

PENUNTUN PRAKTIKUM LISTRIK MAGNET



Praktikum Berbasis Inquiry

**Disusun Oleh
I Wayan Distrik**

**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2017**

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan berkahNya sehingga Praktikum Listrik Magnet berbasis Inquiry untuk Prodi Pendidikan Fisika dapat diselesaikan sebelum praktik dilaksanakan pada semester ganjil 2017-2018. Panduan Praktikum Listrik magnet berbasis inquiry ini menjadi acuan bagi mahasiswa Prodi Pendidikan Fisika dalam melaksanakan praktikum Listrik magnet berdasarkan mata kuliah yang telah ditempuh sebelumnya, yaitu Fisika Dasar I dan II.

Kegiatan praktikum Listrik Magnet berbasis inquiry meliputi: muatan listrik, Hukum Ohm, Hukum Kirchoof, Pengisian Kapasitor, Medan Magnet di sekitar Arus, Rangkaian RL dan RC, Rangkaian Seri RLC dan Resonansi, Medan Magnet oleh Arus Listrik, dan Induksi Elektromagnetik.

Penyusun menyadari bahwa penuntun praktikum listrik magnet berbasis inquiry ini masih jauh dari sempurna sehingga segala bentuk masukan yang bersifat konstruktif sangat diharapkan dalam pengembangan dan perbaikan panduan praktikum mata kuliah Listrik Magnet ini di masa yang akan datang.

Bandar Lampung, September 2017
Penanggungjawab mata kuliah

Dr. I Wayan Distrik, M.Si

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
TATA TERTIB PRAKTIKUM	iii
PEDOMAN PENYUSUSNA LAPORAN	v
ELEKTROSTATIKA	1
HUKUM OHM	9
RANGKAIAN SERI DAN PARALEL	13
HUKUM KIRCHHOFF	18
PENGISIAN KAPASITOR	21
MEDAN MAGNET DISEKITAR ARUS	25
RANGKAIAN RL DAN RC	30
RANGKAIAN SERI RLC DAN RESONANSI	36
MEDAN MAGNETIK OLEH ARUS LISTRIK	40
INDUKSI ELEKTROMAGNETIK	43

TATA TERTIB PRAKTIKUM

HAK PRAKTIKAN :

1. Tiap praktikan menerima Modul Praktikum dan Kartu Asistensi (selanjutnya harap ditempel pas foto terbaru ukuran 3x4).
2. Menggunakan fasilitas peralatan fisika selama melaksanakan praktikum sesuai jadwal dan kelompok yang telah ditentukan.
3. Menerima materi sesuai dengan modul yang telah disusun.
4. Menerima pengarahan/bimbingan/asistensi baik dalam pembuatan tugas, penyampaian materi maupun penyusunan laporan.

KETENTUAN PRAKTIKUM

1. Praktikan adalah mahasiswa/i Jur. Pendidikan PMIPA FKIP Unila yang sedang/telah mengambil mata kuliah Listrik dan magnet, serta telah memenuhi semua persyaratan yang telah ditetapkan.
2. Kelompok Praktikum telah ditentukan oleh Tim Asisten Praktikum dan diharapkan tiap anggota kelompok dapat bekerja sama dengan baik.
3. Penggunaan peralatan praktikum harus sesuai dengan petunjuk penggunaannya.
4. Peminjaman peralatan harus atas persetujuan Asisten Praktikum tersebut.
5. Kelalaian pada poin 3 dan 4 yang mengakibatkan kerusakan pada alat, akan berakibat praktikan bertanggung jawab terhadap perbaikan peralatan yang rusak tersebut.
6. Semua hasil praktikum harus diserahkan pada Asisten dan akan menjadi milik Laboratorium Manufaktur.

TATA TERTIB PRAKTIKUM

1. Praktikan diwajibkan hadir tepat pada jadwalnya. Keterlambatan lebih dari 5 menit mengakibatkan tidak boleh mengikuti praktikum pada jadwal tersebut.
2. Praktikan tidak boleh keluar dari laboratorium tanpa seizin Asisten Praktikum yang bertugas.
3. Praktikan diwajibkan mempersiapkan diri sebelum mengikuti praktikum dengan membaca, memahami materi, menunjukkan tugas yang telah di asistensikan kepada Asisten Praktikum.
4. Bagi kelompok praktikum yang belum membuat tugas ataupun tugas tersebut belum diasistensikan kepada Asisten Praktikum pada saat praktikum berlangsung maka kelompok tersebut tidak diijinkan untuk mengikuti praktikum pada jadwal yang ditentukan.
5. Pada saat pelaksanaan praktikum diharapkan untuk :
 - Memakai pakaian sopan, rapi dan berkerah.
 - Memakai sepatu tertutup, tidak diperkenankan memakai sandal, jika sepatu sandal harus berkaos kaki.
 - Tidak merokok, makan, minum dan mengerjakan tugas lain yang tidak berhubungan dengan Praktikum Listrik dan Magnet.
 - Mengikuti kegiatan praktikum dengan baik, tertib dan menjaga kebersihan laboratorium.
6. Kartu Asistensi harus dibawa setiap kali praktikum dan kartu tersebut harus ditanda tangani oleh Asisten Praktikum (selain pada Absen Pelaksanaan Praktikum).
7. Setiap kelompok harus melakukan asistensi minimal sebanyak 1 kali tiap judul.
8. Praktikan dianggap gugur apabila :

- Tidak mengikuti salah satu kegiatan praktikum yang telah dijadwalkan.
- Tidak melakukan asistensi tiap modul.
- Tidak mengikuti pre tes post test.
- Tidak mengumpulkan laporan akhir sampai batas waktu yang sudah ditentukan.

PEDOMAN PENYUSUNAN LAPORAN

1. Penyusunan laporan dapat dimulai sejak praktikan (kelompok) selesai melakukan Kegiatan praktik.
2. Laporan mengenai data **ditulis tangan** rapi menggunakan **bolpoint** pada kertas isian yang telah disediakan
3. Penomoran halaman diletakkan di bawah (**bottom – center**) dengan menggunakan **huruf romawi kecil untuk halaman awal laporan.**
4. Laporan dijilid **soft – cover** laminating, dengan warna sampul Orange menggunakan kertas HVS A4
5. Lembar Pengesahan laporan dibuat dan harus disahkan oleh Asisten Praktikum setelah laporan di ACC.

SISTEMATIKA PENULISAN LAPORAN

- Halaman Sampul Laporan
- Lembar Pengesahan Laporan
- Kata Pengantar
- Halaman Sampul Laporan
- Lembar Pengesahan Laporan
- Daftar Isi
- Daftar Tabel
- Daftar Gambar
- Daftar Lampiran

BAB I : PENDAHULUAN

- 1.1. Latar Belakang
- 1.2. Perumusan Masalah
- 1.3. Pembatasan Masalah
- 1.4. Tujuan Praktikum
- 1.5. Manfaat Praktikum

BAB II : LANDASAN TEORI

BAB III : PENGUMPULAN & PENGOLAHAN DATA

- 3.1. Pengumpulan Data
- 3.2. Pengolahan Data

BAB IV : ANALISIS

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Daftar Pustaka

Lampiran

PERCOBAAN 1 ELEKTROSTATIKA

I. Tujuan

1. Menunjukkan adanya gaya Coulomb pada dua benda yang bermuatan
2. Menunjukkan adanya induksi muatan pada benda isolator
3. Mengamati medan listrik melalui gambar visual.
4. Menjelaskan medan dan gaya listrik melalui analogi gaya gravitasi Newton.

II. Teori Dasar

Lebih dari 2000 tahun yang lalu, bangsa Yunani mendapati bahwa batu ambar, jika digosok dengan kain erbulu dapat menarik benda-benda kecil didekatnya. Gejala ini menunjukkan adanya muatan listrik pada batu ambar yang lebih dikenal dengan listrik statik, yang berasal dari bahasa Yunani “ elektron” yang berarti ambar.

Sebuah benda dapat bermuatan listrik apabila digosok dengan benda lain yang tertentu. Kaca dapat bermuatan listrik apabila digosok dengan kain sutera. Ebonit dapat bermuatan apabila digosok dengan bulu binatang atau kain wol. Sebelum digosok, benda-benda tersebut *tidak bermuatan listrik atau netral*. Benda yang bermuatan listrik bersifat menarik benda-benda ringan seperti gabus, kertas kecil-kecil dan sebagainya. Ada dua jenis muatan listrik, yaitu muatan *positif dan muatan negatif*. Batang kaca yang digosok dengan kain sutera disebut bermuatan listrik positif. Batang ebonit yang digosok dengan bulu binatang disebut bermuatan listrik negatif. Muatan listrik yang sejenis saling tolak menolak. Muatan listrik yang tak sejenis saling menarik.

Semua zat tersusun atas partikel-partikel yang sangat kecil yang disebut atom. Atom terdiri dari partikel-partikel yang lebih kecil lagi dan sebagian dari partikel-partikel itu bermuatan listrik. Ditengah-tengah atom terdapat inti atom atau nukleus yang tersusun atas proton dan neutron. Inti atom dikelilingi oleh elektron, yang massanya jauh lebih kecil (1/1836) lebih ringan dibandingkan dengan massa proton. Elektron-elektron tidak selalu terikat di dalam atom. Elektron dapat meninggalkan atomnya dan bergabung dengan atom lainnya. Jika dua benda digosokkan, elektron-elektron dari benda yang satu dapat berpindah ke benda yang lain, sehingga jumlah muatan positif dan negatif masing-masing benda tidak lagi sama. Benda yang atom-atomnya kehilangan elektron akan menjadi kelebihan muatan positif dan sebaliknya. Ikatan elektron pada atomnya berbeda untuk setiap bahan. Itu sebabnya mengapa elektron dapat berpindah dari kaca ke kain sutra.

Zat-zat yang dapat menghantarkan listrik dengan baik disebut penghantar atau konduktor. Zat-zat yang tidak dapat atau sukar menghantarkan listrik disebut penyekat atau isolator.

Termasuk konduktor ialah semua logam, karbon, air raksa, badan manusia, larutan elektrolit, Tanah basah, tubuh manusia. Bumi adalah penghantar yang sangat besar sehingga benda yang bermuatan listrik akan dinetralkan oleh bumi apabila benda tersebut dihubungkan dengan bumi melalui sebuah penghantar. Termasuk isolator ialah kaca, ebonit, marmar, karet, plastik, sutera,

pernis parafin, udara kering, porselin, sirlak dan lain sebagainya. Isolator yang ter baik ialah udara. Satu-satunya isolator yang sempurna ialah hampa udara (vakum). Kecuali itu masih ada zat yang bersifat setengah penghantar dan setengah isolator. Zat demikian itu dinamakan semi konduktor.

Sebuah semi konduktor dapat meneruskan listrik ke satu arah sedang ke arah berlawanan sifatnya penyekat. Sifat demikian itu terdapat pada kristal germanium yang dipakai dalam transistor. Satuan muatan listrik dalam SI ialah Coulomb. Besarnya muatan listrik dinyatakan dengan tanda Q. Hukum Coulomb menyatakan bahwa : *Besarnya gaya tarik atau tolak antara dua benda yang bermuatan listrik sebanding dengan besarnya muatan masing-masing dan berbanding terbalik dengan kwadrat jarak antaranya.* Coulomb telah menyelidiki hukum tersebut dengan sebuah neraca puntir. Dari hasil penyelidikan yang dilakukan oleh Coulomb bahwa gaya antara dua muatan dipengaruhi oleh zat antara atau medium kedua muatan tersebut. Kalau kedua benda itu berada dalam minyak ternyata gayanya lebih kecil daripada jika berada di udara. Bila muatan benda yang satu disebut Q_1 , muatan benda yang kedua disebut Q_2 , jarak antara kedua muatan disebut r , maka hukum Coulomb dapat dirumuskan seperti berikut:

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (1.1)$$

Dari eksperimen yang dilakukan pada tahun 1786 Coulomb mendapatkan hal berikut. Gaya interaksi antara dua benda titik bermuatan listrik sebanding dengan muatan masing-masing, dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua muatan tersebut. Gaya interaksi bekerja pada garis penghubung antara kedua benda bermuatan tersebut. Gaya interaksi tarik menarik, bila muatan berbeda tanda; dan tolak menolak, bila bertanda sama. Peristiwa di atas dikenal dengan nama hukum Coulomb. Secara matematika kita dapat menuliskan hukum Coulomb seperti di bawah (persamaan

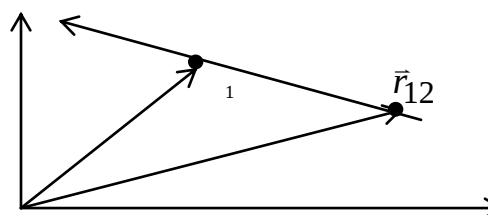
1-1). Perhatikan persamaan 1.2. Sebuah benda titik bermuatan q_1 pada vektor posisi $\vec{r}_1$, dan titik bermuatan q_2 ada pada vektor posisi $\vec{r}_2$. Vektor posisi q_1 relatif terhadap q_2 adalah

$$\vec{r}_{12} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$$

Vektor satuan pada arah $\vec{r}_{12}$, kita tuliskan sebagai

$$\hat{r}_{12} = \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}}$$

Secara kuantitatif gaya F_{12} pada Q_1 yang disebabkan oleh Q_2 yang dipandang dalam sebuah sistem koordinat xy adalah



