



MODUL
TEMA 12

Tarik Menarik dan Tolak Menolak

FISIKA PAKET C SETARA SMA/MA KELAS XII



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Direktorat Jenderal PAUD, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah
Direktorat Pendidikan Masyarakat dan Pendidikan Khusus
Tahun 2020



MODUL
TEMA 12

Tarik Menarik dan Tolak Menolak

FISIKA PAKET C SETARA SMA/MA KELAS XII



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Direktorat Jenderal PAUD, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah
Direktorat Pendidikan Masyarakat dan Pendidikan Khusus
Tahun 2020

Fisika Paket C Setara SMA/MA Kelas XII
Modul Tema 12 : Tarik Menarik dan Tolak Menolak

- **Penulis:** Drs. Sanserlis F. Toweula, M.Si.
- **Editor:** Dr. Samto; Dr. Subi Sudarto
Dra. Maria Listiyanti; Dra. Suci Paresti, M.Pd.; Apriyanti Wulandari, M.Pd.
- **Diterbitkan oleh:** Direktorat Pendidikan Masyarakat dan Pendidikan Khusus–Direktorat Jenderal Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah–Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

iv+ 80 hlm + ilustrasi + foto; 21 x 28,5 cm

Kata Pengantar

Pendidikan kesetaraan sebagai pendidikan alternatif memberikan layanan kepada masyarakat yang karena kondisi geografis, sosial budaya, ekonomi dan psikologis tidak berkesempatan mengikuti pendidikan dasar dan menengah di jalur pendidikan formal. Kurikulum pendidikan kesetaraan dikembangkan mengacu pada kurikulum 2013 pendidikan dasar dan menengah hasil revisi berdasarkan peraturan Mendikbud No.24 tahun 2016. Proses adaptasi kurikulum 2013 ke dalam kurikulum pendidikan kesetaraan adalah melalui proses kontekstualisasi dan fungsionalisasi dari masing-masing kompetensi dasar, sehingga peserta didik memahami makna dari setiap kompetensi yang dipelajari.

Pembelajaran pendidikan kesetaraan menggunakan prinsip flexible learning sesuai dengan karakteristik peserta didik kesetaraan. Penerapan prinsip pembelajaran tersebut menggunakan sistem pembelajaran modular dimana peserta didik memiliki kebebasan dalam penyelesaian tiap modul yang di sajikan. Konsekuensi dari sistem tersebut adalah perlunya disusun modul pembelajaran pendidikan kesetaraan yang memungkinkan peserta didik untuk belajar dan melakukan evaluasi ketuntasan secara mandiri.

Tahun 2017 Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan, Direktorat Jendral Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat mengembangkan modul pembelajaran pendidikan kesetaraan dengan melibatkan Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru dan tutor pendidikan kesetaraan. Modul pendidikan kesetaraan disediakan mulai paket A tingkat kompetensi 2 (kelas 4 Paket A). Sedangkan untuk peserta didik Paket A usia sekolah, modul tingkat kompetensi 1 (Paket A setara SD kelas 1-3) menggunakan buku pelajaran Sekolah Dasar kelas 1-3, karena mereka masih memerlukan banyak bimbingan guru/tutor dan belum bisa belajar secara mandiri.

Kami mengucapkan terimakasih atas partisipasi dari Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru, tutor pendidikan kesetaraan dan semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penyusunan modul ini.

Jakarta, 1 Juli 2020
Plt. Direktur Jenderal



Hamid Muhammad

Modul Dinamis: Modul ini merupakan salah satu contoh bahan ajar pendidikan kesetaraan yang berbasis pada kompetensi inti dan kompetensi dasar dan didesain sesuai kurikulum 2013. Sehingga modul ini merupakan dokumen yang bersifat dinamis dan terbuka lebar sesuai dengan kebutuhan dan kondisi daerah masing-masing, namun merujuk pada tercapainya standar kompetensi dasar.

Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Pengantar Modul	1
Petunjuk Penggunaan Modul	2
Tujuan yang Diharapkan Setelah Mempelajari Modul	2
UNIT 1 LISTRIK STATIS (ELEKTROSTATIKA)	3
A. Muatan Listrik	3
B. Sifat dan Besar Muatan Listrik	5
C. Hukum Coulomb	6
Penugasan	8
D. Medan Listrik Akibat Muatan Listrik	8
UNIT 2 KUAT MEDAN PADA BENDA BERMUATAN LISTRIK	12
A. Hukum Gaus Tentang Fluks Listrik	12
B. Kuat Medan Listrik Bola Berongga	14
C. Kuat Medan Listrik Bola Pejal	15
D. Kuat Medan Listrik pada Lempeng Bermuatan	16
E. Kuat Medan Listrik pada Keping Sejajar	16
F. Energi Potensial (U) dan Potensial Listrik (V)	20
Penugasan	23
Latihan	23
UNIT 3 KAPASITOR	25
A. Apa Itu Kapasitor	25
B. Fungsi Kapasitor	26
C. Jenis Kapasitor	27
D. Cara Kerja Kapasitor	29
E. Kapasitas Kapasitor (C)	30
F. Energi Kapasitor	33
G. Susunan Kapasitor	34
Penugasan	37
Latihan	37
UNIT 4 TERAMPIL MENERAPKAN	39
A. Memuati Kapasitor dan Mengosongkan Kapasitor	39
B. Mengukur Besaran-besaran Kapasitor	41
Rangkuman	43
Uji Kompetensi	45
Kunci Jawaban dan Pembahasan	50
Penilaian	74
Kriteria Pindah Modul	76
Saran Referensi	77
Daftar Pustaka	77



Tarik Menarik dan Tolak Menolak

Pengantar Modul

Anda pernah mendengar atau menerima nasihat seperti ini? Di tengah hujan lebat disertai petir jangan berteduh di bawah pohon besar berdaun rimbun. Secara naluriah ketika kehujanan orang akan mencari tempat berteduh, dan tempat yang paling baik menahan air hujan adalah pohon rindang. Tetapi jangan abaikan nasihat. Sebab pohon yang tinggi apalagi berdaun rimbun bukanlah penangkal petir.

Hujan yang lebat umumnya disertai dengan petir yang hebat. Keberadaan petir saat hujan ini lah yang bisa membahayakan nyawa kita jika berteduh di bawah pohon. Petir yang datang bersama hujan selalu mencari medan magnet positif yang posisinya paling dekat di permukaan bumi. Medan magnet tersebut antara lain bangunan yang tinggi juga pepohonan.

Saat hujan, pohon tersebut akan basah dengan air sehingga pohon pun menjadi konduktor yang sangat baik dalam hal mengantarkan arus listrik. Saat seseorang berteduh di bawah pohon maka potensi tersengat arus listrik ini pun mengintai. Oleh sebab itu tidak disarankan untuk berteduh di bawah pohon saat hujan lebat.

Petir sebagai salah satu fenomena alam selain sangat menarik untuk diamati dan sangat

dijadikan objek fotografi, namun juga sangat berbahaya. Pada Gambar 1 diperlihatkan fenomena petir yang sangat spektakuler hasil pemotretan. Petir terjadi karena adanya pergerakan dan interaksi muatan listrik di udara. Bagaimana hal ini dapat terjadi? Akan warga belajar temukan jawabannya pada uraian berikut.

Petunjuk Penggunaan Modul

Modul ini berjudul “Tolak Menolak dan Tarik Menarik” sesuai dengan karakteristik gaya elektrostatis (listrik statis). Modul ini terutama digunakan untuk kegiatan belajar mandiri dan sebagai acuan kegiatan pembelajaran di kelas. Untuk menguasai materi listrik statis yang diuraikan dalam modul ini, ikutilah petunjuk pembelajaran berikut ini:

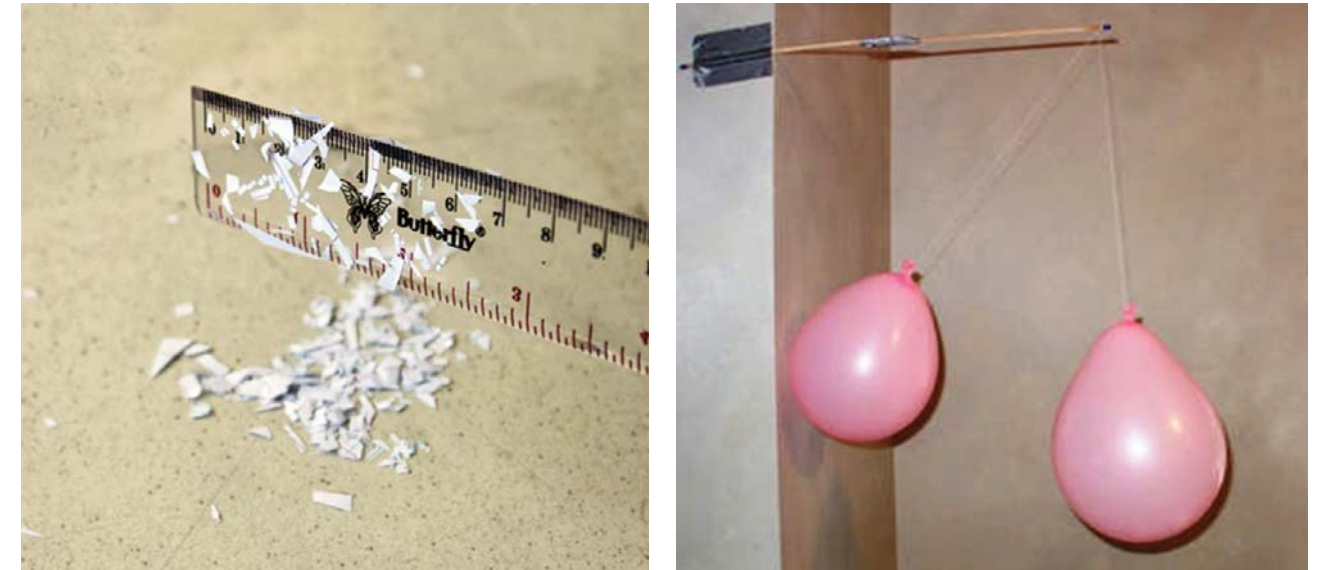
1. Berdoalah sebelum memulai belajar
2. Bacalah halaman demi halaman dengan teliti;
3. Mulailah setiap kegiatan pembelajaran dengan membaca pengantar sesuai dengan materi pembelajaran;
4. Pilihlah beragam metode pembelajaran yang akan digunakan;
5. Catatlah materi yang kurang dipahami
6. Diskusikan materi yang belum dipahami dengan teman atau tutor
7. Gunakanlah media atau sumber belajar alternatif yang tersedia di lingkungan sekolah.
8. Kerjakan latihan dan tugas yang terdapat dalam modul
9. Jika telah memahami seluruh materi modul, lanjutkan dengan evaluasi akhir modul
10. Selamat belajar!

Tujuan yang Diharapkan Setelah Mempelajari Modul

Setelah mempelajari materi listrik statis warga belajar memahami konsep gaya listrik, kuat medan listrik, fluks, potensial listrik, energi potensial listrik. Berdasarkan pemahaman konsep tersebut, warga belajar akan mempelajari berbagai fenomena listrik statis dalam kehidupan sehari-hari, serta mengembangkan pengalamannya melalui percobaan-percobaan sederhana. Dengan memahami konsep dan penggunaan listrik statis dalam berbagai kejadian nyata di kehidupan sehari-hari warga belajar dapat mengembangkan sikap bertanggungjawab, objektif dan kritis tentang kelistrikan. Warga belajar juga dapat memiliki dan mengembangkan sikap positif terhadap listrik statis sebagai anugerah Tuhan Yang Maha Esa, yang memberikan berbagai manfaat bagi kehidupan manusia.

UNIT 1

LISTRIK STATIS



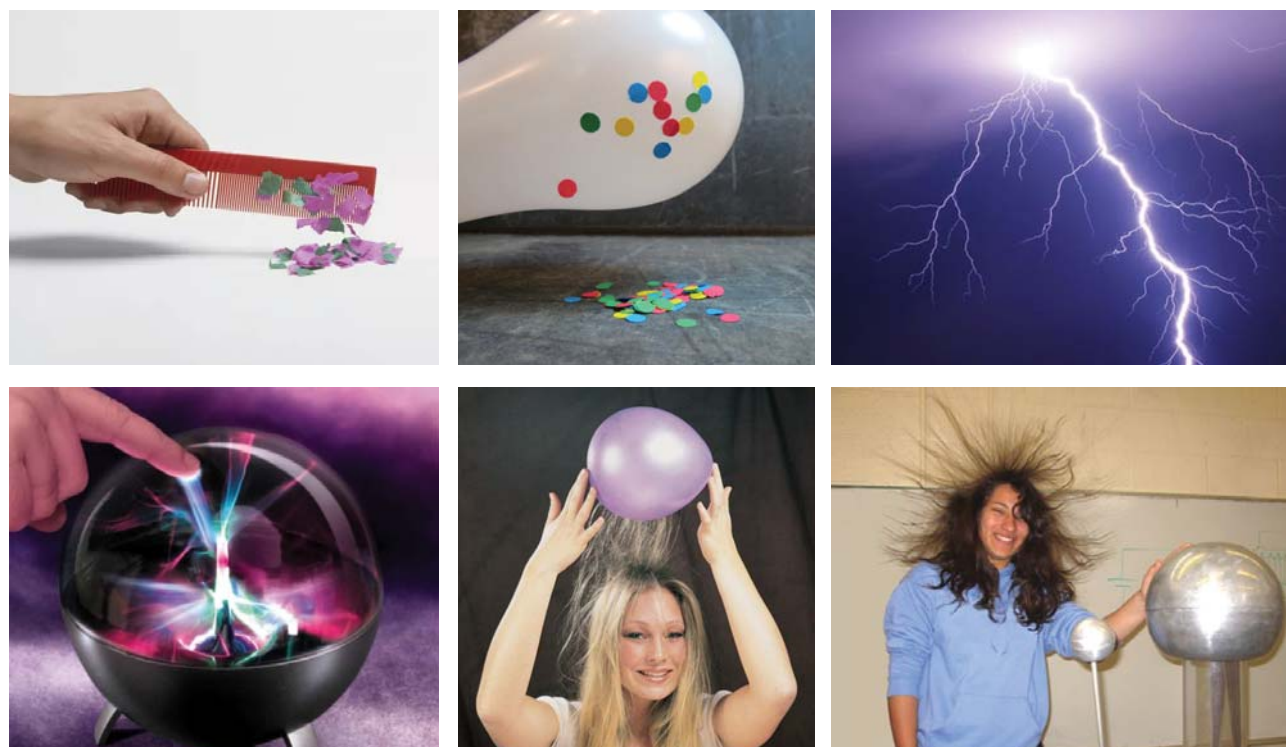
Gambar 1. Penggaris plastik (kiri) dan balon (kanan) setelah digosok dengan kain wol menghasilkan interaksi yang berbeda.

A. Muatan Listrik

Interaksi antara benda-benda bermuatan listrik dapat berupa interaksi tarik-menarik atau tolak-menolak. Interaksi ini dinamakan interaksi elektrostatis. Dari interaksi inilah para fisikaawan mengetahui adanya dua jenis muatan listrik. Penggaris plastik yang di gosok dengan kain wol akan memiliki muatan negatif pada permukaannya, sehingga dapat menarik potongan kertas kecil, seperti tampak pada gambar 1. Hasil yang berbeda terjadi ketika dua buah balon digosok dengan kain wol lalu didekatkan, kedua balon bergerak saling menjauh.

Dari fenomena ini disimpulkan bahwa muatan listrik yang dimiliki penggaris berbeda dengan muatan listrik pada kertas, menyebabkan kertas ditarik oleh penggaris. Demikian pula dengan kedua balon yang saling menjauh ketika didekatkan menunjukkan bahwa kedua balon memiliki muatan yang sama. Dalam hal ini terjadi interaksi muatan listrik saat kedua benda didekatkan yaitu saling menarik dan saling menolak yang disebabkan oleh muatan listrik pada kedua benda tersebut.

Pada gambar 2 memperlihatkan beberapa hasil eksperimen sederhana tentang interaksi benda-benda bermuatan listrik. Dari fenomena-fenomena tersebut disimpulkan bahwa ada dua jenis



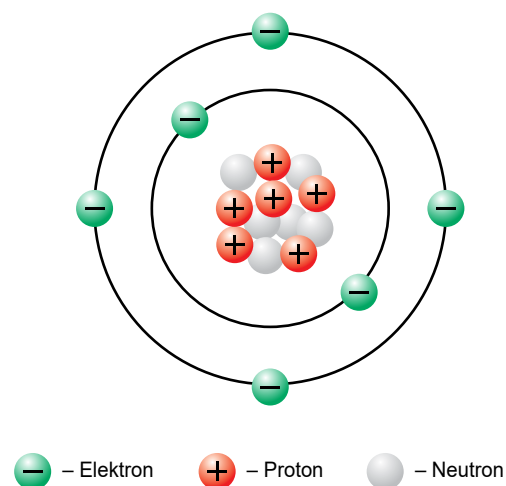
sumber: www.verywellfamily.com/realpurdy.com/www.intfoodtechno2010.org/www.treehugger.com

Gambar 2. Beberapa fenomena kelistrikan pada sejumlah benda bermuatan listrik

muatan listrik yang dinamakan muatan listrik negatif dan muatan listrik positif.

Berdasarkan pada teori atom yang menyatakan bahwa setiap benda terdiri dari susunan partikel elementer yaitu neutron, proton, dan elektron. Muatan listrik positif merupakan partikel proton yang berada dalam inti atom. Muatan listrik negatif merupakan elektron yang bergerak mengelilingi inti atom melalui lintasan-lintasan tertentu. Susunan partikel-partikel ini ditunjukkan pada gambar 3.

Munculnya muatan listrik positif atau negatif pada benda-benda yang digosok dengan benda lain menunjukkan bahwa muatan listrik dapat dipindahkan dari satu benda ke benda lainnya. Misalnya ketika balon digosok dengan kain sutera maka sejumlah muatan negatif dari kain sutera dipindahkan ke permukaan balon sehingga muatan negatif balon lebih besar dari muatan positifnya. Ketika balon didekatkan pada potongan-potongan kertas kecil maka muatan positif pada permukaan kertas akan ditarik oleh muatan negatif pada balon tersebut. Karena berat dan ukuran kertas lebih kecil dari balon, maka potongan kertas ditarik dan menempel pada balon untuk beberapa saat lamanya.



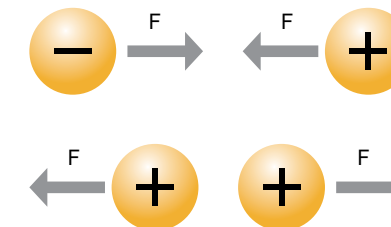
sumber: www.universetoday.com

Gambar 3. Struktur atom

B. Sifat dan Besar Muatan Listrik

Berdasarkan pada fenomena interaksi benda-benda bermuatan listrik dapat disimpulkan beberapa sifat muatan listrik sebagai berikut:

Muatan listrik sejenis akan saling tolak menolak dan muatan listrik tidak sejenis akan saling tarik menarik. Pada gambar 4, menunjukkan bentuk interaksi Tarik menarik antara muatan listrik.



Gambar 4. Tolak menolak dan Tarik menarik

Bermuatan akan listrik positif apabila mempunyai jumlah proton yang lebih banyak daripada jumlah elektronnya. Benda akan bermuatan listrik negatif apabila mempunyai jumlah elektron yang lebih banyak dari pada jumlah proton. Benda netral apabila jumlah proton sama banyaknya dengan jumlah elektron.

Besarnya muatan listrik berhasil diukur oleh Robert Andrew Millikan (1909) dalam suatu percobaan yang dinamakan percobaan tetes minyak Millikan. Besarnya adalah 1.602×10^{-19} C. Sehingga muatan listrik yang dikandung oleh sebuah proton adalah $+1,602 \times 10^{-19}$ C, sedangkan elektron mempunyai muatan sebesar $-1,602 \times 10^{-19}$ C. Tabel 1 memperlihatkan besar muatan dan massa elektron.

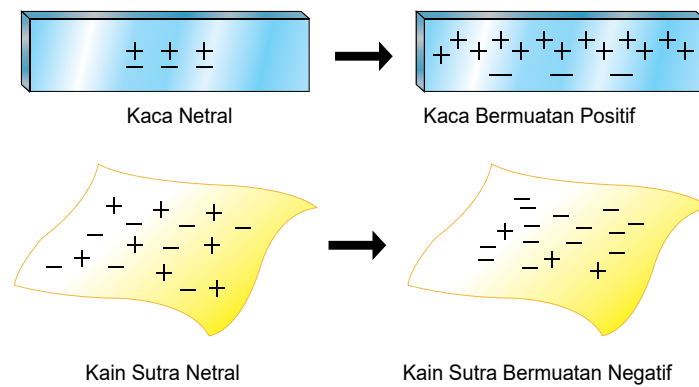
Tabel 1. Muatan dan Massa Partikel Penyusun Atom

Nama Partikel	Lambang	Penemu (Tahun)	Muatan		Massa	
			Absolut (C = Coulomb)	Relatif	kg	sma
Proton	P	Eugene Goldstein (1886)	$+1,6022 \times 10^{-19}$	+1	$1,6022 \times 10^{-27}$	1,0073
Elektron	E	JJ. Thomson (1897)	$-1,6022 \times 10^{-19}$	-1	$9,1095 \times 10^{-31}$	$5,4859 \times 10^{-4}$
Neutron	N	James Chadwick (1932)	0	0	$1,6749 \times 10^{-27}$	10087

Beberapa sifat kelistrikan yang dimiliki muatan listrik:

1. Muatan listrik ada dua macam yaitu muatan positif (proton) dan muatan negatif (elektron). Muatan listrik diperkenalkan pertama kali oleh Benjamin Franklin (1706 – 1790) dari hasil percobaan menggosokkan batang karet pada bulu domba kemudian didekatkan pada batang kaca. Ternyata karet dan kaca saling Tarik menarik.
2. Muatan sejenis tolak menolak dan muatan berlainan jenis tarik menarik.

