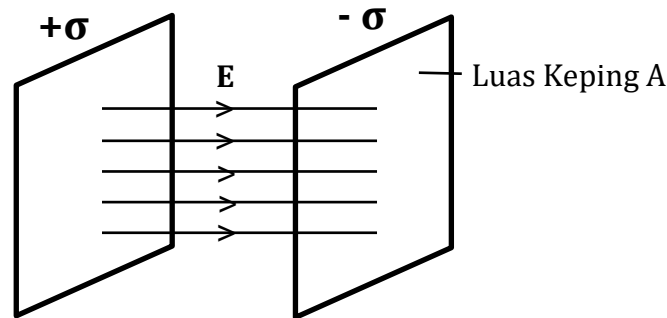
ϵ_0 = Permittivitas udara



2. Medan Listrik bagi Distributor Muatan Kontinu

Hukum Gauss dapat digunakan untuk menghitung kuat medan listrik dari suatu sistem muatan konduktor bersimetri tinggi, seperti konduktor dua keping sejajar dan konduktor bola berongga.

a. Konduktor Dua Keping Sejajar



Gambar 7. Konduktor dua keping sejajar dengan rapat tiap muatan adalah $+\sigma$ dan $-\sigma$. Arah medan dari muatan positif menuju muatan negatif.

Berdasarkan gambar di atas, dapat didefinisikan bahwa rapat muatan listrik (σ) yakni muatan per satuan luas, atau sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{q}{A}$$

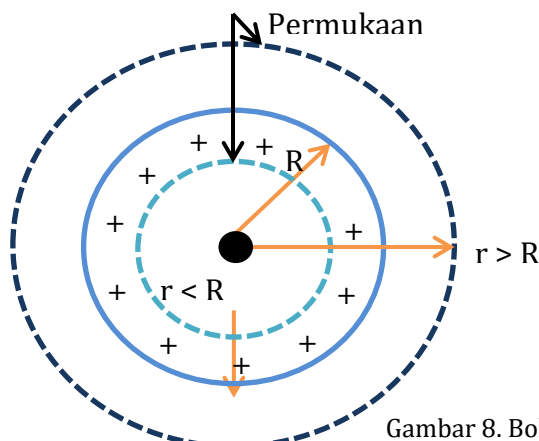
Jumlah garis medan yang menembus keping (fluks) adalah :

$$\phi = EA \cos \theta = \frac{\sum q}{\epsilon_0}$$

Oleh karena medan listrik E menembus keping secara tegak lurus (pada gambar 1.9), maka $\theta = 0$, dimana $\cos 0^\circ = 1$, sehingga :

$$EA = \frac{\sum q}{\epsilon_0}; E = \left(\frac{q}{A}\right) \frac{1}{\epsilon_0} \longrightarrow E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

b. Konduktor Bola Berongga



Bila bola berongga diberi muatan, maka muatannya akan tersebar merata di permukaan bola (di dalam bola tidak ada muatan atau $q=0$, sehingga kuat medan listrik (E) adalah 0).

$$EA = \frac{\sum q}{\epsilon_0}; E = \frac{q}{A\epsilon_0}$$

Gambar 8. Bola konduktor

Kuat medan listrik :
Dipermukaan bola
konduktor ($r=R$)

$$E = k \frac{q}{R^2}$$

Di luar bola
konduktor ($r>R$)

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

- Keterangan:
- q = Muatan listrik pada permukaan bola konduktor (C)
 - E = Medan Listrik (N/C)
 - R = Jari-jari bola konduktor (m)
 - r = Jarak muatan titik dari pusat bola (m)

3. Energi Potensial Listrik

Gaya Coulomb yang bekerja pada muatan uji q_0 dirumuskan sebagai berikut:

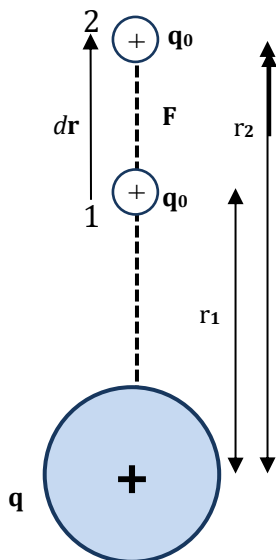
$$F = \frac{kq_0q}{r^2}$$

Arah gaya F vertikal ke atas searah dengan arah perpindahan dr , karena muatan q dan q_0 sejenis. Maka, usaha yang dilakukan oleh gaya Coulomb F untuk perpindahan dr searah dengan titik 1 ke titik 2 dapat dihitung dengan menggunakan integral.

$$w_{12} = \int_{r_1}^{r_2} F dr \cos \theta$$

Karena $\theta = 0$, maka $\cos 0^\circ = 1$, maka :

$$w_{12} = \int_{r_1}^{r_2} F dr = \int_{r_1}^{r_2} \frac{kq_0q}{r^2} dr$$



Gambar 9. muatan uji q_0 berpindah dari posisi 1 ke posisi 2

Karena k , q_0 , dan q tak bergantung pada variabel integral r , maka :

$$\begin{aligned} w_{12} &= kq_0q \left(\int_{r_1}^{r_2} r^{-2} dr \right) \\ &= kq_0q \left(\frac{r^{-2+1}}{-2+1} \right)_{r_1}^{r_2} \quad \text{Ingat} \quad \int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} \\ &= kq_0q \left(\frac{r^{-1}}{-1} \right)_{r_1}^{r_2} = -kq_0q \left(\frac{1}{r} \right)_{r_1}^{r_2} \end{aligned}$$

$$w_{12} = -kq_0q \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

Gaya Coulomb termasuk gaya konservatif, sehingga memenuhi

$$\Delta EP_{12} = EP_2 - EP_1 = -w_{12}$$

$$\Delta EP_{12} = EP_2 - EP_1 = kq_0q \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

Keterangan : q_0 = Muatan uji (C)
 q = Muatan sumber (C)
 r_2 = Jarak muatan uji pada titik 2 ke muatan sumber (m)
 r_1 = Jarak muatan uji pada titik 1 ke muatan sumber (m)

4. Potensial Listrik

Potensial listrik merupakan perubahan energi potensial per satuan muatan ketika sebuah muatan uji dipindahkan di antara dua titik. Berdasarkan gambar 1.11 di atas, beda potensial listrik dapat dituliskan dengan persamaan berikut:

$$\Delta V_{12} = \frac{\Delta EP_{12}}{q'_0} \rightarrow \Delta V_{12} = \frac{kq'_0q \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)}{q'_0}$$

$$\Delta V_{12} = kq \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

$$\Delta V_{12} = V_2 - V_1$$

$$V_2 - V_1 = \frac{kq}{r_2} - \frac{kq}{r_1} \rightarrow V = \frac{kq}{r}$$

Potensial listrik adalah besaran skalar. Jika terdapat potensial listrik yang ditimbulkan oleh beberapa muatan sumber, maka resultan potensial listriknya dapat dirumuskan dengan persamaan berikut :

