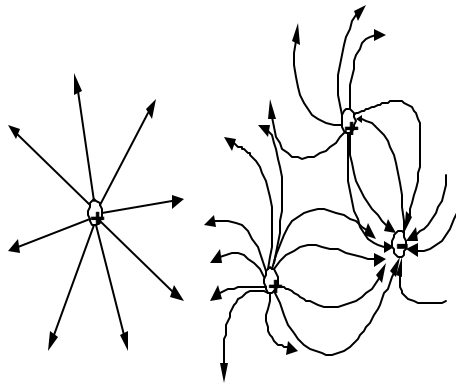




DASAR ELEKTROSTATIKA

ELK-DAS.20
20 JAM



Penyusun :

TIM FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
EDISI 2001

KATA PENGANTAR

Modul dengan judul “**DASAR ELEKTROSTATIKA**” merupakan bahan ajar yang digunakan sebagai panduan praktikum peserta diklat (siswa) Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) untuk membentuk salah satu bagian dari kompetensi penerapan konsep dasar elektro Bidang Keahlian Teknik Elektro.

Modul ini terdiri atas 3 Kegiatan Belajar. Kegiatan Belajar 1 tentang konsep dasar elektrostatika, Kegiatan Belajar 2 tentang kapasitansi konduktor, dan Kegiatan Belajar 3 tentang kapasitansi kondensator.

Modul ini berkaitan dengan modul yang membahas ilmu bahan dan alat ukur listrik. Diharapkan dengan mempelajari modul ini peserta diklat dapat menerapkan konsep elektrostatika terutama yang berkaitan dengan konsep dasar elektro.

Yogyakarta, Nopember 2001

Penyusun.

Tim Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta

DESKRIPSI JUDUL

Modul ini terdiri atas 3 kegiatan belajar, yaitu Kegiatan Belajar 1 tentang elektrostatika yang didalamnya mencakup muatan listrik, hukum Coulomb, medan listrik, garis gaya medan listrik, potensial listrik, tenaga sistem titik-titik muatan listrik, teorema Gauss dan persamaan Maxwell I. Kegiatan Belajar 2 tentang kapasitansi konduktor yang didalamnya membahas definisi konduktor, koefisien potensial dan kapasitansi konduktor. Kegiatan Belajar 3 tentang kapasitansi konduktor yang didalamnya mencakup tenaga yang tersimpan dalam kondensator bermuatan, perhitungan kapasitansi konduktor serta pengisian dan pengosongan kapasitor.

Hasil yang akan dicapai dalam mempelajari modul ini adalah peserta diklat dapat menerapkan konsep kemagnetan terutama yang berkaitan dengan kelistrikan.

PETA KEDUDUKAN MODUL

PRASYARAT

Untuk melaksanakan modul **DASAR ELEKTROSTATIKA** memerlukan kemampuan awal yang harus dimiliki peserta diklat, yaitu :

- Peserta diklat telah memahami sifat komponen kapasitor dan resistor
- Peserta diklat dapat menggunakan alat ukur analog dan CRO.

DAFTAR ISI

	Halaman
Judul	i
Kata Pengantar.....	ii
Deskripsi Modul.....	iii
Peta Kedudukan Modul.....	iv
Prasyarat.....	v
Daftar Isi.....	vi
Peristilahan.....	viii
Petunjuk Penggunaan Modul.....	ix
Tujuan	x
Kegiatan Belajar 1	1
Lembar Informasi.....	1
Lembar Kerja	9
Kesehatan dan keselamatan kerja	9
Langkah kerja	9
Lembar Latihan	10
Kegiatan Belajar 2	11
Lembar Informasi.....	11
Lembar Kerja	19
Kesehatan dan keselamatan kerja	19
Langkah kerja	19
Lembar Latihan	20
Kegiatan Belajar 3	21
Lembar Informasi.....	21
Lembar Kerja.....	27
Kesehatan dan keselamatan kerja.....	27
Langkah kerja	28
Lembar Latihan	30

Lembar Evaluasi	31
Lembar Kunci Jawaban	32
Lembar Kunci Jawaban Latihan.....	32
Lembar Kunci Jawaban Evaluasi	34

DAFTAR PUSTAKA

PERISTILAHAN/GLOSSAARY

Resinious, yaitu muatan listrik negatif.

Vitrious, yaitu muatan listrik positif.

Elektron adalah zarah pembawa muatan listrik negatif sehingga akan bermuatan listrik negatif.

Proton adalah zarah pembawa muatan listrik positif sehingga akan bermuatan listrik negatif.

Kapasitansi, yaitu kemampuan kapasitor menampung muatan listrik

Konduktor adalah bahan yang dapat menghantarkan listrik dengan baik.

Kondensator adalah bahan konduktor yang mampu menyimpan rapat muatan listrik.

PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mempelajari modul ini :

1. Dalam mempelajari modul ini, urutan kegiatan belajar sebaiknya tidak diubah, akan tetapi harus urut seperti yang tertuang dalam modul ini. Hal tersebut dikarenakan kegiatan belajar 3 dapat terlaksana dengan baik jika kegiatan belajar 2 telah dikuasai, Demikian halnya kegiatan belajar 2 akan dapat dipelajari dengan lancar jika telah menguasai kegiatan belajar 1.
2. Dalam mempelajari setiap kegiatan belajar sebaiknya dipelajari dahulu secara sungguh-sungguh lembar informasi, setelah dikuasai lembar informasi tersebut baru pindah ke lembar kerja dan selanjutnya ke lembar latihan.

TUJUAN

1. Tujuan Akhir

- Peserta diklat dapat menerapkan konsep elektrostatika terutama yang berkaitan dengan konsep dasar elektro dengan benar.

2. Tujuan Antara

- Peserta diklat mampu menjelaskan konsep-konsep dasar elektrostatika.
- Peserta diklat dapat menentukan kapasitansi suatu konduktor.
- Peserta diklat dapat menggambar grafik pengisian dan pengosongan induktor.
- Peserta diklat dapat menentukan kapasitansi suatu kondensator.
- Peserta diklat dapat menggambar grafik pengisian dan pengosongan kapasitor.

KEGIATAN BELAJAR 1

KONSEP - KONSEP DASAR ELEKTROSTATIKA

Lembar Informasi

1. Muatan Listrik

Sejarah kelistrikan diawali dengan diamatinya bahan ambar atau resin yang dalam bahasa Yunani berarti elektron, yang mana apabila bahan tersebut digosok dengan kulit binatang berbulu akan dapat menarik benda-benda halus yang ringan yang setelah menempel padanya lalu ditolakinya.

Sifat demikian ternyata tertularkan pada benda lain yang disinggungkan atau yang ditempelkan padanya, yang oleh karenanya benda itu lalu dikatakan bermuatan "keambaran" atau *resinious*.

Hal yang sama ternyata terjadi pula pada kaca yang digosok dengan kain sutera, yang penularannya menjadikan benda lain yang ditempelkan padanya bermuatan "kekacaan" atau *vitriuous*.

Pada tahun 1733, Francois du Fay menemukan kenyataan bahwa di alam hanya ada dua jenis muatan saja, yaitu muatan *resinious* dan *vitriuous*, dan dua benda yang muatannya sama akan tolak-menolak dan sebaliknya dua benda akan tarik-menarik jika muatannya berbeda.

Kemudian Benyamin Franklin (1706–1790) menemukan kenyataan bahwa dua jenis muatan *resinious* dan *vitriuous* itu kalau digabungkan akan saling meniadakan seperti halnya dengan bilangan positif dan negatif. Sejak itu muatan *resinious* disebut muatan listrik negatif dan *vitriuous* disebut dengan muatan listrik positif.

Melanjutkan percobaan Michelson dan Carlisle tentang elektrolisa, Michael Faraday (1791–1867) pada tahun 1833 mengemukakan terkuantisasinya muatan listrik menjadi unit-unit muatan, yang kemudian oleh Stoney pada tahun 1874, yang diperkuat oleh J.J. Thomson pada tahun 1897, dihipotesiskan adanya zarah pembawa unit muatan listrik,

yang lalu dinamakan elektron. Sebagai resin, elektron dikatakan menghasilkan muatan listrik negatif maka elektronpun akan bermuatan listrik negatif.