3. Muatan bersifat kekal artinya muatan tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan. Ketika suatu benda bergesekan (digosokkan) dengan benda lain yang terjadi ialah bukan penciptaan muatan tetapi pemindahan muatan. Ketika kain sutera digosokkan ke batang kaca yang terjadi ialah muatan negatif dari kaca akan mengalir ke kain sutera. Akibatnya kain sutera kelebihan bermuatan negatif dan kaca kekurangan elektron sehingga kaca bermuatan positif.



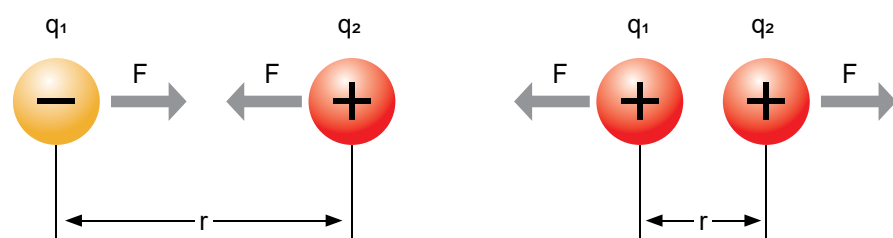
Gambar 5. Tolak menolak dan tarik menarik

4. Muatan terkuantisasi artinya muatan listrik dari satu partikel atau benda selalu merupakan kelipatan muatan terkecil yaitu elektron (-e atau +p)

C. Hukum Coulomb

Besarnya gaya tarik menarik atau tolak menolak dari muatan listrik dirumuskan oleh Charles Augustin de Coulomb pada akhir abad ke 18. Coulomb menyatakan bahwa :

“Gaya tarik menarik atau gaya tolak menolak antara dua muatan listrik sebanding dengan muatan-muatannya dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak yang memisahkan kedua muatan tersebut.”



Gambar 6. Besar gaya listrik bergantung pada jarak (r) antar kedua muatan.

Secara matematis

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Di mana:

F adalah gaya tarik menarik/tolak menolak, satuan Newton (N).

q adalah muatan listrik, satuan coulomb (C)

r adalah jarak antara kedua muatan,

k adalah konstanta pembanding

ϵ_0 adalah permitivitas listrik dalam ruang hampa/udara = $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}$

Besar gaya Coulomb dalam persamaan ini berlaku jika muatan berada dalam ruang hampa udara. Untuk ruang hampa udara besar konstanta k adalah $1/4\pi\epsilon_0 = 9 \times 10^9$. Jika muatan berada di luar ruang hampa yang mempunyai permitivitas ϵ , maka besar gaya Coulomb memenuhi persamaan

$$F_{\text{medium}} = \frac{F_{\text{vakum}}}{\epsilon_r}, \quad \epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$$

ϵ_r dinamakan permisivitas relatif medium yang besarnya adalah 1,0006. Dari hubungan ini tampak bahwa gaya Coulomb di dalam ruang hampa lebih besar daripada di luar ruang hampa udara. Gaya Coulomb disebut juga sebagai gaya elektrostatis.

Contoh 1

Dua muatan titik yang sejenis dan sama besar $Q_A = Q_B = 10^{-9} \text{ C}$ berada pada jarak 20 cm satu dari yang lain. Jika $(4\pi\epsilon_0)^{-1} = 9 \times 10^9 \text{ Nm/C}^2$, maka gaya tolak yang dialami kedua muatan adalah ...

Pembahasan:

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

$$F_c = (9 \times 10^9) \frac{10^{-9} \cdot 10^{-9}}{0,2^2} = \frac{9 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-2}} = 2,25 \times 10^{-7} \text{ N}$$

Contoh 2

Dua partikel bermuatan 3 nC dan 12 nC. Supaya gaya tolak kedua partikel besarnya 0,081 N, maka partikel tersebut harus terpisah sejauh ...

Pembahasan:

$$1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$$

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

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

$$0,081 = (9 \times 10^9) \frac{(3 \text{ nC}) \cdot (12 \text{ nC})}{r^2}$$

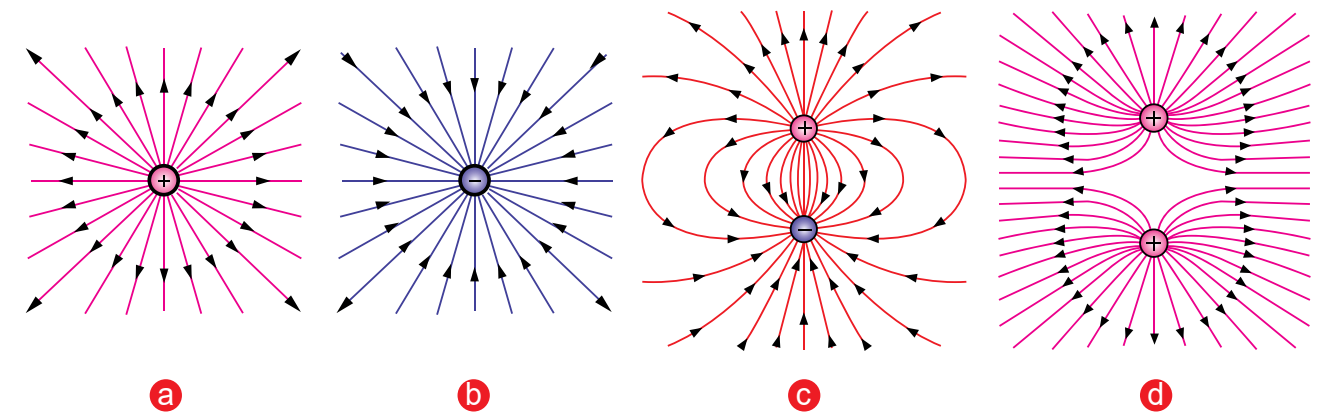
$$0,009 = (10^9) \frac{(36 \times 10^{-18})}{r^2}$$

$$0,001 = (10^9) \frac{(4 \times 10^{-18})}{r^2}$$

$$r^2 = (10^9) \frac{(10^{-18})}{10^{-3}}$$

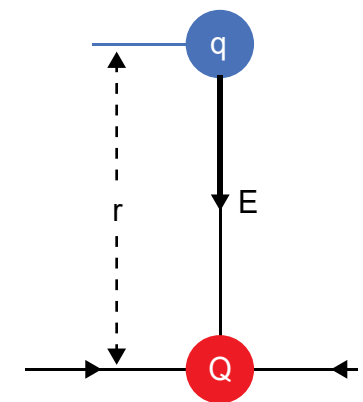
$$r^2 = (10^9) \frac{(4 \times 10^{-18})}{10^{-3}} = \frac{4 \times 10^{-9}}{10^{-3}}$$

$$r = \sqrt{4 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^{-3} \text{ m} = 2 \text{ mm}$$



Gambar 7. Garis gaya medan listrik, disekitar muatan listrik

Garis medan listrik muatan positif arahnya menjauhi muatan (a) dan garis medan listrik muatan negatif menuju muatan (b). Jika dua muatan positif dan negatif diletakkan berdekatan maka garis medan listrik kedua muatan akan bergerak dari muatan positif menuju muatan negatif (c). Untuk muatan sejenis pola garis medan listrik dan arahnya disekitar kedua muatan ditentukan oleh arah garis medan listrik muatan itu (d). Memahami pola garis medan listrik disekitar muatan sangat penting untuk mendefinisikan kuat medan listrik di sekitar muatan tersebut.



Gambar 8. Arah kuat medan listrik yang dialami oleh muatan positif (q) pada jarak, r, dari muatan negatif (Q)

Kuat medan listrik di suatu titik yang berjarak, r, dari sebuah muatan listrik adalah besarnya gaya elektrostatis di titik tersebut. Kuat medan listrik dinyatakan dalam simbol E. Misalkan Anda mempunyai sebuah muatan negatif yang besarnya Q. Di sekitar medan listrik muatan Q, diletakkan muatan positif yang besarnya q pada jarak r, seperti gambar 8. Dari gambar 8 dapat diformulasikan kuat medan listrik E dan gaya elektrostatis F, yaitu

$$E = \frac{F_c}{q} \text{ dan } F_c = k \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}$$

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

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

LATIHAN

Tiga muatan positif diletakkan pada koordinat (0,0); (4,0) dan (9,0) pada suatu system koordinat cartesius. Satuan dinyatakan dalam meter. Besar muatan tersebut berturut-turut 3 μC , 6 μC dan 9 μC . Hitung gaya yang bekerja pada muatan 6 μC . Gunakan 1 $\mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$, dan $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

D. Kuat Medan Listrik (E) Muatan Titik

Medan listrik merupakan daerah di sekitar muatan listrik yang masih dipengaruhi oleh gaya elektrostatis muatan itu. Untuk menggambarkan medan listrik disekitar sebuah muatan digunakan garis medan listrik yang memenuhi seluruh ruangan disekitarnya. Arah garis medan listrik ini ditentukan oleh pola kerja gaya elektrostatis muatan positif dan muatan negatif, seperti ditunjukkan oleh gambar 7.

Di mana:

E adalah kuat medan listrik satuan N/C,

F adalah gaya Coulomb (N),

k adalah konstanta ($9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$),

Q adalah besar muatan, negatif (C),

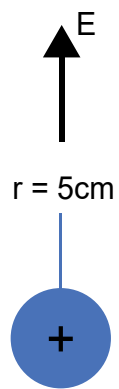
q adalah besar muatan positif yang diletakkan dalam medan listrik Q dan

r adalah jarak kedua muatan (m)

Dalam persamaan kuat medan listrik ini tampak bahwa nilai kuat medan listrik E ditentukan oleh besar muatan dan kuadrat jarak sebuah titik terhadap muatan itu. Sedangkan besar muatan q berapapun besarnya diabaikan. Penting untuk diterapkan dalam berbagai penghitungan kuat medan listrik ialah bahwa kuat medan listrik E merupakan besar vektor (mempunyai besar dan arah)

Contoh 3

Sebuah muatan positif $-30 \mu\text{C}$ diletakkan dalam medan listrik muatan lain yang besarnya $+25 \mu\text{C}$. Jarak kedua muatan 5 cm. Berapakah besar dan arah kuat medan listrik di $r = 5 \text{ cm}$? [$k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ dan $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$]



Pembahasan:

$$Q = +25 \mu\text{C} = 25 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$r = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2 \text{ dan } 1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$$

$$E = 9 \times 10^9 \cdot \frac{25 \times 10^{-6}}{0,05^2} = 9 \times 10^9 \cdot \frac{25 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-4}} = 9 \times 10^7 \text{ N/C}$$

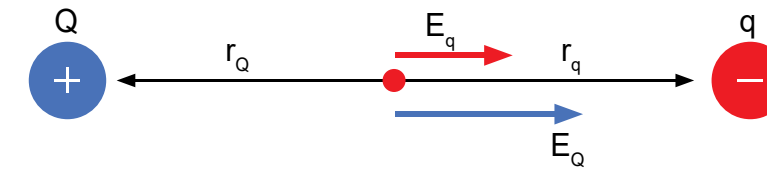
Arah kuat medan listrik di $r = 5 \text{ cm}$, menjauhi muatan positif.

Contoh 4

Sebuah muatan positif $-30 \mu\text{C}$ diletakkan dalam medan listrik muatan lain yang besarnya $+25 \mu\text{C}$. Jarak kedua muatan 5 cm. Berapakah besar dan arah kuat medan listrik di titik P yang berada pada jarak 2 cm dari muatan $+25 \mu\text{C}$ dan 3 cm dari muatan $-30 \mu\text{C}$. ? [$k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ dan $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$]

Pembahasan:

Untuk menyelesaikan soal ini, konsep vektor pada kuat medan digunakan.



$$Q = +25 \mu\text{C} = +25 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$q = -30 \mu\text{C} = -30 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$r_{30} = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$$

$$r_{25} = 3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2 \text{ dan } 1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$$

Kuat medan listrik yang ditimbulkan oleh muatan $-30 \mu\text{C}$ di titik P adalah E_{30}

$$E_{30} = 9 \times 10^9 \cdot \frac{30 \times 10^{-6}}{0,02^2} = 9 \times 10^9 \cdot \frac{30 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 3,0 \times 10^6 \text{ N/C}$$

Arah E_{30} menjauhi muatan $+25 \mu\text{C}$ (lihat gambar 8)

Kuat medan listrik yang ditimbulkan oleh muatan $+25 \mu\text{C}$ di titik P adalah E_{25}

$$E_{25} = 9 \times 10^9 \cdot \frac{25 \times 10^{-6}}{0,03^2} = 9 \times 10^9 \cdot \frac{25 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 5,63 \times 10^6 \text{ N/C}$$

Arah E_{25} menuju muatan $-30 \mu\text{C}$ (lihat gambar 8)

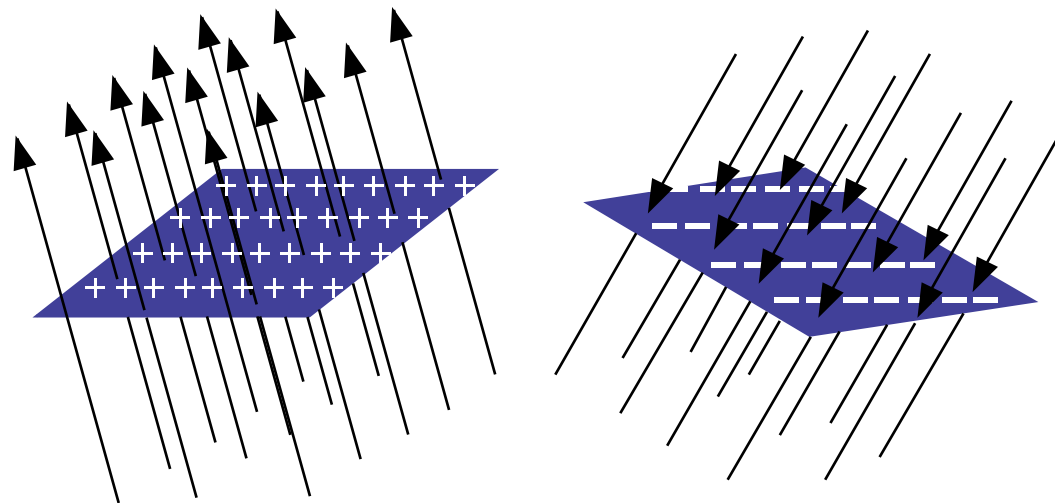
Arah E_{25} dan E_{30} sama, maka sesuai aturan penjumlahan vektor diperoleh kuat medan listrik di titik P ditimbulkan oleh kedua muatan ini, maka

$$E = E_{25} + E_{30} = 5,63 \times 10^6 + 3,0 \times 10^6 = 8,63 \times 10^6 \text{ N/C}$$

A. Hukum Gauss Tentang Fluks Listrik

Anda sudah mengetahui bahwa untuk muatan titik garis medan listriknya menjauhi muatan positif, sedangkan untuk muatan negatif garis medan listriknya menuju muatan negatif. Apabila Anda mengambil sebuah lempeng/keping seperti penggaris dan diberi muatan listrik, bagaimanakah menggambarkan garis-garis medan listriknya? Untuk benda-benda dengan bentuk tertentu yang bermuatan listrik garis medan listriknya ditentukan menurut hukum Gauss.

Carl F. Gauss (1777-1855) memperkenalkan konsep fluks listrik (Φ) untuk garis medan listrik benda bermuatan listrik. Garis-garis medan listrik tersebut merupakan garis lurus yang menembus bidang dari segala arah, gambar 10.



Gambar 11. Garis gaya medan listrik pada benda bermuatan

Menurut Gauss, fluks listrik (Φ) adalah Jumlah garis gaya dari sebuah medan listrik yang menembus suatu permukaan tertutup sebanding dengan jumlah muatan listrik yang dilingkupi oleh permukaan tertutup tersebut." Secara matematis di tulis,

$$\Phi \approx q$$

Dengan faktor pembanding adalah permitivitas ruang. Untuk ruang hampa sehingga diperoleh

$$\Phi = E.A = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Dengan ketentuan garis gaya listrik menembus tegak lurus bidang. Apabila garis medan listrik tidak tegak lurus pada bidang tertutup, maka persamaan fluks listrik memenuhi,

$$\Phi = E.A \cos\theta = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Dalam persamaan-persamaan ini:

Φ adalah fluks listrik (Wb)

E adalah kuat medan listrik (N/C)

q adalah muatan total pada bidang (C)

ϵ_0 adalah permitivitas listrik ruang hampa ($\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$)

Contoh 5

Sebuah segi empat sama sisi dengan panjang sisi 20 cm. Bidang segi empat diberi muatan listrik sehingga membangkitkan medan listrik homogen sebesar 200 N/C. Berapakah jumlah garis medan listrik (fluks listrik) yang menembus bidang persegi tersebut secara tegak lurus. Jika bidang segi empat diputar sehingga garis medan listrik membentuk sudut 60° dengan garis normal bidang, berapakah fluks listrik yang terjadi?

Pembahasan:

Luas Persegi = $20 \times 20 = 400 \text{ cm}^2 = 4 \times 10^{-2} \text{ m}^2$

Jumlah Garis yang menembus bidang secara tegak lurus adalah

$$\Phi = E.A = 200 (4 \times 10^{-2})$$

$$\Phi = 8 \text{ weber}$$

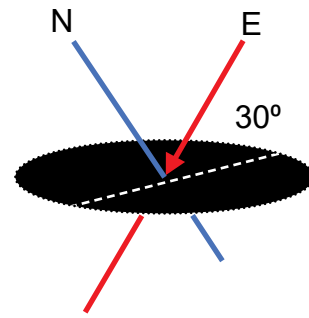
Ketika bidang diputar sehingga garis medan membentuk sudut 60° dengan garis normal bidang

$$\Phi = E.A \cos \theta = 200 (4 \times 10^{-2}) \cos 60^\circ$$

$$\Phi = 8 \times 0,5 \text{ Weber} = 4 \text{ Wb.}$$

Contoh 6

Sebuah bidang lingkaran dengan jari-jari 7 cm. Memiliki kuat medan listrik sebesar 200 N/C mengarah pada bidang tersebut dengan membentuk sudut 300 terhadap bidang. Tentukan berapa fluks listrik tersebut?



Gambar 11. Kuat medan listrik membentuk sudut θ terhadap normal bidang

Pembahasan:

Luas bidang lingkaran adalah

$$A = \pi r^2 = \frac{22}{7} \times (7 \times 10^{-2})^2 = 1,54 \text{ m}^2$$

$\theta = 600$, sudut yang dibentuk oleh E dan garis normal

$$\Phi = E \cdot A \cos \theta = 200 (1,54) \cos 600$$

$$\Phi = 308 \times 0,5 \text{ Weber} = 154 \text{ Wb.}$$

B. Kuat Medan Listrik Bola Berongga

Jika sebuah bola konduktor berongga yang berjari-jari R di beri muatan listrik, maka muatan tersebut akan tersebar merata di permukaan bola. Gambar 10 memberikan gambaran tentang persebaran muatan listrik pada bola berongga.

Di dalam bola berongga, kuat medan listrik nol, sebab semua muatan terdistribusi di permukaan bola.

Di dalam bola pada $r < R$,

$$E_r = 0$$

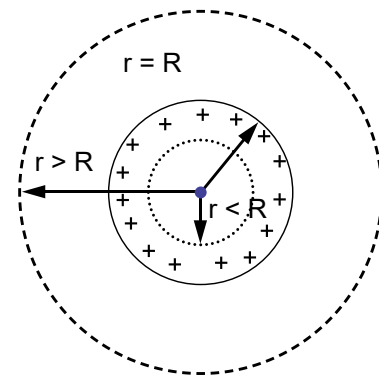
Di permukaan bola, yang berada pada kulit bola $r = R$; besar kuat medan listriknya,

$$E_R = k \cdot \frac{Q}{R^2}$$

Q adalah muatan bola dan R adalah jari-jari bola.