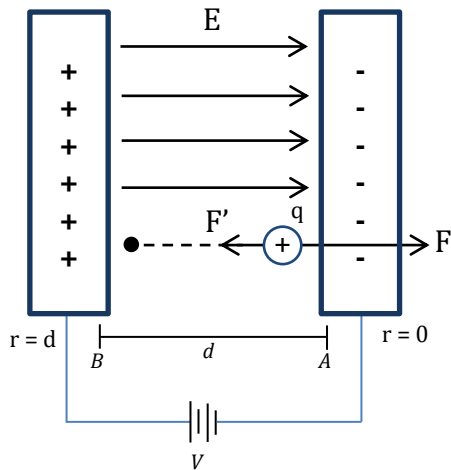
$$V_{\text{total}} = \pm V_1 \pm V_2 \pm V_3 \pm \dots \pm V_n$$

$$V = k \frac{q_1}{r_1} \pm k \frac{q_2}{r_2} \pm k \frac{q_3}{r_3} \pm \dots \pm k \frac{q_n}{r_n}$$

Hubungan Potensial Listrik dan Medan Listrik

a. Pada Konduktor Dua Keping Sejajar

Konduktor dua keping sejajar adalah dua keping logam sejajar yang dihubungkan dengan sebuah baterai sehingga kedua keping mendapat muatan sama tetapi berlawanan tanda. Medan listrik pada konduktor jenis ini disebut dengan **medan listrik homogen**.



Pada muatan positif q bekerja gaya listrik $F = qE$ yang arahnya ke kanan. Untuk memindahkan muatan positif q dari A ke B, diperlukan gaya F' yang sama besar melawan gaya F . Usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan q dari A ke B, yakni :

$$W_{AB} = F' d \text{ dengan } F' = F = qE$$

$$W_{AB} = qED$$

Gambar 10. Dua keping sejajar yang terpisah pada jarak d diberi muatan sama yang berlawanan tanda oleh baterai dengan beda potensial V

Maka, hubungan antara potensial listrik dan medan listrik, yakni sebagai berikut :

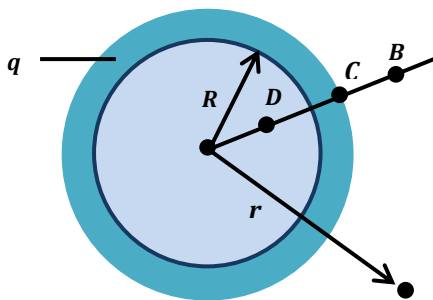
$$W_{AB} = \Delta EP_{AB} = q\Delta V_{AB} = q(V_B - V_A)$$

$$\Delta AB = qED$$

$$E = \frac{\Delta V_{AB}}{d}$$

Keterangan: ΔV_{AB} = Beda potensial antara kedua keping (Volt)
 E = Kuat medan listrik homogen (Volt/m)
 d = Jarak antara kedua keping (m)

b. Pada Konduktor Bola Berongga



Muatan pada bola logam berongga tersebar pada permukaannya, sebab di dalam bola tidak ada muatan. Potensial listrik pada bola logam berongga bermuatan, yakni sebagai berikut :

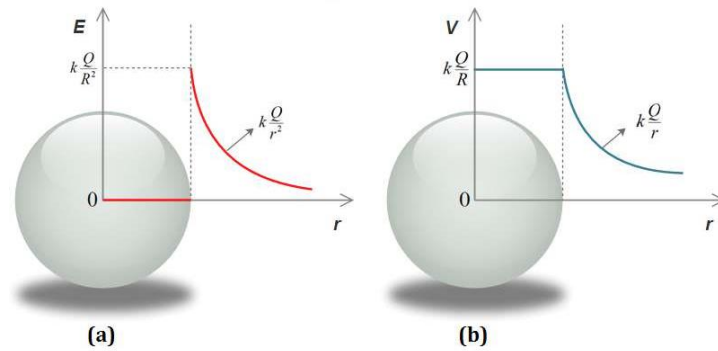
Gambar 11. Sebuah bola logam berongga dengan muatan q di permukaan dan jari-jari R .

Di dalam dan di kulit bola

$$V_D = V_C = k \frac{q}{R} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R}$$

Di luar bola ($r > R$)

$$V_B = k \frac{q}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$$



Gambar 12. (a) Grafik kuat medan listrik E terhadap jarak r (b) Grafik beda potensial V terhadap jarak r . Sumber : bagikancontoh.blogspot.com

Contoh Soal

Sebuah bola dimuati + $4,00 \times 10^{-6} \mu\text{C}$. Hitung :

- potensial pada titik yang berjarak 0,200 m dari muatan (beri label titik a) dan titik yang berjarak 0,400 m dari muatan (beri label titik B)
- Beda potensial antara a dan b
- Usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan $+1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ (Proton) dari A ke B

Kunci Jawaban:

Diketahui: $K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$

Muatan sumber $q = +4,00 \times 10^{-6} \text{ C}$

Dijawab:

- Potensial (mutlak) di hitung dengan menggunakan persamaan

$$r_A = 0,200\text{m} \rightarrow V_A = k \frac{q}{r_A} = (9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}) \frac{(4 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0,200\text{m})^2}$$

$$r_A = \mathbf{1,80 \times 10^5 \text{ V}}$$

$$r_B = 0,400\text{m} \rightarrow V_B = k \frac{q}{r_B} = (9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}) \frac{(4 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0,400\text{m})^2}$$

$$r_B = \mathbf{0,900 \times 10^5 \text{ V}}$$

- Beda potensial antara A dan B, V_{AB} adalah

$$V_{AB} = V_B - V_A = 0,90 \times 10^5 - 1,8 \times 10^5 = \mathbf{-900 \times 10^4 \text{ V}}$$

- Usaha oleh gaya konservatif medan listrik berkaitan dengan beda energi potensial listrik usaha untuk memindahkan muatan $q_0 = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$,

$$W_{AB} = -\Delta E_{P_{AB}} = -(E_{PB} - E_{PA}) = -(q_0 V_B - q_0 V_A)$$

$$W_{AB} = -(1,6 \times 10^{-19})(-9,00 \times 10^4) = \mathbf{+1,44 \times 10^{-14} \text{ J}}$$

$$\mathbf{W_{luar} = -W_{konservatif} = -W_{AB} = -1,44 \times 10^{-14} \text{ J}}$$

C. Rangkuman

- Hukum Gauss menjelaskan tentang jumlah garis-garis gaya listrik (fluks listrik) yang menembus suatu permukaan tertutup, sama dengan jumlah muatan listrik yang dilingkupi oleh permukaan tertutup dibagi dengan permitivitas udara ϵ_0 .

$$\Phi = EA \cos \theta = \frac{\sum q}{\epsilon_0}$$

- Jumlah garis medan yang menembus keping dinyatakan dengan :

$$\phi = EA \cos \theta = \frac{\sum q}{\epsilon_0}$$

- Energi potensial listrik dinyatakan dengan persamaan

$$\Delta EP_{12} = EP_2 - EP_1 = kq_0q \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

- Potensial listrik merupakan perubahan energi potensial per satuan muatan ketika sebuah muatan uji dipindahkan di antara dua titik.