2. Hukum Coulomb

Meskipun J.C. Maxwell (1831-1879) berhasil memadukan semua hukum dan rumus kelistrikan dalam bentuk empat persamaan yang lalu dikenal sebagai persamaan maxwell sedemikian hingga semua gejala kelistrikan selalu dapat diterangkan berdasarkan atau dijabarkan dari keempat persamaan itu, pada hakikatnya keempat persamaan itu dapat dipadukan menjadi atau dapat dijabarkan dari hukum Coulomb :

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

yakni yang menyatakan bahwa gaya antara dua muatan listrik q_1 dan q_2 akan sebanding dengan banyaknya muatan listrik masing-masing serta berbanding terbalik dengan kuadrat jarak (r) antara kedua muatan listrik tersebut, serta tergantung pada medium dimana kedua muatan itu berada, yang dalam perumusannya ditetapkan oleh suatu tetapan medium k .

Jadi hukum Coulomb merupakan hukum yang fundamental dalam ilmu kelistrikan, yang mendasari semua hukum dan rumus kelistrikan, seperti halnya hukum inisial Newton dalam mekanika yang mendasari semua hukum dan rumus mekanika.

Dalam sistem satuan m.k.s, tetapan medium k tertulis sebagai $1/(4 \pi \epsilon)$, sehingga hukum Coulomb menjadi berbentuk:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4 \pi \epsilon r^2}$$

dan ϵ disebut permitivitas medium.

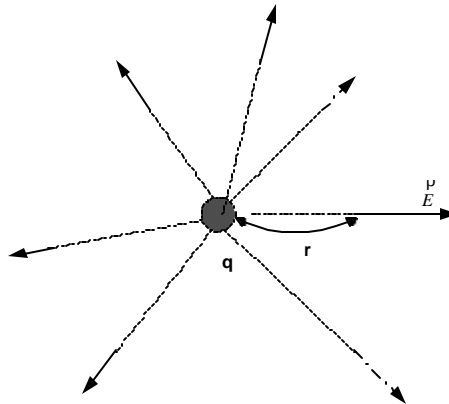
Dengan F positif berarti gaya itu tolak menolak dan sebaliknya F negatif berarti tarik-menarik.

3. Medan Listrik

Adanya muatan listrik didalam ruang akan menyebabkan setiap muatan listrik yang ada di dalam ruangan itu mengalami gaya elektrostatika Coulomb, yaitu yang menurutkan hukum Coulomb diatas. Oleh sebab itu dikatakan bahwa muatan listrik akan menimbulkan medan listrik disekitarnya. Medan listrik dikatakan kuat apabila gaya pada muatan listrik di dalam ruangan bermedan listrik itu besar. Tetapi gaya coulomb itu besar terhadap muatan listrik yang banyak sehingga didefinisikan kuat medan listrik sebagai gaya pada satu satuan muatan listrik. Jadi dari hukum Coulomb di atas, kuat medan listrik oleh titik muatan listrik q adalah;

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}$$

Dimana \hat{r} ialah vektor satuan arah radial dari titik muatan q seperti yang dijelaskan oleh Gambar 1.1.



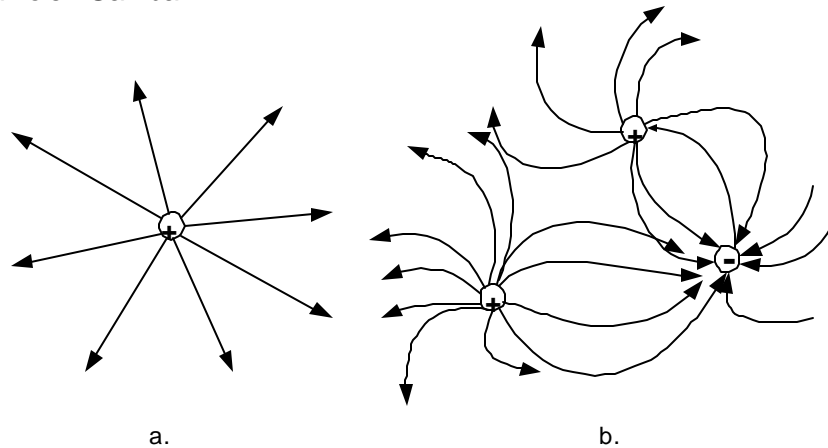
Gambar.1.1. Kuat medan listrik

Sebagaimana gaya adalah besaran vektor maka begitu juga kuat medan listrik \vec{E} sehingga kuat medan listrik oleh beberapa titik muatan listrik q_1, q_2, q_3, \dots sama dengan jumlah vektor-vektor kuat medan listrik oleh masing-masing titik muatan listrik, yaitu;

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$

4. Garis Gaya Medan Listrik

Garis gaya medan listrik bukanlah besaran nyata melainkan suatu abstraksi atau angan-angan atau gambaran yang menyatakan arah medan listrik di berbagai tempat di dalam ruang bermedan listrik, yakni yang polanya menyatakan distribusi arah medan listrik seperti yang dijelaskan oleh Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Pola garis gaya medan listrik oleh titik muatan (a)
Dan sistem muatan (b)

Arah medan listrik setempat, yaitu pada arah garis gaya di tempat itu, sudah tentu menyinggung garis gaya ditempat tersebut.

Pada hakikatnya memang setiap titik pasti dilalui suatu garis gaya, sehingga garis-garis gaya akan memenuhi seluruh ruangan. Tetapi seandainya semua garis gaya kita gambarkan, maka sistem pola garis gaya itu tidak akan tampak. Oleh sebab itu banyak garis gaya yang dilukis harus dibatasi, misalnya sebanyak muatan yang memancarkannya; artinya, banyak garis gaya yang digambarkan, yang memancar dari titik muatan listrik q adalah juga sebanyak q saja, agar pola sistem garis gaya itu tampak dan memiliki makna, yang kecuali menyatakan distribusi arah medan listrik juga memperlihatkan distribusi kuat medan listrik dimana yang bagian garis gayanya rapat, medan listriknya juga rapat.

Untuk medan listrik oleh titik muatan q , menurut hukum coulomb, kuat medan listriknya berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya. Tetapi dengan melukis sebanyak q garis gaya yang memancarkan radial merata dari titik muatan q , suatu permukaan bola berjari-jari r yang berpusat di q akan ditembus tegak lurus oleh flux garis gaya ϕ yang sebanyak q , yakni ϕ sama dengan q , sehingga rapat garis gaya yang didefinisikan sebagai banyaknya garis gaya yang menembus suatu satuan luas permukaan tegak lurus pada permukaan bola itu diberikan oleh:

$$s = \frac{f}{4\pi r^2} = \frac{q}{4\pi r^2} = e E = D \text{ misalnya}$$

dengan D yang disebut induksi elektrik. Jadi induksi elektrik setempat diberikan oleh rapat flux garis gaya medan listrik ditempat itu yaitu :

$$D = \sigma$$

Yang berarti kuat medan listrik setempat sebanding dengan rapat flux garis gaya medan listrik ditempat itu.

Dengan definisi serta pengertian garis gaya medan listrik seperti yang diutarakan diatas, maka garis gaya tersebut memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Tidak berpotongan satu sama lain, sebab arah medan listrik setempat adalah pasti.
- b. Kontinyu, sebab medan listrik ada di setiap titik di dalam ruang.
- c. Seolah-olah ditolak oleh muatan positif dan sebaliknya ditarik oleh muatan negatif, seperti terlihat pada Gambar 2.2.
- d. Dipotong tegak lurus oleh bidang-bidang equipotensial sebab usaha yang dilakukan satu satuan muatan listrik dari satu titik ketitik lain di bidang equipotensial adalah nol karena tidak ada perubahan tenaga potensial, yang harus berarti arah gaya medannya, yaitu arah garis gaya medannya, selalu tegak lurus bidang equipotensial tersebut.

5. Potensial Listrik

Sejalan dengan tenaga potensial dalam mekanika, potensial listrik didefinisikan sebagai yang sedemikian hingga turunya tenaga potensial dari suatu titik A ke titik B sama dengan usaha yang dilakukan oleh satu satuan muatan listrik selama bergerak dari A ke B.

Untuk medan listrik yang oleh satu titik muatan q turunya potensial listrik itu menjadi :

$$V_A - V_B = \frac{q}{4\pi\epsilon r_A} - \frac{q}{4\pi\epsilon r_B}$$

yang dengan mengambil $V_B = 0$ untuk $r_B = \infty$, yakni dengan menyatakan potensial listrik itu ditempat yang jauh tak terhingga dari q adalah nol, sejalan dengan tiadanya potensi untuk melakukan usaha sebab kuat medan listrik E di $r = \infty$ adalah nol, kita dapat merumuskan potensial listrik oleh titik muatan listrik q ditempat sejauh r dari titik muatan itu sebagai :

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon r}$$

yang sama dengan usaha yang sama dengan oleh satu satuan muatan listrik yang bergerak dari tempat sejauh r dari q , ketempat tak terhingga jauhnya dari q , atau dapat juga dikatakan sama dengan usaha yang diperlukan untuk mengambil satu satuan muatan listrik dari tempat jauh tak terhingga ke tempat sejauh r dari titik muatan q .