$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12} \quad (1.2)$$

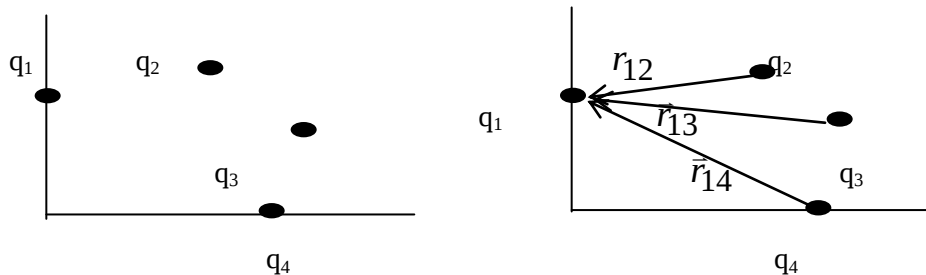
Beberapa hal penting sehubungan dengan persamaan (1.1) atau (1.2)

1. Persamaan (1.1) hanya berlaku untuk muatan titik. Bila benda mempunyai bentuk, misalnya berupa plat sejajar, jadi bukan berupa titik, maka persamaan (1.1) tidak berlaku

2. Tetapan pembanding diambil berbentuk $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, agar rumus yang diturunkan dari persamaan (1.1) tidak mengandung faktor 4π . Tetapan ϵ_0 disebut permitivitas vakum. Bentuk hukum Coulomb dengan tetapan pembanding $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ ini berlaku bila digunakan sistem satuan MKS. Dalam sistem satuan MKS muatan listrik mempunyai satuan coulomb.
3. Bila muatan Q_1 dan Q_2 mempunyai tanda sama, arah gaya $\vec{F}_{12}$ adalah $\hat{r}_{12}$, yaitu Q_1 ditolak oleh Q_2 . Bila Q_1 dan Q_2 berlainan tanda arah gaya $\vec{F}_{12}$ adalah $-\hat{r}_{12}$, yaitu Q_1 ditarik oleh Q_2 .
4. Persamaan (1.1) hanya berlaku bila kedua muatan titik Q_1 dan Q_2 ada dalam vakum. Praktis hubungan di atas berlaku dalam udara. Untuk medium isolator persamaan (1.1) tetap, hanya saja tetapan pembanding berbeda.

Gaya oleh beberapa buah muatan

Misalkan kita mempunyai empat buah muatan q_1, q_2, q_3 , dan q_4



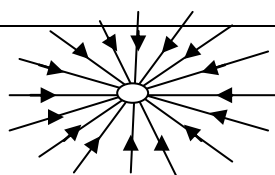
Gaya resultan pada q_1 oleh q_2, q_3 dan q_4 adalah $\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14}$

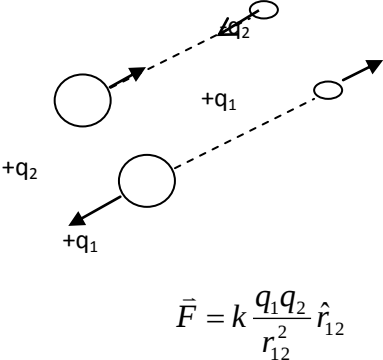
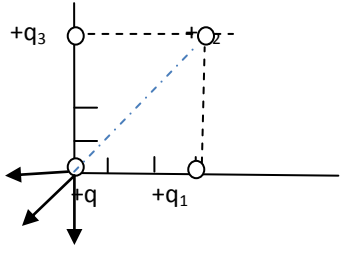
Jadi gaya pada q_1 oleh beberapa muatan titik adalah superposisi gaya interaksi antara q_1 dengan masing-masing muatan. Pernyataan ini dikenal sebagai prinsip superposisi pada interaksi coulomb.

C. Kegiatan 1: Membuat Konsep Analog

Tabel 5.1 Konsep Target dan Analoginya

1	Muatan listrik	
	Muatan listrik positif arah medan listriknya menjauhi sumber muatan.  Muatan listrik negatif arah medannya menuju sumber muatan	



2	Medan listrik	
A	$\vec{E} = k \frac{q}{r^2} \hat{r}$	
B	$\vec{E} = k \left[\frac{q_1}{r_1^2} \hat{r}_1 + \frac{q_2}{r_2^2} \hat{r}_2 + \dots \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r}_i \right]$	
3	Gaya Listrik	
	Gaya listrik oleh muatan q_1 dan q_2  $\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}$	
4	 $\vec{F} = kq \left[\frac{q_1}{r_1^2} \hat{r}_1 + \frac{q_2}{r_2^2} \hat{r}_2 + \dots \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r}_i \right]$	

D. Kegiatan 2: Menjelaskan konsep

1. Muatan Listrik

- Siapkan sisir plastik, kain wol atau kertas tisue, dan potongan-potongan kertas yang dibuat sekecil mungkin.
- Lakukan kegiatan seperti pada gambar berikut ini



- b. Sebelum melakukan percobaan, buat rumusan masalahnya
-
-
- c. Buat hipotesis atas rumusan masalah anda!
-
-
- d. Lakukan percobaan tersebut
- e. Dekatkan sisir plastik yang telah digosok-gosokkan pada kertas tisseu ke sobekan-sobekan kertas yang telah disiapkan.
- f. Apa yang terjadi
-
- g. Kenapa kertas yang netral dapat ditarik oleh penggaris yang sudah dimuati?
-
-
-

Proses ditariknya kertas oleh plastik yang telah dimuati, dapat Anda lihat pada animasi no.2a).

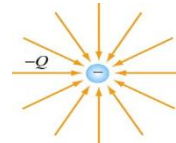
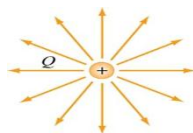
- h. Beri contoh menerapkan listrik statis dalam kehidupan sehari-hari.
-
- i. Apa kesimpulan Anda tentang muatan listrik (sifat muatan listrik)?
-
-
-
- j. Jelaskan secara verbal, fiktorial (gambar), dan simbolik tentang muatan listrik.

Konsep	Verbal	Gambar	Simbolik

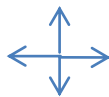
<i>Muatan listrik</i>			
-----------------------	--	--	--

2. Medan Listrik

- a) Perhatikan garis-garis medan listrik yang ditimbulkan oleh muatan listrik positif dan negatif! (media animasi no.2 dan 3). Bandingkan dengan garis-garis medan gravitasi bumi (animasi no.1) Apa arti garis-garis medan listrik tersebut?



- b) Perhatikan gambar berikut ini!



Gambar a



gambar b

Jika pada gambar a garis-garis medan listrik itu ditimbulkan oleh muatan yang besarnya $1q$, maka garis-garis medan listrik pada gambar b, ditimbulkan oleh muatan listrik yang besarnya

- c) Apa hubungan antara kerapatan garis-garis medan listrik dan kuat medan listrik?

- d) Gambar garis-garis medan listrik secara fiktorial pada muatan listrik berikut ini! gunakan analogi masa, yaitu banyaknya garis medan yang ditimbulkan sebanding dengan besarnya masa tersebut.

$+2q$

$-q$

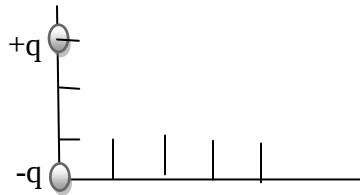
- e) Buat sebarang titik di sekitar muatan listrik $2q$ dan $-q$, selanjutnya gambarkan medan listrik secara fisika yang ditimbulkan oleh muatan tersebut pada titik yang Anda buat!

$$+2q$$

$$-q$$

- f) Jika jarak titik terhadap muatan listrik jaraknya r , turunkan persamaan medan listrik pada titik yang Anda buat tersebut!

Jika ada lebih dari satu muatan, seperti pada gambar berikut ini, gambar arah medan listrik pada titik $x = 4$



Analog dari medan gravitasi Newton, turunkan persamaan medan listrik pada titik tersebut!

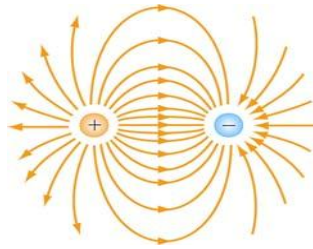
- g) Apa kesimpulan Anda tentang medan listrik?

- h) Jelaskan secara verbal, fiktorial (gambar), dan simbolik tentang medan listrik!

Konsep	Verbal	Gambar	Simbolik
Medan Listrik			

3. Gaya Listrik

- A. Perhatikan gambar animasi no. 7 tentang gaya tarik-menarik dua masa yang besarnya berbeda! Apakah gaya pada kedua masa tersebut sama?

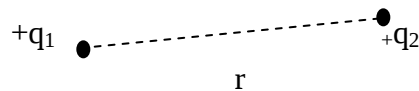


(a) Interaksi antara dua muatan listrik secara fiktorial



(b) Interaksi dua muatan listrik secara fisika

- B. Analog dari gaya gravitasi newton , jika ada dua muatan listrik yang besarnya sama $+q_1$ dan $+q_2$ berada pada jarak r , seperti pada gambar berikut ini.

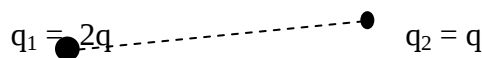


- Gambar besar dan arah gaya listrik pada muatan listrik q_1 oleh q_2 dan sebaliknya!
- Tuliskan rumus gaya listrik pada muatan listrik q_1 oleh q_2 dan sebaliknya

$$\vec{F}_{q_1} = \dots\dots\dots$$

$$\vec{F}_{q_2} = \dots\dots\dots$$

- Jika muatan listrik pada q_1 diganti dengan dua kali lebih besar dari muatan q_2 , seperti pada gambar berikut ini.



- Gambar besar dan arah gaya listrik pada muatan listrik q_1 oleh q_2 dan sebaliknya! (panjang panah menyatakan besarnya gaya).
- Tuliskan rumus gaya listrik pada muatan listrik q_1 oleh q_2 dan sebaliknya.

$$\vec{F}_{q_1} = \dots\dots\dots$$

$$\vec{F}_{q_2} = \dots\dots\dots$$

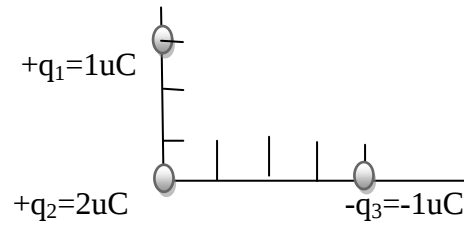
- Apa kesimpulan Anda tentang gaya oleh dua muatan listrik yang besarnya berbeda?

Apakah interaksi antara dua buah muatan listrik yang besarnya berbeda, dapat berlaku hukum III Newton? _____

Alasannya _____

- C. Jika ada tiga muatan listrik seperti di bawah ini. Gambar gaya-gaya pada

masing-masing muatan tersebut!



Rumuskan besarnya gaya yang dialami oleh masing-masing muatan listrik

$$\vec{F}_{q1} = \dots\dots\dots$$

$$\vec{F}_{q2} = \dots\dots\dots$$

$$\vec{F}_{q3} = \dots\dots\dots$$

D. Apa kesimpulanmu tentang gaya yang ditimbulkan oleh muatan listrik lebih dari dua muatan listrik ?

E. Jelaskan secara verbal, fiktorial (gambar), dan sibolik tentang gaya listrik!

Konsep	Verbal	Gambar	Simbolik
Gaya Listrik			

PERCOBAAN 2 ELEKTROSTATIKA

Tujuan

1. Memberi contoh penerapan gaya elektrostatika dalam kehidupan nyata
2. Menjelaskan cara kerja penangkal petir
3. Menjelaskan terjadinya petir.

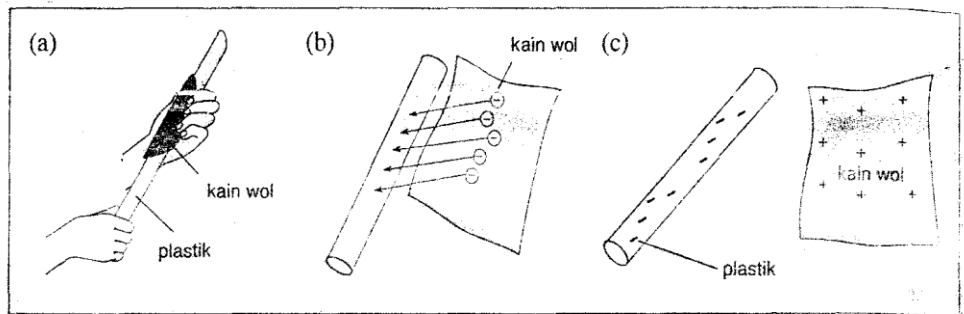
III. Percobaan

3.1. Alat dan Bahan

1. Pipa paralon
2. Penggaris plastik
3. Kain wol
4. Ebonit
5. Kepingan kaca
6. Benang (1 m)
7. Elektroskop

3.2. Kegiatan 1.

Penggaris plastik atau pipa plastik (pada awalnya netral) lalu digosok-gosokkan pada kain wol atau tissue (Gambar 2)



Gambar 8.7 Proses terjadinya muatan listrik pada plastik

Gambar 2.1 Proses terjadinya muatan listrik pada plastik

Amati apa yang terjadi, jika penggaris didekatkan dengan sobekan-sobekan kertas kecil!