$$\Delta V_{12} = kq \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

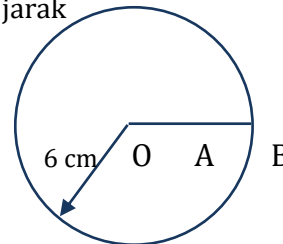
- Potensial listrik adalah besaran skalar. Jika terdapat potensial listrik yang ditimbulkan oleh beberapa muatan sumber, maka resultan potensial listriknya dapat dirumuskan dengan persamaan berikut :

$$V_{\text{total}} = \pm V_1 \pm V_2 \pm V_3 \pm \dots \pm V_n$$

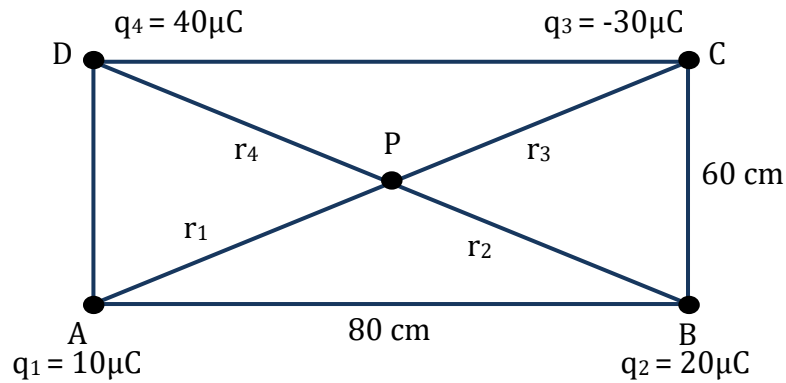
$$V = k \frac{q_1}{r_1} \pm k \frac{q_2}{r_2} \pm k \frac{q_3}{r_3} \pm \dots \pm k \frac{q_n}{r_n}$$

D. Latihan Soal

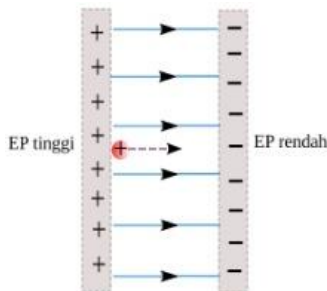
- Sebuah konduktor bola berongga diberi muatan $-50 \mu\text{C}$. Bola itu memiliki diameter 12 cm. Hitung kuat medan listrik pada jarak
 - 3 cm dari pusat bola
 - 6 cm dari pusat bola
 - 3 cm dari pusat bola



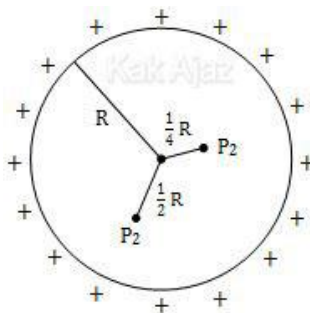
- Sebuah bola dimuati $+ 4,00 \times 10^{-6} \mu\text{C}$. Hitung:
 - potensial pada titik yang berjarak 0,200 m dari muatan (beri label titik a) dan titik yang berjarak 0,400 m dari muatan (beri label titik B)
 - Beda potensial antara a dan b
 - Usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan $+1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ (Proton) dari A ke B
- Empat buah muatan masing-masing $10 \mu\text{C}$, $20 \mu\text{C}$, $-30 \mu\text{C}$ dan $40 \mu\text{C}$ ditempatkan pada titik sudut sebuah persegi panjang dengan Sisi 60 cm x 80 cm. Potensial listrik pada titik tengah persegi panjang tersebut adalah..



4. Dua pelat sejajar masing-masing bermuatan positif dan negatif. Medan listrik di antara kedua pelat adalah 500 Volt/meter. Jarak antara kedua pelat adalah 2 cm. Tentukan perubahan energi potensial proton ketika bergerak dari pelat bermuatan positif ke pelat bermuatan negatif!



5. Sebuah bola konduktor berongga berjari-jari R cm pada kulitnya diberi muatan listrik. Jika besar potensial listrik pada jarak $\frac{1}{4} R$ dari pusat bola konduktor adalah P_1 dan pada jarak $\frac{1}{2} R$ adalah P_2 maka tentukan perbandingan hubungan P_1 dan P_2 !



Pembahasan Latihan Soal

- Diketahui = muatan konduktor $q = -50 \mu\text{C} = -50 \times 10^{-6} \text{ C}$
 Diameter = 12 cm
 Jari-jari $r = \frac{1}{2} D = 6 \text{ cm} = 6 \times 10^{-2} \text{ m}$
 $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$
 (a) titik A terletak di dalam bola, sehingga kuat medan listrik di A sama dengan 0 ($E_A=0$)
 (b) titik B terletak pada kulit bola, maka sesuai dengan persamaan

$$E_B = k \frac{q}{r_B^2} = (9 \times 10^9 Nm^2 C^{-2}) \frac{(-50 \times 10^{-6} C)}{(6 \times 10^{-2} m)^2}$$

$$E_B = -1,25 \times 10^8 N/m$$

Tanda negatif menyatakan bahwa arah kuat medan listrik adalah Radial ke dalam

(c) titik c terletak diluar bola dan sesuai persamaan

$$E_C = k \frac{q}{r_C^2} = (9 \times 10^9 Nm^2 C^{-2}) \frac{(-50 \times 10^{-6} C)}{(9 \times 10^{-2} m)^2}$$

$$E_B = -5,6 \times 10^7 N/C$$

2. Diketahui : $K = 9 \times 10^9 Nm^2 C^{-2}$

Muatan sumber $q = + 4,00 \times 10^{-6} C$

Dijawab :

(a) Potensial (mutlak) di hitung dengan menggunakan persamaan

$$r_A = 0,200m \rightarrow V_A = k \frac{q}{r_A} = (9 \times 10^9 Nm^2 C^{-2}) \frac{(4 \times 10^{-6} C)}{(0,200m)^2}$$

$$r_A = 1,80 \times 10^5 V$$

$$r_B = 0,200m \rightarrow V_B = k \frac{q}{r_B} = (9 \times 10^9 Nm^2 C^{-2}) \frac{(4 \times 10^{-6} C)}{(0,400m)^2}$$

$$r_B = 0,900 \times 10^5 V$$

(b) Beda potensial antara A dan B, V_{AB} adalah

$$V_{AB} = V_B - V_A = 0,90 \times 10^5 - 1,8 \times 10^5 = -900 \times 10^4 V$$

(c) Usaha oleh gaya konservatif medan listrik berkaitan dengan beda energi potensial listrik usaha untuk memindahkan muatan $q_0 = 1,6 \times 10^{-19} C$,

$$W_{AB} = -\Delta E_{P_{AB}} = -(E_{PB} - E_{PA}) = -(q_0 V_B - q_0 V_A)$$

$$W_{AB} = -(1,6 \times 10^{-19})(-9,00 \times 10^4) = +1,44 \times 10^{-14} J$$

$$W_{luar} = -W_{konservatif} = -W_{AB} = -1,44 \times 10^{-14} J$$

3. Pada gambar di atas, dengan menggunakan Tripel pythagoras akan diperoleh panjang AC = 100 cm sehingga r ($r_1 = r_2 = r_3 = r_4$) = AB = $\frac{1}{2}$ AC = 50 cm = $5 \times 10^{-1} m$. Maka, potensial listrik di titik P dapat dihitung dengan persamaan berikut : =

$$V_P = k \left(\frac{q_1}{r} + \frac{q_2}{r} + \frac{q_3}{r} + \frac{q_4}{r} \right) = \frac{k}{r} (q_1 + q_2 + q_3 + q_4)$$

$$V_P = \frac{9 \times 10^9}{5 \times 10^{-1}} (10 \times 10^{-6} + 20 \times 10^{-6} - 30 \times 10^{-6} + 40 \times 10^{-6})$$

$$V_P = \frac{9}{5} \times 10^{10} (40 \times 10^{-6}) = 72 \times 10^4 = 720 kV$$