Selanjutnya didefinisikanlah satuan potensial volt. Jikalau usaha yang dilakukan oleh 1 coulomb muatan listrik adalah 1 joule maka turunan potensial adalah 1 volt, dimana muatan listrik satu coulomb adalah yang pada pemindahannya dalam pengendapan elektrolit mengendapkan 1,118 miligram Ag dari larutan elektrolit AgNO₃. jelaslah bahwa untuk Q coulomb muatan yang melintasi benda potensial V volt, diperlukan usaha sebesar QV joule yang berarti coulomb Volt = joule.

Lebih lanjut, dalam hukum Coulomb, satuan permitivitas medium adalah yang sedemikian hingga apabila satuan untuk muatan listrik q

adalah coulomb dan satuan untuk jarak adalah meter, maka satuan untuk gaya elektostatika Coulomb adalah Newton. Jadi untuk satuan permitivitas medium itu ialah coulomb²/ (newton meter)

Sejalan dengan yang berlaku dalam mekanika dimana gaya $F = -$ gradien potensial, maka dalam elektostatika juga berlaku hubungan kuat medan listrik $E = -$ gradien potensial listrik V atau dirumuskan:

$$\vec{V} = i \frac{\mathbf{s}}{s_x} + j \frac{\mathbf{s}}{s_y} + k \frac{\mathbf{s}}{s_z} \quad \vec{E} = -\nabla V$$

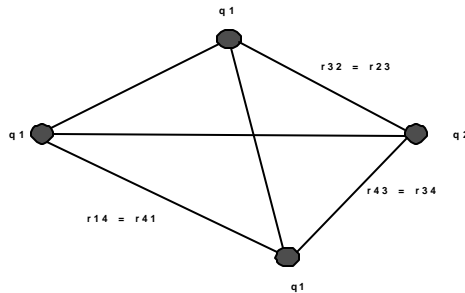
Dimana \vec{V} ialah operator deferensial vektor nabla Laplace, yaitu:

$$\vec{V} = i \frac{\mathbf{s}}{s_x} + j \frac{\mathbf{s}}{s_y} + k \frac{\mathbf{s}}{s_z}$$

Dengan i, j, k, adalah vektor-vektor satuan panjang sumbu-sumbu koordinat X, Y, Z di dalam sisitem koordinat cartesianus.

6. Tenaga Sistem Titik-titik Muatan Listrik

Yang dimaksud dengan tenaga sistem atau himpunan titik-titik muatan listrik disini ialah tenaga yang diperlukan untuk menghimpun ataupun tenaga yang dikandung sistem titik-titik muatan listrik tersebut, yang adalah sama dengan usaha yang dilakukan oleh titik-titik muatan itu seandainya dibiarkan berserakan menuju jauh tak terhingga. Untuk menjelaskan penjabaran rumusnya, kita perhatikan Gambar 1.3 yang memeperlihatkan himpunan titik-titik muatan q_1 yang berada di tempat potensial V_1 , q_2 di tempat potensial listrik V_2 dan seterusnya.



$$U_1 = 0$$

$$U_2 = q_2 V_{21}$$

$$U_3 = q_3 V_{31} + q_3 V_{32}$$

$$U_4 = q_4 V_{41} + q_4 V_{42} + q_4 V_{43}$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$$

Gambar 1.3. Penjabaran rumus tenaga sistem titik-titik muatan listrik

Misalkan penghimpunan titik–titik muatan itu kita mulai dengan mengambil titik muatan q_1 dari tempat jauh tak terhingga. Untuk ini tidak perlu melakukan usaha, sebab tidak ada tidak ada medan listrik yang harus diatasinya. Tetapi untuk mengambil q_2 dari tempat jauh tak terhingga ke tempatnya yang diperlukan usaha karena diperlukan gaya untuk mengatasi medan listrik yang ditimbulkan oleh q_1 dan usaha itu adalah sebesar $U_2 = q_2 V_{21}$ dimana V_{21} adalah potensial listrik ditempat q_2 karena adanya muatan listrik q_1 , demikian seterusnya secara umum kita dapat menulis :

$$U_i = \sum_{i>j} q_i V_{ij} \text{ dan } U = \sum_i U_i$$

Dimana U adalah tenaga sistem yang dimaksud.

Adapun potensial listrik ditempat q_i diberikan oleh jumlah yang ada pada masing–masing muatan lainnya, yaitu:

$$V_i = \sum_{j \neq i} V_{ij}$$

Dilain pihak $q_i V_{ij} = q_j V_{ji}$

$$q_i V_{ij} = q_i \frac{q_j}{4\pi\epsilon_0 r_{ij}} = q_j \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_{ji}} = q_j V_{ji}$$

Di mana r_{ij} adalah jarak q_j dari q_i yang sudah tentu sama dengan jarak q_i dari q_j . demikian kita jabarkan rumus :

$$U = \frac{1}{2} \sum_i q_i V_i$$

Lembar Kerja

Alat dan bahan :

1. Plastik Transparansi 1buah
2. Penggaris mika segitiga 1buah
3. Kertas putih1buah
4. Kain sutera1helai
5. Kaca..... 1potong

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar 1!
2. Hati-hati pada saat memegang kaca dan penggaris mika segitiga agar tidak melukai anggota badan.

Langkah Kerja

1. Siapkanlah alat dan bahan yang diperlukan!
2. Potonglah kertas putih kecil-kecil kemudian taburkan diatas meja!
3. Gosokkanlah plastik transparansi pada rambut anda secukupnya, selanjutnya dekatkanlah plastik transparansi tersebut pada taburan potongan kertas!
4. Amatilah kejadian yang terjadi, catat jumlah potongan kertas yang menempel pada plastik transparansi!
5. Ulangilah langkah (3) dan (4) untuk menggosokkan kertas transparansi pada rambut yang lebih lama!
6. Ulangilah langkah (3), (4) dan (5) untuk menggosokkan mistar mika segitiga pada rambut anda!
7. Ulangilah langkah (3), (4) dan (5) untuk menggosokkan kaca pada kain sutera!
8. Kembalikanlah alat dan bahan pada tempatnya, serta bersihkan potongan kertas kecil yang berada diatas meja!

Lembar Latihan

1. Jelaskan mengapa potongan kertas kecil pada lembar kerja diatas dapat menempel atau tertarik pada plastik transparansi, mistar mika segitiga dan kaca !
2. Jelaskan pengaruh lama penggosokan pada lembar kerja di atas terhadap jumlah potongan kertas yang tertarik !

Kegiatan Belajar II

KAPASITANSI KONDUKTOR

Lembar Informasi

Yang dimaksud dengan kapasitansi adalah ukuran kapasitas, yakni kemampuan menampung muatan listrik. Suatu konduktor kalau dimuati muatan listrik akan menjadi bermedan listrik dipermukaannya, namun muatan listrik yang ada padanya tidak ditolak keluar dan lepas dari konduktor sebab gaya medan elektostatika itu diimbangi oleh gaya tarik muatan listrik yang tandanya berlawanan yang berasal dari atom–atom konduktor itu sendiri. Akan tetapi bila mana muatan listriknya terlalu banyak maka medan listrik yang ditimbulkannya akan menjadi kuat sehingga daya tarik dari atom–atom konduktor tidak lagi mampu mengatasi gaya tolak keluar konduktor. Akibatnya sebagian muatan listrik yang dimuatkan padanya menjadi lepas kembali karena konduktor itu tidak mampu menampung muatan listrik lebih lanjut.

Demikianlah hubungan kesebandingan antara kuat medan listrik dipermukaan konduktor dengan banyaknya muatan listrik yang dimuatkan ke konduktor tersebut, begitu pula antara potensial listrik konduktor itu dengan banyaknya muatan listrik yang dimuatkan.

Untuk merumuskan secara kongkrit, terlebih dahulu kita pelajari sifat konduktor yang berkaitan dengan kuat medan listrik dipermukaanya yang disebabkan oleh muatan listrik yang ada padanya.