Di luar bola dengan jarak $r > R$, akan memiliki kuat medan listrik dengan persamaan

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



Gambar 12. Muatan listrik bola berongga

Dalam persamaan ini:

Q adalah muatan listrik (coulomb)

R adalah jari-jari bila berongga (meter)

r jarak titik terhadap muatan sumber q (meter)

k konstanta pembanding ($9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$)

C. Kuat Medan Listrik Bola Pejal

Untuk bola pejal (bola tidak berongga) yang diberi muatan maka muatan listrik akan tersebar merata di dalam dan diseluruh permukaan bola. Jika muatan listrik bola adalah Q, maka

Kuat medan listrik Untuk bola pejal (bola tidak berongga) yang diberi muatan maka muatan listrik akan tersebar merata di dalam dan diseluruh permukaan bola. Jika muatan listrik bola adalah Q, maka

Kuat medan listrik di dalam bola, $r < R$

$$E = k \cdot \frac{Qr}{R^3}$$

Kuat medan listrik di permukaan bola, $r = R$

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

Kuat medan listrik di luar, $r > R$

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

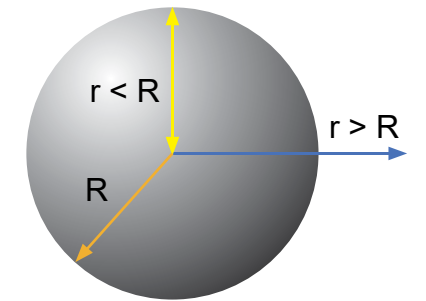
Dalam persamaan ini:

Q adalah muatan listrik (coulomb)

R adalah jari-jari bila berongga (meter)

r jarak titik terhadap muatan sumber q (meter)

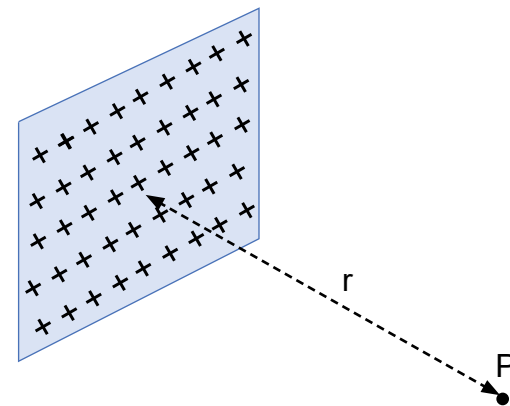
k konstanta pembanding ($9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$)



Gambar 13. Muatan listrik bola pejal

D. Kuat Medan Listrik pada Lempeng Bermuatan

Untuk menyederhanakan pembahasan, sebuah keping (lempeng) bermuatan diletakkan di dalam ruang tertutup hampa udara ($k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$). Lempeng diberi muatan positif secara merata (homogen) di semua bagian lempeng, seperti gambar 14. Banyaknya muatan yang tersebar merata di dalam lempeng di akumulasi sebagai kerapatan muatan positif. Kerapatan muatan positif lempeng merupakan jumlah muatan positif tiap satuan luas lempeng. Diformulasikan,



Gambar 14. Kuat Medan listrik lempeng

$$\sigma = \frac{q}{A} \text{ atau } q = \sigma \cdot A$$

q merupakan muatan total pada lempeng, dan A adalah luas permukaan lempeng.

Berdasarkan hukum Gauss, kuat medan listrik di titik P yang berjarak r cm dari lempeng sebanding dengan kerapatan muatan positif lempeng tiap permitivitas listrik ruang hampa. Secara matematis ditulis,

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

Dengan:

E adalah kuat medan listrik (N/C^2)

σ adalah kerapatan (densitas) muatan (C/m^2)

ϵ_0 adalah permitivitas ruang hampa (8.854×10^{-12})

Persamaan kuat medan listrik disekitar lempeng bermuatan menunjukkan bahwa besarnya tidak bergantung pada jarak titik terhadap keping. Kata lainnya ialah kuat medan listrik (E) sebanding dengan kerapatan muatan listrik yang dimiliki lempeng.

E. Kuat Medan Listrik pada Keping Sejajar

Pada dua keping sejajar dengan luas penampang sama-sama A , dan diberi muatan yang berbeda akan terjadi kuat medan listrik di antara kedua keping yang lebih utama dibandingkan di luar keping. Di samping besar kuat medannya juga kecil, pengaruhnya juga hampir tidak ada,

sehingga dapat diabaikan. Gambar 15 berikut menunjukkan garis-garis medan listrik di antara dua keping. Tiap-tiap keping akan menghasilkan kuat medan listrik yang besarnya

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

Karena vektor kuat medan yang ditimbulkan oleh masing-masing keping di antaranya searah, maka resultan kuat medan menjadi

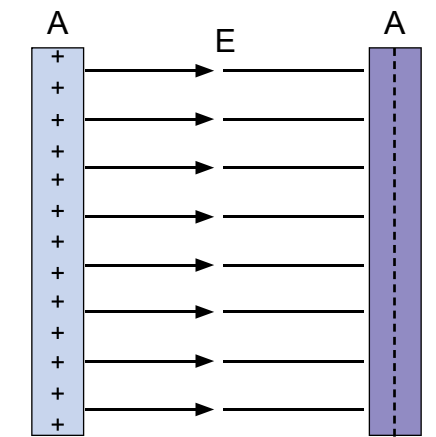
$$E = E_+ + E_- = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

di mana:

E adalah kuat medan listrik (N/C)

σ adalah rapat muatan keping (C/m^2)

ϵ_0 adalah permitivitas ruang hampa = $8,85 \times 10^{-12} \text{ C/Nm}^2$



Gambar 15. Kuat Medan listrik diantara keping sejajar bermuatan

Contoh 7

Sebuah muatan uji $+25 \cdot 10^5 \text{ C}$ diletakkan dalam sebuah medan listrik. Jika gaya yang bekerja pada muatan uji tersebut adalah $0,5 \text{ N}$. Berapa besar medan listrik pada muatan uji tersebut?

Pembahasan:

$$F = 0,5 \text{ N}$$

$$q = +25 \cdot 10^5 \text{ C}$$

Ditanyakan: $E = \dots?$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{0,5}{25 \times 10^5} = 0,2 \times 10^4 = 2000 \text{ N}$$

Contoh 8

Bola tipis berongga memiliki jari-jari 20 cm . Jika kuat medan listrik pada suatu titik di luar bola yang berjarak 10 cm dari kulit bola adalah $8 \times 10^3 \text{ N/C}$, maka tentukan kuat medan listrik pada: (a) titik yang berjarak 10 cm dari pusat bola, (b) kulit bola, dan (c) titik di luar bola yang berjarak 15 cm dari kulit bola.

Pembahasan:

Untuk memudahkan kedudukan titik dalam medan magnet bola konduktor digambarkan sebagai berikut:

Kuat medan listrik di titik $E_p = 8 \times 10^3 \text{ N/C}$, dan $r = 20 \text{ cm}$

Di luar bola berongga kuat medan listrik adalah

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

$$8 \times 10^3 = 9 \times 10^9 \frac{Q}{(30 \times 10^{-2})^2} = 9 \times 10^9 \frac{Q}{9 \times 10^{-2}}$$

$$8 \times 10^3 = 9 \times 10^9 \frac{Q}{(30 \times 10^{-2})^2} = 9 \times 10^9 \frac{Q}{9 \times 10^{-2}}$$

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

Kuat medan listrik bola berongga:

a. Di dalam bola $r = 10 \text{ cm}$

$E = 0$, karena muatan terkonsentrasi dipermukaan bola

b. Di permukaan bola, $r = R = 10 \text{ cm}$

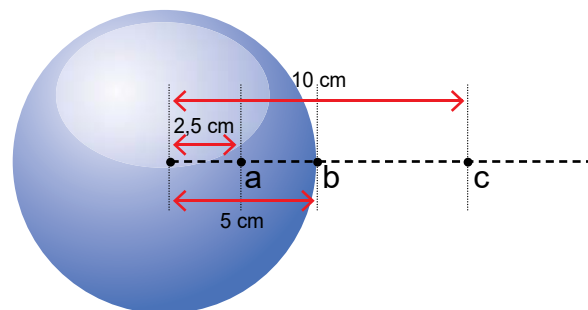
$$E = k \cdot \frac{Q}{R^2} = 9 \times 10^9 \frac{(8 \times 10^{-8})}{400 \times 10^{-4}} = 18 \times 10^5 \text{ N/C}$$

c. Di titik luar bola, dititik c, $r = 35 \text{ cm}$

$$E = k \cdot \frac{Q}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{(8 \times 10^{-8})}{(3,5 \times 10^{-1})^2} = 59 \times 10^2 \text{ N/C}$$

Contoh 9

Bola konduktor memiliki jari-jari 5cm dengan muatan total sebesar $20\mu\text{C}$ yang tersebar merata. Tentukan kuat medan listrik pada masing-masing titik berjarak: (a) 2,5cm, (b) 5cm, dan (c) 10cm dari pusat bola.



Gambar 17. Bola pejal

Pembahasan:

Untuk memudahkan kedudukan titik dalam medan magnet bola konduktor digambarkan sebagai berikut:

Pada bola konduktor pejal:

a. Kuat medan listrik di dalam bola $r = 2,5 \text{ cm}$

$$E = k \cdot \frac{Qr}{R^3} = 9 \times 10^9 \frac{(20 \times 10^{-6}) \times (25 \times 10^{-3})}{125 \times 10^{-6}} = 36 \times 10^7 \text{ N/C}$$

b. Kuat medan listrik di permukaan bola $R = 5 \text{ cm}$

$$E = k \cdot \frac{Q}{R^2} = 9 \times 10^9 \frac{(20 \times 10^{-6})}{25 \times 10^{-4}} = 7,2 \times 10^7 \text{ N/C}$$

c. Kuat medan listrik di titik c, $r = 10 \text{ cm}$

$$E = k \cdot \frac{Q}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{(20 \times 10^{-6})}{10^{-2}} = 1,8 \times 10^7 \text{ N/C}$$

Contoh 10

Sebuah keping (lempeng) bermuatan $200 \mu\text{C}$. Luas penampang keping 10 cm^2 . Berapakah besar kuat medan magnet pada titik P yang berada 10 cm dari keping?

Pembahasan:

Kuat medan listrik di sekitar keping bermuatan tidak bergantung pada jarak titik terhadap keping. Hanya bergantung pada kerapatan muatan σ .

$$\sigma = \frac{q}{A} = \frac{200 \times 10^{-6}}{10^{-4}} = 2,0 \text{ C/m}^2$$

Besar kuat medan listrik disekitar keping adalah

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{2}{2 \times 8,85 \times 10^{-12}} = 0,11299 \times 10^{12} = 11,30 \times 10^{10} \text{ N/C}$$

Contoh 11

Berapakah kuat medan listrik diantara keping sejajar yang memiliki luas penampang 100 cm^2 dan diberi muatan $25 \mu\text{C}$?

Pembahasan:

Kuat medan listrik antara keping sejajar adalah $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

Hitung dahulu kerapatan muatan

$$\sigma = \frac{q}{A} = \frac{25 \times 10^{-6}}{100 \times 10^{-2}} = 25 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2$$

Kuat medan listrik antara keping sejajar ialah

$$E = \frac{25 \times 10^{-6}}{8,85 \times 10^{-12}} = 2,82 \times 10^6 \text{ N/C}$$

F. Energi Potensial (U) dan Potensial Listrik (V)

1. Energi Potensial Listrik (U)

Masih ingat pelajaran kelas X, tentang energi potensial gravitasi? Sebuah benda (massa, m) yang berada pada ketinggian " h ", di atas permukaan bumi akan memiliki energi potensial gravitasi sebagai akibat dari pengaruh kuat medan gravitasi bumi " g ". Besarnya adalah

$$E_p = m \cdot g \cdot r = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

G adalah konstanta gravitasi umum, M adalah massa bumi, m adalah massa benda, r adalah posisi benda di atas permukaan bumi, dan g adalah kuat medan gravitasi.

Anda dapat menggunakan konsep energi potensial gravitasi ini untuk menjelaskan energi potensial listrik (U). Di sini kuat medan yang berlaku adalah kuat medan listrik (E). Kuat medan listrik (E) memiliki sifat yang sama dengan kuat medan gravitasi (g) yaitu keduanya sangat bergantung pada jarak. Pada Gambar 19, sebuah muatan uji " q " di letakkan dalam medan listrik muatan " Q ". Maka muatan uji " q " akan memiliki energi potensial listrik sebesar $U = q \cdot E \cdot r$

Dengan memasukkan besar kuat medan listrik (E) ke dalam persamaan ini, diperoleh

$$U = q \cdot k \cdot \frac{Q}{r^2} \cdot r \text{ menjadi } U = k \cdot \frac{Q \cdot q}{r}$$

Dengan:

U adalah energi potensial yang dimiliki muatan q ,

k adalah konstanta dielektrik,

Q adalah muatan yang memiliki medan listrik E ,

q adalah muatan uji yang diletakkan dalam medan magnet muatan Q , dan

r adalah jarak muatan uji q terhadap muatan Q .

Kita gunakan simbol " U " untuk energi potensial listrik agar membedakan dengan kuat medan listrik yang juga menggunakan simbol yang sama E .

Mudah bukan? Namun dalam merumuskan energi potensial listrik (U) kita menggunakan pendekatan (analogi) matematis karena medan listrik dan medan gravitasi keduanya merupakan medan konservatif dan memiliki sifat yang sama. Di akhir unit 2, Anda ditugaskan untuk mempelajari konsep energi potensial listrik melalui pendekatan listrik statis.

2. Potensial Listrik (V)

Potensial listrik merupakan usaha untuk memindahkan muatan positif ($+q$) sebesar 1 satuan dari tempat tak berhingga ke suatu titik di dalam medan listrik muatan Q . Pengertian ini dapat diartikan sebagai energi potensial listrik tiap satuan muatan uji (q). Secara matematis ditulis

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

$$V = \frac{k \cdot \frac{Q \cdot q}{r}}{q}$$

$$V = k \cdot \frac{Q}{r}$$

Dalam persamaan ini:

V adalah potensial listrik muatan q di satu titik di dalam medan listrik Q (Volt)

Q adalah muatan dengan satuan (C)

k adalah konstanta dielektrik

r adalah jarak muatan uji q terhadap Q

Apabila ada beberapa muatan uji (q) di dalam suatu medan listrik memiliki jarak yang sama terhadap muatan Q akan memiliki energi potensial dan potensial yang sama. Pada Gambar 19

karena memiliki posisi yang sama terhadap muatan Q yaitu r_3 . Tetapi jika satu muatan uji (q) dipindahkan dari posisinya semula akan mengalami perubahan energi potensial dan potensial listrik. Sehingga antara posisi semula dengan potensial dan posisi akhir dengan potensial akan terjadi perbedaan potensial sebesar

$$\Delta V = V_2 - V_1$$

$$\Delta V = k \cdot \frac{Q}{r_2^2} - k \cdot \frac{Q}{r_1^2} = k \cdot Q \left(\frac{1}{r_2^2} - \frac{1}{r_1^2} \right)$$

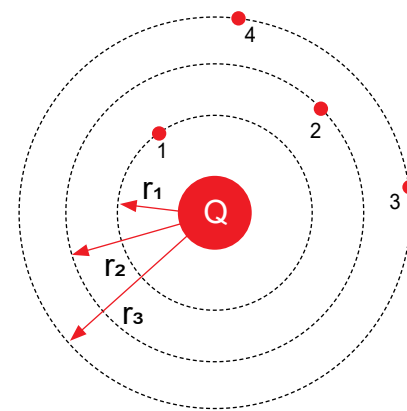
Dalam persamaan ini:

ΔV adalah selisih potensial dari keadaan 2 ke keadaan 1

k adalah konstanta dielektrik

Q adalah muatan yang menimbulkan medan listrik terhadap muatan uji

r adalah jarak titik di dalam medan listrik terhadap muatan Q



Gambar 18. Potensial titik di dalam medan listrik bergantung pada r

Contoh 12

Sebuah muatan $Q = 10 \mu\text{C}$ diletakkan dalam ruang hampa udara. Di titik P berada pada jarak 10 cm dari muatan $q = 0,1 \mu\text{C}$. Berapakah energi potensial dan potensial listrik di titik P?

Pembahasan:

Energi potensial listrik di sebuah titik adalah

$$U = k \cdot \frac{Q \cdot q}{r} = 9 \times 10^9 \frac{(10 \times 10^{-6})(0,1 \times 10^{-6})}{10 \times 10^{-2}} = 900 \text{ J}$$

Potensial listrik di titik P adalah

$$V_p = 9 \times 10^9 \frac{10 \times 10^{-6}}{10 \times 10^{-2}} = 9 \times 10^3 \text{ V}$$

Contoh 13

Potensial listrik sejauh 4 cm dari muatan titik q sama dengan 10 V. Potensial listrik sejauh R dari muatan titik $5q$ sama dengan 20V. Hitunglah R?

Pembahasan:

Diketahui : $r_1 = 4 \text{ cm}$, $r_2 = R$,

$q_1 = q$, $q_2 = 5q$,

$V_1 = 10\text{V}$, $V_2 = 20 \text{ V}$

Perbandingan potensial listrik :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{k \frac{q_1}{r_1}}{k \frac{q_2}{r_2}} = \frac{\frac{q_1}{r_1}}{\frac{q_2}{r_2}} = \frac{q_1}{r_1} \times \frac{r_2}{q_2}$$

$$\frac{10}{20} = \frac{q}{4} \times \frac{R}{5q}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{R}{20}$$

$$\Rightarrow R = 10 \text{ cm}$$

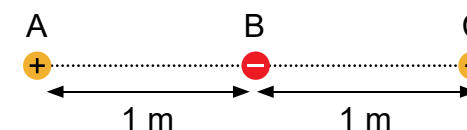
PENUGASAN

Buatlah uraian tentang cara kerja printer laser? Anda bisa mengunjungi situs tentang printer laser di internet. Misalnya <https://www.dictio.id/t/bagaimana-cara-kerja-dari-printer-laser/12211>

LATIHAN

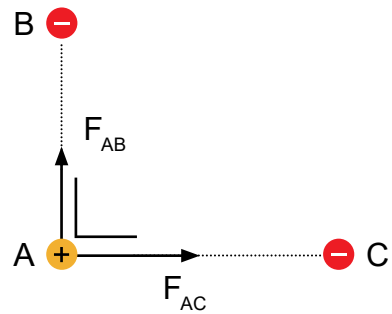
Jawablah pertanyaan ini dengan benar!

1. Tiga buah muatan A, B dan C tersusun seperti gambar berikut!



Jika $Q_A = + 1 \mu\text{C}$, $Q_B = - 2 \mu\text{C}$, $Q_C = + 4 \mu\text{C}$ dan $k = 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$ tentukan besar dan arah gaya Coulomb pada muatan B!

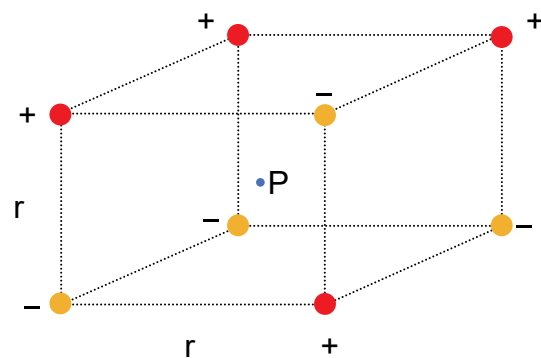
- Dua muatan listrik B dan C yang berada sejauh 8 cm menghasilkan gaya 50 N. jika muatan C digeser ke kanan sejauh 8 cm. Berapakah besar gaya tarik pada muatan B dan C adalah?
- Jika dua buah titik berjarak 4 meter bermuatan masing-masing $+q_1$ dan $+q_2$. Berapa perbandingan antara q_1 dan q_2 jika medan listrik pada titik yang berjarak 1 meter dari q_1 bernilai nol.
- Gambar berikut adalah susunan tiga buah muatan A, B dan C yang membentuk suatu segitiga dengan sudut siku-siku di A.



Jika gaya tarik-menarik antara muatan A dan B sama besar dengan gaya tarik-menarik antara muatan A dan C masing-masing sebesar 5 F, tentukan resultan gaya pada muatan A!

- 8 buah muatan listrik 4 diantaranya sebesar $+5\text{ C}$ dan 4 lainnya adalah -5 C tersusun hingga membentuk suatu kubus yang memiliki sisi sepanjang r .

Tentukan besar potensial listrik di titik P yang merupakan titik berat kubus !



UNIT 3 KAPASITOR



Gambar 19. Berbagai bentuk Kapasitor

A. Apa itu Kapasitor?

Kapasitor merupakan perangkat di mana sifat elektrik utamanya adalah kapasitas, yaitu kemampuan untuk menyimpan muatan listrik. Kapasitor umumnya terdiri dari dua pelat (konduktor seperti pelat logam atau foil) dipisahkan satu sama lain oleh isolator, atau dielektrik, dengan masing-masing pelat terhubung ke terminal.

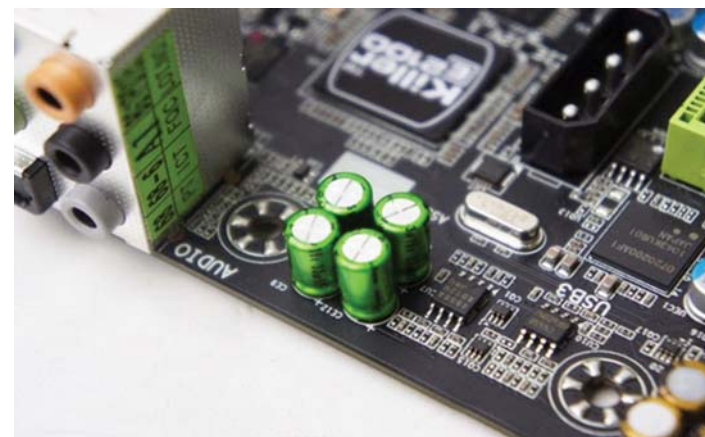
Secara teori, dielektrik dapat berupa zat non-konduktif. Namun, untuk aplikasi praktis, material khusus yang digunakan adalah yang paling sesuai dengan fungsi kapasitor. Mika, keramik, selulosa, porselen, Mylar, Teflon, dan bahkan udara adalah beberapa bahan non-konduktif yang digunakan. Bahan dielektrik menentukan jenis kapasitor tersebut dan untuk apa penggunaannya yang paling cocok. Tergantung pada ukuran dan jenis dielektrik, beberapa kapasitor lebih baik untuk penggunaan pada frekuensi tinggi, sedangkan beberapa yang lain lebih baik untuk aplikasi

pada tegangan tinggi. Penggunaan lain kapasitor adalah dalam rangkaian filter sinyal elektrik. Sebuah kapasitor yang bersifat kapasitansi dapat divariasikan penggunaannya dalam rangkaian tuning penerima radio dan televisi. Memvariasikan kapasitas, merubah frekuensi resonansi dari rangkaian tuner sehingga sesuai dengan frekuensi stasiun atau saluran yang diinginkan, menyaring sinyal dari semua frekuensi lainnya.