4. Diketahui :

(E) = 500 Volt/meter

(s) = 2 cm = 0,02 meter

e = $+1,60 \times 10^{-19}$ Coulomb

Ditanya : (ΔEP)

Jawab :

Terlebih dahulu hitung beda potensial atau tegangan listrik:

$$V = E s$$

$$V = (500 \text{ Volt/meter})(0,02 \text{ meter})$$

$$V = 10 \text{ Volt}$$

Perubahan energi potensial listrik:

$$\Delta EP = q V$$

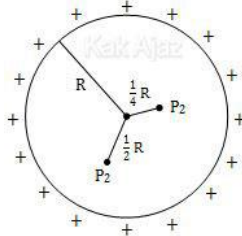
$$\Delta EP = (1,60 \times 10^{-19} C)(10 V)$$

$$\Delta EP = 16 \times 10^{-19} \text{ Joule}$$

$$\Delta EP = 1,6 \times 10^{-18} \text{ Joule}$$

Ketika berada di dekat pelat bermuatan positif, energi potensial listrik proton bernilai maksimum. Setelah tiba di dekat pelat bermuatan negatif, energi potensial listrik proton bernilai minimum. Jadi ketika bergerak dari pelat bermuatan positif ke pelat bermuatan negatif, energi potensial listrik proton berkurang.

5. Potensial listrik di dalam bola konduktor besarnya sama di setiap titik. Karena P1 dan P2 berada di dalam bola konduktor maka besar potensial listrik di P1 sama dengan yang di P2.



E. Penilaian Diri

Bagaimana Kemampuan Anda sekarang?

Mari cek kemampuan diri Anda dengan mengisi tabel berikut!

No	Pertanyaan	Ya	Tidak	Keterangan
1.	Saya dapat menganalisis Hukum Gauss (fluks) dalam berbagai distribusi muatan			
2.	Saya dapat menganalisis energi potensial listrik			
3.	Saya dapat menentukan resultan potensial listrik yang ditimbulkan oleh beberapa muatan sumber			
4.	Saya dapat membedakan potensial listrik pada bola konduktor dan memahami grafik V terhadap r			

Jika semua jawaban “YA”, maka Anda dapat melanjutkan kegiatan belajar selanjutnya.

Jika terdapat jawaban yang “TIDAK”, maka Anda bisa mengulang kembali materi yang masih belum dipahami.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

KAPASITOR DAN PENERAPAN LISTRIK STATIS DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI

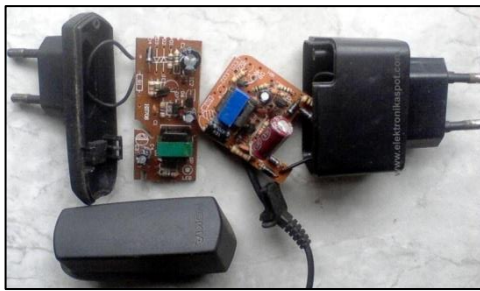
A. Tujuan Pembelajaran



Anda telah mempelajari kegiatan belajar 1 dan 2, berikutnya pelajarilah kegiatan belajar 3. Diharapkan setelah mempelajari kegiatan belajar 3, Anda dapat menganalisis karakteristik pada kapasitor, kapasitansinya, rangkaian kapasitor, menentukan energi yang tersimpan dalam kapasitor. serta memahami penerapan listrik statis dalam kehidupan sehari-hari

B. Uraian Materi

1. Kapasitor



Anda setiap hari tidak pernah lepas dengan segala macam alat-alat elektronika. Mulai dari berbagai macam gadget, TV, AC, dan lainnya. Pernahkah Anda bertanya bagaimana alat-alat tersebut dapat menyimpan energi sehingga bisa digunakan? Tahukah Anda bahwa di dalam alat-alat tersebut terdapat kapasitor?

Gambar 13. Kapasitor pada charger HP

Apa Itu Kapasitor ?

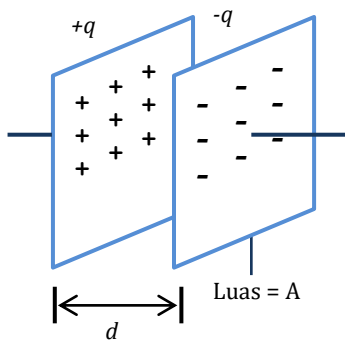


Gambar 14. Kapasitor kertas, eektrolit dan variabel

Sebuah kapasitor terdiri atas dua keping konduktor bermuatan sama besar dan tak sejenis, yang ruang di antaranya diisi oleh dielektrik (penyekat), seperti kertas atau udara. Satuan Internasional dari kapasitansi (sebutan kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan listrik) adalah Farad (F). Kapasitor adalah tempat penyimpanan energi yang dapat menyimpan energi kurang dari 10 J. Kapasitor digunakan karena dapat dimuati dan melepas muatannya dengan sangat cepat. Beberapa aplikasi kapasitor, diantaranya adalah Blitz pada kamera

$$C = \frac{q}{V}$$

2. Kapasitas Kapasitor Keping Sejajar



Kapasitor keping sejajar dihubungkan dengan baterai, dimana baterai memberikan muatan +q pada keping pertama, dan muatan -q pada keping kedua. Untuk menghitung kapasitas kapasitor, maka tentukan kuat medan listrik dalam ruang antara dua keping.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \text{ dengan } \sigma = \frac{q}{A}$$

Gambar 15. Kapasitor dua keping sejajar bermuatan sama dan tak sejenis, serta berjarak pisah d

Dalam kapasitor dua keping sejajar, $V = Ed$

$$V = Ed = \left(\frac{q}{\epsilon_0 A}\right) d \qquad V = \frac{qd}{\epsilon_0 A}$$

Setelah mendapatkan nilai V, maka secara sistematis, kapasitas kapasitor keping sejajar dapat dirumuskan dengan persamaan

$$C = \frac{q}{V} \qquad C = \frac{q}{\left(\frac{qd}{\epsilon_0 A}\right)} \qquad C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