1. Definisi Konduktor

Secara ekstrem, demi mudahnya pembahasan yang kita maksud dengan konduktor ialah bahan yang mengantarkan listrik dengan sempurna; yang berarti bahwa muatan listrik yang dimuatkan padanya akan bebas bergerak tanpa hambatan sedikitpun. Dengan definisi yang demikian maka konduktor memiliki sifat–sifat sebagai berikut:

a. Muatan listrik yang dimuatkan akan ada dipermukaan

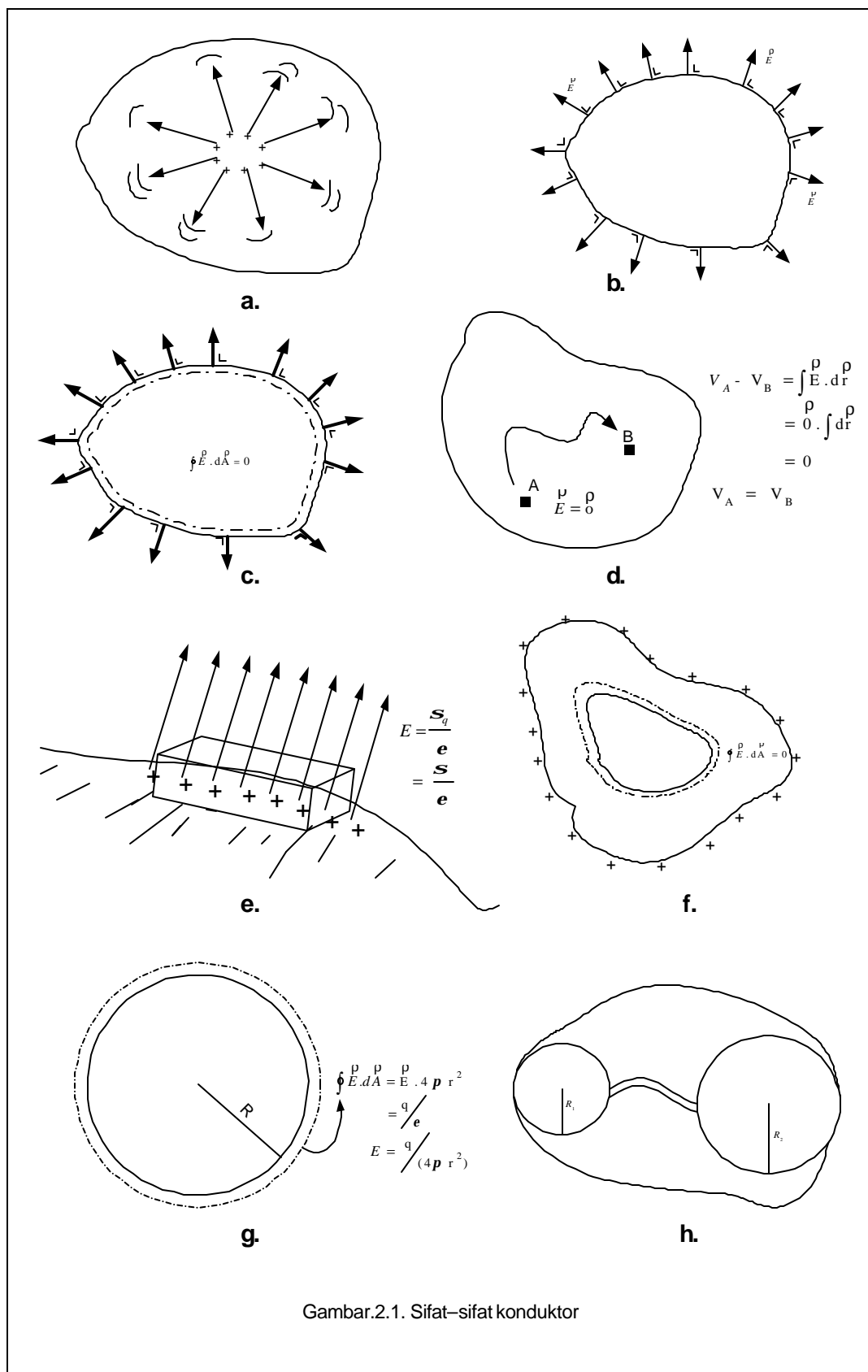
Hal ini dengan mudah dapat dijelaskan berdasarkan gaya tolak-menolak diantara muatan-muatan listrik yang dimuatkan sehingga akan sejauh mungkin saling menjauhi, tetapi masih belum lepas keluar dari permukaan konduktor.

b. Arah medan listrik dipermukaan adalah tegak lurus dari permukaan itu

Seandainya arah medan listrik dipermukaan itu miring terhadap permukaan, maka muatan listrik yang ada di permukaan akan mengalami gaya medan karena adanya komponen medan listrik sepanjang arah yang menyinggung permukaan. Jadi dalam keadaan setimbang komponen medan listrik yang pada arah mendatar adalah nol, yang berarti medan listrik dipermukaan konduktor pasti arahnya tegak lurus permukaan.

c. Di dalam konduktor tidak ada medan listrik

Dengan menerapkan theorem Gauss dengan integrasi yang mencakup permukaan tepat dibawah permukaan konduktor seperti dijelaskan oleh Gambar 2.1. bagian c nilai integral itu adalah nol karena tidak bermuatan listrik sama sekali mengingat seluruh muatan listrik yang dimuatkan ada di permukaan konduktor. Seandainya didalam konduktor itu ada distribusi arah medan listrik, tentunya arahnya entah semua keluar entah semua masuk ke permukaan, sehingga nilai integralnya tidak sama dengan nol. Jadi nilai integral nol harus berarti bahwa kuat medan listrik nol yakni disembarang tempat dalam konduktor.



Gambar.2.1. Sifat-sifat konduktor

d. Konduktor adalah benda equipotensial

Karena tidak ada muatan listrik di dalam konduktor maka tidak diperlukan usaha untuk memindahkan listrik dari titik A ke titik B di dalam konduktor, yang berarti potensial listrik di A sama dengan yang ada di B juga tidak diperlukan usaha untuk memindahkan muatan listrik sembarang titik dipermukaan konduktor ke titik lainnya yang juga ada di permukaan konduktor sebab arah medan listrik di permukaan konduktor tegak lurus dengan permukaan. Jadi potensial listrik disemua titik di permukaan konduktor adalah sama dan juga sama dengan yang ada dalam konduktor. Dengan kata lain konduktor merupakan benda equipotensial; maksudnya potensial listriknya sama di mana-mana di dalam maupun di permukaan konduktor.

e. Muatan listrik yang dimuatkan ke konduktor berongga akan ada dipermukaan luarnya saja

Dengan pertolongan Gambar 2.1 bagian e kita amati bahwa dengan menerapkan theorem Gauss dengan integrasi yang meliputi luasan diantara rongga konduktor di dalam konduktor, nilai integral itu pasti sama dengan nol sebab kuat medan listrik dalam konduktor dimana-mana adalah nol, yang berarti bahwa luasan integrasi itu tidak mencakup muatan listrik, yang berarti pula tidak ada muatan listrik di permukaan rongga. Muatan listrik yang dimuatkan seluruhnya akan ada dipermukaan luar.

f. Kuat medan listrik di permukaan konduktor sebanding dengan rapat medan di tempat itu

Dengan pertolongan Gambar 2.1 bagian f kita amati bahwa dengan menerapkan theorem Gauss yang meliputi ke enam dinding segi empat, yang memberi kontribusi pada integrasi hanyalah permukaan atas saja karena hanya

permukaan itu yang ditembus garis gaya. Seandainya luas permukaan itu adalah A, maka nilai integral Gauss itu adalah $E \cdot A$ yang harus sama dengan total muatan listrik yang tercakup dalam permittivitas medium, yaitu $\sigma_q \cdot A$ bila σ_q adalah rapat muatan listrik dipermukaan yang luasnya sudut tentu juga A. dengan demikian berlaku persamaan :

$$E \cdot A = \sigma_q \cdot A / \epsilon \text{ atau } E = \sigma_q / \epsilon$$

yang menurut definisi rapat flux garis gaya dimana kita dapatkan

$$E = \sigma_q / \epsilon \text{ berarti } \sigma_q = \epsilon E$$

yakni rapat muatan listrik dipermukaan konduktor sama dengan flux garis gaya ditempat itu.

g. Di bagian permukaan yang lebih runcing, medan listriknya lebih kuat

Dengan memandang masing-masing dari dua bagian permukaan pada Gambar 2.1 bagian g, sebagai permukaan dua bola yang masing-masing jari-jarinya R_1 dan R_2 , yang dihubungkan oleh konduktor kecil sehingga merupakan kesatuan konduktor sebagai benda equipotensial, seperti halnya konduktor aslinya, maka untuk masing-masing bola dengan rapat muatan masing-masing σ_{q1} dan σ_{q2} serta mengingat kedua bola berpotensi sama, berlaku persamaan :

$$\frac{q_1}{4\pi \epsilon R_1} = \frac{q_2}{4\pi \epsilon R_2} \text{ yakni } \frac{4\pi \sigma_{q1} R_1^2}{4\pi \epsilon R_1} = \frac{4\pi \sigma_{q2} R_2^2}{4\pi \epsilon R_2}$$

Yang lalu menghasilkan hubungan :

$$\sigma_{q1} : \sigma_{q2} = (1/R_1) : (1/R_2)$$

yang mengingat hubungan kesebandingan antara kuat medan listrik di permukaan dengan rapat muatan di bagian

permukaan tersebut, dengan E_1 dan E_2 sebagai kuat medan di kedua permukaan bola itu, maka dapat dihubungkan :

$$E_1 : E_2 = (1/R_1) : (1/R_2)$$

Yang jelas menunjukkan bahwa untuk permukaan yang lebih runcing, yaitu dengan jari-jari kelengkungan R yang lebih kecil, medan listriknya (E) lebih kuat.