Buat analisis tentang muatan pada penggaris dan kain wol yang telah digosok-gosokkan tadi !

Kenapa hal tersebut terjadi (jelaskan dengan konsep teori atom)?

Jelaskan hal yang sama juga terjadi pada batang kaca dan kain sutra.

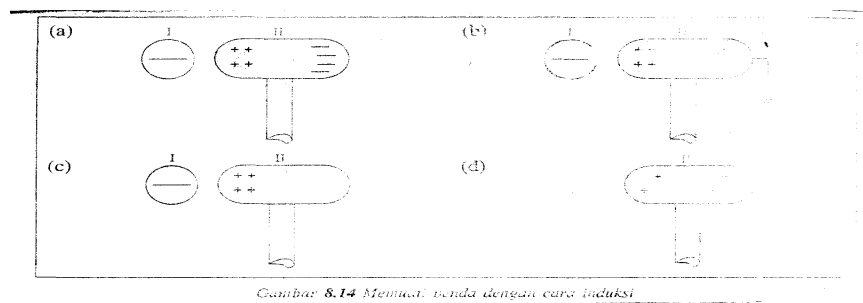
Apa kesimpulan Anda tentang muatan listrik yang diperoleh dari menggosok-gosokkan pipa plastik dengan kain wol atau tissue dan batang kaca dengan kain sutra?

Kegiatan 2

- 1) Benda bermuatan listrik negatif (penggaris yang telah digosok-gosokkan dengan kain wol atau rambut) didekatkan dengan elektroskop, Perhatikan gambar 2.2. Tuliskan hasil pengamatan anda, kenapa demikian ?

- 2) Bila bagian batang elektroskop dihubungkan dengan tanah atau dipegang oleh kawanmu, sementara penggaris tetap berada didekat kepala elektroskop Perhatikan gambar 2.2. Apa yang terjadi ? kenapa demikian?

- 3) Setelah hubungan dengan tanah di lepas, dan penggaris tetap berada didekat kepala elektroskop, apa yang terjadi? Kenapa demikian?



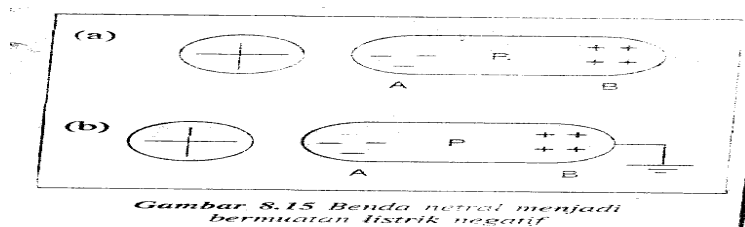
Gambar 8.14 Memuat benda dengan cara induksi

Gambar 2.2 Pemisahan muatan

Kegiatan 3

- 1) Benda bermuatan listrik positif (kaca yang telah digosok-gosokkan dengan kain wol) didekatkan dengan elektroskop P, Perhatikan gambar 2.3 Amati apa yang terjadi pada daun elektroskop?

- 2) Bila sisi B (ujung elektrooskop dihubungkan dengan tanah atau dipegang oleh salah satu temanmu), apa yang terjadi pada daun elektrooskop ? kenapa demikian?
-
- 3) Lepaskan hubungan ke tanah, sementara batang kaca tetap dekat di kepala elektrooskop ? Amati apa yang terjadi pada daun elektrooskop ? kenapa demikian?
-
- 4) Jauhkan batang kaca tersebut, apa yang terjadi pada daun elektrooskop?
-



Gambar 2.3 Penambahan muatan dengan cara ground

PERCOBAAN 3 HUKUM OHM

I. Tujuan

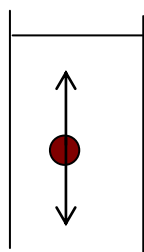
1. Membuktikan berlakunya hukum Ohm untuk suatu penghantar
2. Membuktikan hukum Ohm dalam rangkaian listrik

II. Teori Dasar

Dalam banyak pemakaian, arus listrik yang mengalir mempunyai harga konstan. Hal ini berarti rapat arus j juga tetap, dan selanjutnya kecepatan rata-rata pembawa muatan juga tetap besarnya. Jika dalam kawat ada medan listrik E pembawa muatan q bekerja gaya F yang besarnya bergantung pada E , dengan kecepatan konstan. Hal ini melanggar hukum II Newton. Seharusnya pembawa muatan bergerak dipercepat. Sebetulnya hal ini tidak demikian. Gaya qE bukanlah satu-satunya gaya yang bekerja pada pembawa muatan, tetapi ada gaya lain pada pembawa muatan yaitu gaya gesekan.

Pada waktu bergerak dalam logam, pembawa muatan tidak bergerak pada satu garis lurus, tetapi selalu betumbukan dengan atom logam. Dalam tumbukan ini terjadi perpindahan energi. Makin cepat gerak pembawa muatan, makin banyak pula tumbukan yang dialami tiap satuan waktu. Secara rata-rata pembawa muatan akan terus kehilangan energi, ini tak lain merupakan akibat hukum II termodinamika. Akibat tumbukan ini, pembawa muatan bergerak dengan kecepatan rata-rata tetap, dan logam menjadi panas. Bertambah panasnya logam berkaitan dengan hukum Joule yang akan dibahas secara terpisah.

Pengaruh tumbukan terhadap gerak pembawa muatan dapat dinyatakan dengan gaya gesekan yang bekerja pada pembawa muatan. Persoalan ini mirip dengan gerak peluru yang jatuh jatuh pada gliserin/fluida, seperti pada Gambar 3.1



Gambar 3.1. Peluru jatuh dalam fluida

Karena gaya gesekan Stokes f sebanding dengan laju v , pada suatu saat harga f sama dengan gaya berat mg . Setelah keadaan ini tercapai peluru bergerak dengan kecepatan konstan yang disebut kecepatan akhir.

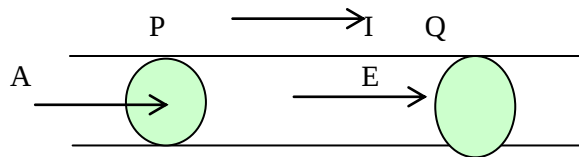
Analog dengan gerak peluru dalam gliserin, kecepatan rata-rata akhir pembawa muatan haruslah konstan dan sebanding dengan kuat medan listrik E . akibatnya, rapat arus juga sebanding dengan kuat medan listrik E . Secara matematik hal ini dapat dituliskan :

$$J = \sigma \vec{E} \quad (\text{Hukum Ohm})$$

Hubungan ini dikenal sebagai Hukum Ohm, Tetapan σ disebut konduktivitas listrik.

Penerapan Hukum Ohm yang biasa kita jumpai adalah pada kawat yang berpenampang serba sama. Kawat tersebut dialiri arus listrik i , dengan beda potensial V . Bila medan listrik dalam logam dapat dianggap serba sama, kuat medan listrik dalam logam haruslah

$$E = \frac{V}{l}$$



Hukum Ohm menjadi

$$J = \sigma \frac{V}{l}, \quad \text{Kita tahu bahwa} \quad i = J A = \sigma \frac{A}{l} V$$

$$\text{Dengan } \sigma = \frac{1}{\rho}, \text{ dan}$$

$$R = \rho \frac{l}{A}, \quad \text{dimana } \rho = \text{resistivitas atau hambatan jenis,}$$

Hambatan suatu penghantar sangat bergantung pada

- panjang penghantar, artinya makin panjang kawat, hambatannya makin besar
- luas penampang penghantar, artinya semakin luas penampang penghantar atau semakin besar penghantar hambatannya semakin kecil.
- Jenis penghantar, artinya untuk jenis penghantar yang berbeda, hambatannya juga berbeda.

Dengan demikian, maka Hukum Ohm menjadi $V = I.R$

III. Membuat rumusan masalah dan hipotesis:

Buat rumusan masalah untuk menguji Hukum Ohm!

Hipotesis:

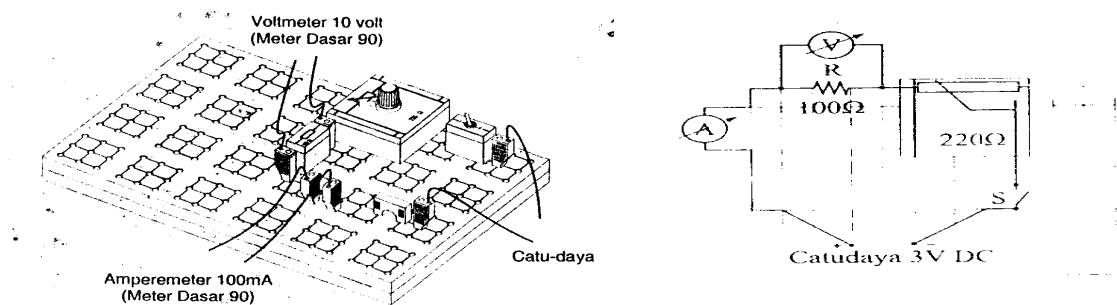
IV. Melakukan Percobaan untuk menguji Hipotesis

Alat-alat yang diperlukan

1. Catu daya
2. Amperemeter
3. Voltmeter
4. Tahanan sumbat
5. Kabel penghubung
6. Kawat nikelin

Kegiatan 1

- 1) Persiapkan dan susun komponen-komponen yang sesuai dengan Gambar 3.2
- 2) Hidupkan catu daya dan tutup saklar (posisi 1)
- 3) Atur potensiometer menjadi 2V, 3V, 4V dan 5V. Amati perubahan arus yang terjadi untuk setiap perubahan tegangan.



Gambar 3.2. Rangkaian hukum Ohm

Dengan tidak mengubah nilai hambatan, isilah lembar pengamatan berikut

No	Beda potensial (V)	Arus listrik (A)	$R = V / I$
1	3		
2	4		
3	5		
4	6		

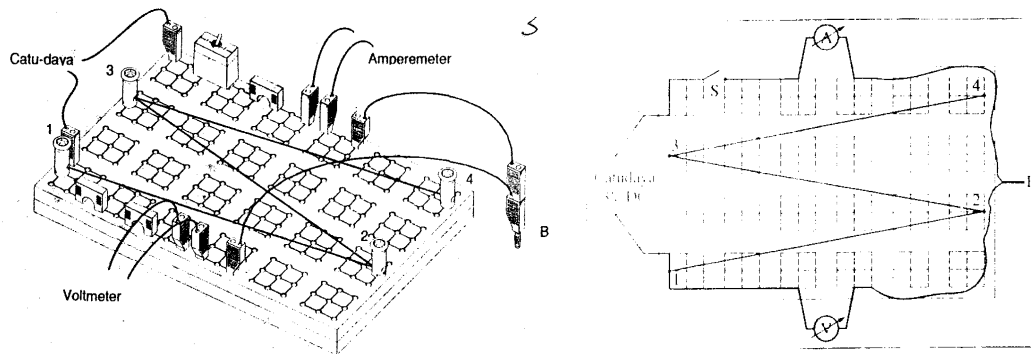
Lakukan analisis data yang anda peroleh?

Apa kesimpulan Anda berdasarkan hasil data di atas!

Kegiatan 2

Untuk menyelidiki hubungan antara hambatan kawat dengan panjang, luas penampang, dan jenis penghantar, lakukanlah percobaan di bawah ini :

- 1) Persiapkan dan susun komponen-komponen yang sesuai dengan gambar 2.4



Gambar 2.4 Rangkaian Percobaan Hambatan Jenis

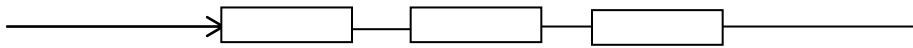
- 2) Pilih panjang kawat l dengan cara memasang ujung kabel B masuk ke jepit steker 2
- 3) Tutup saklar (posisi 1), amati nilai tegangan dan arus yang terbaca
- 4) Buka saklar, kemudian pindahkan ujung kabel B ke jepit steker 3, ulangi langkah 3
- 5) Buka saklar, kemudian pindahkan kabel B ke jepit steker 4, lakukan kembali langkah 3
- 6) Ganti kawat nikrom dengan kawat konstanta, ulangi langkah 2 s/d langkah lima (5).
- 7) Dari percobaan diatas apa kesimpulan anda tentang besarnya suatu hambatan pada Kawat. Apakah semua kawat mempunyai hambatan tetap ?