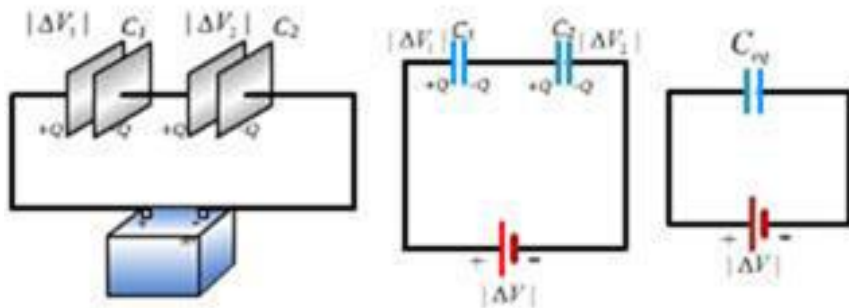
Jika terletak pada dielektik bukan udara, maka persamaannya yakni :

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$$

- Keterangan = ϵ_0 = Permitivitas udara = $8,85 \times 10^{-12}$ (C²/Nm²)
- A = Luas tiap Keping (m²)
- C = Kapasitansi (C/V atau farad)
- D = Jarak pisah antar keping (m)

3. Analisis Rangkaian Kapasitor

a. Susunan Seri Kapasitor



Gambar 16. Rangkaian seri kapasitor

Sumber : <https://www.tneutron.net/elektro/rangkaian-seri-dan-paralel-kapasitor/>

Muatan pada tiap kapasitor adalah sama dan **kapasitas ekivalen** dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$C_1 = \frac{q}{V_1} \Leftrightarrow V_1 = \frac{q}{C_1} \qquad C_2 = \frac{q}{V_2} \Leftrightarrow V_2 = \frac{q}{C_2}$$

$$V = V_1 + V_2$$

$$V = q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

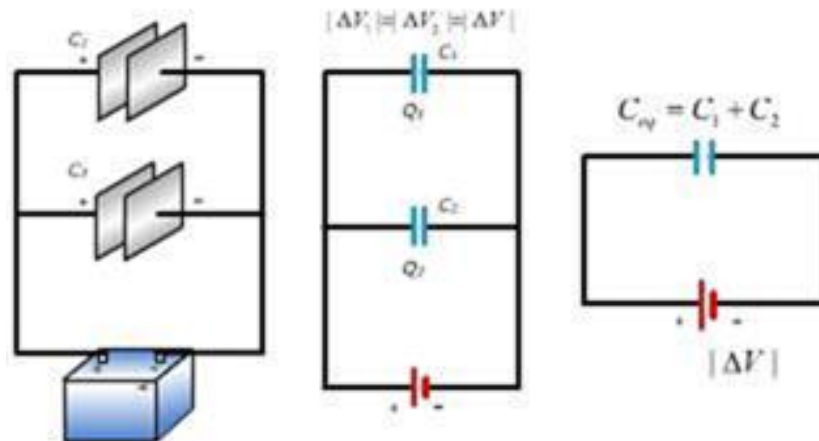
Pada susunan seri, muatan listrik yang mengalir melalui tiap kapasitor adalah sama ($q = q_1 = q_2 = q_3 = \dots$). Secara sistematis, **Kapasitas Ekivalen**, merupakan muatan kapasitor q dibagi dengan beda potensial V nya.

$$C_{ek} = \frac{q}{V} \text{ atau } V = q \left(\frac{1}{C_{ek}} \right)$$

$$q \left(\frac{1}{C_{ek}} \right) = q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

$$\frac{1}{C_{ek}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

b. Susunan Paralel Kapasitor



Gambar 17. Kapasitor yang disusun paralel, <https://www.tneutron.net/elektro/rangkaian-seri-dan-paralel-kapasitor/>

Muatan total pada susunan paralel q kapasitor ekivalen adalah

$$q = C \times V \Leftrightarrow q = q_1 + q_2 = C_1V + C_2V$$

$$q = (C_1 + C_2) V$$

$$C_{ek}V = (C_1 + C_2)V ; C_{ek} = C_1 + C_2$$

Sejumlah partikel yang disusun paralel, maka

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

Beda potensial tiap kapasitor dalam susunan paralel adalah sama, yaitu sama dengan beda potensial kapasitor ekivalennya. Tetapi, muatan tiap kapasitor umumnya tidak sama.

4. Energi Potensial Kapasitor

Sebuah kapasitor yang bermuatan memiliki potensial yang tersimpan di dalamnya. Pada sebuah kapasitor dua keping sejajar yang tak bermuatan, beda potensialnya adalah nol, sehingga beda potensial rata-rata (\bar{V}) selama proses pemindahan muatan (dari satu keping ke keping lainnya) ini adalah

$$\bar{V} = \frac{0+V}{2} = \frac{0+\frac{q}{C}}{2} \Leftrightarrow \bar{V} = \frac{q}{2C}$$

$$q = CV$$

$$W = q\bar{V}$$

$$C = \frac{q}{V}$$

Maka, persamaan energi yang tersimpan dalam kapasitor (energi potensial) adalah

$$W = \frac{1}{2} \times \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} qV = \frac{1}{2} CV^2$$

Keterangan =

W/E_p = Energi yang tersimpan dalam kapasitor (J)

C = Kapasitas Kapasitor (Farad)

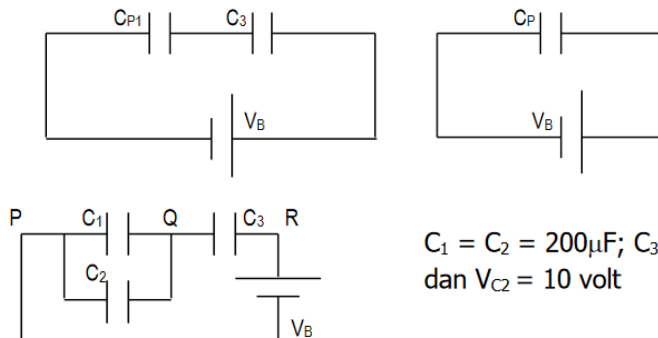
Q = Muatan yang tersimpan dalam kapasitor (C)

V = Beda potensial antara kaping kapasitor (V)

Contoh Soal

Dua kapasitor masing-masing $200\mu\text{F}$ digabung secara paralel. Gabungan tersebut kemudian digabung secara seridengan kapasitor $100\mu\text{F}$; kemudian diisi dengan sumber V_B . Setelah pengisian berhenti, ternyata $V_{C_2} = 10$ volt. Berapa (a) E_{C_3} dan (b) V_B ?

Jawab :



$$C_1 = C_2 = 200\mu\text{F}; C_3 = 100\mu\text{F}, \text{ dan } V_{C_2} = 10 \text{ volt}$$

- Menghitung E_{C3} :

Karena C_1 dan C_2 terangkai secara parallel, maka $V_{C1} = V_{C2} = V_{PQ}$; C_1 dan C_2 dapat diganti dengan satu kapasitor C_{P1} .

$C_{P1} = C_1 + C_2 = 200\mu F + 200\mu F = 400\mu F$. Rangkaian dapat diganti:

$q_{CP1} = C_{P1}V_{PQ} = 4 \times 10^{-4} F \times 10 \text{ volt} = 4 \times 10^{-3} \text{ coulomb}$.