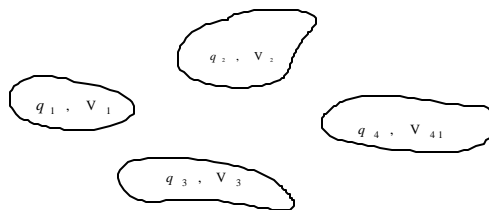
h. Kuat medan listrik dan potensial listrik dipermukaan dan di luar bola konduktor bermuatan listrik sama apabila seluruh muatan listriknya dipusatkan di pusat bola konduktor tersebut

Dengan menerapkan theorem Gauss dengan luasan integrasi tepat diatas permukaan bola konduktor, langsung kita dapatkan rumus kuat medan listrik oleh titik muatan listrik di pusat bola konduktor itu.

2. Koefisien Potensial dan Kapasitan Konduktor

Sebagaimana telah kita pelajari diatas bahwa konduktor adalah benda equipotensial, maka masing-masing dari himpunan konduktor di Gambar 2.2 memiliki potensial listrik tertentu, yang tidak hanya ditentukan oleh muatan listrik di konduktor itu sendiri, melainkan juga oleh muatan listrik di konduktor-konduktor yang lainnya.

Sebagaimana potensial listrik oleh titik muatan listrik sebanding dengan banyaknya muatan listrik yang menimbulkannya, maka tentu ada hubungan linier antara potensial listrik di masing-masing konduktor dengan banyaknya muatan listrik di masing-masing konduktor, sehingga kita dapat menuliskan sistem persamaan :



Gambar 2.2 Distribusi Potensial dan muatan listrik himpunan konduktor

$$V_1 = a_{11}q_1 + a_{12}q_2 + a_{13}q_3 + a_{14}q_4 + \dots$$

$$V_2 = a_{21}q_1 + a_{22}q_2 + a_{23}q_3 + a_{24}q_4 + \dots$$

$$V_3 = a_{31}q_1 + a_{32}q_2 + a_{33}q_3 + a_{34}q_4 + \dots$$

$$V_4 = a_{41}q_1 + a_{42}q_2 + a_{43}q_3 + a_{44}q_4 + \dots$$

.....

tetapan berbanding lurus antara muatan q dan potensial V , yaitu a_{ij} , dimana koefisien potensial, dan hanya ditentukan oleh hubungan geometri timbal-balik antara konduktor ke i dan yang ke j , sehingga $a_{ij} = a_{ji}$ sebab hubungan timbal balik itu pasti simetri.

Sistem persamaan diatas merupakan sistim persamaan linier, yang dapat dituliskan dalam bentuk persamaan matriks $V = Aq$, yang secara matematis dapat di inverkan menjadi $q = CV$ dalam bentuk:

$$q_1 = c_{11}V_1 + c_{12}V_2 + c_{13}V_3 + c_{14}V_4 + \dots$$

$$q_2 = c_{21}V_1 + c_{22}V_2 + c_{23}V_3 + c_{24}V_4 + \dots$$

$$q_3 = c_{31}V_1 + c_{32}V_2 + c_{33}V_3 + c_{34}V_4 + \dots$$

$$q_4 = c_{41}V_1 + c_{42}V_2 + c_{43}V_3 + c_{44}V_4 + \dots$$

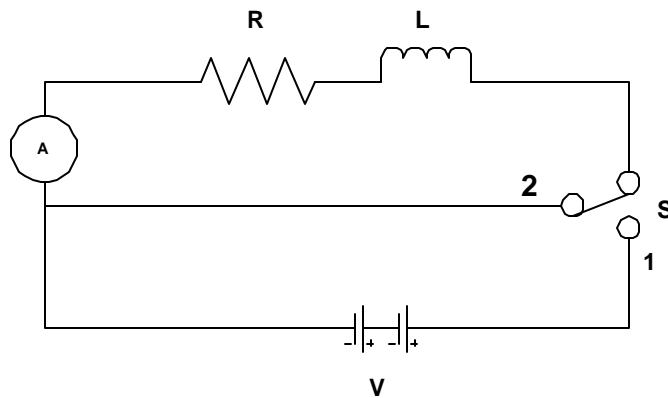
.....

tetapan perbandingan lurus antara potensial V dan muatan q yaitu c_{ij} , dinamakan koefisien induksi, karena seolah-olah muatan q_j terdiri atas jumlah muatan-muatan induksi $q_{ji} = c_{ji} V_j$, yakni adanya potensial V_j di konduktor ke j seolah-olah menimbulkan muatan induksi q_{ji} di konduktor ke i . Seperti halnya koefisien potensial, disini juga berlaku sifat simetri timbal-balik $c_{ji} = c_{ij}$ sebagai inversi matriks simetri A akan menghasilkan matrik C yang simetri pula.

Khususnya untuk suatu konduktor, berlaku hubungan linier $q = CV$ dimana $C = q/V$ memberikan ukuran kemampuan konduktor menampung muatan listrik karena dengan C yang besar, meskipun q besar, V kecil yaitu meskipun konduktor itu dimuati banyak muatan listrik, potensialnya sedikit saja naiknya. Dengan demikian C hendak kita sebut sebagai kapasitansi konduktor.

3. Pengisian dan Pengosongan Konduktor Berbentuk Lilitan (induktor)

Konduktor yang bersusunan membentuk lilitan dengan anggapan bahwa tahanannya relatif kecil dan diabaikan sehingga bersifat induktansi diri murni (L) disebut induktor. Pada Gambar 2.3, induktor (L dengan satuan Henri) dihubungkan seri dengan tahanan (R dengan satuan Ohm) kemudian dirangkai dengan amperemeter, saklar dan sumber tegangan arus searah. Saat saklar S pada posisi 1, kondisi tersebut disebut pengisian induktor, sedangkan bila saklar S pada posisi 2 disebut pengosongan induktor.



Gambar 2.3. Induktor yang seri dengan resistor

Jika saklar pada posisi 1 yang berarti kondisi pengisian induktor maka arus pengisian mengikuti rumus sebagai berikut :

$$i(t) = V/R (1 - e^{-t/\lambda})$$

Dimana $\lambda = L / R$ (detik) adalah tetapan waktu, V / R adalah arus maksimum (I_m).

$$i(t) = I_m (1 - e^{-t/\lambda})$$

Selanjutnya apabila saklar dipindah ke posisi 2 yang berarti kondisi pengosongan induktor maka arus pengosongan mengikuti rumus berikut :

$$i(t) = I_m e^{-t/\lambda}$$

Lembar Kerja

Alat dan bahan

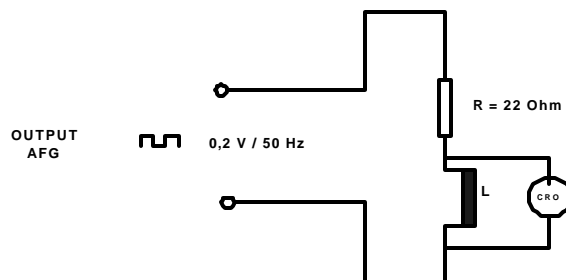
- | | |
|---------------------|------------|
| 1. Tahanan 22 Ohm | 1 buah |
| 2. Decade Induktor | 1 buah |
| 3. Bok penghubung | 1 buah |
| 4. CRO | 1 buah |
| 5. AFG | 1 buah |
| 6. Kabel penghubung | secukupnya |

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Bacalah dan pahami petunjuk pratikum pada setiap lembar kegiatan belajar 2!
2. Periksalah secara cermat rangkaian percobaan sebelum rangkaian dihubungkan dengan sumber tegangan!