B. Fungsi Kapasitor

Dalam dunia elektronika kita mengenal beberapa fungsi yang dimiliki oleh komponen kapasitor. Berikut kami berikan rangkuman mengenai beberapa fungsi yang dimiliki oleh komponen kapasitor.

1. Untuk menyimpan arus dan tegangan listrik sementara waktu.
Untuk arus DC kapasitor berfungsi sebagai isolator/ penahan arus listrik, sedangkan untuk arus AC berfungsi sebagai konduktor/melewatkan arus listrik.
2. Sebagai penyaring atau filter dalam sebuah rangkaian elektronika seperti power supply atau adaptor.
3. Untuk menghilangkan *bouncing* (percikan api) apabila dipasang pada saklar
4. Sebagai kopling antara rangkaian elektronika satu dengan rangkaian elektronika yang lain
5. Untuk menghemat daya listrik apabila dipasang pada lampu neon
6. Untuk meratakan gelombang tegangan DC pada rangkaian pengubah tegangan AC ke DC (adaptor)
7. Sebagai oscilator atau pembangkit gelombang AC (bolak-balik)



sumber: jurusanelektronika.blogspot.com/www.4muda.com

Gambar 20. Kapasitor bentuk tabung untuk mesin cuci (atas) dan kapasitor bentuk tabung pada rangkaian elektronika

C. Jenis Kapasitor

Sekali lagi perlu ditekankan disini bahwa macam-macam kapasitor itu mempunyai beberapa macam bentuk dan ukuran karena tergantung dari kapasitas, tegangan kerja dan faktor lainnya. Dibawah ini berbagai macam mengenai jenis-jenis kapasitor menurut bahan pembuat dan fungsi kapasitornya, untuk penjelasan lebih lengkapnya bisa kalian lihat dibawah ini :

1. Kapasitor Keramik

Jenis kapasitor keramik ini merupakan sebuah kapasitor yang mempunyai bahan keramik dan kapasitor keramik ini banyak dipakai didalam komponen aplikasi audio ke rf. Lalu kapasitor keramik juga paling banyak dan paling umum dipakai didalam rangkaian elektronik.

Untuk cara membaca kapasitor keramik sangatlah gampang karena bisa kalian lihat contohnya seperti ini : jika kalian mempunyai sebuah kapasitor dengan kode yang dimiliki 103 maka arti dari kode tersebut adalah 10 dan 3 angka dibelakang menjadi 10.000 Pf yang jika didalam satuan lebih besar menjadi 10 nf (satuan nano farad).

2. Kapasitor Tantalum

Kapasitor tantalum ini lebih mirip dengan kapasitor elektrolit, hanya saja kapasitor tantalum ini mempunyai kapasitansi dan kepopuleran yang cukup tinggi. Hanya saja kelemahan dari kapasitor tantalum ini yang mesti kalian ketahui ialah sering meledak jika digunakan terus menerus di tekanan yang tinggi.

Adapun didalam kelebihan kapasitor tantalum ini antara lain mempunyai bentuk komponen yg kecil, tetapi kapasitansinya mempunyai nilai yg besar sehingga sangat efisien jika digunakan. Selain itu kapasitor tantalum ini bisa dipakai pada *range* frekuensi yang lebar dan frekuensi yang tinggi. Kelebihan selanjutnya ialah dapat dipakai dan tahan terhadap suhu dari -55°C sampai $+125^{\circ}\text{C}$ sehingga sangat cocok jika dipakai di rangkaian yang diharuskan mempunyai daya tahan yang tinggi.

3. Kapasitor Elektrolit

Kapasitor elektrolit ini dapat dikatakan sebagai kapasitor yang terpolarisasi dan bisa memberikan hasil suatu kapasitansi tinggi sampai diatas 1 mikروفarad. Perlu diketahui juga bahwa didalam kapasitor elektrolit ini banyak sekali dipakai untuk aplikasi pasokan listrik frekuensi rendah dan dapat dipakai juga pada aplikasi kopling audio.

Namun perlu diperhatikan kepada kalian bahwa pemasangan kapasitor elektrolit ini harus benar-benar berhati hati karena kapasitor elektrolit ini mempunyai polaritas (+) dan (-), jika pemasangannya terbalik maka akan sangat berakibat fatal karena akibatnya kapasitor elektrolit ini akan meledak. Selain itu nilai kapasitas dari kapasitor elektrolit ini bisanya juga besar dengan tegangan yang tinggi juga.

4. Kapasitor Mika

Kemudian untuk kapasitor mika ini merupakan sebuah kapasitor yang sudah jarang sekali dipakai, hal ini dikarenakan kapasitor mika sudah kalah populer dengan kapasitor tantalum dan kapasitor elektrolit. Padahal jika dilihat dari stabilitasnya sendiri cukup bagus dan jika dilihat dari kapasitansinya sendiri kapasitor mika ini mempunyai kapasitansi yang cukup tinggi, hingga angka 1000 pikofarad.

Selain itu, pemakaian kapasitor mika ini biasanya digunakan di rangkaian rf dengan frekuensi yang tinggi dan hal ini dikarenakan toleransi yg rendah dan ketahanan kapasitor mika terhadap suhu yg sangat baik. Sesuai dengan namanya, maka sudah jelas bahwa bahan kapasitor mika ini telah dibuat dengan menggunakan bahan mika. Lalu untuk fungsi kapasitor mika antara lain sebagai osilator rf, filter, dan kopling.

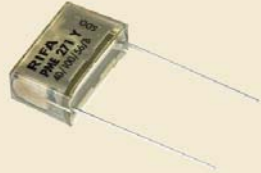
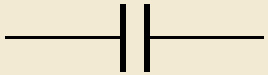

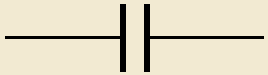

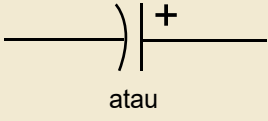
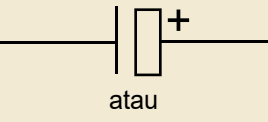
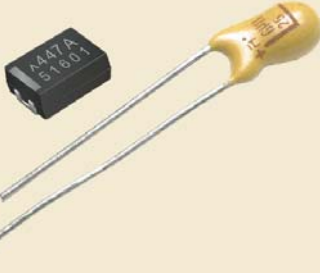
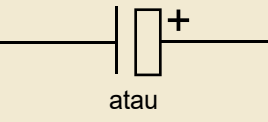
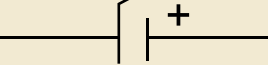
5. Kapasitor Kertas

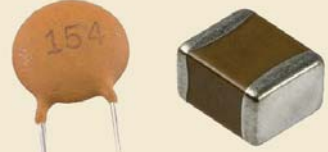

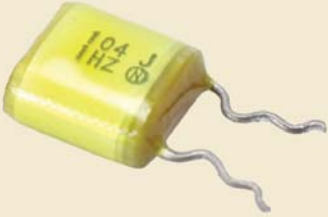
Kapasitor kertas yaitu salah satu jenis kapasitor yang isolatornya terbuat dari suatu kertas dan pada umumnya nilai kapasitor kertas yang berkisar diantara 300pf sampai dengan 4µf. Kapasitor kertas tidak mempunyai suatu polaritas arah atau bisa dipasang bolak balik dalam suatu rangkaian elektronika.

6. Kapasitor Polyester

Kapasitor polyester yaitu salah satu jenis kapasitor yang isolatornya terbuat dari sebuah polyester dengan bentuknya persegi empat. Kapasitor polyester ini bisa dipasang terbalik dalam suatu rangkaian elektronika (tidak mempunyai polaritas arah)

Tabel berikut ini memperlihatkan beberapa jenis kapasitor dan simbolnya dalam rangkaian listrik/elektronika

Nama Komponen	Gambar	Simbol
Kapasitor Kertas (Paper Capacitor)		
Kapasitor Mika (Mika Capacitor)		
Kapasitor Elektrolit (Electrolytic Capacitor)		 atau 
Kapasitor Tantalum (Tantalum Capacitor)		 atau 

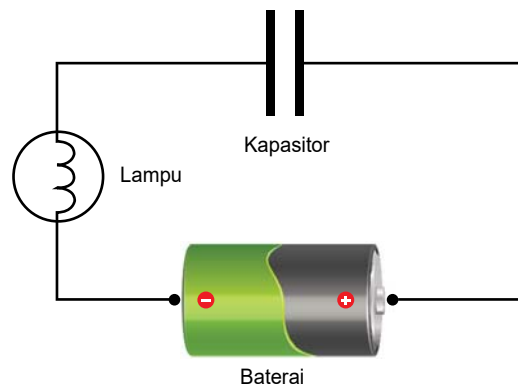
Nama Komponen	Gambar	Simbol
Kapasitor Keramik (Ceramic Capacitor)		
Kapasitor Polyester (Polyester Capacitor)		



D. Cara Kapasitor Bekerja

Bila kita menghubungkan kapasitor ke baterai, inilah yang terjadi. Pelat pada kapasitor yang melekat pada terminal negatif baterai menerima elektron yang memproduksi baterai. Pelat pada kapasitor yang menempel ke terminal positif baterai kehilangan elektron ke baterai. Setelah diisi atau pengisian, kapasitor memiliki tegangan yang sama seperti baterai (1,5 volt pada baterai, 1,5 volt juga pada kapasitor). Untuk kapasitor kecil maka kapasitansinya (kemampuan menyimpannya) juga kecil. Tapi kapasitor besar dapat menyimpan lebih besar energi. Kita dapat menemukan kapasitor sebesar kaleng soda yang memiliki cukup energi untuk menyalakan lampu senter selama satu menit atau lebih.

Apakah yang terjadi jika kapasitor, baterai dan lampu dihubungkan dalam satu rangkaian seperti



Gambar 21. Kapasitor, lampu dan baterai dalam rangkaian listrik

Gambar 21? Di sini kita memiliki baterai, bola lampu dan sebuah kapasitor. Jika kapasitor cukup besar, apa yang akan terjadi bila kita menghubungkan baterai, bola lampu akan menyala saat arus mengalir dari baterai ke kapasitor dalam proses pengisian. Bola lampu akan semakin redup dan akhirnya mati saat kapasitor mencapai kapasitasnya. Jika kita kemudian keluarkan baterai dan menggantinya dengan kawat, arus akan mengalir dari kapasitor. Bola lampu akan menyala awalnya dan kemudian redup kembali sebagai proses pembuangan kapasitor, sampai benar-benar mati.

E. Kapasitas Kapasitor (C)

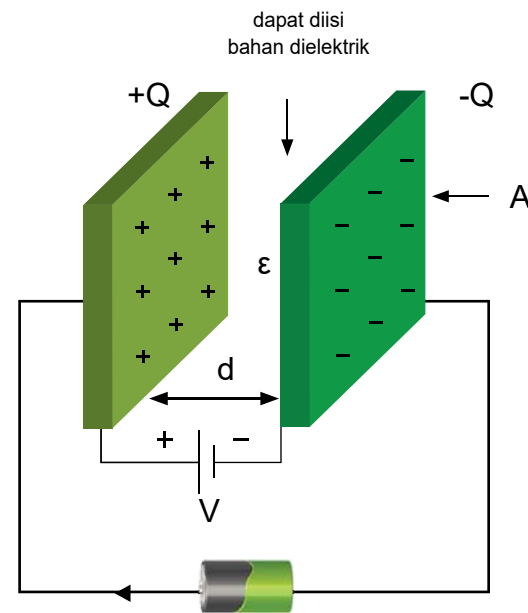
Kapasitas suatu kapasitor merupakan kemampuan/ daya tampung muatan listrik. Muatan yang diterima kapasitor disimpan dalam dua keping sejajar. Kedua bagian dari keping bermuatan ini memiliki potensial yang berbeda ketika dihubungkan dengan sumber tegangan listrik seperti baterai. Karena perbedaan potensial ini maka memungkinkan berlangsungnya aliran muatan listrik. Kapasitas kapasitor didefinisikan sebagai perbandingan antara muatan yang tersimpan dalam kedua keping dengan beda potensialnya. Secara matematis ditulis,

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

Kapasitas kapasitor dinyatakan dalam satuan Farad (F) sebagai penghormatan kepada Michael Faraday. Didefinisikan,

$$1 \text{ farad} = 1 \frac{\text{coulomb}}{\text{volt}}$$

Untuk menghitung kapasitas kapasitor keping sejajar perlu dihitung lebih dahulu kuat medan listrik di antara keping. Gambar 24 menunjukkan keping sejajar pada sebuah kapasitor.



Gambar 22. Kapasitor, lampu dan baterai dalam rangkaian listrik

Dengan hukum Gauss, diperoleh

$$\Phi = \frac{q}{\epsilon_0} \text{ dan } E \cdot A = \frac{\sigma \cdot A}{\epsilon_0}$$

E adalah kuat medan listrik di antara kedua keping sejajar. Hubungan beda potensial (V) dengan kuat medan listrik adalah $V = E \cdot d$

d adalah jarak antara kedua keping. Dengan demikian kapasitas kapasitor dapat ditentukan,

$$V = E \cdot d = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \cdot d$$

Karena $\sigma = \frac{Q}{A}$ maka substitusinya memberikan

$$V = \frac{Q}{A \cdot \epsilon_0} \cdot d \text{ disederhanakan } \frac{Q}{V} = \frac{A \cdot \epsilon_0}{d}$$

Maka diperoleh kapasitas kapasitor adalah $C = \frac{A \cdot \epsilon_0}{d}$

Dalarna persamaan ini:

C adalah kapasitas kapsitor (Farad)

A adalah luas penampang keping (m²)

adalah permitivitas ruang hampa ($8,85 \times 10^{12}$)

d adalah jarak kedua keping sejajar

Dari persamaan ini tampak bahwa kapasitas kapasitor dipengaruhi oleh luas keping (A), jarak kedua keping (d) dan medium di antara kedua keping. Jika luas keping atau jarak kedua keping di perbesar, maka kapasitor akan sangat besar. Untuk mengatasi hal ini dalam teknologi dilakukan dengan menyisipkan bahan dielektrik (K) di antara kedua keping. Sehingga kapasitas kapasitor ditulis dengan persamaan

$$C = K \cdot \frac{A \cdot \epsilon_0}{d} \text{ atau } C = K \cdot C_0$$

Dengan K adalah permitivitas relatif medium di antara keping dan C_0 adalah kapasitas kapasitor dalam ruang hampa udara.

Contoh 14

Pada bungkus Kapasitor tertulis $5 \mu\text{F}$ memiliki luas penampang 2 cm^2 dan jarak dua keping 2 mm . Jika ujung kapasitor dihubungkan dengan beda potensial $1,5 \text{ V}$, berapakah muatan yang dapat disimpan dalam kapasitor? Kedua keping kapasitor diletakkan dalam ruang hampa. Apakah informasi ini benar?

Pembahasan:

Kapasitas kapasitor adalah $C = \frac{Q}{V}$

$$Q = C \cdot V = (5 \times 10^{-6} \text{ F}) \times (1,5 \text{ V}) = 7,5 \times 10^{-6} \text{ C} = 15 \mu\text{C}.$$

Berdasarkan data spesifikasi kapasitor, kapasitasnya adalah

$$C = \frac{A \cdot \epsilon_0}{d} = \frac{(2 \times 10^{-4}) (8,85 \times 10^{-12})}{2 \times 10^{-3}} = 0,885 \times 10^{-12} \text{ Farad}$$

Informasi pada bungkus kapasitor tidak benar, karena kapasitas kapasitor tidak sesuai.

Contoh 15

Sebuah kapasitor mempunyai kapasitas 20 pF dihubungkan dengan baterai 3 volt . Berapakah banyaknya elektron yang tersimpan pada keping negatif kapasitor ini?

Pembahasan:

Menghitung muatan kapasitor

$$Q = C \cdot V = 20 \times 10^{-12} \times 3$$

$$Q = 60 \times 10^{-12} \text{ Coulomb}$$

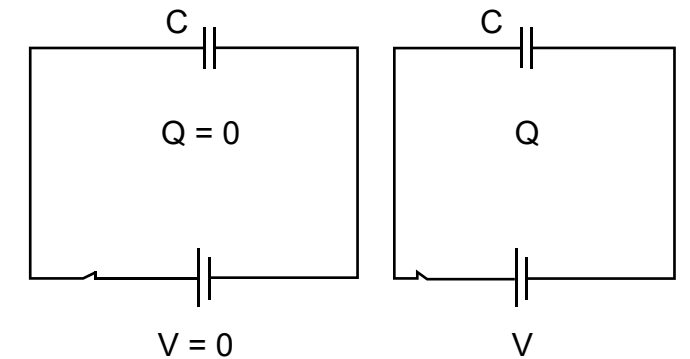
Muatan 1 elektron adalah $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Banyaknya elektron pada keping kapasitor adalah N

$$N = \frac{60 \times 10^{-12}}{1,6 \times 10^{-19}} = 3,75 \times 10^8 \text{ elektron}$$

F. Energi Kapasitor

Sekarang Anda akan mendefinisikan energi kapasitor keping sejajar. Mula-mula kapasitor dibiarkan tidak bermuatan agar beda potensial di ujung-ujung kapasitor nol. Kemudian sebuah baterai dihubungkan pada ujung-ujung kapasitor sehingga muatannya mencapai kapasitas maksimum sebesar Q , seperti Gambar 24. Dalam hal ini kapasitor terisi secara bertahap untuk menghindari kerusakan materialnya.



Gambar 23. Rangkaian kapasitor sederhana sebelum dihubungkan dengan baterai dan setelah dihubungkan

Beda potensial kapasitor setelah terisi penuh

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

Karena kapasitor diisi perlahan-lahan maka rata-rata beda potensial selama pengisian adalah

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{V + V_0}{2} = \frac{V + 0}{2} = \frac{V}{2} = \frac{Q}{2C}$$

Dalam pengisian kapasitor ini yang prosesnya berlangsung secara perlahan-lahan, diperlukan usaha (W)

$$W = Q \cdot V_{\text{rata-rata}} = \frac{Q^2}{2C}$$

Dalam proses pengisian kapasitor tidak terjadi kebocoran atau kehilangan muatan serta pengaruh dari lingkungan maka usaha yang dilakukan merupakan energi potensial kapasitor itu sendiri. Jadi,

$$W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{(C \cdot V)^2}{2C}$$

$$U = \frac{1}{2} C \cdot V^2 = \frac{1}{2} Q \cdot V$$

Persamaan ini dinamakan energi yang tersimpan dalam kapasitor. Di mana U adalah energi dalam kapasitor (Joule, J), C adalah kapasitas kapasitor (Farad, F), dan Q adalah muatan yang tersimpan dalam kapasitor (Coulomb, C).

Contoh 16

Berapakah energi dalam kapasitor yang dimuati hingga hingga mencapai kapasitas maksimum 250 μF dengan beda potensial 2000 V?

Pembahasan:

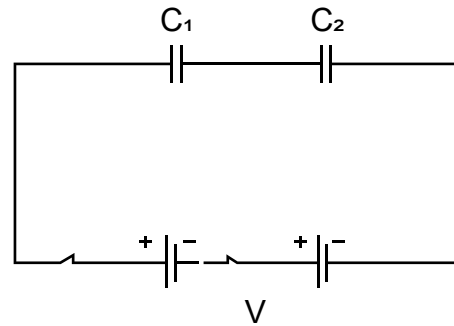
$$U = \frac{1}{2} C.V^2 = \frac{1}{2} (250 \times 10^{-6}).2000^2 = 250 \text{ J}$$

G. Susunan Kapasitor

Rangkaian kapasitor adalah susunan dua atau lebih kapasitor dengan maksud memperoleh suatu nilai kapasitas kapasitor sesuai kebutuhan. Susunan kapasitor ini akan dipasang dalam suatu system rangkaian misalnya dalam rangkaian komponen-komponen pesawat televisi, telepon genggam dan di hampir semua rangkaian elektronika. Ada dua rangkaian dasar kapasitor yang Anda akan pelajari.

1. Susunan Seri

Gambar 25 berikut itu merupakan susunan seri dari dua kapasitor. Masing masing dengan kapasitas C_1 dan C_2 dan dihubungkan dengan sumber tegangan (baterai). Apabila saklar ditutup, elektron akan mengalir memasuki keping-keping kedua kapasitor. Selain itu pada masing kapasitor akan terjadi beda potensial antar kepingnya yaitu V_1 dan V_2 . Sumber tegangan V dan tegangan masing-masing kapasitor yaitu V_1 dan V_2 memenuhi hubungan



Gambar 24. Susunan seri dua kapasitor

$$V = V_1 + V_2$$

$$\frac{Q}{C_g} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$$

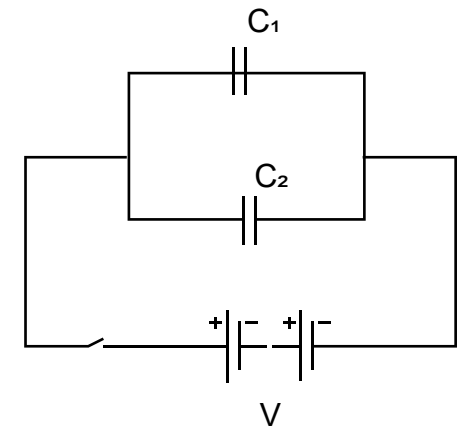
Q adalah muatan yang dialirkan melalui kedua kapasitor sehingga besarnya sama. Dengan ini berlaku

$$\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \text{ atau } C_g = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Persamaan ini digunakan untuk menghitung kapasitas gabungan dari kapasitor yang di susun seri. Dari persamaan ini ternyata jumlah muatan yang dialirkan melalui kedua kapasitor sama besar tetapi menimbulkan potensial yang berbeda. Demikian juga di dalam susunan seri tidak ditemukan titik cabang. Inilah prinsip dasar susunan seri.