C_{P1} dan C_3 terangkai seri, maka $q_{CP1} = q_{C3} = 4 \times 10^{-3} \text{ coulomb}$.

$$VC3 = \frac{q_{C3}}{C} = \frac{4 \times 10^{-3} C}{10^{-4} F} = 40 \text{ Volt}$$

$$E_{C3} = \frac{1}{2} C_3 V_3^2 = \frac{1}{2} \times 10^{-4} F \times (40)^2$$

- Menghitung V_B :

$V_B = V_{PR} = V_{PQ} + V_{QR} = (10 + 40) \text{ volt} = 50 \text{ volt}$

V_B dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

C_{P1} yang terangkai seri dengan C_3 dapat diganti dengan sebuah kapasitor C_P .

$$\frac{1}{C_P} = \frac{1}{C_{P1}} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{400\mu F} + \frac{1}{100\mu F} = \frac{5}{400\mu F} \Leftrightarrow C_P = 80N$$

$q_{CP} = q_{C3} = C_{P1} = 4 \times 10^{-3} C$

$$V_B = V_{CP} = \frac{Q_{CP}}{C_P} = \frac{4 \times 10^{-3}}{8 \times 10^{-5}} = \frac{400}{8} = 50N$$

5. Penerapan Listrik Statis

Berikut ini adalah contoh penerapan listrik statis dalam kehidupan sehari-hari.

▪ Debu yang Menempel Pada Layar Televisi

Dalam kasus ini, menempelnya debu pada layar TV anda terjadi karena debu tersebut ditarik *secara listrik*. Sebuah layar TV secara konstan ditembaki oleh elektron-elektron yang dihasilkan oleh bedil elektron, sehingga layar TV akan bermuatan negatif. Muatan negatif inilah yang akan menginduksi partikel debu dalam udara yang ada di depan kaca TV, sehingga akhirnya debu mendapat gaya tarikan, dan dapat menempel pada layar TV anda.



Gambar 17. TV yang berdebu.

▪ Terjadinya Petir

Petir merupakan salah satu contoh dari fenomena listrik statis, karena terjadi sebab adanya perpindahan elektron. Petir hanya muncul dengan waktu yang singkat, ketika elektron bebas berhasil pindah tempat, maka petir akan hilang. Ketika langit kelebihan elektron, petir pun muncul mengarah ke daerah yang memiliki elektron yang lebih sedikit. Karena elektron di langit yang sudah terlalu menumpuk, petir pun akan secara cepat menyambar benda-benda tinggi yang ada di bumi.



Gambar 18. Petir

▪ Printer Laser

Printer laser biasanya digunakan di sekolah atau di kantor – kantor. Printer laser bekerja menggunakan muatan listrik statis. Pada saat drum yang bermuatan positif berputar, laser bersinar melintasi permukaan yang tidak bermuatan. Laser selanjutnya menggambar pada kertas yang bermuatan negatif.



Gambar 19. Printer laser

Setelah melewati drum yang berputar kertas akan melewati fuser. Pada bagian fuser ini kertas akan mengalami pemanasan, yang menyebabkan kertas terasa panas pada saat keluar dari printer. Printer laser banyak dipilih untuk mencetak karena lebih cepat, lebih akurat, dan lebih ekonomis.

C. Rangkuman

1. Kapasitor terdiri atas dua keping konduktor bermuatan sama besar dan tak sejenis, yang ruang di antaranya diisi oleh dielektrik (penyekat), seperti kertas atau udara.
2. Kapasitansi atau kapasitas adalah ukuran kemampuan atau daya tampung kapasitor dalam menyimpan muatan listrik untuk beda potensial yang diberikan. Dengan persamaan $C = q/V$
3. Kapasitas kapasitor keping sejajar dapat dirumuskan dengan persamaan

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

4. Kapasitor dapat dirangkai secara seri dan paralel. Pada susunan seri, muatan listrik yang mengalir melalui tiap kapasitor adalah sama ($q = q_1 = q_2 = q_3 = \dots$). Kapasitas total dirangkai seri adalah

$$\frac{1}{C_{ek}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

5. Kapasitas ekivalen dari susunan paralel sama dengan penjumlahan dari kapasitas seluruh kapasitor. Beda potensial tiap kapasitor dalam susunan paralel adalah sama, yaitu sama dengan beda potensial kapasitor ekivalennya.

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

6. Energi yang tersimpan dalam kapasitor dapat dicari dengan persamaan

$$W = \frac{1}{2} \times \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} qV = \frac{1}{2} CV^2$$

7. Penerapan listrik statis dalam kehidupan sehari-hari diantaranya debu yang menempel pada TV, mesin fotokopi, printer laser, penangkal petir, dan lainnya

D. Penugasan Mandiri

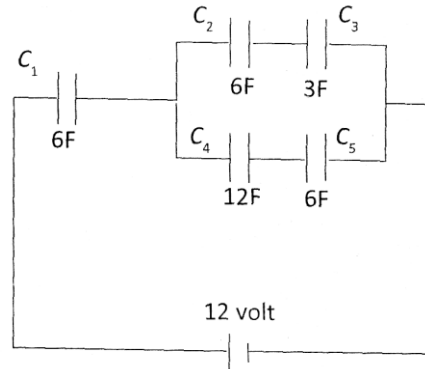
Untuk penugasan mandiri pada kegiatan belajar 3, cobalah untuk membuat presentasi bisa berupa PPT atau video belajar. Kembangkan kemampuan berpikir kalian untuk menganalisis penerapan kapasitor dalam kehidupan sehari-hari. Presentasi dibuat dengan bahasa yang jelas dan singkat maksimal 10 slide. Jika membuat video, durasi maksimal 5 menit. Cobalah untuk mengerjakan dengan sebaik-baiknya. Selalu SEMANGAT,

E. Latihan Soal

Berikutnya uji pemahaman Anda dengan menyelesaikan permasalahan pada latihan soal tentang kapasitor. Kerjakan di buku Anda dan cek jawaban dengan kunci jawaban dan pembahasan setelah Anda mencoba untuk menjawab latihan soal.

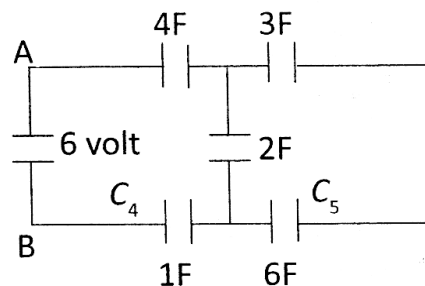
Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan lengkap dan tepat!

1. Perhatikan rangkaian di bawah ini!

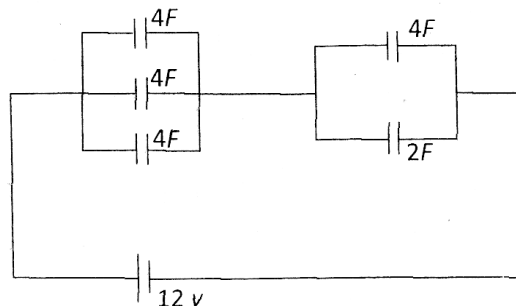


Tentukan besarnya muatan pada kapasitor C_5 !