PERCOBAAN 4 RANGKAIAN SERI DAN PARALEL

- I. Tujuan
 1. Menjelaskan ciri-ciri rangkaian seri
 2. Menjelaskan ciri-ciri rangkaian paralel
 3. Menjelaskan perbedaan rangkaian seri dan paralel
- II. Teori Dasar

Rangkaian Seri

Susunan hambatan dalam rangkaian melibatkan lebih dari satu hambatan baik seri maupun paralel. Susunan seri yaitu hambatan disusun secara berurutan.



Gambar 3.1 Rangkaian seri

Susunan hambatan seri berlaku :

- Kuat arus yang mengalir pada tiap-tiap hambatan sama besar
- Potensial total sama dengan jumlah potensial masing-masing hambatan.

$$V_{ad} = V_{ab} + V_{bc} + V_{cd}$$

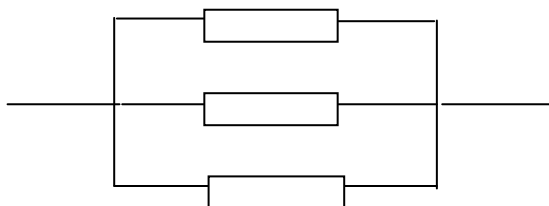
$$R_{tot} \cdot I = R_1 I + R_2 I + R_3 I$$

$$R_{tot} I = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R_{tot} = (R_1 + R_2 + R_3)$$

Susunan Paralel

Susunan hambatan paralel yaitu hambatan yang dipasang secara sejajar



Gambar 3.2. Rangkaian paralel

Untuk susunan paralel berlaku

- kuat arus total yang mengalir sama dengan jumlah kuat arus yang mengalir pada tiap-tiap hambatan.

- Beda potensial pada tiap-tiap hambatan sama dengan beda potensial pada sumber.

$$I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_{ab}$$

$$I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{V_{ab}}{R_{tot}} = \frac{V_{ab}}{R_1} + \frac{V_{ab}}{R_2} + \frac{V_{ab}}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

III. Sebelum melakukan percobaan, terlebih dahulu buat rumusan masalah dan hpitesisnya!

a. Rumusan masalah

b. Hipotesis

IV. Menguji Hipotesis

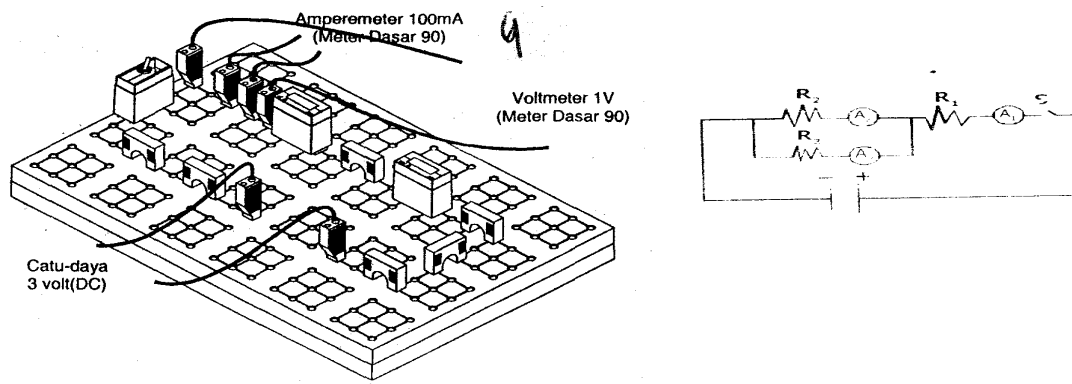
Alat yang diperlukan

1. Papan penghubung
2. Saklar
3. Amperemeter
4. Voltmeter
5. Lampu kecil 2 buah
6. Kabel penghubung
7. Catu daya dc

Kegiatan 1

Rangkaian hambatan seri dapat dilihat pada Gambar 3.3. Untuk mempelajari hubungan kuat arus, tegangan maupun hambatan total yang tersusun secara seri dapat dilakukan percobaan sebagai berikut :

- 1) Persiapkan dan susun komponen-komponen yang sesuai dengan Gambar 3.3. Kenali susunan alat dan fungsinya.
- 2) Ubah posisi alat yang sudah dipasang tetapi masih menggambarkan susunan seri (membuat model rangkaian seri yang berbeda dengan susuan alat pertama)!



Gambar 3.3 Rangkaian Hambatan Seri

- 3) Hidupkan catu daya pada 3V, dan tutup saklar (posisi 1)
- 4) Baca kuat arus dan tegangan yang mengalir pada R_1
- 5) Buka saklar (posisi 0), pindahkan Voltmeter ke titik B – C dan amperemeter pada titik B , pindahkan batas ukur voltmeter ke 10 V dan amati kuat arus dan tegangan pada R_2
- 6) Buka saklar (posisi 0), kemudian pindahkan voltmeter ke titik A-C dan gantikan jembatan penghubung 1 dekat C dengan amperemeter, amati kuat arus total dan tegangan total yang mengalir

Hasil pengamatan

- Kuat arus yang mengalir pada tiap hambatan sama besar yaitu $i_1 = i_2 = i_{\text{total}} = \dots\dots$ ampere
- Potensial total , yaitu $V_{\text{total}} = V_1 + V_2 = \dots\dots\dots$ Volt
- Hambatan Pengganti, yaitu $R_p = R_1 + R_2 = \dots\dots\dots$ ohm
- Bagaimana nyala lampu pada sambungan seri dibandingkan dengan satu lampu?
- Adakah hubungan antara tegangan dan hambatan pada rangkaian seri tersebut

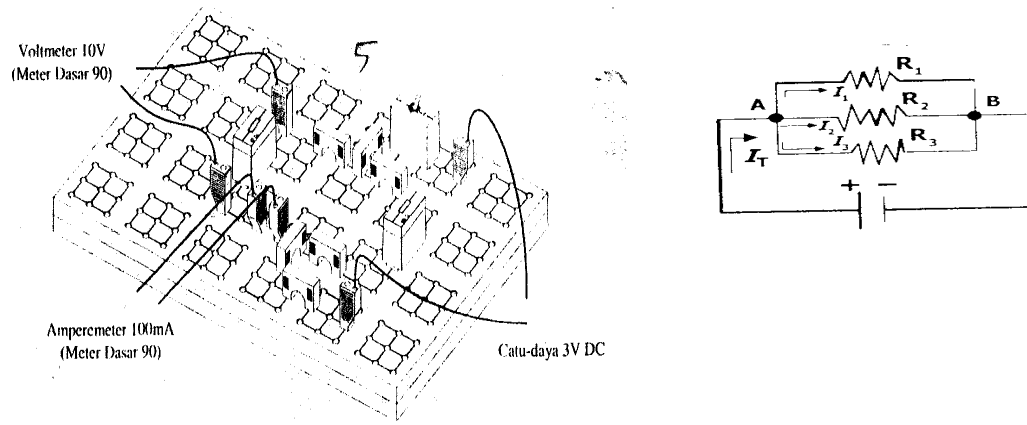
- Matikan salah satu lampu dengan cara memutar (lampu tak terhubung), amati apa yang terjadi, kenapa demikian?

- Buat hubungan singkat, dengan cara menghubungkan kabel antar sumber tegangan ke salah satu lampu, amati apa yang terjadi, jelaskan kenapa hal tersebut terjadi ?

- Tuliskan ciri-ciri hubungan seri, sesuai dengan hasil pengamatan anda!

Kegiatan 2

Untuk mempelajari hubungan kuat arus, tegangan maupun hambatan total yang tersusun secara paralel dapat dilakukan percobaan sebagai berikut :



Gambar 3.4 Rangkaian Hambatan paralel

- 1) Ubah rangkaian seri pada kegiatan 1 menjadi rangkaian paralel, seperti pada gambar 3.4.
- 2) Hidupkan catu daya, kemudian tutup saklar (posisi 1), amati kuat arus dan tegangan yang mengalir pada R_1
- 3) Buka saklar (posisi 0), kemudian pindahkan voltmeter pada titik C-D, dan amperemeter pada kabel 2, tutup kembali saklar (posisi 1) dan amati kuat arus dan tegangan yang mengalir pada R_2
- 4) Buka saklar (posisi 0), pindahkan voltmeter ke titik P-Q dan amperemeter pada kabel 1, kemudian tutup saklar (posisi 1) dan amati kuat arus total dan tegangan total pada rangkaian paralel.

- 5) Matikan salah satu lampu dengan cara memutar (lampu tak terhubung), amati apa yang terjadi, kenapa demikian?

- 6) Buat hubungan singkat, dengan cara menghubungkan kabel antar sumber tegangan ke salah satu lampu, amati apa yang terjadi, jelaskan kenapa hal tersebut terjadi ?

- 7) Tuliskan ciri-ciri hubungan paralel ?

- 8) Apa beda antara hubungan seri dan paralel, jelaskan kelebihan dan kelemahannya !

- 9) Apa kesimpulan Anda tentang rangkaian hambatan seri dan paralel?

PERCOBAAN 5 HUKUM KIRCHHOFF

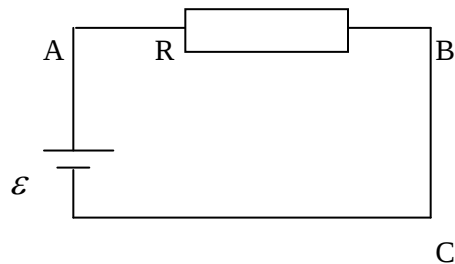
I. Tujuan

1. Menunjukkan besarnya arus yang menuju titik cabang sama dengan arus yang meninggalkan titik cabang.
2. Mengukur besarnya arus pada tiap titik cabang pada hambatan yang berbeda

II. Teori Dasar

Tinjau bagian rangkaian yang terdiri dari sebuah hambatan dan sebuah sumber daya $\mathcal{E}$

Dengan hambatan dalam r .



Gambar 5.1. Rangkaian dengan hambatan R

$$V_{AC} = V_{AB} + V_{BC}$$

$$V_{AB} = iR$$

$$V_{BC} = -V_{CB} = -(\mathcal{E} - ir) = ir - \mathcal{E}$$

$$V_{AC} = iR + ir - \mathcal{E}$$

Jika terdapat lebih dari satu hambatan dan lebih dari satu sumber daya, persamaan di atas menjadi

$$V = \sum iR - \sum \mathcal{E}$$

Jika terdapat susunan ggl dalam rangkaian tersusun terbalik dengan ggl lainnya, maka

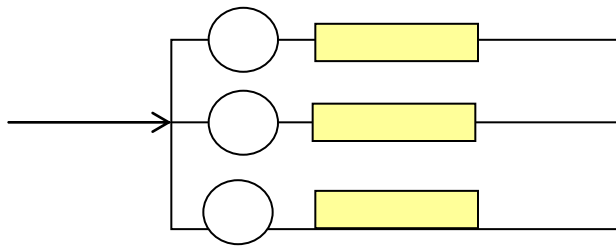
$$V_{AE} = V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} + V_{CE}$$

$$V_{AE} = iR_1 + (ir_1 - \mathcal{E}_1) + (\mathcal{E}_2 + ir_2) + iR_2$$

$$V_{AE} = (iR_1 + iR_2 + ir_1 + ir_2) - (\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2)$$

Ketentuan : buat arah panah (arah arus oleh ggl) dari negatif ke positif. Jika arah panah berlawanan dengan arah AE maka nilai ggl nya diberi nilai negatif, dan yang searah bernilai positif.