2. Susunan Paralel

Gambar 25 berikut itu merupakan susunan parallel dari dua kapasitor. Masing masing dengan kapasitas C_1 dan C_2 dan dihubungkan dengan sumber tegangan (baterai). Apabila saklar ditutup, elektron akan mengalir menuju titik cabang sehingga muatan akan terbagi sebelum memasuki keping-keping kedua kapasitor. Hal ini menyebabkan muatan pada masing-masing kapasitor yaitu Q_1 dan Q_2 tidak sama. Tetapi beda potensial pada keping-kepingnya sama besar. Sumber tegangan V dan tegangan masing-masing kapasitor yaitu V_1 dan V_2 memenuhi hubungan



Gambar 25. Susunan paralel dua

$$V = V_1 = V_2$$

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2$$

Q_1 dan Q_2 adalah muatan yang dialirkan melalui kedua kapasitor besarnya bergantung pada kapasitas kapasitornya. Dengan ini berlaku

$$C_g = C_1 + C_2$$

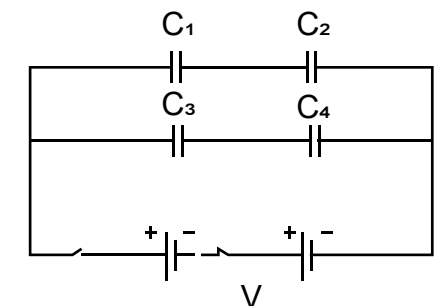
Persamaan ini digunakan untuk menghitung kapasitas gabungan dari kapasitor yang di susun seri. Dari persamaan ini ternyata besar kapasitas gabungan merupakan jumlah kapasitas masing-masing kapasitor. Dalam susunan parallel ini beda potensial pada masing-masing kapasitor sama besar dengan beda potensial sumber tegangan (baterai).

Contoh 17

Empat buah kapasitor disusun seperti gambar 26. $C_1 = C_2 = 2 \mu\text{F}$ dan $C_3 = C_4 = 3 \mu\text{F}$

Untuk $V = 3$ volt, hitunglah,

- Kapasitas gabungan seri?
- Kapasitas gabungan parallel?
- Muatan pada masing-masing kapasitor?
- Potensial pada masing-masing kapasitor?



Gambar 26. Susunan gabungan seri dan paralel empat kapasitor

Pembahasan:

a. Kapasitor yang di susun seri adalah C_1 dan C_2 , C_3 dan C_4

$$C_{g1} = \frac{C_1 + C_2}{C_1 \cdot C_2} = \frac{2+2}{(2)(2)} = 1 \mu F$$

b. Gabungan susunan seri merupakan susunan parallel

$$C_{gparalel} = C_{g1} + C_{g2} = 1 + \frac{2}{3} = \frac{5}{3} = 1,67 \mu F$$

c. Muatan pada kapasitor $C_1 = C_2$ dan $C_3 = C_4$ sesuai prinsip susunan seri.

Beda potensial pada $C_{g1} = C_{g2}$ yaitu $V=3$ volt sesuai prinsip susunan parallel

$$Q_1 = Q_2 = C_{g1} \times V = 1 \mu F \times 3 = 3 \mu C$$

$$Q_3 = Q_4 = C_{g2} \times V = \frac{2}{3} \mu F \times 3 = 2 \mu C$$

d. Potensial pada kapasitor C_1 adalah $V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{3}{2} \mu V$

$$\text{Potensial pada kapasitor } C_2 \text{ adalah } V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{3}{2} \mu V$$

$$\text{Potensial pada kapasitor } C_3 \text{ adalah } V_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{2}{3} \mu V$$

$$\text{Potensial pada kapasitor } C_4 \text{ adalah } V_4 = \frac{Q_4}{C_4} = \frac{2}{3} \mu V$$

PENUGASAN

Diskusikan dalam kelompok belajar Anda.

1. Dalam bentuk apakah energi listrik tersimpan dalam kapasitor? Apa saja faktor yang sangat mempengaruhi besar energi yang tersimpan tersebut? Apakah yang dapat dilakukan untuk memperbesar jumlah energi yang dapat disimpan dalam kapasitor?
2. Identifikasi Kapasitor
 - a. Kumpulkan beberapa kapasitor
 - b. Tulis jenis setiap kapasitor beserta kapasitasnya serta tegangan kerjanya
 - c. Buatlah tabel seperti berikut

Jenis Kapasitor	Kapasitas Kapasitor	Tegangan Kerja	Muatan Maksimum

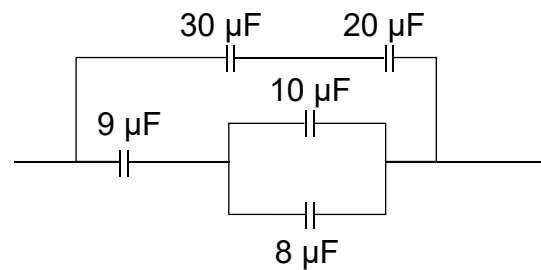
- d. Masukkan ke dalam tabel data-data masing-masing kapasitor tersebut lalu hitung kapasitas maksimumnya
- e. Kapasitor manakah yang dapat menampung muatan paling besar? Berikan argumentasi Anda.

LATIHAN

Jawablah pertanyaan ini dengan benar!

1. Dua muatan $+10 \mu C$ dan $-12 \mu C$ diletakan segaris pada jarak 50 cm. Di mana letak muatan uji q harus diletakkan agar tidak dipengaruhi gara elektrostatis kedua muatan ini?
2. Berapakah besar kuat medan listrik pada titik P yang berada jarak 5 cm dari muatan A dan 8 cm dari muatan B. $q_A = 10 \mu C$ dan $q_B = 6 \mu C$
3. Pada suatu titik sudut segitiga sama sisi terdapat muatan $+3 \mu C, -7 \mu C, +5 \mu C$. Panjang sisi segitiga adalah 8 cm.
 - a. Hitunglah potensial di titik tengah segitiga tersebut.
 - b. Jika muatan $+4 \mu C$ diletakkan ditengah sisi segitiga, berapakah usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan ini dari satu sisi ke sisi lainnya?

4. Sebuah bola konduktor diletakan dalam ruang hampa. Bola konduktor diberi muatan $+10 \mu\text{C}$. Bola konduktor berjari-jari 10 cm. Hitung kuat medan listrik pada titik-titik 15 cm, 10 cm dan 5 cm dari pusat konduktor.
5. Dua kapasitor $8 \mu\text{F}$ dan $12 \mu\text{F}$ masing-masing diberi muatan dari baterai 6V. Setelah baterainya dilepas kedua kapasitor dihubungkan. Berapa muatan akhir kedua kapasitor?
6. Pada rangkaian kapasitor berikut. Tentukan besar kapasitas penggantinya!



7. Dua keping logam yang sejajar dipisahkan 1 cm seperti pada kapasitor. Kedua keping diberi muatan berbeda sebesar $30 \mu\text{C}$. Jika beda potensial kedua keping 500 kV, Hitunglah:
 - a. Kapasitas keping
 - b. Luas masing-masing keping
 - c. Gaya Tarik antara kedua keping
 - d. Energi yang dapat disimpan di dalam keping.

UNIT 4 TERAMPIL MENERAPKAN

Pada Unit 4 ini Anda akan melakukan beberapa percobaan sederhana. Lakukan ini dalam kelompok belajar yang sudah dibentuk oleh tutor Anda. Bacalah petunjuk dengan cermat dan perhatikan hal-hal berbahaya yang harus dihindari.



A. Memuati Kapasitor dan Mengosongkan Kapasitor (Kegiatan Kelompok)

Dalam percobaan ini Anda akan mempelajari proses pengisian dan pengosongan kapasitor. Selain itu Anda juga akan mempelajari cara mengukur beda potensial (tegangan) saat kapasitor diisi dan dikosongkan. Kemudian dengan data yang diperoleh hitunglah kapasitas kapasitor tersebut dan bandingkan dengan spesifikasi yang dibuat oleh pabrik.

Untuk melakukan percobaan ini Anda perlu menyediakan paling sedikit 2 kapasitor yang berbeda kapasitasnya misalnya , hambatan minimal , sumber tegangan (baterai 12 V), pengukur waktu, pengukur tegangan (Avometer, multimeter), pemutus arus (saklar) dan beberapa kabel dengan penjepit (*jumper-jack*)

Teori Singkat

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat digunakan untuk menyimpan muatan listrik dalam waktu tertentu. Kapasitor umumnya terbuat dari 2 buah lempeng konduktor yang ditengah-tengahnya disisipkan lempengan isolator yang disebut dielektrika. Bila sebuah kapasitor dihubungkan dengan sumber arus searah maka dalam beberapa saat akan ada arus listrik yang mengalir masuk ke dalam kapasitor, kondisi ini disebut proses pengisian kapasitor, apabila muatan listrik di dalam kapasitor sudah penuh, maka aliran arus listrik akan berhenti.

Ketika hubungan ke kapasitor di tukar polaritasnya, maka muatan listrik akan kembali mengalir keluar dari kapasitor. Tegangan listrik pada kapasitor besarnya berbanding lurus dengan muatan listrik yang tersimpan di dalam kapasitor, hubungan ini dapat dituliskan

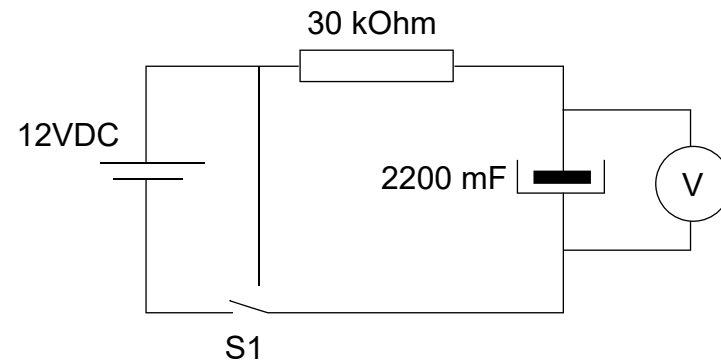
$$V = \frac{Q}{C}$$

Di mana V adalah tegangan listrik (Volt, V), Q adalah muatan listrik (Coulomb, C), dan C adalah kapasitas kapasitor (Farad, F).

Tahapan percobaan

Tahap 1: Pengisian kapasitor

1. Buatlah rangkaian sederhana dari kapasitor seperti gambar 28.



Ketika Menyusun rangkaian pastikan bahwa saklar dalam posisi tidak tersambung (*off*)

2. Atur saklar ke posisi tersambung (*on*) secara bersamaan dengan mengaktifkan pengukur waktu.
3. Amati dan catat perubahan tegangan pada multimeter setiap satu interval waktu yang anda tetapkan, misalnya sateiap 5 detik, sampai jarum multimeter berhenti.
4. Kapasitor terisi penuh ditandai oleh tidak ada lagi kenaikan tegangan
5. Catat hasil pengamatan Anda pada tabel berikut

Tabel 3. Hasil Pengamatan Pengisian Kapasitor

Waktu (s)	Tegangan (V)
0	0
5	
10	
...	
...	

Tahap Pengosongan Kapasitor

Setelah kapasitor terisi penuh, reset pengukur waktu ke posisi nol.

6. Atur saklar ke posisi *off* secara bersamaan dengan mengaktifkan pengukur waktu.
7. Amati dan catat perubahan tegangan pada multimeter setiap satu interval waktu yang anda tetapkan, misalnya sateiap 5 detik, sampai jarum multimeter kembali ke posisi nol.

Tabel 4. Hasil Pengamatan Pengosongan Kapasitor

Waktu (s)	Tegangan (V)
0	0
5	
10	
...	
...	

Tahap Pengolahan Data

1. Buatlah grafik tegangan (V) terhadap waktu(t) untuk pengisian dan pengosongan kapasitor
2. Lakukan penyempurnaan kurva pada grafik sehingga membentuk kurva eksponensial, dan tulislah persamaan eksponensial tersebut. Anda dapat melakukan menggunakan aplikasi misalnya microsoft excel
3. Dari grafik dan persamaan tentukan konstanta waktu pengisian dan pengosongan kapasitor

Tahap Analisia Data

1. Apakah kedua konstanta waktu sama besar? Jelaskan
2. Hitung kapasitas kapasitor tersebut
3. Bandingkan dengan nilai spesifikasi yang tertulis pada kapasitor, apakah sama atau berbeda? Jelaskan
4. Buatlah kesimpulan percobaan.
5. Buatlah laporan lengkap dan serahkan kepada tutor
6. Siapkan bahan presentasi percobaan Anda untuk tampilkan dalam pertemuan tatap muka.

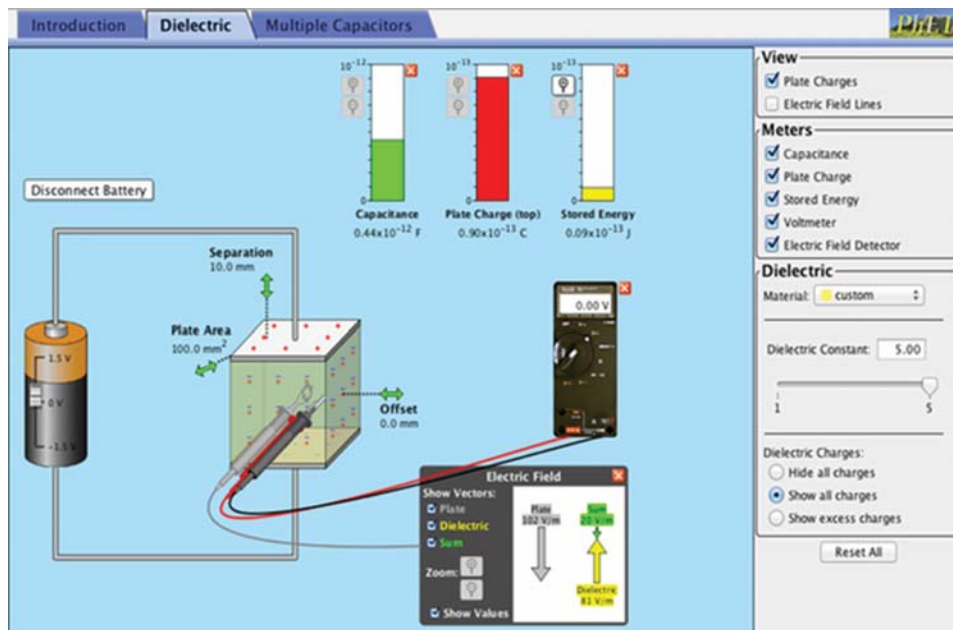


B. Mengukur Besaran-besaran Kapasitor

Kegiatan ini merupakan percobaan secara virtual lab untuk mengukur besaran-besaran kapasitor seperti, kapasitas (C), muatan pada keping kapasitor (Q), Energi yang tersimpan dalam kaapsitor (U), beda potensial (V) dan kuat medan listrik (E)

Untuk melakukan percobaan ini Anda harus melakukan beberapa hal secara daring (*online*). Ikuti Langkah-langkah berikut:

1. Kunjungi situs <https://phet.colorado.edu/en.simulation/capacitor-lab>
2. Download aplikasi simulasi Capasitor Lab



3. Unduh aplikasi Capacitor Lab
4. Baca dengan cermat panduan melakukan percobaan
5. Catat hasil pengamatan Anda tentang besaran-besaran kapasitor tersebut
6. Buatlah kesimpulan singkat
7. Buatlah laporan percobaan Anda
8. Buatlah bahan presentasi percobaan virtual Anda untuk disampaikan pada pertemuan tetap muka.

RANGKUMAN

1. Listrik statis membicarakan muatan-muatan listrik yang diam di satu tempat seperti bola dan lempeng/keping
2. Muatan listrik terdiri dari muatan positif dan muatan negatif. Muatan positif disebut juga proton sedangkan muatan negatif disebut elektron
3. Gaya elektrotatis adalah gaya tarik menarik atau tolak menolak antara muatan-muatan listrik.
4. Gaya elektrostatik merupakan besaran vektor yaitu mempunyai besar dan arah. Besar gaya elektrostatik memenuhi persamaan

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Di mana F adalah gaya tarik menarik/tolak menolak, satuan Newton (N), q adalah muatan listrik, satuan coulomb (C), r adalah jarak antara kedua muatan, k adalah konstanta pembanding, ϵ_0 adalah permitivitas listrik dalam ruang hampa/udara = $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}$

5. Muatan sejenis akan tolak menolak dan muatan berlainan jenis akan tarik menarik
6. Medan listrik merupakan daerah di sekitar muatan listrik yang masih dipengaruhi oleh gaya elektrostatik muatan itu.
7. Kuat medan listrik adalah besar gaya elektrostatik di suatu titik di dalam medan listrik yang dialami oleh muatan uji yang diletakkan di titik tersebut

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

Di mana, E adalah kuat medan listrik satuan N/C, F adalah gaya Coulomb (N), k adalah konstanta ($9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$), Q adalah besar muatan, negatif (C), q adalah besar muatan positif yang diletakkan dalam medan listrik Q dan r adalah jarak kedua muatan (m)

8. Fluks listrik (Φ) adalah Jumlah garis gaya dari sebuah medan listrik yang menembus suatu permukaan tertutup sebanding dengan jumlah muatan listrik yang dilingkupi oleh permukaan tertutup tersebut." Secara matematis di tulis,

$$\Phi = E \cdot A \cos\theta = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Dalam persamaan-persamaan ini, Φ adalah fluks listrik (Wb), E adalah kuat medan listrik (N/C), q adalah muatan total pada bidang (C), ϵ_0 adalah permitivitas listrik ruang hampa ($\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$)

9. Di dalam bola berongga, kuat medan listrik nol, sebab semua muatan terdistribusi di permukaan bola.

$$E_r = 0$$

10. Di permukaan bola, yang berada pada kulit bola $r = R$; besar kuat medan listriknya,

$$E_R = k \cdot \frac{Q}{R^2}$$

11. Di luar bola dengan jarak $r > R$, akan memiliki kuat medan listrik dengan persamaan

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

Dalam persamaan ini, Q adalah muatan listrik (coulomb), R adalah jari-jari bila berongga (meter), r jarak titik terhadap muatan sumber q (meter), k konstanta pembanding ($9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$)

12. Energi Potensial Listrik merupakan besaran scalar yang besarnya adalah

$$U = k \cdot \frac{Q \cdot q}{r}$$

Dengan U adalah energi potensial yang dimiliki muatan q , k adalah konstanta dielektrik, Q adalah muatan yang memiliki medan listrik E , q adalah muatan uji yang diletakkan dalam medan magnet muatan Q , dan r adalah jarak muatan uji q terhadap muatan Q .

13. Potensial listrik merupakan usaha untuk memindahkan muatan positif (+ q) sebesar 1 satuan dari tempat tak berhingga ($r = \infty$) ke suatu titik di dalam medan listrik muatan Q .

$$V = k \cdot \frac{Q}{r}$$

Dalam persamaan ini V adalah potensial listrik muatan q di satu titik di dalam medan listrik Q (Volt), Q adalah muatan dengan satuan (C), k adalah konstanta dielektrik, r adalah jarak muatan uji q terhadap Q

14. Kapasitor merupakan perangkat di mana sifat elektrik utamanya menyimpan muatan listrik.

15. Kapasitas kapasitor (C) adalah banyaknya muatan yang dapat disimpan dalam keping kapasitor. Besar kapasitas kapasitor ini adalah

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

Dalam persamaan ini C adalah kapasitas kapasitor (Farad), A adalah luas penampang keping (m^2), ϵ_0 adalah permitivitas ruang hampa ($8,85 \times 10^{12}$), d adalah jarak kedua keping sejajar.

16. Susunan kapasitor terdiri dari susunan seri dan susunan parallel

- Pada susunan seri muatan yang mengalir melewati kapasitor sama besar dan beda potensialnya memenuhi persamaan $V = V_1 + V_2$
- Pada susunan parallel beda potensial pada masing-masing kapasitor sama besar dan muatan yang melewati kapasitor tidak sama. Besarnya muatan total dalam susunan seri memenuhi persamaan $Q = Q_1 + Q_2$

UJI KOMPETENSI

A. Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat dengan memberi tanda silang (x) pada huruf A, B, C, D atau E.

1. Ada empat buah muatan P, Q, R, dan S. P menarik Q, P menolak R, R menarik S, dan R bermuatan negatif. Tentukan jenis-jenis muatan lainnya ...

- P bermuatan negatif, Q bermuatan positif, dan S bermuatan positif
- P bermuatan negatif, Q bermuatan negatif, dan S bermuatan positif
- P bermuatan negatif, Q bermuatan negatif, dan S bermuatan negatif
- P bermuatan positif, Q bermuatan positif, dan S bermuatan negatif
- P bermuatan positif, Q bermuatan negatif, dan S bermuatan positif

2. Dua muatan listrik yang terpisahkan sejauh 10 cm mengalami gaya tarik-menarik 10 N. Gaya tarik antara kedua muatan jika terpisahkan sejauh 5 cm sebesar ...

- 10 N
- 20 N
- 30 N
- 40 N
- 50 N

3. Titik A dan B masing-masing bermuatan listrik $-10 \mu\text{C}$ dan $40 \mu\text{C}$. Mula-mula kedua muatan diletakkan terpisah 0,5 meter sehingga timbul gaya coulomb F Newton.