2. Pada gambar di samping bila $V_{AB} = 6$ volt maka berapakah nilai energi listrik pada gambar!



3. Perhatikan rangkaian kapasitas berikut.



Tentukan Energi yang tersimpan dalam rangkaian listrik di atas!

4. Sebuah kapasitor 200 mF yang mula-mula tidak bermuatan di aliri arus 10 mA lama 10 second. Maka berapakah beda potensial yang terjadi pada kapasitor!

Pembahasan Latihan Soal

1. Untuk menentukan besar muatan di kapasitor C_5 maka harus di tentukan dengan mencari muatan total (Q_{total}). Untuk menentukan muatan total di cari dahulu C_{total} yang merupakan rangkaian seri dari C_1 C_p Di mana C_p merupakan rangkaian paralel dari rangkaian seri (C_{s1}) antara C_2 dan C_3 yang di paralel dengan rangkaian seri (C_{s2}) antara C_4 dan C_5 sehingga di peroleh

$$C_p = C_{s1} + C_{s2}$$

$$C_p = \left(\frac{1}{\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} \right) + \left(\frac{1}{\frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_5}} \right)$$

$$C_p = \frac{6}{3} + \frac{12}{3} = 6$$

Maka

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_p}$$

$$C_{total} = \frac{6}{2} = 3$$

$$Q_{total} = C_{total}V = 3 (12) = 36$$

$$Q_5 = \frac{C_{s2}}{C_p} Q_{total} = \frac{4}{6} (36) = 24$$

2. Lihat rangkaian berikut!

Seri dari 3F 6F adalah

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6}$$

$$C_s = \frac{6}{3} = 2F$$

Paralel dari C_s dan 2F adalah

$$C_p = C_s + 2$$

$$C_p = 2 + 2 = 4F$$

Seri antara C_p , 4F, dan 1F adalah C_{total}

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_p} + \frac{1}{4} + \frac{1}{1}$$

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{1}$$

$$C_{total} = \frac{4}{6} F$$

Maka energi pada rangkaian adalah

$$W = \frac{1}{2} CV^2, W = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{6} \cdot (6)^2 = 12 \text{ Joule}$$

3. Ingat energi total yang tersimpan pada kapasitor adalah

$$W = \frac{1}{2} C_{total} V^2$$

Kapasitas total (C_{total}) merupakan rangkaian seri dari C_{p1} (paralel antara 3 kapasitor dengan masing-masing $C=4$ F) dan C_{p2} (paralel antara 2 kapasitor dengan masing-masing $C=4$ F dan $C = 2F$)

Sehingga

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_{p1}} + \frac{1}{C_{p2}}$$

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{(4 + 4 + 4)} + \frac{1}{(2 + 4)}$$

$$C_{total} = 4 \text{ F}$$

Energi total yang tersimpan

$$W = \frac{1}{2} C_{total} V^2$$

$$W = \frac{1}{2} (4)(12)^2 = 288 \text{ Joule}$$

4. Kapasitas kapasitor $C = 200 \text{ mF} = 0,2 \text{ F}$ di aliri arus dengan $I = 10 \text{ mA} = 0,01 \text{ A}$ selama $t = 10 \text{ second}$.

Beda potensial yang terjadi adalah

$$V = \frac{Q}{C}$$

$$V = \frac{i \cdot t}{C}$$

$$V = \frac{0.01(10)}{0.02} = 0,5 \text{ V}$$

F. Penilaian Diri

Bagaimana Kemampuan Anda sekarang?

Mari cek kemampuan diri Anda dengan mengisi tabel berikut!

No	Pertanyaan	Ya	Tidak	Keterangan
1.	Saya dapat menjelaskan pemanfaatan kapasitor dalam kehidupan sehari-hari			
2.	Saya dapat menganalisis rangkaian kapasitor secara seri dan paralel			
3.	Saya dapat menentukan kapasitas kapasitor pada berbagai jenis kapasitor			
4	Saya dapat memahami penerapan listrik statis dalam kehidupan sehari- hari			

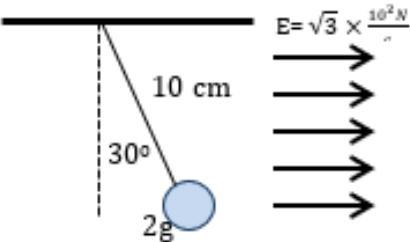


Jika semua jawaban “YA”, maka Anda dapat melanjutkan untuk mengerjakan evaluasi. Jika terdapat jawaban yang “TIDAK”, maka Anda bisa mengulang kembali materi yang masih belum dipahami.

EVALUASI

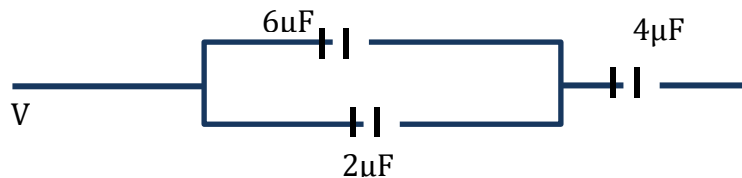
Setelah mempelajari seluruh kegiatan belajar, maka ujilah pemahaman Anda dengan menyelesaikan evaluasi materi listrik statis.

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat

- Dua buah bola berongga masing-masing memiliki jari-jari r dan $2r$, serta bermuatan q dan $2q$. Perbandingan antara kuat medan listrik permukaan bola 2 dan bola 1 adalah...
 - 1 : 4
 - 2 : 1
 - 3 : 4
 - 3 : 2
 - 4 : 3
- Dua buah keping dengan luas masing-masing $0,8 \text{ m}^2$ terpisah sejauh $2,5 \text{ mm}$ memiliki rapat muatan $17,7 \text{ nC/m}^2$. Besar kuat medan listrik diantara keping identik tersebut adalah ...
 - $0,5 \text{ kN/C}$
 - $2,0 \text{ kN/C}$
 - $4,5 \text{ kN/C}$
 - $6,0 \text{ kN/C}$
 - $10,0 \text{ kN/C}$
- Bola konduktor bermassa $2g$ digantung pada seutas tali ringan sepanjang 10 cm . Bola dipengaruhi medan listrik sebesar $\sqrt{3} \times \frac{10^2 N}{C}$ searah dengan dumbu x positif. Akibatnya, bola membentuk sudut 30° dari kedudukan awalnya. Besar muatan pada bola tersebut adalah ... μC . ($g=10 \text{ m/s}^2$)
 
 - 5 mC
 - $\frac{20}{3} \text{ mC}$
 - $\frac{32}{3} \text{ mC}$
 - $\frac{40}{3} \text{ mC}$
 - 15 mC
- Dua buah muatan -2 mC dan 4 mC terpisah pada jarak 15 cm satu sama lain. Suatu titik P berada di antara kedua muatan tersebut. dan berjarak 5 cm dari muatan -2 mC . Potensial listrik di titik P yaitu...
 - 0
 - 180 MV
 - 360 MV
 - 540 MV
 - 720 MV

5. Untuk memindahkan muatan positif 5mC dari titik yang potensialnya 12V ke suatu titik yang potensialnya 22V dibutuhkan usaha sebesar...
- $0,005\text{ J}$
 - $0,05\text{ J}$
 - $0,5\text{ J}$
 - $5,0\text{ J}$
 - $50,0\text{ J}$

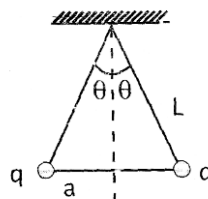
6. Perhatikan gambar rangkaian berikut !