Langkah kerja

1. Kalibrasilah CRO yang akan saudara gunakan baik tegangan maupun frekuensinya!
2. Buatlah rangkaian seperti Gambar 2.4!



Gambar 2.4. Rangkaian pengisian dan pengosongan induktor

3. Aturlah tegangan output AFG dengan multimeter sebesar 0,2 V/50 Hz pada posisi gelombang kotak.
4. Periksalah rangkaian saudara kepada pembimbing, dan bila telah disetujui hubungkan rangkaian dengan output AFG!

5. Hubungkanlah channel CRO yang telah saudara kalibrasi dengan beban L, cari gambar yang paling baik yang merupakan grafik pengisian/pengosongan sebagai fungsi waktu!
6. Matikanlah power CRO dan AFG, lepas rangkaian dan kembalikan bahan dan peralatan ke tempat semula dengan tertib dan rapi!

Tabel 2.1. Pengisian dan Pengosongan Induktor

No	Harga Induktor	Time/div	Lengkungan	Bentuk Gambar
1	100 mH			
2	200 mH			
3	300 mH			
4	400 mH			
5	500 mH			
6	600 mH			
7	700 mH			
8	800 mH			
9	900 mH			
10	1000 mH			

Lembar Latihan

1. Interpretasikanlah gambar pengisian dan pengosongan induktor yang Anda peroleh!
2. Bagaimanakah pengaruh harga R terhadap waktu pengisian dan pengosongan induktor.

Kegiatan Belajar 3

KAPASITANSI KONDENSATOR

Lembar Informasi

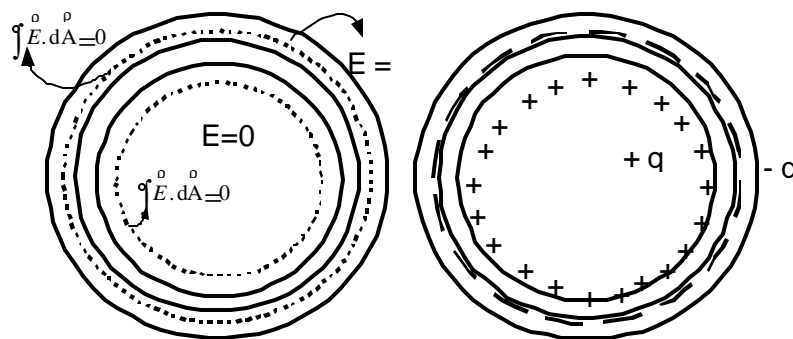
1. Kondensator atau Kapasitor

Kondensator adalah suatu konduktor yang mampu menyimpan rapat (*to condense*) muatan listrik sehingga mempunyai daya tampung, yaitu kapasitas yang besar sehingga disebut kapasitasnya besar. Seperti halnya dengan bola konduktor yang kapasitasnya diberikan oleh :

$$C = q/V = q / \left(\frac{q}{4\pi \epsilon R} \right) = 4\pi \epsilon R$$

dimana R adalah jari-jari, yakni kapasitasnya sebanding dengan jari-jarinya, kapasitas konduktor akan besar kalau ukurannya konduktor itu juga besar.

Agar kapasitas konduktor besar tanpa membesarkan ukurannya, konduktor itu perlu diolesi bahan yang permitivitas medium ϵ besar sebab dengan ϵ besar maka medan listrik dipermukaan akan lemah, sehingga kuat medan listrik oleh titik muatan berbanding terbalik dengan permitivitas medium ϵ . Selanjutnya, untuk melindungi bahaya akibat kemungkinan lepasnya muatan listrik dipermukaan konduktor, konduktor perlu di bungkus dengan konduktor lain.



Gambar 3.1. Bagan kondensator bola

Sistem dua konduktor dimana yang satu membungkus yang lain serta antara keduanya disekat satu sama lain dengan lapisan yang permitivitasnya besar, sehingga mampu menampung lebih banyak muatan listrik dengan aman, dinamakan kondensator atau kapasitor. Sebagai contoh misalnya seperti yang ada pada Gambar 3.1 yang berupa apa yang boleh disebut kondensator bola yang terdiri atas dua bola yang konsentris dengan medium dielektrikum, yaitu medium yang permitivitasnya besar selaku penyekat antara kedua bola tersebut.

Seandainya bola konduktor yang ada di dalam diberi muatan listrik $+q$, dan yang di dinding luar diberikan muatan $-q$, yaitu sebanyak yang ada di konduktor dalam, hanya saja tanda berlawanan. Kalau kemudian dinding luar konduktor pembungkus itu dihubungkan ke tanah, maka muatan $+q$ yang tertinggal oleh adanya induksi muatan $-q$ akan mengalir ke tanah sehingga dinding luar tidak lagi memiliki muatan dan muatan listrik kondensator akan tersimpan rapat diantara kedua bola konduktor tersebut sehingga kalau terjadi kebocoran, yaitu konduktor tidak mampu menampung muatan lebih banyak, kelebihan muatan listriknya akan bocor sampai dinding dalam konduktor luar yang membungkusnya, dan tidak sampai lepas keluar.

Adapun selaku selaku kapasitan kondensator, hendak kita kita definisikan sebagai yang berkaitan dengan koefisien induksi sistem dua konduktor yang muatan listriknya adalah $q_1 = +q$ dan yang lainnya muatan listriknya adalah $q_2 = -q$. demikianlah untuk sistem dua konduktor tersebut kita dapat menulis persamaan :

$$+q = c_{11}V_1 + c_{12}V_2$$

$$-q = c_{21}V_1 + c_{22}V_2$$

$$0 = (c_{11} + c_{21})V_1 + (c_{12} + c_{22})V_2$$

karena berlaku untuk sembarang nilai V_1 dan V_2 maka persamaannya menjadi :

$$c_{11} + c_{21} = 0 \text{ dan } c_{12} + c_{22} = 0$$

karena $c_{11} = -c_{21} = -c_{12} = c$

maka didapatkan hubungan :

$$q = CV \text{ dengan } V = V_1 - V_2$$

Sejalan dengan definisi kapasitansi konduktor, kapasitansi kondensator kita definisikan sama dengan yang untuk konduktor, hanya saja selaku potensial (V) kita ambil beda potensial $V_1 - V_2$ antara kedua konduktor penyusunnya.

2. Tenaga Yang Tersimpan Dalam Konduktor dan Kondensator bermuatan

Tenaga yang tersimpan didalam konduktordan kondensator bermuatan listrik adalah sistim titik–titik muatan yang dikandungnya. Tenaga yang di simpan dalam kondensator bermuatan selaku dua kondduktor bermuatan diberikan oleh :

$$U = \frac{1}{2}\{qV_1 + (-q)V_2\} = \frac{1}{2}q(V_1 - V_2) = \frac{1}{2}qV$$

Jadi untuk kondensator bermuatan, tenaga yang dikandungnya adalah

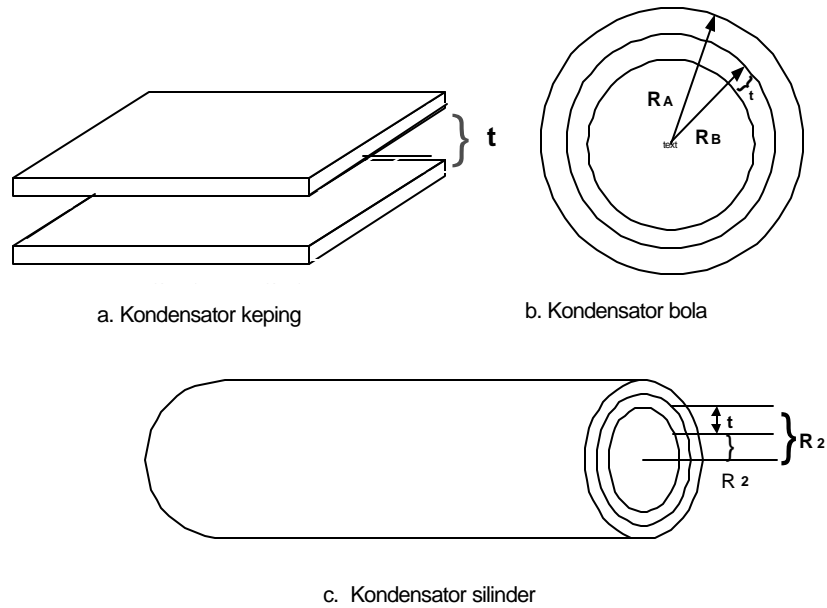
$$U = \frac{1}{2}qV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}q^2/C$$

3. Perhitungan Kapasitansi Kondensator

Pada dasarnya kapasitan kondensator dihitung dengan menggunakan rumus beda potensial antara kedua bagian kondensator oleh pemuatan listrik. C diperoleh dari rumus $q = CV$ atau $C = q/V$. agar V mudah dirumuskan, dipilihlah bentuk–bentuk geometris yang sederhana bagi kedua kondensator itu, dan dikenallah tiga macam kondensator yakni apa yang dikenal sebagai kondensator–kondensator keping, bola, dan silinder, menurutkan bentuk konduktor–konduktornya.

a. Kondensator keping

Kondensator keping terdiri dari dua konduktor seperti terlihat dalam Gambar 3.2 bagian a.