Hukum Kirchhoff untuk Titik Cabang



Gambar 5.2. Arus menuju titik cabang

$$V_{AB} = i_1(R_1 + r_1) - \varepsilon_1 + i_4(r_4 + R_4) + \varepsilon_4 \text{ atau}$$
$$V_{AB} = i_2(R_2) + i_5(r_3 + R_5) + \varepsilon_3$$

Untuk menghitung arus tiap-tiap cabang, lakukan langkah-langkah berikut ini

1. Gambarkan arah arus dalam rangkaian
2. Buat anak panah untuk tiap-tiap ggl
3. Buat loop sesuka hatimu.
4. Jika arah loop berlawanan dengan arah arus dalam rangkaian, maka arah arus dibuat negati dan sebaliknya

III. Merumuskan Masalah dan Membuat Hipotesis

a. Merumuskan masalah

b. Hipotesis

IV. Menguji Hipotesis

3.1. Alat-alat yang diperlukan

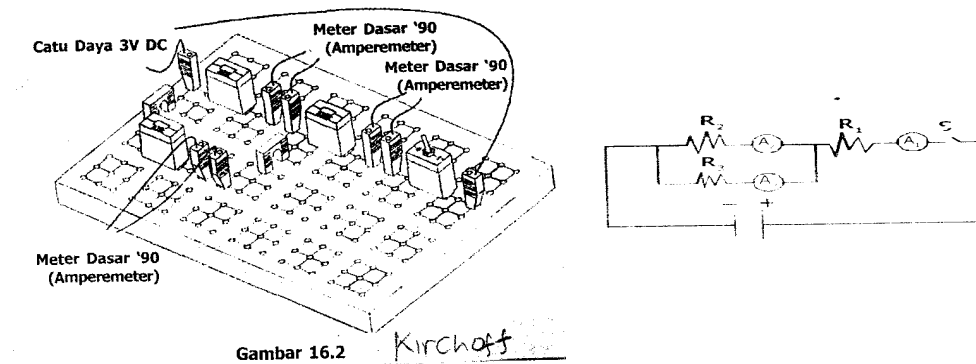
1. Papan penghubung
2. Lampu 2 W, 9V tiga buah
3. Amperemeter 2 buah
4. Voltmeter 2 buah
5. Kabel penghubung
6. Saklar 1 buah
7. Catu daya

4.1. Kegiatan 1

Kuat Arus Pada Titik Percabangan

Rangkaian listrik biasanya terdiri dari banyak hubungan sehingga akan terdapat banyak cabang maupun titik simpul. Titik simpul adalah titik pertemuan tiga atau lebih. Hubungan jumlah kuat arus yang masuk ke titik simpul dengan jumlah kuat arus yang keluar dari padanya akan diselidiki melalui percobaan berikut :

- 1) Persiapkan dan susun komponen-komponen yang sesuai dengan Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Rangkaian Percobaan Kirchoff

- 2) Hidupkan catu daya, tutup saklar, amati kuat arus yang mengalir pada A_1 , A_2 , dan A_3

- 3) Ubah tegangan catu daya menjadi 6 V, amati kembali kuat arus pada A_1 , A_2 , A_3

- 4) Ulangi langkah 3 dengan mengubah tegangan menjadi 9 V
Berdasarkan percobaan anda lakukan bagaimana hubungan A_1 , A_2 dan A_3 .

- 5) Buat rangkaian 2 loop, loop 1 terdiri atas 2 hambatan masing-masing 2 ohm dan 3 ohm dan satu sumber tegangan 6 volt. Hambatan 3 ohm berada pada irisan antara loop 1 dan 2. Loop 2 terdiri atas 2 sumber tegangan, yaitu 3 volt dan 9 volt. Pasang amperemeter tiap ruas atau garis. Amati bagaimana arus pada setiap titik cabang?

Lakukan cros cek dengan melakukan perhitungan secara matematis!

Apa kesimpulan anda tentang hukum Kirchhoff?

PERCOBAAN 6 PENGISIAN KAPASITOR

I. Tujuan

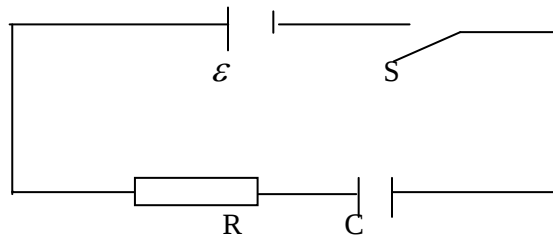
Membuat hubungan antara muatan dan arus sebagai fungsi waktu

II. Teori Dasar

Pengisian sebuah kapasitor yang kosong dilakukan dengan menghubungkan kapasitor tersebut dengan baterai melalui hambatan R. Kapasitor yang ideal tidak melewatkan muatan tetapi mengumpulkan muatan. Ketika sakelar S ditutup, kapasitor C masih belum bermuatan dan beda potensialnya masih nol. Beda potensial melintang hambatan R sama dengan beda potensial antara kutub-kutub baterai, dan arus yang melaluinya $i = V/R$.

Dengan adanya arus ini, maka keping kapasitor mulai bermuatan, beda potensialnya naik sedangkan beda potensial melintang hambatan R menurun. Dengan demikian arus yang melalui R pun menurun. Lama kelamaan muatan kapasitor menjadi penuh dan potensialnya sama dengan potensial baterai. Tak ada beda potensial melintang hambatan R, begitu juga arus menjadi nol. Jelas pada proses ini muatan kapasitor berubah dengan waktu. Misalkan pada suatu saat t muatan kapasitor $q(t)$, tegangan $V_{bc}(t) = q(t)/C$, arus yang melalui hambatan R adalah $i(t)$ dan beda potensial melintang R adalah $V_{ab}(t) = i(t)R$, maka :

$$V_{ac} = V = V_{ab}(t) + V_{bc}(t) = i(t)R + q(t)/C$$



Gambar 6.1. Pengisian kapasitor

Jika hambatan baterai diabaikan atau dimasukkan dalam R maka $V = \text{konstan}$. Maka arus sebagai fungsi waktu dapat kita tuliskan sebagai berikut:

$$i(t) = \frac{V}{R} - \frac{q(t)}{RC}$$

Pada saat sakelar dirurup ($t = 0$) muatan kapasitor masih nol ($q(t) = 0$), maka

$$i(t = 0) = V / R = i_0$$

Pada saat muatan kapasitor penuh ($q = Q = q_{akhir}$) arus sama dengan nol

$$0 = \frac{V}{R} - \frac{q(t)}{RC}$$

$$\frac{V}{R} = \frac{q(t)}{RC}$$

$$Q = CV \quad \text{muatan akhir kapasitor.}$$

Untuk memperoleh $i(t)$ dan $q(t)$ sebagai fungsi waktu kita gunakan hubungan arus dan muatan sebagai berikut:

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

$$\frac{dq}{dt} = \frac{V}{R} - \frac{q}{RC}$$

$$dq = \frac{Vdt}{R} = \frac{qdt}{RC} = \frac{dt}{RC} (VC - q)$$

$$\frac{dq}{CV - q} = \frac{dt}{RC}$$

$$\int \frac{dq}{CV - q} = \int \frac{dt}{RC}$$

$$\text{misal } CV - q = U$$

$$dU = -dq$$

$$-\int \frac{dU}{U} = \frac{1}{RC} \int dt$$

$$-\ln(CV - q) = \frac{t}{RC} + k$$

ambil harga $q = 0$ pada $t = 0$, maka

$$-\ln CV - q = \frac{t}{RC} - \ln CV$$

$$\ln CV - q - \ln CV = -\frac{t}{RC}$$

$$\ln \frac{CV - q}{CV} = -\frac{t}{RC}$$

$$1 - \frac{q}{CV} = e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\frac{q}{CV} = 1 - e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$q(t) = CV(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) = Q(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

$RC = \tau =$ tetapan waktu atau waktu relaksasi rangkaian

III. Membuat rumusan masalah dan hipotesis

a. rumusan Masalah

b. Hipotesis

IV. Menguji Hipotesis

Alat-alat yang diperlukan

1. Papan penghubung
2. Sakelar
3. Hambatan
4. Kapasitor 100 uF
5. Kabel penghubung
6. Catu daya

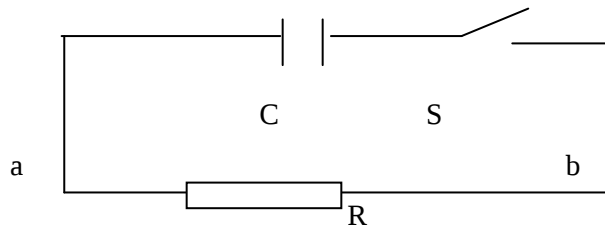
Kegiatan 1

1. Susun alat seperti pada gambar 6.1. di atas
2. Tutup sakelar S ukur arus pada secara serentak pada titik a, b dan c
3. Berapa besarnya arus pada titik c, pada saat sakelar ditutup, kenapa demikian, jelaskan pendapatmu ?

4. Beberapa saat kemudian berapa arus pada titik a, b dan c ?
5. Sakelar S dibuka, amati arus pada titik a, b, dan c
6. Buat grafik hubungan antara muatan dan arus terhadap waktu.

Kegiatan 2

1. Rangkai alat seperti pada gambar berikut ini



Gambar 6.2. Pengosongan kapasitor

2. Kapasitor yang penuh dengan muatan, pada saat sakelar ditutup, apa yang terjadi bagaimana arus pada titik b dan titik a.

3. Lakukan kegiatan tersebut sampai tidak ada arus yang mengalir pada titik b.

4. Turunkan rumus untuk $q(t)$ dan $i(t)$

5. Buatlah grafik hubungan antara muatan dan arus terhadap waktu.

PERCOBAAN 7

MEDAN MAGNET DISEKITAR ARUS

I. Tujuan

1. Menentukan arah medan magnet
2. Menentukan Arah gaya Lorent oleh 2 kawat yang dialiri arus listrik

II. Teori Dasar

Medan magnet merupakan besaran vektor yang arahnya selalu menyinggung garis gaya magnet. Arah garis gaya magnet dapat ditentukan dengan kaidah tangana kanan. Medan magnet oleh arus listrik pertama kali ditemukan oleh Christian Oersted (1777 – 1851), yang kemudian dikembangkan oleh Biot Savart.

Arus tanah dalam magnetostatika adalah seperti muatan stationer dalam elektrostatika. Arus tanah artinya arus yang selalu konstan tidak bertambah besar maupun bertambah kecil dan tak pernah berubah arah. Pada prakteknya, bahkan pada arus PLN yang berubah 50 kali setiap detiknyapun magnetostatika tetap berlaku dengan baik. Pada frekwensi yang lebih tinggi, frekwensi radio misalnya. Jika arus tanah mengalir dalam suatu kawat tertutup, besar arus I haruslah sama di setiap tempat di kawat, kalau tidak ia akan bertumpah pada suatu tempat dan arus tidak dapat dipertahankan. Dengan demikian yang sama, $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ didalam magnetostatika.

Sehingga jika dimasukkan kedalam persamaan kontinuitas kita akan dapatkan :

$$\nabla \cdot \vec{J} = 0 \quad 5.31$$

jadi arus mantap : menghasilkan medan magnetik yang konstan.

Analog dengan muatan stationer yang menghasilkan medan listrik yang konstan.

$$\nabla \cdot \vec{J} = - \frac{\partial \rho}{\partial t}$$

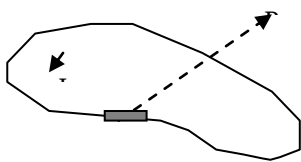
Arus mantap :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

$$\rightarrow \therefore \nabla \cdot \vec{J} = 0$$

Medan magnetik oleh arus mantap :

Hukum Biot-Savart



Gambar 7.1

$$\vec{B}_{(P)} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{\vec{I} \times \hat{r}}{r^2} d\ell$$

$$\vec{B}_{(P)} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{\vec{I} \times \hat{r}}{4\pi} d\ell \quad 5.32$$

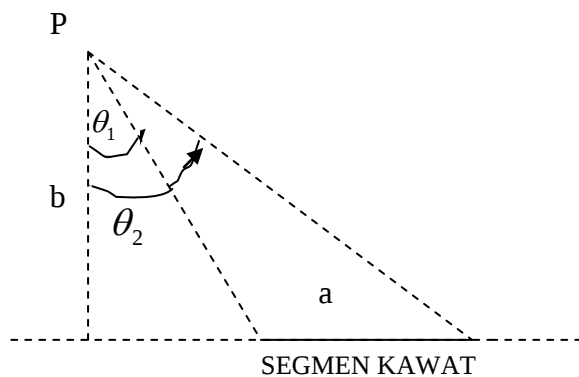
Integrasi berjalan sepanjang lintasan arus, pola arah alir muatan ; dl adalah elemen panjang pada kawat (sering disebut sumber), dan r adalah diukur dari sumber ke titik P seperti pada gambar (5.7). Konstanta μ_0 disebut permeabilitas ruang hampa (ruang bebas lebih tepat), karena memiliki μ_0 , juga berlaku di udara dan besarnya adalah :

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2 \quad 5.32$$

Sedangkan satuan B adalah Tesla yaitu

$$1 \text{ tesla} = 1 \text{ N (Am)}$$

Masih banyak Fisikawan terutama ahli eksperimen lebih sering memahami satuan Gauss, 1 Tesla = 10^4 Gauss. Rumus Biot Savart ini juga berlaku sebagai persamaan awal dari magnetostatika, seperti halnya hukum Coulomb dari elektrostatika. Bahkan faktor $1/r^2$ mengingatkan kita pada hukum Coulomb. Untuk bagian kawat sepanjang a seperti pada gambar (5.8), maka batas integralnya dapat ditentukan.