Tiga buah kapasitor tersusun seperti pada gambar, besar energi yang tersimpan pada rangkaian tersebut jika diberi tanda potensial 12 Volt adalah ...

- $5,94 \times 10^{-4}\text{ J}$
 - $4,94 \times 10^{-4}\text{ J}$
 - $3,94 \times 10^{-4}\text{ J}$
 - $2,94 \times 10^{-4}\text{ J}$
 - $1,94 \times 10^{-4}\text{ J}$
7. Dua buah kapasitor identik mula-mula belum bermuatan akan dihubungkan dengan baterai 10V . Bila hanya satu saja yang dibutuhkan dengan baterai 10V tersebut, energi yang tersimpan dalam kapasitor adalah E . Energi yang akan tersimpan bila kedua kapasitor tadi dihubungkan secara seri dengan baterai, adalah...
- $\frac{1}{4} E$
 - $\frac{1}{2} E$
 - E
 - $2E$
 - $4 E$
8. Dua buah muatan masing-masing bermuatan sejenis sebesar q memiliki gaya elektrostatis sebesar F jika muatan tersebut terpisah sejauh d . Jika salah satu muatan diganti menjadi $2q$ dan jarak pisah menjadi $\frac{1}{2} d$ maka besar gaya elektrostatis kedua muatan menjadi....
- $16 F$
 - $8 F$
 - $4 F$
 - $\frac{1}{2} F$
 - $\frac{1}{4} F$
9. Sebuah bola konduktor berongga bermuatan Q berjari-jari R berada di udara. Nilai potensial listrik di dalam bola adalah ...
- lebih kecil dari potensial permukaan
 - lebih kecil potensial di luar bola
 - sama dengan di permukaan bola
 - sama dengan nol
 - sama dengan di luar bola

10. Sebuah bola logam pejal yang mula-mula netral di beri muatan $+Q$. Pernyataan yang benar terkait dengan peristiwa tersebut adalah ...
- energi listrik bola tidak berubah.
 - Timbul arus listrik di permukaan bola.
 - Muatan listrik tersebar merata di seluruh bagian bola
 - Potensial listrik di dalam bola harus sama dengan nol.
 - Medan listrik di dalam bola harus sama dengan nol.
11. Sebuah kapasitor 200 mF yang mula-mula tidak bermuatan di aliri arus 10 mA lama 10 second. Beda tegangan yang terjadi pada kapasitor adalah ...
- 1000 mV
 - 500 mV
 - 250 mV
 - 50 mV
 - 25 mV
12. Tiga buah kapasitor dengan kapasitansi masing-masing 1 mF, 2 mF, dan 3 mF di rangkai secara seri dan di beri tegangan 1 volt pada ujung-ujungnya.
- Masing-masing kapasitor memiliki muatan yang sama banyak
 - Kapasitor yang besarnya 1 mF menyimpan energi listrik terbesar.
 - Pada kapasitor 3 mF bekerja tegangan terkecil.
 - Ketiga kapasitor bersama-sama membentuk sebuah kapasitor ekivalen dengan muatan tersimpan sebesar $6/11$ C
- Manakah pernyataan berikut ini yang benar adalah ...
- (1), (2), (3)
 - (1) dan (3)
 - (2) dan (4)
 - (4) saja
 - (1), (2), (3), dan (4)
13. Empat buah muatan masing-masing $q_1 = -2 \mu\text{C}$, $q_2 = 1 \mu\text{C}$, $q_3 = -1 \mu\text{C}$. terletak di sudut-sudut suatu bujur sangkar berisi 0,2 m. bila di ketahui ϵ_0 adalah permitivitas vacum maka potensial listrik di titik tengah bujur sangkar tersebut adalah ...
- $\frac{5\sqrt{2}}{4\pi\epsilon_0} \mu\text{V}$
 - $-\frac{5\sqrt{2}}{4\pi\epsilon_0} \mu\text{V}$
 - $\frac{25\sqrt{2}}{4\pi\epsilon_0} \mu\text{V}$
 - $-\frac{\sqrt{10}}{4\pi\epsilon_0} \mu\text{V}$
 - $0 \mu\text{V}$
14. Dua bola identik bermuatan memiliki massa $3,0 \times 10^{-2}$ kg di gantung seperti pada gambar. Panjang L setiap tali adalah 0,15 m. Massa tali dan hambatan udara di abaikan. 10 m/s^2 maka besar muatan pada setiap bola adalah ...



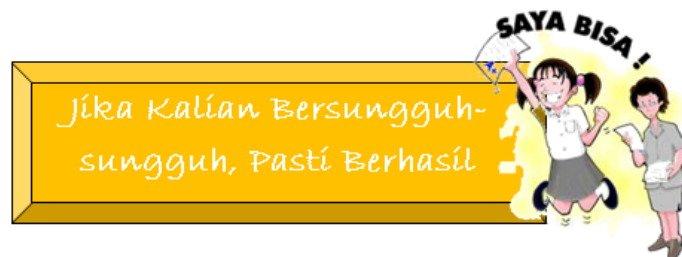
- A. $4,4 \times 10^{-6} \text{ C}$
- B. $4,4 \times 10^7 \text{ C}$
- C. $4,4 \times 10^{-8} \text{ C}$
- D. $8,8 \times 10^{-7} \text{ C}$
- E. $8,8 \times 10^{-8} \text{ C}$

15. Kapasitor $C_1 = 1 \mu\text{F}$, $C_2 = 2 \mu\text{F}$, dan $C_3 = 3 \mu\text{F}$ di hubungkan paralel dan di beri tegangan V volt. Berikut pernyataan-pernyataan yang terkait :

- (1). Pada masing masing kapasitor akan bekerja tegangan yang sama.
- (2). Kapasitor C_3 menyimpan energi listrik paling banyak.
- (3). Kapasitor C_1 mempunyai muatan paling kecil.
- (4). Ketiga kapasitor mempunyai harga kapasitansi ekifalen $6 \mu\text{F}$

Pernyataan – pernyataan di atas yang tepat adalah

- A. (1), (2), (3)
- B. (1) dan (3)
- C. (2) dan (4)
- D. (4) saja
- E. (1), (2), (3), dan (4)



KUNCI JAWABAN EVALUASI

1. B
2. B
3. B
4. A
5. B
6. E
7. B
8. A
9. C
10. C
11. B
12. A
13. B
14. C
15. E

DAFTAR PUSTAKA

Kamajaya, K dan Purnama, W. 2014. Fisika untuk Kelas XII SMA. Bandung : Grafindo

Kangenan, M. 2016. Fisika untuk SMA Kelas XII. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Resnick, Halliday and Walker. 2009. *Fundamental of physics 6th edition*: John Wiley & Son.

Giancoli, D.C. 2005. Physics. New York : Prentice Hall. Inc