Gambar 3.2 Macam–macam kondensator

Dari konstruksi yang sederhana itu, kuat medan listrik E antara kedua keping itu adalah sama sehingga kalau jarak antara kedua keping adalah t maka beda potensial antara kedua keping itu sama dengan usaha oleh satu satuan muatan untuk melintasi dari satu keping ke keping yang lain yang diberikan oleh rumus :

$$V = E \cdot t$$

Dilain pihak kuat medan listrik di antara kedua keping itu juga sama dengan yang dipermukaan keping konduktor yang diberikan oleh :

$$C = \sigma_q / \varepsilon = q / (\varepsilon A)$$

dimana A adalah luas keping itu.

Demikianlah akhirnya kita dapatkan kapasitan kondensator keping itu adalah :

$$C = \varepsilon A / t.$$

Yang mana akan bernilai besar bila jarak antara kedua keping konduktor itu t , adalah pendek, disamping permitivitas dielektrikum ϵ besar, tanpa harus berukuran luas keping yang besar.

b. Kondensator bola

Konduktor bola terdiri atas dua bola yang konsentris seperti yang pernah dikemukakan sebelumnya yakni seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.2 bagian b. Kuat medan listrik antara kedua bola konduktor, pada jarak r dari pusat bola yang sebelah dalam, dapat langsung ditulis dengan :

$$E = q / (4 \pi \epsilon r^2)$$

Sehingga beda potensial antara kedua konduktor itu adalah:

$$\begin{aligned} V &= \int_{R_A}^{R_B} E \, dr = \int_{R_A}^{R_B} \frac{q}{4 \pi \epsilon r^2} = \frac{q}{4 \pi \epsilon} \left(\frac{1}{R_A} - \frac{1}{R_B} \right) \\ &= \frac{q}{4 \pi \epsilon} \left(\frac{R_B - R_A}{R_A R_B} \right) = \frac{q}{4 \pi \epsilon} \cdot \frac{t}{R^2} = \frac{qt}{\epsilon A} \end{aligned}$$

yang memberikan :

$$C = \epsilon A / t$$

dimana $A = 4 \pi R^2$ boleh dikatakan luas rata-rata permukaan bola konduktor dengan $R = (R_A R_B)^{1/2}$ ialah rata-rata geometris antara R_A dan R_B .

c. Kondensator silinder

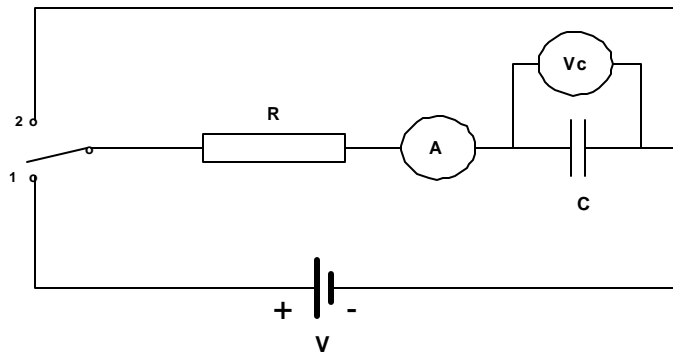
Kondensator silinder terdiri dari dua silinder yang koaksial seperti yang dijelaskan pada Gambar 3.2 bagian c. Dengan menerapkan theorema Gauss, perhitungan beda potensial serta uraian Mac Laurin maka akan dihasilkan rumus kapasitan kondensator :

$$C = \epsilon A / t \text{ dengan } A = 2 \pi R_1 = \text{luas dinding silinder.}$$

Demikianlah rumus kapasitansi untuk ketiga macam kondensator itu ternyata serupa, dan kapasitansinya akan besar bila jarak antara kedua konduktor bagian kondensator itu pendek.

4. Pengisian dan Pengosongan Kapasitor

Suatu rangkaian seri R-C yang dihubungkan dengan sumber tegangan searah seperti rangkaian pada Gambar 3.3 berikut :



Gambar 3.3 Gambar rangkaian seri R -C dengan sumber tegangan searah.

Apabila saklar pada posisi 1 maka terjadi pengisian pada C sehingga tegangan pada C makin besar dengan persamaan :

$$V_C = V (1 - e^{-t/\lambda})$$

dimana :

V_C : tegangan pada C

t : waktu pengisian

λ : konstanta waktu R – C

V : tegangan sumber

Sedangkan arus pengisian makin kecil dengan persamaan:

$$i = I_m e^{-t/\lambda}$$

dimana:

i : arus pengisian

I_m : arus maksimum = V/R

Apabila setelah saklar s dipindah pada posisi 2 maka pada C terjadi pengosongan sehingga tegangannya makin turun dengan persamaan :

$$V = V_0 \cdot e^{-t/\lambda}$$

Sedangkan arus pada saat pengosongan :

$$I = -I_m \cdot e^{-t/\lambda}$$

Tanda minus (-) menandakan bahwa arah arus berlawanan dengan arus saat pengisian.

Lembar Kerja

Alat dan Bahan

1. Multimeter.....1 buah
2. Galvanometer (*zero center*)..... 1 buah
3. Saklar Togel1 buah
4. Catu daya DC 0-12 Volt.....1 buah
5. Kapasitor 470 μ F/50V , 100 μ F/50V.....1 buah
6. Resistor 100 K Ohm, 68 K Ohm / $\frac{1}{4}$ watt.....1 buah
7. Blok dan kabel penghubung..... secukupnya

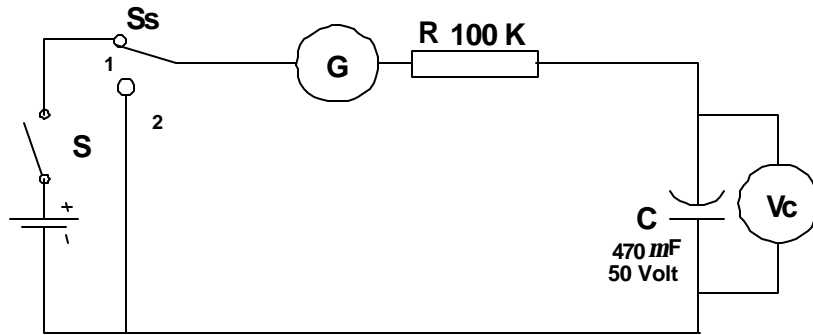
Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar 3 !
2. Sesuaikanlah batas ukur meter yang akan dipergunakan !
3. Periksa secara cermat rangkaian percobaan sebelum rangkaian dihubungkan dengan sumber tegangan !
4. Catatlah data secara cermat, ujilah data yang anda peroleh dengan perhitungan secara teoritis, apakah sudah mendekati kebenaran atau ada kejangalan !
5. Tanyakanlah pada instruktur jika ada masalah !