Jika jarak A dan B diubah menjadi 1,5 meter, maka gaya coulomb yang timbul adalah ...

- $1/9 F$
- $1/3 F$
- $3/2 F$
- $3 F$
- $9 F$

4. Potensial di suatu titik yang berjarak r dari muatan Q adalah 600V. Kuat medan listrik di titik tersebut 400 N/C. Jika $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$, maka besar muatan Q adalah ...

- $1,50 \times 10^{-7} \text{ C}$
- $2,25 \times 10^{-7} \text{ C}$
- $4,40 \times 10^{-7} \text{ C}$
- $7,0 \times 10^{-7} \text{ C}$
- $1,0 \times 10^{-7} \text{ C}$

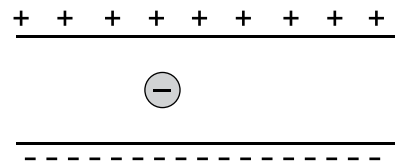
5. Pada setiap titik sudut sebuah segitiga sama sisi dengan sisi terdapat muatan positif q . Kuat medan dan potensial listrik di pusat segitiga ini, dengan k sebagai tetapan, berturut-turut adalah ...

- $\frac{1}{2} k q$ dan 0
- $\frac{1}{2} k q$ dan $k q/r$
- $k q$ dan $k q$
- 0 dan $k q/r$
- 0 dan $k q$

6. Sebuah bola konduktor berjari-jari 9 cm diberi muatan 6 mC. Besar kuat medan listrik dan potensial listrik pada titik yang berjarak 3 cm dari pusat bola adalah ...

- sama-sama nol
- $E = \text{nol}$, $V = 6 \cdot 10^9 \text{ volt}$
- $E = 6 \cdot 10^7 \text{ N/C}$, $V = \text{nol}$
- $E = 6 \cdot 10^7 \text{ N/C}$, $V = 6 \cdot 10^5 \text{ volt}$
- $E = 6 \cdot 10^{10} \text{ N/C}$, $V = 1,8 \cdot 10^9 \text{ volt}$

7. Dua keping logam yang sejajar dan jaraknya 0,5 cm satu dari yang lain diberi muatan listrik yang berlawanan (lihat gambar) hingga beda potensial 10.000 Volt. Bila muatan elektron adalah $1,6 \times 10^{-19}$ C, maka besar dan arah gaya coulomb pada sebuah elektron yang ada diantara kedua keping adalah ...



- A. $0,8 \times 10^{-7}$ N ke atas
 B. $1,6 \times 10^{-13}$ N ke bawah
 C. $3,2 \times 10^{-13}$ N ke atas
 D. $3,2 \times 10^{-13}$ N ke bawah
 E. $12,5 \times 10^{-24}$ N ke atas
8. Kapasitas kapasitor dapat diperkecil dengan cara-cara sebagai berikut:
- 1) Ruang antar lempeng diisi minyak
 - 2) Dengan pasangan seri beberapa kapasitor
 - 3) Jarak kedua lempeng diperkecil
 - 4) Luas lempengnya diperkecil.
- Yang benar adalah ...
- A. 1, 2, 3 dan 4
 B. 1, 2 dan 3
 C. 1 dan 3
 D. 2 dan 4
 E. 4
9. Tiga buah kapasitor identik yang mula-mula belum bermuatan akan dihubungkan dengan baterai 15 V. Bila hanya salah satunya saja yang dihubungkan dengan baterai 15 V tersebut, energi yang tersimpan

dalam kapasitor adalah $1,5E$. Energi yang akan tersimpan bila ketiga kapasitor tadi dihubungkan seri dengan baterai adalah ...

- A. $\frac{1}{4} E$
 B. $\frac{1}{2} E$
 C. E
 D. $2 E$
 E. $4 E$

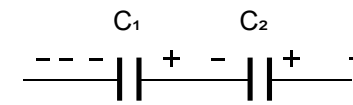
10. Tiga kapasitor A, B, dan C masing-masing berkapasitas 4F, 6F, dan 12F disusun seri kemudian dihubungkan dengan tegangan 90V. Apabila muatan listrik masing-masing kapasitor q_A , q_B , dan q_C maka ...

- A. $q_C = 3 \times q_A$
 B. $q_A < q_B < q_C$
 C. $q_B = 0$
 D. $q_C = \frac{1}{3} \times q_A$
 E. $q_A = q_B = q_C$

11. Tiga buah kapasitor masing-masing $6 \mu F$, $12 \mu F$ dan $4 \mu F$ dirangkai seri kemudian dihubungkan dengan sumber tegangan 8 volt. Tegangan pada kapasitor $4 \mu F$ adalah ...

- A. 8,0 volt
 B. 4,0 volt
 C. 2,0 volt
 D. 1,5 volt
 E. 0,5 volt

12. Dua kapasitor dengan kapasitas $C_1 = 30$ pF dan $C_2 = 60$ pF dihubungkan seri, lalu dipasang pada tegangan listrik 100 V, seperti pada gambar. Bila muatan listrik dan beda potensial pada masing-masing kapasitor adalah : Q_1 , Q_2 , V_1 dan V_2 maka ...

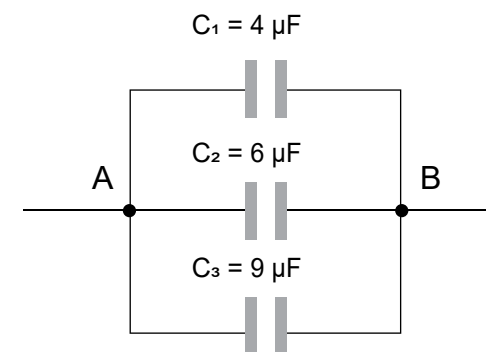


- (1) $Q_1 = 2 \times 10^{-9}$ C
 (2) $Q_2 = 2 \times 10^{-9}$ C
 (3) $V_1 = 66,7$ V
 (4) $V_2 = 33,3$ V

Yang benar adalah ...

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

13. Kapasitor terpasang seperti gambar



Jika muatan yang tersimpan pada C_3 adalah $540 \mu C$, maka:

- 1) Muatan yang tersimpan $c_1 = 240 \mu c$
- 2) Beda potensial ujung-ujung $c_2 = 60$ v
- 3) Beda potensial $ab = 60$ v
- 4) Jumlah muatan total = $360 \mu c$

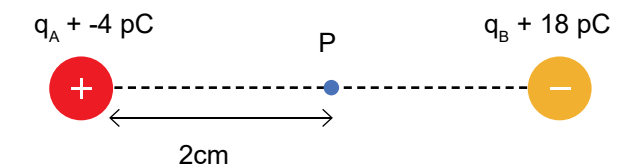
Yang benar adalah ...

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

14. Sebuah kapasitor dengan kapasitansi $2 \cdot 10^{-5}$ F yang pernah dihubungkan untuk beberapa saat lamanya pada beda potensial 500 V. Kedua ujungnya dihubungkan dengan ujung-ujung sebuah kapasitor lain dengan kapasitansinya $3 \cdot 10^{-5}$ F yang tidak bermuatan. Energi yang tersimpan di dalam kedua kapasitor adalah ...

- A. 0,25 J
 B. 0,50 J
 C. 1,00 J
 D. 1,25 J
 E. 1,50 J

15. Dua muatan titik berjarak 5 cm terlihat seperti gambar.



Besar medan listrik di titik P adalah ...

- A. 72 N.C^{-1}
 B. 90 N.C^{-1}
 C. 270 N.C^{-1}
 D. 360 N.C^{-1}
 E. 720 N.C^{-1}

16. Dua buah partikel A dan B masing-masing bermuatan $+20 \mu C$ dan $+45 \mu C$ terpisah dengan jarak 15 cm. Jika C adalah titik yang terletak di antara A dan B sedemikian sehingga kuat medan di C sama dengan nol, maka letak C dari A (dalam cm) adalah ...

- A. 2 cm
 B. 3 cm
 C. 4 cm

- D. 6 cm
- E. 9 cm

17. Kuat medan listrik yang ditimbulkan oleh muatan listrik pada sebuah titik bergantung pada ...

- 1) Besarnya muatan
- 2) Jaraknya dari muatan
- 3) Jenis muatan
- 4) Jenis medium antara muatan dan titik

Yang benar adalah

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

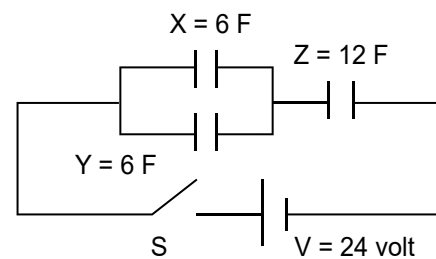
18. Perhatikan gambar di bawah. Ketiga muatan listrik q_1 , q , dan q_2 adalah segaris.



Bila $q = 5,0 \mu\text{C}$ dan $d = 30 \text{ cm}$, maka besar dan arah gaya listrik yang bekerja pada muatan q adalah ... ($k = 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$)

- A. 7,5 N menuju q_1
- B. 7,5 N menuju q_2
- C. 15 N menuju q_1
- D. 22,5 N menuju q_1
- E. 22,5 N menuju q_2

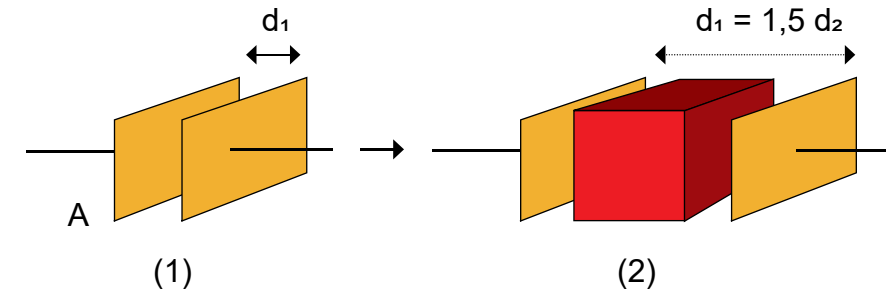
19. Kapasitor X, Y dan Z dirangkai seperti pada gambar!



Bila saklar S ditutup selama 5 detik, energi listrik yang tersimpan pada kapasitor Z adalah ...

- A. 2144 J
- B. 1720 J
- C. 864 J
- D. 728 J
- E. 432 J

20. Perhatikan kapasitor keping sejajar berikut!



Bahan dielektrik yang disisipkan memiliki konstanta dielektrik 2. Angka perbandingan kapasitas kapasitor (1) dan (2) adalah ...

- A. 1 : 2
- B. 3 : 4
- C. 4 : 3
- D. 5 : 6
- E. 6 : 5

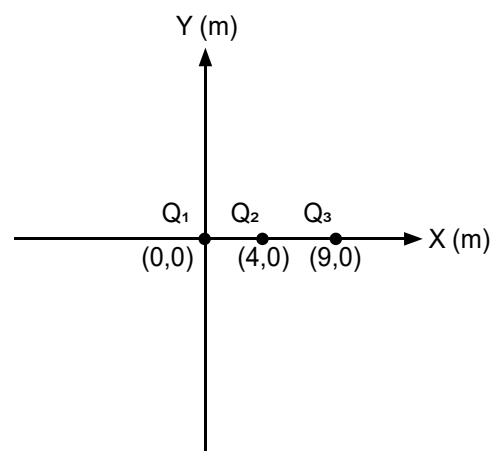


Kunci Jawaban dan Pembahasan

A. Unit 1: Latihan

Tiga muatan positif diletakkan pada koordinat (0,0); (4,0) dan (9,0) pada suatu system koordinat cartesius. Satuan dinyatakan dalam meter. Besar muatan tersebut berturut-turut 3 μC , 6 μC dan 9 μC . Hitung gaya yang bekerja pada muatan 6 μC . Gunakan 1 $\mu\text{C} = 10^{-6}$ C, dan $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

Diketahui : $Q_1 = 3 \mu\text{C}$,
 $Q_2 = 6 \mu\text{C}$, dan
 $Q_3 = 9 \mu\text{C}$



Ditanya : F_{Q2} ?

Jawab :

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

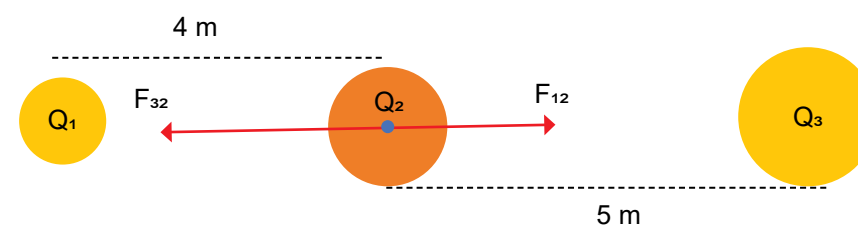
$$F_{12} = k \cdot \frac{3 \times 10^{-6} \cdot 6 \times 10^{-6}}{4^2}$$

$$F_{12} = 1,125 \times 10^{-12} \text{ k}$$

$$F_{32} = k \cdot \frac{(9 \times 10^{-6}) \cdot (6 \times 10^{-6})}{(5)^2}$$

$$F_{32} = 2,16 \times 10^{-12} \text{ k}$$

Ilustrasi Gambar



$$F_2 = F_{12} - F_{32}$$

$$F_2 = ($$

$$F_2 =$$

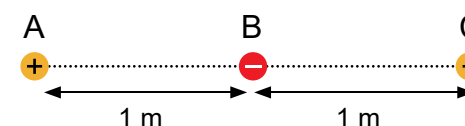
$$F_2 = -9,3 \times 10^{-3} \text{ N}$$

*Tanda (-) menunjukkan bahwa arah gaya ke kiri atau searah dengan F_{32}

Kunci: $F = -9,3 \times 10^{-3} \text{ N}$

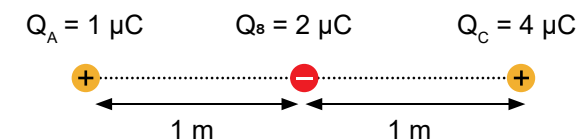
B. Unit 2: Latihan

1. Tiga buah muatan A, B dan C tersusun seperti gambar berikut!



Jika $Q_A = +1 \mu\text{C}$, $Q_B = -2 \mu\text{C}$, $Q_C = +4 \mu\text{C}$ dan $k = 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$ tentukan besar dan arah gaya Coulomb pada muatan B !

Diketahui : $k = 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$



Ditanya: Besar dan arah F_B ?

Jawab :

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^1 \cdot q^2}{r^2} = k \cdot \frac{q^1 \cdot q^2}{r^2}$$

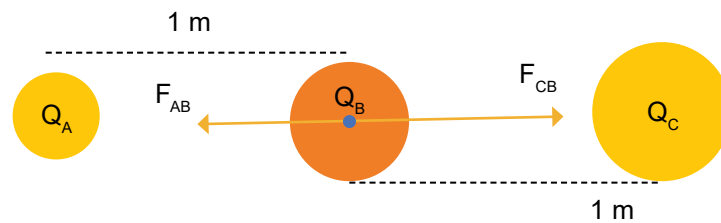
$$F_{AB} = k \cdot \frac{(1 \times 10^{-6}) \cdot (2 \times 10^{-6})}{(1)^2}$$

$$F_{AB} = 2 \times 10^{-12} \text{ k}$$

$$F_{CB} = k \cdot \frac{(4 \times 10^{-6}) \cdot (2 \times 10^{-6})}{(1)^2}$$

$$F_{CB} = 8 \times 10^{-12} \text{ k}$$

Ilustrasi gambar



$$F_B = F_{CB} - F_{AB}$$

$$F_2 = (8 \times 10^{-12} - 2 \times 10^{-12}) \text{ k}$$

$$F_2 = 6 \times 10^{-12} \times 9 \times 10^9$$

$$F_2 = +5,4 \times 10^{-2} \text{ N}$$

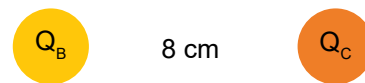
*Tanda (+) menandakan arah gaya ke kanan atau ke arah F_{CB}

Kunci : $54 \times 10^{-3} \text{ N}$

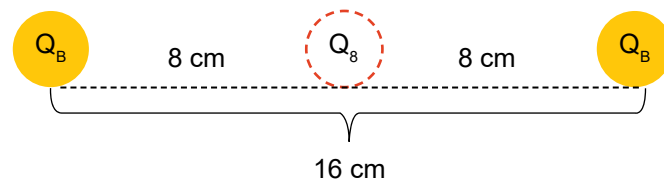
2. Dua muatan listrik B dan C yang berada sejauh 8 cm menghasilkan gaya 50 N. Jika muatan C digeser ke kanan sejauh 8 cm. Berapakah besar gaya tarik pada muatan B dan C adalah ...

Diketahui : (Perhatikan gambar di bawah)

Posisi 1 saat $F = 50 \text{ N}$



Posisi ke 2 setelah muatan C di geser ke kanan sejauh 8 cm



Ditanya : F_{BC} ?

Jawab :

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^1 \cdot q^2}{r^2} = k \cdot \frac{q^1 \cdot q^2}{r^2}$$

*Untuk mempermudah perhitungan, kita ganti dengan Q karena nilainya sama di posisi 1 dan 2

- **Posisi 1**

$$F_1 = k \cdot \frac{Q}{r_1^2}$$

$$50 = k \cdot \frac{Q}{(8 \times 10^{-2})^2}$$

$$Q = (8/25k) \text{ C}$$

- **Posisi 2**

$$F_2 = k \cdot \frac{Q}{r_2^2}$$

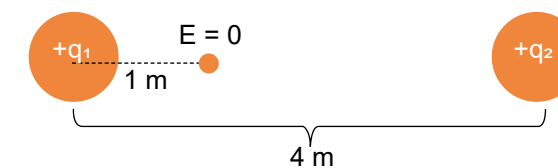
$$F_2 = k \cdot \frac{(8/25k)}{(1,6 \times 10^{-1})^2}$$

$$F_2 = 12,5 \text{ N}$$

Kunci : $F_2 = 12,5 \text{ N}$

3. Jika dua buah titik berjarak 4 meter bermuatan masing-masing $+q_1$ dan $+q_2$. Berapa perbandingan antara q_1 dan q_2 jika medan listrik pada titik yang berjarak 1 meter dari q_1 bernilai nol?

Diketahui : $r_{12} = 4 \text{ m}$



Ditanya : $(q_1 : q_2)$?

Jawab :

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

Jika di posisi P nilai $E = 0$ maka :

$$E_{1P} = E_{2P}$$

$$k \cdot \frac{q_1}{(r_{1p})^2} = k \cdot \frac{q_2}{(r_{2p})^2}$$

$$\frac{q_1}{(1)^2} = \frac{q_2}{(3)^2}$$

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{1}{9}$$

Maka $q_1 : q_2 = 1 : 9$

Kunci : $q_1 : q_2 = 1 : 9$

4. Gambar berikut adalah susunan tiga buah muatan A, B dan C yang membentuk suatu segitiga dengan sudut siku-siku di A.

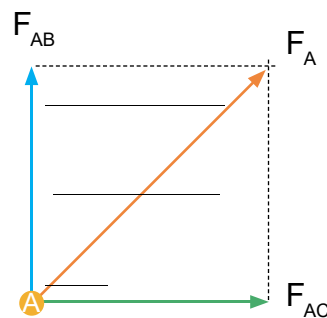
Jika gaya tarik-menarik antara muatan A dan B sama besar dengan gaya tarik-menarik antara muatan A dan C masing-masing sebesar 5 F, tentukan resultan gaya pada muatan A!

Diketahui : $F_{AB} = F_{AC} = 5 F$

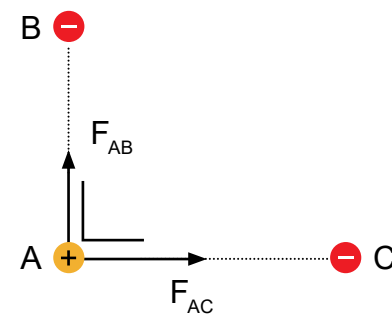
Ditanya: F_A

Jawab :

Berikut adalah ilustrasi gambar vector resultan F_A



$$F_A = \sqrt{(F_{AC})^2 + (F_{AB})^2}$$



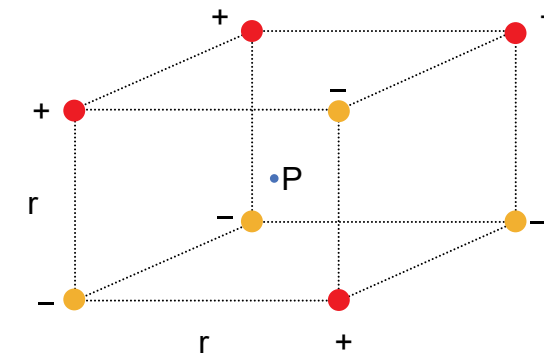
$$F_A = \sqrt{(5F)^2 + (5F)^2}$$

$$F_A = \sqrt{50F^2}$$

$$F_A = 5F\sqrt{2} \text{ N}$$

Kunci : $F_A = 5F\sqrt{2}$

5. 8 buah muatan listrik 4 diantaranya sebesar + 5 C dan 4 lainnya adalah - 5 C tersusun hingga membentuk suatu kubus yang memiliki sisi sepanjang r.



Tentukan besar potensial listrik di titik P yang merupakan titik berat kubus!