Jika panjang kawat ~ diambil $\theta_1 = -\frac{\pi}{2}$ dan $\theta_2 = \frac{\pi}{2}$

$$B_{(P)} = \frac{\mu_0 I}{4\pi b} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \cos \theta d\theta$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi b} [\sin \theta_2 - \sin \theta_1]$$

$$\therefore B_{(P)} = \frac{\mu_0 I}{2\pi b}$$

III. Merumuskan masalah dan Hipotesis

a. merumuskan masalah

b. Hipotesis

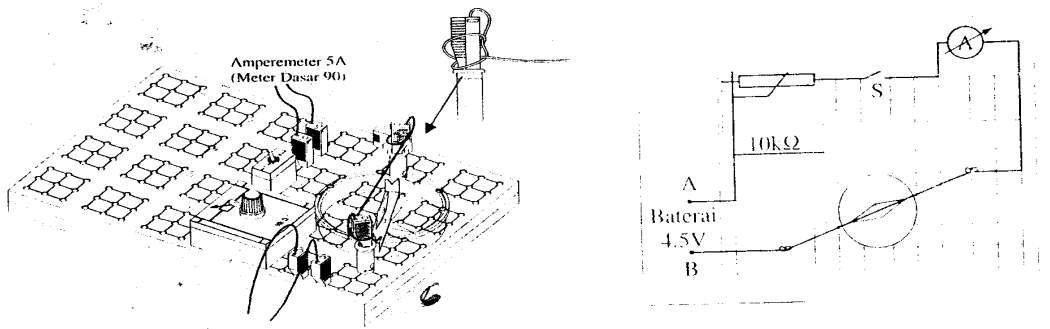
IV. Menguji Hipotesis

Alat yang diperlukan

1. Papan penghubung
2. Kawat nikelin
3. Amperemeter
4. Kompas
5. Sakelar
6. Kabel penghubung

Kegiatan 1

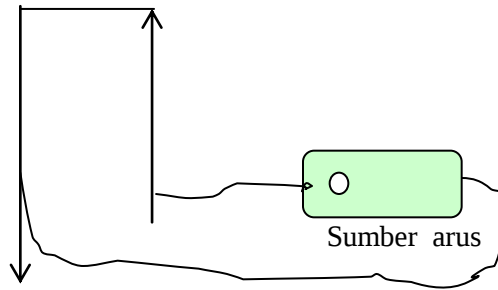
1. Rangkailah alat seperti pada gambar berikut ini



Gambar 7.2. Disekitar arus ada medan magnet

2. Sakelar ditutup, perhatikan apa yang terjadi pada jarum kompas, kemana arah penyimpangan jarum kompas.
3. Arah arus dibalik, dengan cara mengubah posisi kutub baterai atau kutub sumber tegangan, apakah arah penyimpangan jarum kompas tetap sama?
4. Apa kesimpulan anda tentang kegiatan 1 ?

Kegiatan 2



Gambar 7.3. Gaya Lorent pada kawat.

1. Analog kegiatan 1, tambahkan satu kawat lagi sehingga sejajar dengan kawat yang telah dipasang pada kegiatan 1. Gambar 7.3
2. Sakelar ditutup, perhatikan kemana arah lengkungan ke dua kawat tersebut ?
3. Salah satu arah arus pada kawat di ubah, hidupkan sakelar, perhatikan apa yang terjadi pada kedua kawat, kemana arah lengkungan kawat ?

4. Jelaskan peristiwa di atas dengan konsep fisika !

5. Jelaskan juga peristiwa tersebut dengan konsep matematika !

6. Apa kesimpulan anda tentang kegiatan 2 ?

PERCOBAAN 8 RANGKAIAN RL DAN RC

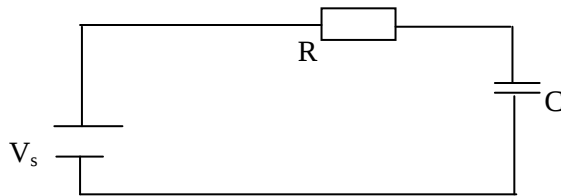
I. Tujuan

1. Menentukan impedanse pada rangkaian seri RC
2. Menentukan impedanse pada rangkaian seri RL
3. Menentukan impedanse pada rangkaian seri RLC

II. Teori Dasar

Rangkaian Seri RC

Rangkaian seri RC yang dihubungkan dengan tegangan sumber yang berubah dengan waktu secara sinusoidal, atau tegangan bolak-balik atau tegangan AC.



Gambar 8.1. Rangkaian seri C dan C

Sumber tegangan mempunyai harga $V(t) = V_m \cos \omega t$, $\phi_o = 0$, yang berarti pada saat $t = 0$ harga $V_s(t) = V_m$. Hukum kekekalan energi tetap berlaku, sehingga Hukum Kirchoff tetap berlaku, yaitu :

$$\frac{q(t)}{C} + iR = V_s(t)$$

$$\frac{i(t)}{C} + R \frac{di}{dt} = \frac{dV_s(t)}{dt}$$

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \phi_o)$$

$$\frac{I_m}{C} \sin(\omega t + \phi_o) + R \omega I_m \cos(\omega t + \phi_o) = \omega V_m \cos \omega t$$

atau
$$\frac{I_m}{\omega C} \sin(\omega t + \phi_o) + R I_m \cos(\omega t + \phi_o) = V_m \cos \omega t$$

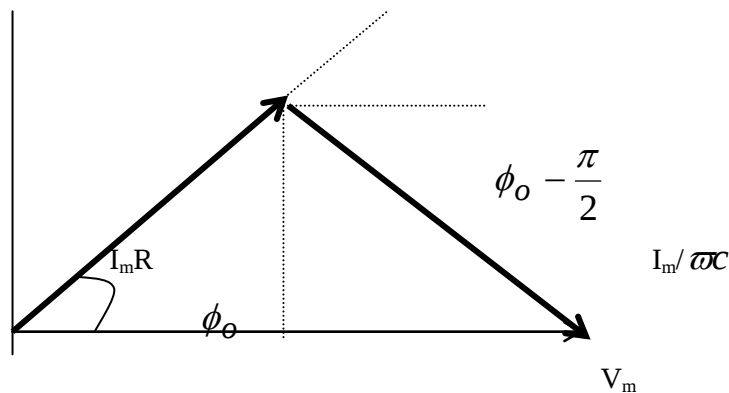
dengan mengambil $t = 0$, maka diperoleh

$$\frac{I_m}{C} \sin \phi_o + RI_m \cos \phi_o = V_m$$

lalu fungsi sinus dijumlahkan dengan faktor yang berbeda, sehingga diperoleh

$$\frac{I_m}{C} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) + RI_m \cos \phi_o = V_m$$

Persamaan di atas dapat kita lukiskan vektor seperti di bawah ini



Dengan menerapkan dalil pythagoras, maka diperoleh

$$\left(\frac{I_m}{\omega C} \right)^2 + (I_m R)^2 = V_m^2 \text{ atau}$$

$$V_C^2 + V_R^2 = V_m^2$$

$$\text{dimana } X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$V_C = I_m X_C$$

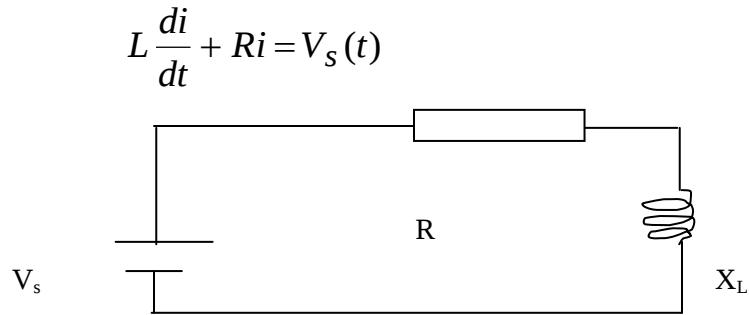
hambatan totanya adalah Z (impedansi)

$$Z^2 = R^2 + X_C^2$$

Sedangkan harga sudut phasanya (ϕ_o) = $\arctg \frac{V_C}{V_R}$

Rangkaian Induktor dan Hambatan Murni (RL)

Rangkaian seri RL yang dihubungkan dengan sumber tegangan arus bolak-balik dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar yaitu



Gambar 8.2. Rangkaian seri R dan L

Beda potensial pada ujung-ujung hambatan adalah

$$V_R = I.R$$

$$V_L = IX_L = I\omega L$$

Tegangan total merupakan penjumlahan vektor

$$\vec{V} = \vec{V}_R + \vec{V}_L$$

Besarnya V total adalah

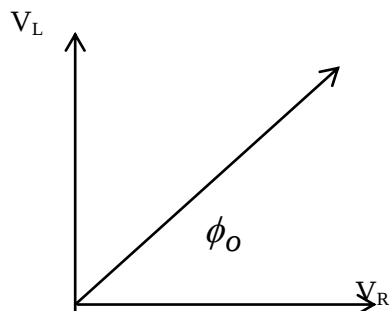
$$V^2 = V_R^2 + V_L^2$$

$$Z^2 = R^2 + X_L^2$$

$$X_L = \omega.L$$

Beda fasenya $\phi_o = \arctg \frac{V_L}{V_R}$

Atau $\phi_o = \arctg \frac{X_L}{R}$



III. Merumuskan masalah dan Hipotesis

a. Merumuskan Masalah

b. Hipotesis

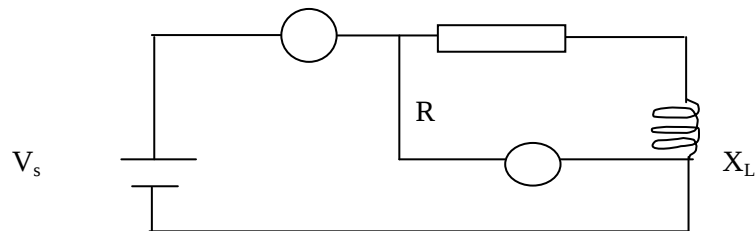
IV. Menguji Hipotesis

Alat-alat yang diperlukan

1. Sumber tegangan DC dan AC
2. Induktor 100 ohm
3. Resistor 100ohm
4. Kapasitor 100 uf
5. Amperemeter
6. Voltmeter
7. Sakelar

Kegiatan 1

1. Susun rangkaian berikut, seperti pada gambar di bawah ini



Gambar 8.3. Rangkaian seri R , dan X_L

3. Nyalakan sumber arus searah dan ukurlah beda potensial antara induktor dan resistor
4. Ukur juga arus yang mengalir dalam rangkaian melalui amperemeter.
5. Dari data data yang diperoleh
 - Bagaimana pengaruh induktor dalam arus searah ?

- Apakah dalam hal ini hukum ohm masih berlaku ?

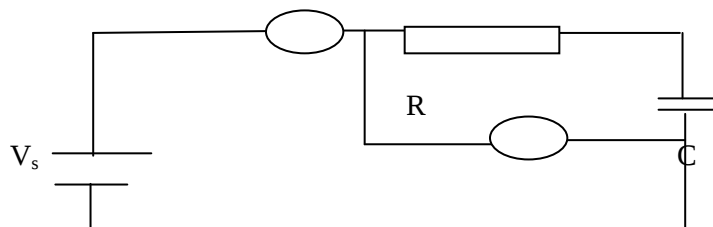
- Hitung reaktansi induktifnya dan impedansi rangkaian tersebut di atas

Kegiatan 2.

1. Ulangi kegiatan 1, dengan mengganti sumber arus DC menjadi arus AC 12 volt (sekunder trafo).
2. Ganti juga amperemeter DC dengan AC dan voltmeter DC menjadi voltmeter AC.
3. Lakukan pengukuran 2 kali dengan membalikan probanya, cata hasil rata-ratnya.
4. Dari data yang diperoleh,
 - Hitung reaktansi induktif
 - Impedansi rangkaian
 - Bandingkan dengan hasil kegiatan 1
 - Pada kasus ini (kegiatan 2) apakah hukum ohm masih berlaku ? jelaskan alasanmu !

Kegiatan 3

1. Susun rangkaian seperti pada gambar berikut



Gambar 8.4. Rangkaian seri R dan C dan arus searah

2. Nyalakan sumber arus searah dan ukurlah beda potensial antara induktor dan resistor
3. Ukur juga arus yang mengalir dalam rangkaian melalui amperemeter.
4. Dari data data yang diperoleh
 - bagaimana pengaruh induktor dalam arus searah ?
 - apakah dalam hal ini hukum ohm masih berlaku ?
 - Hitung reaktansi induktifnya dan impedansi rangkaian tersebut di atas !

Kegiatan 4

1. Ulangi kegiatan 1, dengan mengganti sumber arus DC menjadi arus AC 12 volt (sekunder trafo).
2. Ganti juga amperemeter DC dengan AC dan voltmeter DC menjadi voltmeter AC.
3. Lakukan pengukuran 2 kali dengan membalikan probenya, cata hasil rata-ratnya.
4. Dari data yang diperoleh,
 - Hitung reaktansi induktif

- Impedansi rangkaian

- Bandingkan dengan hasil kegiatan 1

- Pada kasus ini (kegiatan 2) apakah hukum ohm masih berlaku ? jelaskan alasanmu

Apa kesimpulan Anda tentang rangkaian seri resistor dan kapasitor?