Langkah Kerja

a. Percobaan Pengisian Kapasitor

1. Buatlah rangkaian seperti pada Gambar 3.4 berikut ini :



Gambar 3.4 Rangkaian pengisian kapasitor

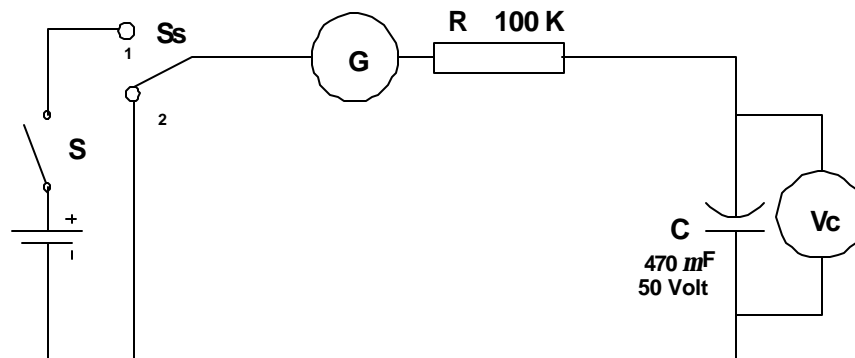
2. Periksakanlah rangkaian saudara pada instruktur, apabila disetujui, dalam keadaan saklar masih OFF aturlah sumber tegangan hingga mencapai 12 V !
3. Tutuplah saklar s dan catatlah hasil pengamatan saudara pada Tabel 3.1 !
4. Setelah selesai, bukalah saklar s dan matikan sumber tegangan !
5. Lakukanlah pengamatan bersamaan dengan waktu menghubungkan saklar s !

Tabel 3.1. Pengisian Kapasitor

Waktu (detik)	Pengamatan I		Pengamatan II	
	Teg. (V_c) (Volt)	Arus (I_c) (mA)	Teg. (V_c) (Volt)	Arus (I_c) (mA)
0				
10				
20				
25				
40				
55				
70				
90				
110				
130				
150				
180				
210				
250				
300				

b. Percobaan Pengosongan Kapasitor

1. Dengan tanpa merubah rangkaian pindahkanlah posisi saklar ss pada kedudukan hubung singkat (pada posisi 2) seperti pada Gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5 Rangkaian pengosongan kapasitor

2. Catatlah hasil pengamatan saudara pada Tabel 3.2 !
3. Setelah selesai bukalah saklar s dan matikan sumber tegangan !
4. Lakukanlah pengamatan bersamaan dengan waktu menghubungkan saklar s !

Tabel 3.2. Pengosongan Kapasitor

Waktu (detik)	Pengamatan I		Pengamatan II	
	Teg. (V_C) (Volt)	Arus (i) (mA)	Teg. (V_C) (Volt)	Arus (i) (mA)
0				
10				
20				
25				
40				
55				
70				
90				
110				
130				
150				
180				
210				
250				
300				

Lembar Latihan

1. Berapakah tetapan waktu dari masing–masing percobaan ?
2. Gambarlah Grafik :
 - a. $V : f(t)$ pada pengisian maupun pengosongan kapasitor
 - b. $I : I(t)$ pada pengisian maupun pengosongan kapasitor
 Berikanlah penjelasan dari gambar grafik yang dibuat !
3. Bagaimanakah pengaruh lamanya pengisian dan pengosongan kapasitor terhadap harga R dan C yang berbeda?

LEMBAR EVALUASI

A. Pertanyaan

1. Lakukanlah percobaan penggosokan plastik transparansi pada rambut dengan waktu relatif lama kemudian dekatkan pada potongan kertas kecil-kecil yang banyak, apa yang terjadi dan jelaskan mengapa hal tersebut bisa terjadi !
2. Lakukanlah percobaan pengisian dan pengosongan induktor untuk ukuran induktor yang belum pernah anda coba ! Gambarkan grafik pengisian dan pengosongan induktor, interpretasikan grafik tersebut serta jelaskan pengaruh harga tahanan dan harga induktor terhadap lama pengisian dan pengosongan induktor !
3. Lakukanlah percobaan pengisian dan pengosongan kondensator untuk ukuran kondensator yang belum pernah anda coba! Gambarkan grafik pengisian dan pengosongan kondensator baik $V = f(t)$ maupun $I = f(t)$, interpretasikan hasil tersebut dan jelaskan pengaruh harga tahanan dan kondensator terhadap waktu pengisian dan pengosongan kondensator !

B. Kriteria Kelulusan

No	Kriteria	Skor (1-10)	Bobot	Nilai	Ket.
1	Aspek Kognitif		2		Syarat lulus : Nilai minimal 70
2	Kebenaran rangkaian		2		
3	Langkah kerja dan kecepatan kerja		2		
4	Perolehan data, analisis data dan interpretasi		3		
5	Keselamatan Kerja		1		

LEMBAR JAWABAN LATIHAN

A. Kegiatan Belajar 1

1. Potongan kertas kecil dapat tertarik pada plastik atau mistar yang telah digosok pada rambut. Akibat penggosokan tersebut benda-benda tersebut akan tertular menjadi bermuatan listrik yang tandanya berlawanan terhadap potongan kertas kecil sehingga terjadi tarik menarik antara keduanya.
2. Lama penggosokan benda-benda tersebut diatas akan menyebabkan semakin banyak potongan kertas kecil yang tertarik, sebab dengan semakin lamanya penggosokan berarti penularan muatan pada benda tersebut semakin banyak sehingga akan mampu menarik potongan kertas kecil yang semakin banyak pula.

B. Kegiatan Belajar 2

1. Grafik yang terlihat pada gambar CRO dapat diinterpretasikan bahwa lengkung naik menunjukkan kondisi pengisian induktor yang sesuai dengan rumus : $i(t) = V/R (1 - e^{-t/\lambda})$, sedangkan lengkung turun menunjukkan kondisi pengosongan induktor yang sesuai dengan rumus : $i(t) = Im e^{-t/\lambda}$.
2. Pengaruh harga R dan L terhadap waktu pengisian dan pengosongan induktor ditunjukkan oleh $\lambda = L/R$ dari rumus pengisian dan pengosongan induktor seperti tersebut diatas. Apabila λ berharga kecil maka pada kondisi pengisian lengkung yang diperoleh lebih rendah dan memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan λ yang besar. Sedangkan pada kondisi pengosongan λ yang berharga kecil lengkung yang diperoleh lebih tinggi dan waktu pengosongan lebih cepat dibandingkan dengan λ yang besar.

C. Kegiatan Belajar 3

1. Harga tetapan waktu dapat dihitung dengan rumus $\lambda = C \cdot R$ detik.
2. Grafik pengisian kapasitor dapat diinterpretasikan bahwa lengkung naik adalah grafik $V = f(t)$ sesuai dengan rumus $V(t) = V(1 - e^{-t/\lambda})$ dan lengkung turun adalah grafik $i = f(t)$ sesuai dengan rumus $i = Im \cdot e^{-t/\lambda}$. Grafik pengosongan kapasitor dapat diinterpretasikan bahwa lengkung turun dengan harga positif adalah grafik $V = f(t)$ sesuai dengan rumus $V(t) = V \cdot e^{-t/\lambda}$, sedangkan grafik naik dengan harga minus adalah grafik $i = f(t)$ sesuai dengan rumus $i = -Im \cdot e^{-t/\lambda}$.
3. Pengaruh harga R dan C terhadap waktu pengisian dan pengosongan kapasitor ditunjukkan oleh $\lambda = C \cdot R$ dari rumus pengisian dan pengosongan kapasitor seperti tersebut diatas. Apabila λ berharga kecil maka pada kondisi pengisian lengkung $V = f(t)$ yang diperoleh lebih rendah dan memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan λ besar, sedangkan lengkung $i = f(t)$ diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan λ yang besar. Sedangkan pada kondisi pengosongan λ yang berharga kecil akan diperoleh lengkung $V = f(t)$ lebih tinggi dibandingkan dengan λ besar dan lengkung $i = f(t)$ lebih tinggi dengan arah negatif dibandingkan dengan λ yang besar.

LEMBAR JAWABAN EVALUASI

1. Akan diperoleh jumlah potongan kertas kecil yang tertarik pada plastik transparan yang jauh lebih banyak. Penjelasan alasannya sama dengan kunci jawaban latihan kegiatan belajar 1.
2. Akan diperoleh data dan grafik pengisian dan pengosongan induktor yang berbeda dengan yang ada pada latihan, namun bentuknya mirip dengan grafik latihan. Demikian pula penjelasannya sama dengan penjelasan kunci jawaban latihan kegiatan belajar 2.
3. Akan diperoleh data dan grafik pengisian dan pengosongan kapasitor yang berbeda dengan latihan, karena harga R dan C berbeda dengan yang ada pada latihan. Demikian pula penjelasannya sama dengan penjelasan kunci jawaban kegiatan belajar 3.

DAFTAR PUSTAKA

Peter Soedjo. (1999), *Fisika Dasar*, Andi offset, Yogyakarta.

Theraja, BL. (1976). *Fundamentals of Electrical Engineering and Electronics*. Ram Nagar, New Delhi.