Diketahui : $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = + 5 \text{ C}$

$$Q_5 = Q_6 = Q_7 = Q_8 = - 5 \text{ C}$$

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_5 = r_6 = r_7 = r_8 = r$$

Ditanya : V_p

Jawab :

$$V = k \frac{Q}{r}$$

$$V_p = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 + V_8$$

$$V_p = k \left(\frac{Q_1}{r_1} + \frac{Q_2}{r_2} + \frac{Q_3}{r_3} + \frac{Q_4}{r_4} + \frac{Q_5}{r_5} + \frac{Q_6}{r_6} + \frac{Q_7}{r_7} + \frac{Q_8}{r_8} \right)$$

Karena jarak muatan ke titik P sama dan $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = + 20 \text{ C}$ dan $Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 = - 20 \text{ C}$ maka $\sum \left(\frac{Q}{r} \right) = 0$

$$V_p = 0$$

Kunci : $V_p = 0 \text{ Volt}$

C. Unit 3: Latihan

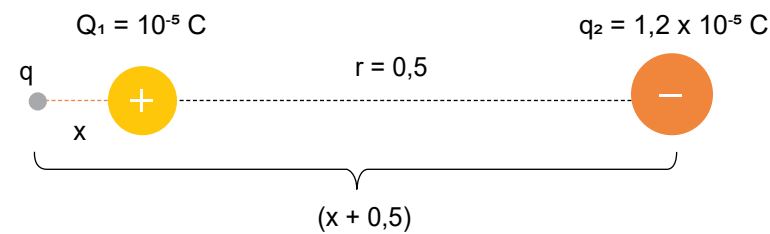
1. Dua muatan +10 μC dan -12 μC diletakkan segaris pada jarak 50 cm. Di mana letak muatan uji q harus diletakkan agar tidak dipengaruhi gaya elektrostatis kedua muatan ini?

Diketahui : $Q_1 = +10 \mu\text{C} = 10^{-5} \text{ C}$
 $q_2 = 12 \mu\text{C} = 1,2 \times 10^{-5} \text{ C}$
 $r = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$

Ditanya : x ?

Jawab :

Perhatikan gambar dibawah ini :



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

$$F_{1q} = F_{2q}$$

$$k \frac{10^{-5}q}{x^2} = k \frac{1,2 \times 10^{-5}q}{(x + 0,5)^2}$$

$$\frac{(x + 0,5)}{x} = \sqrt{\frac{1,2 \times 10^{-5}}{10^{-5}}}$$

$$x + 0,5 = (\sqrt{1,2}) x$$

$$0,095 x = 0,5$$

x = 5,26 m di sebelah kiri muatan 10 μC

Kunci : x = 5,26 m di sebelah kiri muatan 10 μC

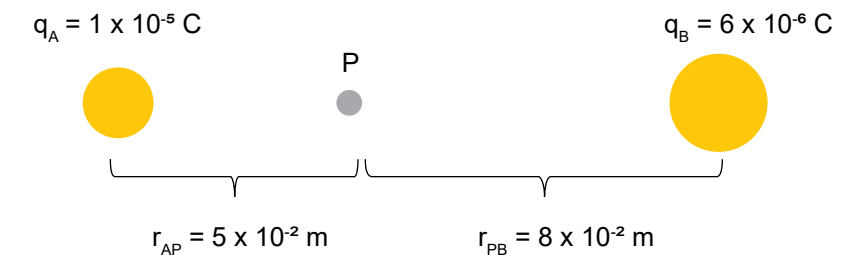
2. Berapakah besar kuat medan listrik pada titik P yang berada jarak 5 cm dari muatan A dan 8 cm dari muatan B. $q_A = 10 \mu\text{C}$ dan $q_B = 6 \mu\text{C}$

Diketahui : $q_A = 10 \mu\text{C}$ dan $q_B = 6 \mu\text{C}$

Ditanya : E_p ?

Jawab :

Perhatikan gambar di bawah ini :



$$E_p = k \left(\frac{q_B}{r_{PB}^2} - \frac{q_A}{r_{AP}^2} \right)$$

$$E_p = 9 \times 10^9 \left(\frac{6 \times 10^{-6}}{(8 \times 10^{-2})^2} - \frac{1 \times 10^{-5}}{(5 \times 10^{-2})^2} \right)$$

$$E_p = 2,76 \times 10^7 \text{ N/C}$$

Kunci : $E = 2,76 \times 10^7 \text{ N/C}$

3. Pada suatu titik sudut segitiga sama sisi terdapat muatan +3 μC , -7 μC , +5 μC . Panjang sisi segitiga adalah 8 cm.

- Hitunglah potensial di titik tengah segitiga tersebut.
- Jika muatan +4 μC diletakkan ditengah sisi segitiga, berapakah usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan ini dari satu sisi ke sisi lainnya?

Diketahui : $Q_1 = +3 \mu\text{C} = +3 \times 10^{-6} \text{ C}$

$$q_2 = -7 \mu\text{C} = -7 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$Q_3 = +5 \mu\text{C} = +5 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$r = 8 \text{ cm} = 8 \times 10^{-2} \text{ m}$$

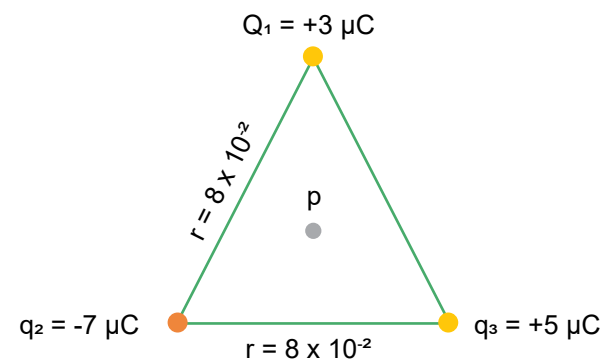
Ditanya : a. V_p ?

b. U ?

Jawab :

a. Potensial di titik tengah segitiga

Perhatikan gambar di bawah ini :



Karena titik P ada di tengah segitiga sama sisi maka jarak masing-masing muatan ke titik P adalah sama.

$r = \frac{2}{3}$ tinggi segitiga

$r = \frac{2}{3} (8 \times 10^{-2} \sin 60^\circ)$

$r = \frac{2}{75} \sqrt{3}$ meter

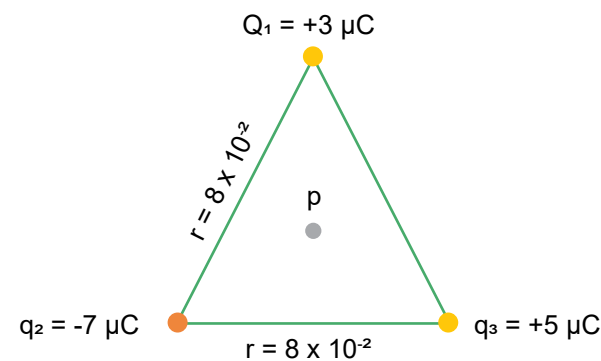
$$V = k \frac{Q}{r}$$

$$VP = V1 + V2 + V3$$

$$VP = 9 \times 10^9 \times 10^{-6} \left(\frac{3 - 7 + 5}{\frac{2}{75} \sqrt{3}} \right)$$

$$VP = 1,9 \times 10^5 \text{ V}$$

b. Usaha untuk memindahkan muatan +4 μC dari satu sisi ke sisi lainnya (dari A ke B)



$$V_B = k \left(\frac{Q_1}{r} + \frac{Q_3}{r} \right)$$

$$V_B = k \left(\frac{3 \times 10^{-6}}{8 \times 10^{-2}} + \frac{5 \times 10^{-6}}{8 \times 10^{-2}} \right)$$

$$V_B = k \left(\frac{8 \times 10^{-6}}{8 \times 10^{-2}} \right)$$

$$V_B = 9 \times 10^5 \text{ V}$$

$$V_A = k \left(\frac{q_2}{r} + \frac{Q_3}{r} \right)$$

$$V_A = k \left(\frac{-7 \times 10^{-6}}{8 \times 10^{-2}} \right) + \left(\frac{5 \times 10^{-6}}{8 \times 10^{-2}} \right)$$

$$V_A = k \left(\frac{-2 \times 10^{-6}}{8 \times 10^{-2}} \right)$$

$$V_A = -2,25 \times 10^5 \text{ V}$$

$$W = q (V_B - V_A)$$

$$W = 4 \times 10^{-6} (9 \times 10^5 - (-2,25 \times 10^5))$$

$$W = 4,5 \text{ Joule}$$

Kunci: -2,25 x 10⁵ V, 4,5 J

4. Sebuah bola konduktor diletakkan dalam ruang hampa. Bola konduktor diberi muatan +10 μC. Bola konduktor berjari-jari 10 cm. Hitung kuat medan listrik pada titik-titik 15 cm, 10 cm dan 5 cm dari pusat konduktor.

Diketahui : q = +10⁻⁵ C

$$R = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

Ditanya : E (r = 15 cm, r = 10 cm, r = 5 cm) ?

Jawab :

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

- Kuat medan listrik E pada jarak r = 15 cm adalah 0
- Kuat medan listrik pada jarak r = 10 cm

$$E = 9 \times 10^9 \cdot \frac{10^{-5}}{0,1^2}$$

$$E = 9 \times 10^6 \text{ N/C}$$

- Kuat medan listrik pada jarak $r = 5 \text{ cm}$

$$E = 9 \times 10^9 \cdot \frac{10^{-5}}{(5 \times 10^{-2})^2}$$

$$E = 3,6 \times 10^7 \text{ N/C}$$

Kunci: $4 \times 10^6 \text{ N/C}$, $9 \times 10^6 \text{ N/C}$, Nol

5. Dua kapasitor $8 \mu\text{F}$ dan $12 \mu\text{F}$ masing-masing diberi muatan dari baterai 6 V . Setelah baterainya dilepas kedua kapasitor dihubungkan. Berapa muatan akhir kedua kapasitor?

Diketahui : $C_1 = 8 \mu\text{F}$

$$C_2 = 12 \mu\text{F}$$

$$V_1 = V_2 = 6 \text{ V}$$

Ditanya : Q_1 , dan Q_2 ?

Jawab :

- Muatan Q_1 dan Q_2 mula-mula

$$Q_1 = C_1 V_1 = (8 \times 10^{-6}) \times 6 = 4,8 \times 10^{-5} \text{ C}$$

$$Q_2 = C_2 V_2 = (1,2 \times 10^{-5}) \times 6 = 7,2 \times 10^{-5} \text{ C}$$

- Muatan gabungan Q_1 dan Q_2

$$Q_{\text{gab}} = Q_2 - Q_1$$

$$Q_{\text{gab}} = 2,4 \times 10^{-5} \text{ C}$$

- Setelah dihubungkan tegangan kedua kapasitor sama besar maka :

$$V_1' = V_2'$$

$$\frac{Q_1'}{C_1} = \frac{Q_2'}{C_2}$$

Q_1' dan Q_2' adalah muatan akhir

- Muatan gabungan Q_1' dan Q_2'

$$\frac{Q_1'}{8 \times 10^{-6}} = \frac{Q_2'}{1,2 \times 10^{-5}}$$

$$Q_1' = \frac{2}{3} Q_2'$$

- Muatan gabungan Q_1' dan Q_2'

$$Q_{\text{gab}} = Q_1' + Q_2'$$

$$2,4 \times 10^{-5} \text{ C} = \frac{2}{3} Q_2' + Q_2'$$

$$Q_2' = 1,44 \times 10^{-5} \text{ C}$$

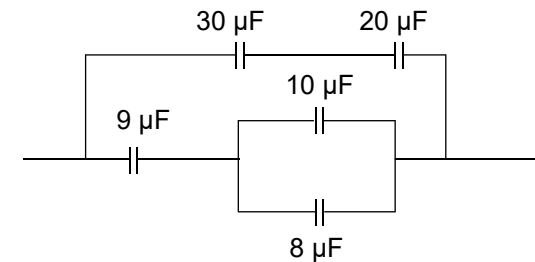
$$Q_1' = \frac{2}{3} Q_2'$$

$$Q_1' = \frac{2}{3} \times 1,44 \times 10^{-5} \text{ C}$$

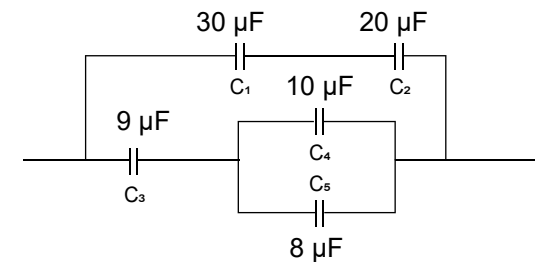
$$Q_1' = 9,6 \times 10^{-6} \text{ C}$$

Kunci: $24 \mu\text{C}$, $9,6 \mu\text{C}$

6. Pada rangkaian kapasitor berikut. Tentukan besar kapasitas penggantinya!



Ditanya : Untuk mempermudah perhitung, kita namai terlebih dahulu setiap kapasitasnya



Ditanya : $C_{\text{Pengganti}}$?

Jawab :

- C_1 dan C_2 di susun seri

$$\frac{1}{C_{s1}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$\frac{1}{C_{s1}} = \frac{1}{30} + \frac{1}{20}$$

$$C_{s1} = 12 \mu\text{F}$$

- C_4 dan C_5 di susun Paralel, lalu di susun seri dengan C_3

$$\frac{1}{C_{s2}} = \frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_{s2}} = \frac{1}{(10 \times 8)} + \frac{1}{9}$$

$$C_{s2} = 6 \mu\text{F}$$

- C_{s1} dan C_{s2} di susun parallel

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

$$C_p = 12 + 6$$

$$C_p = 18 \mu\text{F}$$

Kunci : 18 μF

7. Dua keping logam yang sejajar dipisahkan 1 cm seperti pada kapasitor. Kedua keping diberi muatan berbeda sebesar 30 μC . Jika beda potensial kedua keping 500 kV, Hitunglah:
- Kapasitas keping
 - Luas masing-masing keping
 - Gaya Tarik antara kedua keping
 - Energi yang dapat disimpan di dalam keping.

Diketahui : $d = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$

$$q = 30 \mu\text{C} = 3 \times 10^{-5} \text{ C}$$

$$V = 500 \text{ kV} = 5 \times 10^5 \text{ V}$$

- Ditanya :**
- C.....?
 - A.....?
 - F.....?
 - U.....?

Jawab :

- Kapasitas keping

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

$$C = \frac{3 \times 10^{-5}}{5 \times 10^5}$$

$$C = 6 \times 10^{-11} \text{ F}$$

- Luas masing-masing keping

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

$$6 \times 10^{-11} = \frac{8,85 \times 10^{-12} \times A}{10^{-2}}$$

$$A = 6,78 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

- Gaya Tarik antara kedua keping

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

$$F = 9 \times 10^9 \frac{(3 \times 10^{-5}) \times (3 \times 10^{-5})}{(10^{-2})^2}$$

$$F = 8,1 \times 10^4 \text{ N}$$

- Energi yang dapat disimpan di dalam keping.

$$U = \frac{1}{2} C.V^2 = \frac{1}{2} Q.V$$

$$U = \frac{1}{2} (3 \times 10^{-5}) \cdot (5 \times 10^5)$$

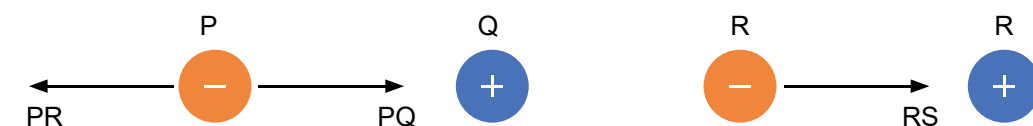
$$U = 7,5 \text{ joule}$$

Kunci: $6 \times 10^{-11} \mu\text{F}$, $6,78 \text{ cm}^2$, $81 \times 10^3 \text{ N}$, $7,5 \text{ J}$

D. Uji Kompetensi

- Ada empat buah muatan P, Q, R, dan S. P menarik Q, P menolak R, R menarik S, dan R bermuatan negatif. Tentukan jenis-jenis muatan lainnya ...

Jawaban :



Kunci : (A) P bermuatan negatif, Q bermuatan positif, dan S bermuatan positif

2. Dua muatan listrik yang terpisahkan sejauh 10 cm mengalami gaya tarik-menarik 10 N. Gaya tarik antara kedua muatan jika terpisahkan sejauh 5 cm sebesar ...

- Posisi 1

$$F_1 = k \cdot \frac{Q}{r_1^2}$$

$$10 = k \cdot \frac{Q}{(10^{-1})^2}$$

$$Q = (1/10 k) C$$

- Posisi 2

$$F_2 = k \cdot \frac{Q}{r_2^2}$$

$$F_2 = k \cdot \frac{(1/10k)}{(5 \times 10^{-2})^2}$$

$$F_2 = 40 N$$

Kunci : (D) 40 N

3. Titik A dan B masing-masing bermuatan listrik $-10 \mu C$ dan $40 \mu C$. Mula-mula kedua muatan diletakkan terpisah 0,5 meter sehingga timbul gaya coulomb F Newton. Jika jarak A dan B diubah menjadi 1,5 meter, maka gaya coulomb yang timbul adalah ...

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

$$\frac{F}{(1,5)^2} = \frac{F_2}{(0,5)^2}$$

$$F_2 = 1/9 F$$

Kunci : (A) 1/9 F

4. Potensial di suatu titik yang berjarak r dari muatan Q adalah 600V. Kuat medan listrik di titik tersebut 400 N/C. Jika $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$, maka besar muatan Q adalah ...

$$V = E \times d$$

$$600 = 400 \times d$$

$$d = 1,5 \text{ meter}$$

$$V = k \frac{Q}{r}$$

$$Q = \frac{600 (1,5)}{9 \times 10^9}$$

$$Q = 1 \times 10^{-7} C$$

Kunci : (E) $1 \cdot 10^{-7} C$

5. Pada setiap titik sudut sebuah segitiga sama sisi dengan sisi terdapat muatan positif q . Kuat medan dan potensial listrik di pusat segitiga ini, dengan k sebagai tetapan, berturut-turut adalah ...

- Karena segitiga yang di gunakan adalah segitiga sama sisi maka jarak dari pusat ke masing-masing sisi segitiga adalah sama maka besar kuat medan listrik sama besar akan saling meniadakan sehingga resultannya adalah nol (0)
- Potensial listrik :

Kunci : (D) 0 dan $k q/r$

6. Sebuah bola konduktor berjari-jari 9 cm diberi muatan 6 mC. Besar kuat medan listrik dan potensial listrik pada titik yang berjarak 3 cm dari pusat bola adalah ...

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

$$E = 9 \times 10^9 \frac{6 \times 10^{-3}}{(3 \times 10^{-2})^2}$$

$$E = 6 \times 10^{10} \text{ N/C}$$

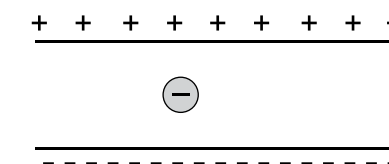
$$V = k \frac{Q}{r}$$

$$V = 9 \times 10^9 \frac{6 \times 10^{-3}}{3 \times 10^{-2}}$$

$$V = 1,8 \times 10^9 \text{ Volt}$$

Kunci : (E) $E = 6 \cdot 10^{10} \text{ N/C}$, $V = 1,8 \cdot 10^9 \text{ volt}$

7. Dua keping logam yang sejajar dan jaraknya 0,5 cm satu dari yang lain diberi muatan listrik yang berlawanan (lihat gambar) hingga beda potensial 10.000 Volt. Bila muatan elektron adalah $1,6 \times 10^{-19} C$, maka besar dan arah gaya coulomb pada sebuah elektron yang ada diantara kedua keping adalah ...



$$V = E \times d$$

$$F = \frac{qV}{d}$$

$$F = \frac{1,6 \times 10^{-19} \times 10^4}{5 \times 10^{-3}}$$

$$F = 3,2 \times 10^{-13} \text{ N}$$

Kunci: (C) $3,2 \times 10^{-13}$ N ke atas

8. Kapasitas kapasitor dapat diperkecil dengan cara-cara sebagai berikut ...

- Ruang antar lempeng diisi minyak
- Dengan pasangan seri beberapa kapasitor
- Jarak kedua lempeng diperkecil
- Luas lempengnya diperkecil.

Yang benar adalah ...

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

Kunci : (E) 4 saja

9. Tiga buah kapasitor identik yang mula-mula belum bermuatan akan dihubungkan dengan baterai 15 V. Bila hanya salah satunya saja yang dihubungkan dengan baterai 15 V tersebut, energi yang tersimpan dalam kapasitor adalah 1,5E. Energi yang akan tersimpan bila ketiga kapasitor tadi dihubungkan seri dengan baterai adalah

Perhatikan gambar pada kondisi awal besar energinya adalah

$$1,5 E = 0,5 CV^2$$

$$E = \frac{1}{3} CV^2$$

$$V^2 = \frac{3E}{C}$$

ketika disusun seri ketiga kapasitornya maka besar C_s nya

$$\frac{1}{C_s} = \frac{3}{C}$$

$$C_s = \frac{C}{3}$$

maka besar energinya

$$E_2 = 0,5 C_s V^2$$

$$E_2 = 0,5 \left(\frac{C}{3} \right) \times \left(\frac{3E}{C} \right)$$

$$E_2 = 0,5 E$$

Kunci : (B) $\frac{1}{2}E$

10. Tiga kapasitor A, B, dan C masing-masing berkapasitas 4F, 6F, dan 12F disusun seri kemudian dihubungkan dengan tegangan 90V. Apabila muatan listrik masing-masing kapasitor q_A , q_B , dan q_C maka ...