PERCOBAAN 9 RANGKAIAN SERI RLC DAN RESONANSI

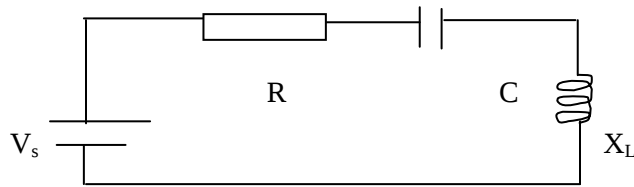
I. Tujuan

1. Menentukan impedansi pada rangkaian seri RLC
2. Membuat grafik hubungan antara tegangan terhadap kapasitansi.

II. Teori Dasar

Rangkaian Seri RLC

Hambatan murni R , reaktansi induktif X_L dan X_C disusun secara seri dan dihubungkan dengan tegangan bolak-balik, seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 9.1. Rangkaian seri R , C dan X_L

Beda potensial pada ujung-ujung hambatan R , X_L dan X_C adalah

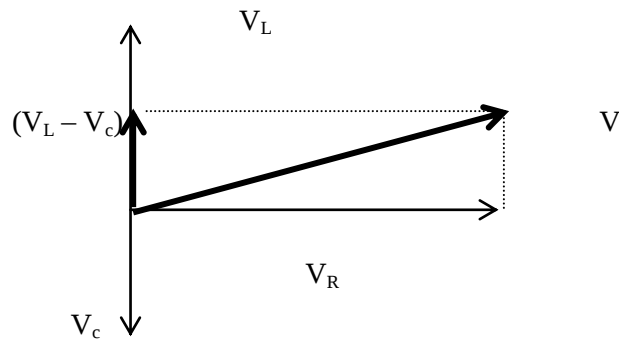
$$V_R = I.R$$

$$V_L = I.X_L$$

$$V_C = I.X_C$$

Secara vektor tegangan totalnya adalah :

$$\vec{V} = \vec{V}_R + \vec{V}_L + \vec{V}_C$$



Besarnya V dan impedansi dapat dihitung dengan menggunakan dalai pythagoras

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

III. Merumuskan Masalah dan Hipotesis

a. Merumuskan Madalah

b. Hipotesis

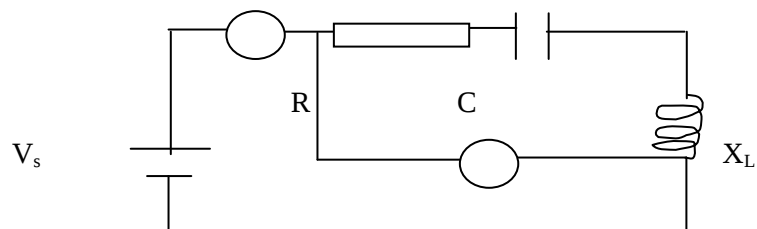
IV. Menguji Hipotesis

Alat-alat yang diperlukan

1. Papan penghubung
2. Resistor
3. Induktor
4. Kapasitor
5. Sumber tegangan AC
6. Sakelar
7. Kabel penghubung

Kegiatan 1.

1. Susunlah alat-alat, sehingga membentuk rangkaian seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 9.2. Hubungan arus dan tegangan pada R , C dan X_L

2. Catat hasil pengamatanmu pada tabel di bawah ini

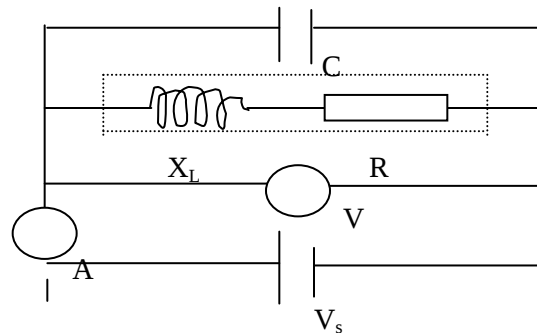
No	Kapasitansi	I(mA)	V(Volt)
1			
2			

3			
4			
5			
6			
7			

3. Buat grafik hubungan antara V terhadap kapasitansi!
4. Buat juga grafik hubungan antara I terhadap kapasitansi!
5. Buat ulasan tentang grafik di atas!
6. Apa kesimpulan Anda terhadap hubungan seri resistor, kapsitor dan induktor?

Kegiatan 2

1. Buat rangkaian seperti pada gambar berikut:



Gambar 9.3. Rangkaian parallel antara C dan R dan X_L

2. Catat hasil pengamatanmu pada tabel di bawah ini

No	Kapasitansi	$I(\text{mA})$	$V(\text{Volt})$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

3. Buat grafik hubungan antara V terhadap kapasitansi

4. Buat juga grafik hubungan antara I terhadap kapasitansi
5. Buat ulasan tentang grafik di atas.

6. Apa kesimpulana Anda terhadap rangkaian paralel antara C dan R seri XL

PERCOBAAN 10 GAYA LORENTZ

I. Tujuan

1. Menentukan gaya magnetik oleh arus listrik
2. Menentukan arah gaya Lorent
3. Menentukan arah medan magnetik oleh kumparan berarus listrik

II. Teori Dasar

Jika Penghantar berarus listrik berada dalam medan magnetik atau partikel bermuatan bergerak dalam medan magnetik, maka pada penghantar atau partikel mendapat gaya. Gaya ini disebut gaya Lorent. Besarnya gaya Lorent oleh suatu penghantar berarus listrik (i) dan berada dalam medan magnetik B adalah

$$F = Bil \sin \theta$$

Sedangkan medan magnet yang ditimbulkan oleh kumparan berarus listrik adalah

$$B = \frac{\mu_o i N}{L}$$

dengan μ_o = permeabilitas ruang hampa ($4\pi \cdot 10^{-7}$ WB.m/A)

i = arus listrik

N = Jumlah lilitan

L = panjang kumparan

Besar medan magnet pada salah ujung kumparan adalah

$$B = \frac{\mu_o i N}{L}$$

Pemakaian medan magnet oleh arus listrik adalah pada elektromagnet atau magnet listrik. Elektromagnet dapat diperoleh dengan menempatkan inti besi di dalam kawat melingkar (kumparan) berarus listrik.

III. Merumuskan Masalah dan Hipotesis

a. Merumuskan Masalah

b. Hipotesis

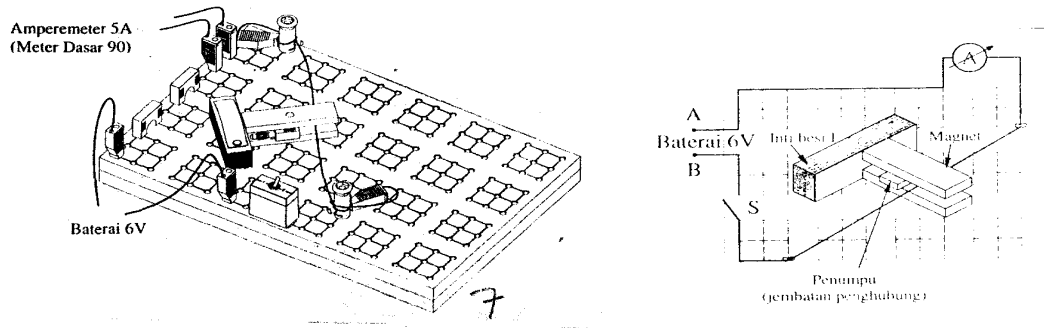
IV. Menguji Hipotesis

Alat-alat yang diperlukan

1. Papan penghubung
2. Magnet batang 2 buah
3. Kawat nikelin
4. Amperemeter
5. Sakelar
6. Hambatan geser
7. Magnet jarum (kompas)
8. Kumparan

Kegiatan 1

1. Susun komponen-komponen berikut sesuai dengan gambar 10.1

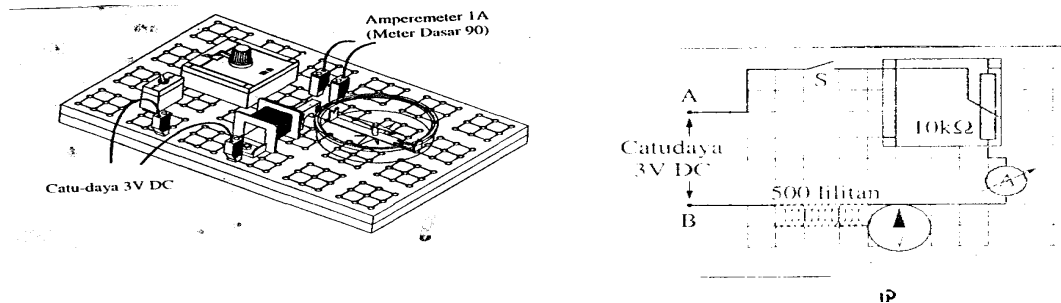


Gambar 10.1. Gaya Lorent oleh medan magnet

2. Tutup saklar (posisi 1), amati kuat arus dan arah gerak kabel yang berada dalam medan magnet
3. Buka saklar (posisi 0), kemudian balik arah arus dengan cara menukar tempat kabel penghubung baterai, lalukan kembali langkah 2
4. Buka saklar (posisi 0), kemudian perbesar arus dengan menambah sumber tegangan, ulangi langkah 2.
5. Apa kesimpulan Anda tentang kawat berarus listrik dalam medan magnet?

Kegiatan 2

1. Persiapkan dan susun komponen-komponen yang sesuai dengan gambar di bawah ini



Gambar 10.2. Medan magnet oleh kumparan

2. Hidupkan catu daya, tutup saklar (posisi 1), kemudian amati sudut penyimpangan pada kompas dan kuat arus yang mengalir melalui kumparan
3. Buka saklar (posisi 0), masukan inti besi ke dalam kumparan, kemudian lakukan kembali langkah 2
4. Buka saklar, kemudian ganti kumparan dan ulangi langkah 2
5. Buka saklar, kemudian ganti arah arus dan ulangi kembali langkah 2 dan 3
6. Buat kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan anda !

PERCOBAAN 11 INDUKSI ELEKTROMANETIK

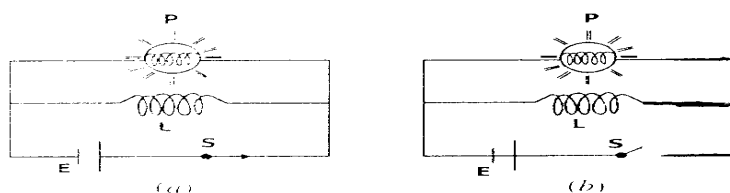
I. Tujuan

1. Menentukan besar dan arah arus ggl induksi
2. Menentukan arah arus pada generator DC
3. Menentukan besarnya arus dan tegangan pada kumparan step up dan step down.

II. Teori Dasar

Gaya gerak listrik induksi merupakan gaya gerak listrik yang timbul di ujung-ujung penghantar karena perubahan medan magnetik. Arus listrik yang dihasilkan oleh ggl induksi dinamakan arus induksi. Arus induksi atau ggl timbul karena adanya perubahan sejumlah medan magnetik yang memotong gelung kawat.

Ggl atau arus induksi tidak muncul ketika kita berhenti menggerakkan magnet, karena pada saat itu tidak terjadi perubahan fluks magnetik. Ggl atau arus induksi timbul bila kumparan mengalami perubahan fluks magnetik. Penyimpangan jarum voltmeter lebih jauh ketika magnet digerakan lebih cepat dan kumparan yang digunakan memiliki jumlah lilitan yang cukup banyak. Ggl atau arus induksi bergantung pada laju perubahan fluks dan banyaknya jumlah lilitan dalam kumparan. Arus induksi diri yang timbul pada sebuah kumparan dapat menimbulkan ggl induksi diri. Perhatikan gambar 11.1 dibawah ini



Gambar 11. 1 Arus induksi

Gambar 11.1a menggambarkan suatu rangkaian tertutup sehingga lampu menyala, tetapi pada gambar 11.1b menggambarkan rangkaian terbuka, tetapi untuk beberapa saat lampu tetap menyala. Hal ini diakibatkan oleh timbulnya arus induksi diri yang pada akhirnya dapat menimbulkan ggl induksi diri. Generator adalah mesin yang mengubah energi kinetik menjadi energi listrik. Perubahan fluks magnetik yang melalui kumparan penghantar menginduksi arus listrik dalam kumparan. Inilah prinsip dasar generator yang dapat membangkitkan daya yang sangat besar. Dua bagian utama generator :

- 1) Stator ; bagian yang diam yang terdiri dari kumparan-kumparan tembaga. Kumparan ini di tanam dalam celah inti besi
- 2) Rotor ; terdiri dari magnet yang menghasilkan fluks magnetik, dan memiliki poros yang berputar melalui stator.

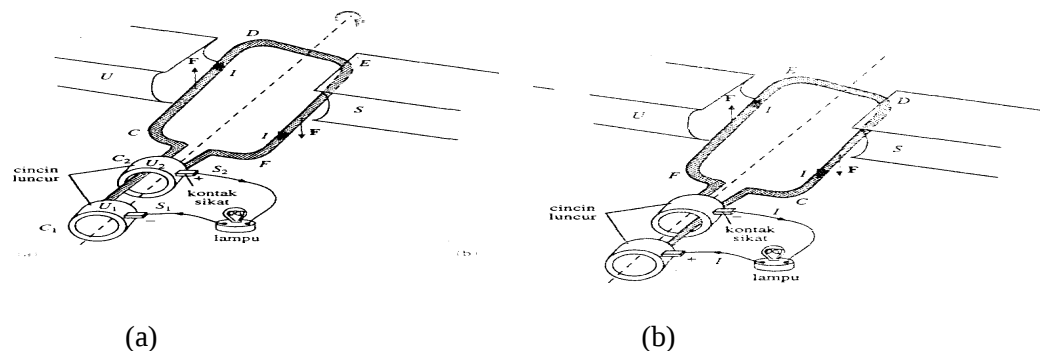
Jika rotor bergerak, fluks magnetik yang dilingkupi kumparan dalam stator berubah secara periodik. Perubahan fluks magnet dapat diperoleh dengan menggerakkan kumparan pada magnet tetap. Prinsip kerja generator adalah menghasilkan arus listrik induksi dengan cara memutar gelung diantara kutub.