Karena rangkaiannya adalah seri maka besar muatan sama yaitu $q_A = q_B = q_C$

$$q_A = q_B = q_C$$

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$C_s = 2 \times 10^{-3} \text{ F}$$

$$Q = C \cdot V$$

$$Q = 2 \times 10^{-3} \times 90$$

$$Q = 1,8 \times 10^{-2}$$

Kunci : (E) $q_A = q_B = q_C$ (E)

11. Tiga buah kapasitor masing-masing 6 μF , 12 μF dan 4 μF dirangkai seri kemudian dihubungkan dengan sumber tegangan 8 volt. Tegangan pada kapasitor 4 μF adalah ...

$$1/C_s = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$$

$$1/C_s = 1/6 + 1/12 + 1/4$$

$$C_s = 2 \text{ F}$$

$$q = C_s \cdot V$$

$$q = 2 \times 8$$

$$q = 16 \text{ C}$$

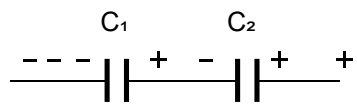
$$V = q/C$$

$$V = 16/4 = 4 \text{ volt}$$

Kunci : (B) 4,0 volt

12. Dua kapasitor dengan kapasitas $C_1 = 30 \text{ pF}$ dan $C_2 = 60 \text{ pF}$ dihubungkan seri, lalu dipasang

pada tegangan listrik 100 V, seperti pada gambar. Bila muatan listrik dan beda potensial pada masing-masing kapasitor adalah : Q_1 , Q_2 , V_1 dan V_2 maka ...



- (1) $Q_1 = 2 \times 10^{-9} \text{ C}$
- (2) $Q_2 = 2 \times 10^{-9} \text{ C}$
- (3) $V_1 = 66,7 \text{ V}$
- (4) $V_2 = 33,3 \text{ V}$

Yang benar adalah ...

$$1/C_s = 1/30 + 1/60$$

$$C_s = 20 \text{ pF}$$

Besar muatannya sama karena disusun seri : $Q = C \cdot V$

$$Q = (2 \times 10^{-11}) (100)$$

$$Q = 2 \times 10^{-9} \text{ C}$$

Beda Potensial

$$V_1 = (2 \cdot 10^{-9}) / (3 \times 10^{-11})$$

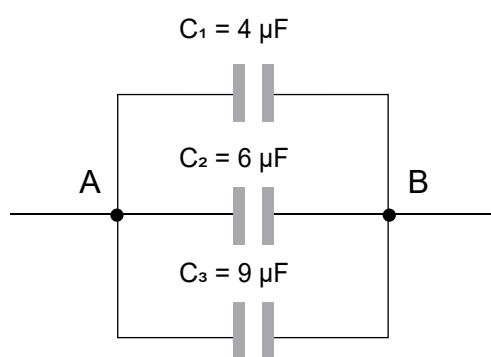
$$V_1 = 66,9 \text{ Volt}$$

$$V_2 = (2 \cdot 10^{-9}) / (6 \times 10^{-11})$$

$$V_2 = 33,3 \text{ Volt}$$

Kunci: 1, 2, 3 dan 4

13. Kapasitor terpasang seperti gambar



Jika muatan yang tersimpan pada C_3 adalah $540 \mu\text{C}$, maka:

- 1) Muatan yang tersimpan $c_1 = 240 \mu\text{C}$
- 2) Beda potensial ujung-ujung $c_2 = 60 \text{ v}$
- 3) Beda potensial $ab = 60 \text{ v}$
- 4) Jumlah muatan total = $360 \mu\text{C}$

Yang benar adalah ...

$$1/C_s = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$$

$$1/C_s = 1/4 + 1/6 + 1/9$$

$$C_s = 36/19 \mu\text{F}$$

$$Q_3 = C_3 \cdot V$$

$$540 = 9 V$$

$$V = 60 \text{ Volt}$$

$$Q_1 = C_1 \cdot V$$

$$Q_1 = 4 \cdot 60$$

$$Q_1 = 240 \mu\text{C}$$

Kunci : (B) 1, 2 dan 3

14. Sebuah kapasitor dengan kapasitansi $2 \cdot 10^{-5} \text{ F}$ yang pernah dihubungkan untuk beberapa saat lamanya pada beda potensial 500 V. Kedua ujungnya dihubungkan dengan ujung-ujung sebuah kapasitor lain dengan kapasitansinya $3 \cdot 10^{-5} \text{ F}$ yang tidak bermuatan. Energi yang tersimpan di dalam kedua kapasitor adalah ...

$$Q_p = Q_1 + Q_2$$

$$= C_1 V_1 + C_2 V_2$$

$$= (2 \times 10^{-5} \text{ F})(5 \times 10^2 \text{ V}) + (3 \times 10^{-5} \text{ F})(0 \text{ V}) = 0,01 \text{ C}$$

$$C_p = C_1 + C_2$$

$$= 2 \times 10^{-5} \text{ F} + 3 \times 10^{-5} \text{ F} = 5 \times 10^{-5} \text{ F}$$

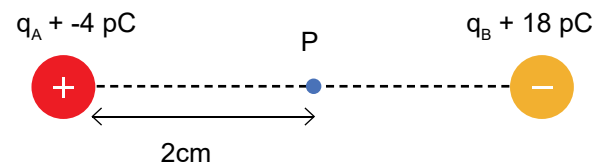
$$W_p = \frac{Q_p^2}{2C_p}$$

$$= \frac{(10^{-2} \text{ C})^2}{2(5 \times 10^{-5} \text{ F})}$$

$$W_p = 1 \text{ J}$$

Kunci : (C) 1,00 J

15. Dua muatan titik berjarak 5 cm terlihat seperti gambar.



Besar medan listrik di titik P adalah ...

$$E = 9 \times 10^9 \left(\frac{-4 \times 10^{-12}}{(2 \times 10^{-2})^2} + \frac{1,8 \times 10^{-11}}{(3 \times 10^{-2})^2} \right)$$

$$E = 90 \text{ N/C}$$

Kunci : (B) 90 N.C⁻¹

16. Dua buah partikel A dan B masing- masing bermuatan +20 μC dan +45 μC terpisah dengan jarak 15 cm. Jika C adalah titik yang terletak di antara A dan B sedemikian sehingga kuat medan di C sama dengan nol, maka letak C dari A (dalam cm) adalah ...

$$1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$$

agar kuat medan listrik dititik C = 0, maka :

$$EA = EB$$

$$k \cdot \frac{q_A}{r_A^2} = \frac{q_B}{r_B^2} \dots\dots\dots \text{karena } k = \text{tetapan maka bisa dicoret}$$

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

$$\frac{20 \times 10^{-6}}{x^2} = \frac{45 \times 10^{-6}}{(15 - x)^2} \quad | \text{ pembilang dibagi } 5 \times 10^{-6}$$

$$\frac{4 \times 10^{-6}}{x^2} = \frac{9 \times 10^{-6}}{(15 - x)^2} \quad | \text{ akar kedua ruas}$$

$$\frac{\sqrt{4}}{\sqrt{x^2}} = \frac{\sqrt{9}}{\sqrt{(15 - x)^2}}$$

$$\frac{2}{x} = \frac{3}{15 - x}$$

$$2(15 - x) = 3(x)$$

$$30 - 2x = 3x$$

$$30 = 3x + 2x$$

$$30 = 5x$$

$$\text{maka } x = 6 \text{ cm}$$

Kunci : (D) 6 cm

17. Kuat medan listrik yang ditimbulkan oleh muatan listrik pada sebuah titik bergantung pada :

- 1) Besarnya muatan
- 2) Jaraknya dari muatan
- 3) Jenis muatan
- 4) Jenis medium antara muatan dan titik

Yang benar adalah ...

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

Kunci : (B) 1, 2 dan 4

18. Perhatikan gambar di bawah. Ketiga muatan listrik q₁, q, dan q₂ adalah segaris.



Bila q = 5,0 μC dan d = 30 cm, maka besar dan arah gaya listrik yang bekerja pada muatan q adalah ... (k = 9 x 10⁹ N m² C⁻²)

Gaya tolak menolak antara q₁ dengan q₃

$$F_1 = k \times q_1 \times \frac{q_3}{r_1^2}$$

$$F_1 = 9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-5} \times \frac{5 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-1})^2}$$

$$F_1 = 9 \times 3 \times \frac{5 \times 10^{-2}}{9 \times 10^{-2}}$$

$F_1 = 15 \text{ N}$, dengan arah menuju q_2

Gaya tolak menolak antara q_1 dengan q_2

$$F_2 = k \times q_1 \times \frac{q_2}{r_2^2}$$

$$F_2 = 9 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-5} \times \frac{5 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-1})^2}$$

$$F_2 = 9 \times 6 \times \frac{5 \times 10^{-2}}{36 \times 10^{-2}}$$

$F_2 = 7,5 \text{ N}$, dengan arah menuju q_1

Resultan gayanya

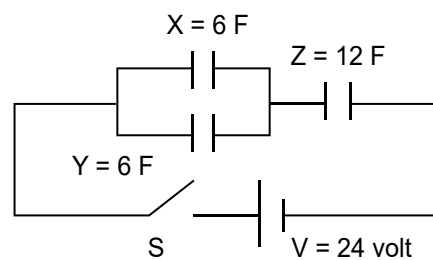
$$F = F_1 - F_2$$

$$F = 15 - 7,5$$

$F = 7,5 \text{ N}$, dengan arah menuju q_2

Kunci : (B) 7,5 N menuju q_2

19. Kapasitor X, Y dan Z dirangkai seperti pada gambar!



Bila saklar S ditutup selama 5 detik, energi listrik yang tersimpan pada kapasitor Z adalah ...

Y dan Z di paralel

$$C_p = 6 + 6 = 12 \text{ F}$$

C_p dan X di seri

$$1/C_s = 1/C_p + 1/X$$

$$1/C_s = 1/12 + 1/12 = 2/12$$

$$C_s = 12/2 = 6 \text{ F}$$

Energi

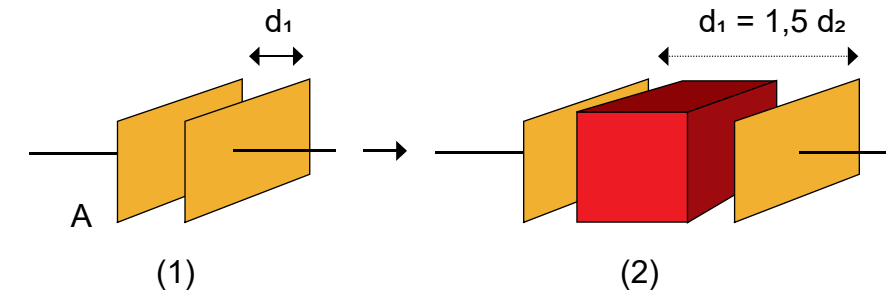
$$w = \frac{1}{2} \cdot C_s \cdot V^2$$

$$w = \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 12^2$$

$$w = 432 \text{ J}$$

Kunci : (E) 432 J

20. Perhatikan kapasitor keping sejajar berikut!



Bahan dielektrik yang disisipkan memiliki konstanta dielektrik 2. Angka perbandingan kapasitas kapasitor (1) dan (2) adalah ...

Kapasitas keping sejajar

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

dimana

k = konstanta bahan dielektrik (yang disisipkan)

A = luas

d = jarak dua keping

dari soal diketahui perubahannya adalah jarak (d) dan konstanta dielektrik (k) saja sehingga:

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{k_1 / d_1}{k_2 / d_2} = \frac{k_1}{k_2} \times \frac{d_2}{d_1} = \frac{1}{2} \times \frac{1,5}{1} = \frac{1,5}{2} = \frac{3}{4}$$

Kunci : (C) 4 : 3



A. Unit 2: Penugasan

Skor	Uraian
Deskripsi	Jawaban benar apabila dapat: a. Menyebutkan komponen inti printer laser yaitu photoreceptor, berbentuk silinder dan bermuatan positif b. Menyebutkan peranan sinar laser untuk menghilangkan muatan positif pada photoreceptor c. Tinta printer berupa serbuk berwarna dan bermuatan positif menempel pada bagian photoreceptor yang tidak bermuatan positif d. Kertas ditarik masuk ke dalam roller dan diberi muatan negative kemudian ditempelkan pada photoreceptor sehingga menarik tinta kemudian melalui pemanasan agar tinta menempel dengan baik.
4	Jika semuanya benar
3	Jika hanya 3 yang benar
2	Jika hanya 2 yang benar
1	Jika hanya 1 yang benar

B. Unit 3: Penugasan

Penugasan No. 1

Skor	Uraian
1	Energi tersimpan dalam bentuk medan listrik
4	Energi di dalam kapasitor ditentukan oleh jarak kedua keping (d), luas penampang keping (A) dan medium antara kedua keping (ϵ_0) dan beda potensial kedua kepingnya
1	Memperbesar jaran antara kedua keping
6	Skor Maksimum

Penugasan No. 2

Objek	Uraian
Jenis Kapasitor dan Kapasitas Kapasitor	Skor 4, Jika mengumpulkan 5 jenis kapasitor yang berbeda dan menuliskan dengan benar kapasitasnya Skor 3, Jika mengumpulkan 4 kapasitor yang berbeda dan menuliskan dengan benar kapasitasnya Skor 2, Jika mengumpulkan 3 kapasitor yang berbeda dan menuliskan dengan benar kapasitasnya Skor 1, Jika mengumpulkan 2 kapasitor yang berbeda dan menuliskan dengan benar kapasitasnya

Tegangan Kerja dan Muatan Kapasitor	Skor 4, Jika benar dalam menuliskan tegangan kerja dan muatan maksimum ke-5 jenis kapasitor yang dikumpulkan Skor 3, Jika benar dalam menuliskan tegangan kerja dan muatan maksimum ke-4 jenis kapasitor yang dikumpulkan Skor 2, Jika benar dalam menuliskan tegangan kerja dan muatan maksimum ke-3 jenis kapasitor yang dikumpulkan Skor 1, Jika benar dalam menuliskan tegangan kerja dan muatan maksimum ke-2 jenis kapasitor yang dikumpulkan
Skor Maksimum	8

C. Unit 4: Penugasan: Mengukur Besaran-besaran Kapasitor

Penilaian Percobaan dan Pengumpulan Data

Objek	Uraian
Pengisian dan Pengosongan Kapasitor	Skor 4, Jika melakukan 5 kali percobaan pengisian dan pengosongan kapasitor dengan data yang benar Skor 3, Jika melakukan 4 kali percobaan pengisian dan pengosongan kapasitor Skor 2, Jika melakukan 3 kali percobaan pengisian dan pengosongan kapasitor Skor 1, Jika melakukan 2 kali percobaan pengisian dan pengosongan kapasitor
Grafik V-t	Skor 4, Jika membuat grafik V - t untuk pengisian dan pengosongan kapasitor dengan data yang benar Skor 2, Jika membuat grafik V - t untuk pengisian atau pengosongan kapasitor
Waktu Pengosongan	Skor 4, Jika waktu untuk pengisian dan pengosongan kapasitor cenderung sama Skor 2, Jika waktu untuk pengisian dan pengosongan kapasitor perbedaannya sangat besar
Kapasitas Kapasitor	Skor 4, Jika kapasitas kapasitor hasil percobaan cenderung sama dengan spesifikasi yang diberikan pabrik. Skor 2, Jika kapasitas kapasitor hasil percobaan berbeda sangat besar dengan spesifikasi yang diberikan pabrik
Laporan	Skor 4, Jika laporan yang dibuat lengkap sesuai dengan pengarahan tutor. Skor 2, Jika laporan yang dibuat tidak lengkap sesuai dengan pengarahan tutor.
Bahan Presentasi	Skor 4, Jika membuat bahan presentasi lengkap sesuai pengarahan tutor Skor 2, Jika membuat bahan presentasi tidak lengkap sesuai pengarahan tutor
Skor Maksimum	24

Penilaian Penugasan:

$$\text{Nilai Tugas} = \frac{\text{Jumlah Semua Skor Tugas yang diperoleh}}{\text{Jumlah Skor Maksimum dari semua tugas}} \times 100$$

KRITERIA PINDAH MODUL

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif. Anda dapat meminta kunci jawaban kepada Tutor. Untuk menilai jawaban Anda, lihat contoh cara penilaian yang terdapat pada kunci jawaban Tes Formatif. Kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi modul ini.

Rumus untuk menghitung tingkat penguasaan Anda sebagai berikut:

$$TP = \frac{BJB}{JS} \times 100\%$$

TP = Tingkat Penguasaan
BJB = Banyaknya jawaban benar
JS = Jumlah soal

Bila tingkat penguasaan Anda mencapai 80%, Anda dapat meneruskan mempelajari modul berikutnya . Bagus!

Tetapi bila tingkat penguasaan Anda di bawah 80%, Anda harus mengulangi modul 2 ini, terutama bagian yang belum Anda kuasai. Disarankan untuk berdiskusi dengan teman sekelas Anda atau dengan Tutor pembimbing.

Arti tingkat penguasaan yang Anda capai:

90-100% = baik sekali
80-89% = baik
70-79% = cukup
≤69% = kurang



Saran Referensi

1. <https://www.artikeledukasi.com/fisika/hukum-coulomb-dan-medan-listrik/>
2. <https://gurumuda.net/contoh-soal-hukum-coulomb.htm/amp%3f>
3. <https://www.artikeledukasi.com/fisika/hukum-coulomb-dan-medan-listrik/>
4. <https://brainly.co.id/tugas/18408863,27-2018>
5. <https://www.artikeledukasi.com/fisika/listrik-statis/>
6. <https://alihhsanulqauli.wordpress.com/pfe/listrik-dan-magnet/1-listrik-statis/>
7. <https://www.artikeledukasi.com/fisika/hukum-coulomb-dan-medan-listrik/>
8. <https://teknikelektronika.com/pengertian-saklar-listrik-cara-kerjanya/>
9. Simak lebih lanjut di Brainly.co.id - <https://brainly.co.id>
10. <https://www.artikeledukasi.com/fisika/listrik-statis/>
11. <https://rumusrumus.com/sifat-muatan-listrik/>
12. <https://alihhsanulqauli.wordpress.com/pfe/listrik-dan-magnet/1-listrik-statis/listrik-statis-1gaya-listrik/>
13. <https://tienkartina.wordpress.com/2010/10/14/medan-listrik-kuat-medan-listrik/>



Daftar Pustaka

- Direktorat Pendidikan Kesetaraan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, *“Silabus Mata Pelajaran Fisika Pendidikan Kesetaraan paket C setara SMA”*, Jakarta: 2017
- Hugh D. Young & Roger A. Fredman, *Fisika Universitas Jilid 2 (Edisi 10)*, Jakarta: Penerbit Erlangga, 2004
- Paul A. Tipler, Bambang Soegijono (Alih Bahasa), *Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 2*, Jakarta: Penerbit Erlangga, 1996
- Yohanes Surya, *Olimpiade Fisika SMU Kelas 2*, Jakarta: PT. Primatika Cipta Ilmu, 1996
- M. Achya Arifudin, *Fisika Untuk SMA kelas XII*, Jakarta: Inter Plus, 2007
- Marthen Kanginaan, *Fisika untuk kelas XII*, Surabaya: Penerbit Erlangga, 2007
- Ketut Kamajaya; Wawan Purnawan, *Aktif dan Kreatif Belajar Fisika untuk SMA/MA Kelas XII*, Bandung: PT Grapindo Media Pratama, 2007

Nugroho Arispraseteyo, Indarti dan Syifa Naila Helmiah, Fisika untuk SMA/MA kelas XII, Surakarta: CV Mediatama, 2016

Kamajaya, Cerdas Belajar Fisika Kelas XII untuk SMA/MA", Bandung: PT Grafindo Media Pratama, 2017

Yohanes Surya dan P. Ananta, Fisika Untuk Kelas 3 SMA Edisi 3, Jakarta: P.T. Intan Pariwara, 1989

https://bsd.pendidikan.id/data/SMA_12/Panduan_Pembelajaran_Fisika_Kelas_12_Suparmo_Tri_Widodo_2009.pdf

<https://tienkartina.wordpress.com/2010/11/13/kapasitor/>

<https://www.youtube.com/watch?v=6pJY0tEavYM>

<https://hariantiweb.wordpress.com/2017/03/27/simbol-dan-fungsi-kapasitor/>

<https://belajarelektroika.net/harga-kapasitor-mesin-cuci/>

<https://www.4muda.com/cara-kerja-dan-fungsi-kapasitor-pada-alat-elektronik-dan-teknologi-layar-sentuh/>

<https://slideplayer.info/slide/13777972/>



Profil Penulis

Nama Lengkap : Sanserlis F. Toweula

HP : 0813 1406 6855

E-Mail : sanserlis@gmail.com

Alamat Rumah : Cibubur Country, The Royal II Nomor 22
Jalan Letda Nasir, Cikeas Udik
Gunung Putri, Bogor Jawa Barat (16966)

Bidang Studi : Fisika

PEKERJAAN

1. Guru SMA Negeri 30 Jakarta (1987 - 2013)
2. Pengawas Sekolah SMA Jakarta Pusat (2014 - sekarang)

Pendidikan

1. S1 Jurusan Fisika, IKIP Negeri Jakarta (lulus tahun 1984)
5. S2 Jurusan Fisika Murni dan Terapan, Universitas Indonesia (lulus tahun 2006)

Buku

- Fokus Ujian Nasional SMA, Erlangga, 2010, 2011, 2012, 2013,
- Simulasi Ujian Nasional SMA, Erlangga, 2010. 2011, 2012, 2013
- Teori Relativitas Khusus (Modul e_learning), 2008
- Dualisme Gelombang dan Partikel, (Modul e_learning), 2008

Penelitian

- Metode MADA (Mapping, Analysis, Directing, Assessment), 2012
- Meningkatkan Hasil Ujian Nasional Sekolah Binaan dengan Metode MADA, 2016