A. Generator arus Bolak-Balik

Generator arus listrik bolak-balik adalah generator arus bolak-balik. Prinsip kerja generator ac adalah memutar gelung diantara pasangan kutub U-S sebuah magnet, sehingga timbul ggl induksi pada ujung-ujung gelung.

Cara kerja generator ac.

Perhatikan gambar 11.2a kedudukan gelung horizontal



Gambar 11.2. Generator arus ac

- Gelung berputar searah jarum jam, sehingga gaya (F) keatas, maka arus induksi timbul dari C ke D dan dari E ke F.
- Perjalanan arus listrik induksi dari CDEF, ke ujung U_2 , ke sikat S_2 , melalui lampu pijar menuju S_1 , dan ke ujung U_1 .
- Sikat S_2 memiliki polaritas positif, dan sikat S_1 berpolaritas negatif

Perhatikan gambar 11.2b. setengah putaran kemudian

- Sisi gelung EF menjadi berada di dekat kutub utara dan sisi gelung CD berada di dekat kutub selatan. Gelung berputar searah jarum jam, sehingga gaya F ke atas, maka arus induksi mengalir dari F ke E dan dari D ke C.
- Perjalanan arus listrik induksi dari EFDC, ke ujung U_1 , ke sikat S_1 melalui lampu pijar, ke sikat S_2 , dan akhirnya ke ujung U_2 .
- Sikat S_1 menjadi berpolaritas positif negatif dan S_2 berpolaritas negatif

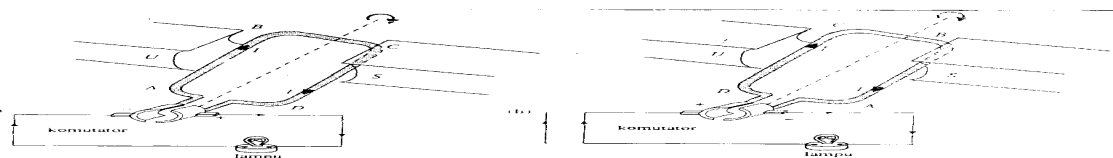
Karena setiap setengah putaran gelung, polaritas S_1 dan S_2 bergantian, maka arus listrik yang dihasilkan generator selalu berlawanan tanda setiap setengah putaran. Arus listrik yang dihasilkan adalah arus listrik bolak-balik.

B. Generator Arus Searah

Generator yang menghasilkan arus listrik searah adalah generator arus searah. Prinsip kerja generator dc dengan ac hampir sama, yaitu menghasilkan arus listrik induksi dengan cara memutar gelung diantara kutub U-S sebuah magnet. Perbedaan generator ac dan dc hanya terletak pada cincin luncur yang berhubungan dengan kedua ujung gelung. Pada generator dc hanya terdiri dari sebuah cincin belah atau komutator. Salah satu belahan komutator selalu berpolaritas positif, dan belahan komutator lainnya berpolaritas negatif. Hal ini yang menyebabkan arus listrik yang mengalir melalui rangkaian luar (lampu) selalu hanya memiliki satu arah, yaitu dari komutator berpolaritas negatif melalui lampu ke komutator berpolaritas positif.

Cara kerja generator arus listrik searah

- Ujung – ujung kumparan dihubungkan pada setiap belahan cincin. Gelung berputar searah jarum jam, arus induksi mengalir melalui ABCD
- Saat mencapai sudut 180° , sikat – sikat (S) tidak bersinggungan dengan belahan cincin sehingga tidak menghasilkan arus induksi
- Saat kumparan berputar dari sudut $180^\circ - 360^\circ$, arus induksi mengalir dari DCBA, sikat (S) bersinggungan dengan belahan-belahan cincin sehingga timbul lagi arus induksi yang arahnya seperti semula.



Gambar 11.3. Generator arus dc

B. Transformator

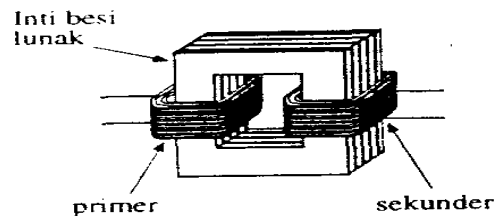
Transformator adalah alat yang digunakan untuk mengubah tegangan bolak-balik menjadi lebih besar atau kecil. Transformator terdiri atas :

- a) Inti besi, yang berguna untuk memperkuat kemagnetan
- b) Kumparan primer dan kumparan sekunder

C. Prinsip Kerja Transformator

- Arus induksi mengalir melalui rangkaian sekunder hanya ketika saklar pada rangkaian primer di tutup atau di buka
- Beberapa saat setelah saklar di tutup atau di buka, arus induksi tidak mengalir lagi melalui rangkaian sekunder. Peristiwa ini disebabkan induksi magnetik yang melalui kumparan sekunder hanya berubah ketika saklar di tutup atau di buka.
- Beberapa saat setelah saklar di tutup atau di buka, besar induksi magnetik telah mencapai nilai tetapnya, sehingga berubah lagi.

Transformator bekerja dengan cara seperti di atas, hanya supaya ggl atau arus induksi terus menerus dibangkitkan pada rangkaian sekunder (tidak hanya di bangkitkan ketika saklar di tutup atau di buka), maka rangkaian sekunder dihubungkan ke suatu sumber tegangan bolak-balik.



Gambar 11.4. Transformator

D. Efisiensi transformator

Transformator ideal mempunyai daya input sama dengan daya outputnya. Efisiensi transformator ideal =100 %, sedangkan transformator yang tidak ideal kurang dari 100%

$$\text{Efisiensi} = \eta = \frac{\text{dayaoutput}}{\text{dayainput}} \times 100\%$$

III. Merumuskan Masalah dan Hipotesis

a. Merumuskan masalah

b. Hipotesis

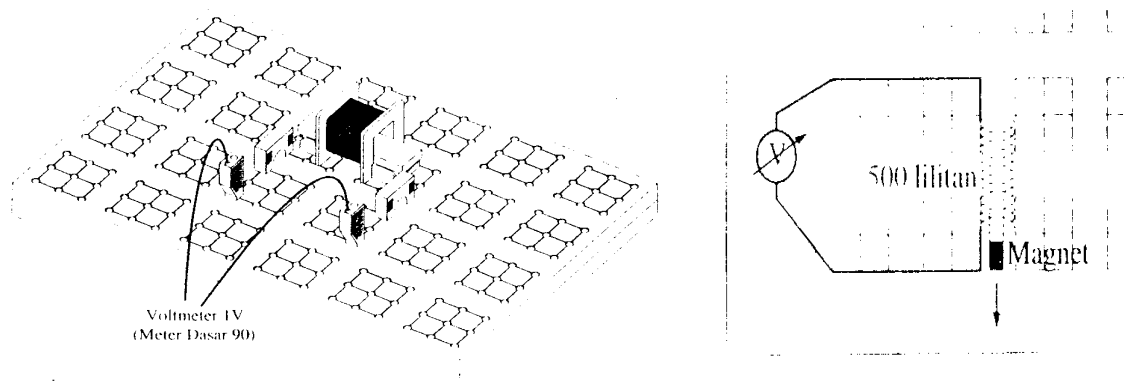
IV. Menguji Hipotesis

Alat-alat yang diperlukan

1. Transformator
2. Amperemeter
3. Magnet batang
4. Dinamo
5. Papan penghubung
6. Kawat penghubung
7. Voltmeter

Kegiatan 1 (induksi elektromagnetik)

1. Persiapkan dan susun komponen-komponen yang sesuai dengan gambar 11.5



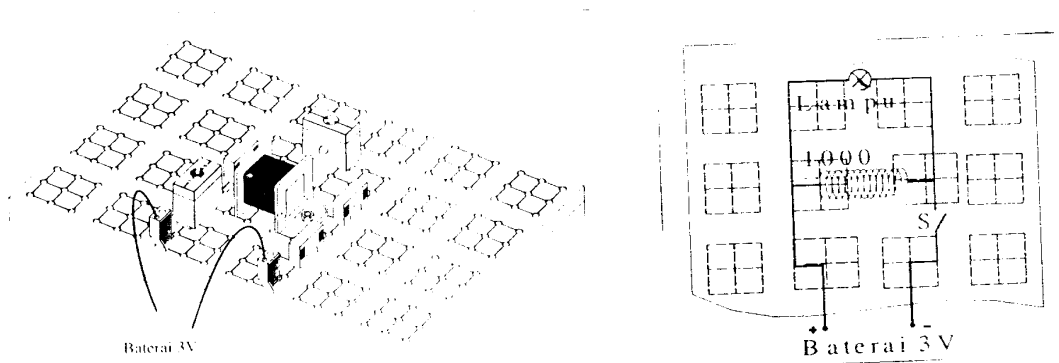
Gambar 11.5 Rangkaian Percobaan ggl induksi

2. Gerakan magnet ke luar kumparan, selama gerakanya amati penyimpangan voltmeter.
 3. Gerakan kembali magnet ke dalam kumparan. Selama gerakanya amati penyimpangan jarum voltmeter!
-
-

4. Lakukan langkah 2 dan 3 dengan gerakan yang lebih cepat!
Amati besar simpangannya jarum amperemeter!
5. Ganti kumparan dari 500 lilitan menjadi 1000 lilitan, lakukan kembali langkah 2s/d 3, amati besarnya simpangan jarum pada amperemeter!
6. Apa kesimpulan Anda tentang jumlah lilitan dan kecepatan gerakan medan magnet dalam kumparan?

Kegiatan 2

1. Persiapkan dan susun komponen-komponen sesuai dengan gambar 10.6 di bawah ini



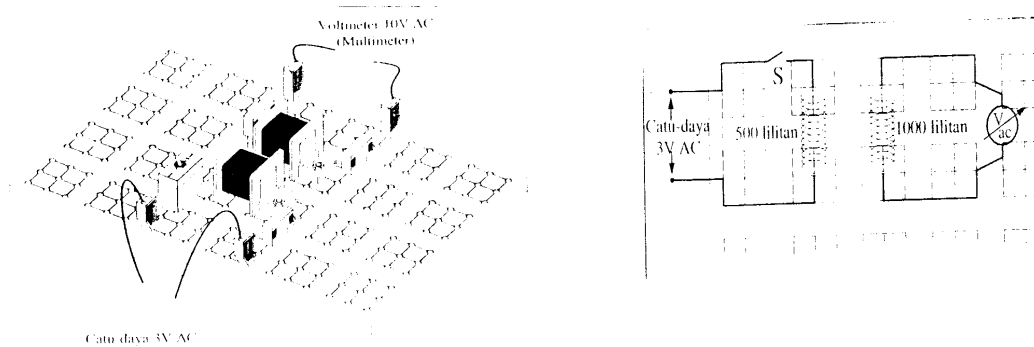
Gambar 11.6. Induksi elektromagnetik

2. Lepaskan kumparan , dan tutup saklar (posisi 1), amati keadaan lampu
3. Buka saklar, pasang kembali kumparan, kemudian tutup saklar, amati keadaan lampu
4. Buka saklar, amati keadaan lampu

5. Masukkan inti besi kedalam kumparan, kemudian ulangi langkah 2 s/d 4
6. Apa kesimpulan Anda?

Kegiatan 3

1. Susun komponen-komponen sesuai dengan gambar 1 0.7



Gambar 11.7. Induksi silang

2. Hidupkan catu daya
3. Tutup saklar (posisi 1), kemudian ukur tegangan pada kumparan primer dan sekunder
4. Buka saklar (posisi 0), ubah tombol catu daya menjadi 6 V AC, lakukan kembali langkah 3
5. Tukarkan tempat kumparan 500 lilitan dengan 1000 lilitan, lakukan kembali langkah 3 s/d 4 sampai dengan keluaran catu daya 9 – 12 V.
6. Apa kesimpulan Anda terhadap induksi silang?

DAFTAR PUSTAKA

- D.J. Griffiths, 1989, *Introduction to Elektrodynamics*, second edition, Prentice Hall
- Aubert, 1971, *Elektromagnetisme*, Dunod University, Mc. Graw Hill
- N. Trallie, 1971, *Classical Electromagnetic Theory*, Mc. Graw Hill
- Sears Zemansky, 1962, *Fisika Untuk Universitas*, Binacipta
- Tim Fisika ITB. *Gelombang dan Listrik*, Bandung 1998
- Tim Fisika ITB. *Kemagnetan dan Gelombang Elektromagnetik*, Bandung 1998
- T. Simanjuntak, 1985, *Listrik Magnet*, alumni, Bandung