

PRAKTIKUM FISIKA DASAR II



TIM PENYUSUN:

Dr. Imas Ratna Ermawati, M.Pd.

Sugianto, S.Si., M.Si.

Hendrik Seputra, S.Pd., M.Si.

**LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN IFORMATIKA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF DR HAMKA**

Maret, 2022

KATA PENGANTAR

Buku penuntun praktikum fisika dasar ini sebagai pegangan untuk memahami lebih jelas kebenaran teori-teori dasar ilmu fisika yang diberikan didalam perkuliahan. Pengamatan-pengamatan yang dilakukan sedikit lebih banyak dipengaruhi oleh ketelitian praktikum yang didalamnya melakukan percobaan.

Pada pembagian pendahuluan dibahas mengenai tata tertib yang wajib ditaati oleh setiap peserta praktikum, yang dilanjutkan dengan cara pembuatan laporan serta system penilaiannya lalu dibahas pula dengan cara menggunakan alat –alat yang sering digunakan, dan terakhir mengenai teori kesalahan yang membahas cara menganalisa data dengan menggunakan teori ketidakpastian.

Dalam petunjuk setiap mata percobaan, alat – alat yang digunakan, teori singkat mengenai materi yang akan di praktekkan, jalannya percobaan dan pertanyaan – pertanyaan yang wajib dijawab yang selanjutnya di akhiri dengan arahan kesimpulan.

Besar harapan kami tidak lain, semoga buku ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan sebagaimana mestinya, khususnya bagi para peserta praktikum fisika dasar.

Jakarta, 20 Maret 2022

Tim penyusun
Eksperimen Fisika Dasar

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
PERATURAN DAN TATA TERTIB PRAKTIKUM FISIKA DASAR II	iii
I. HUKUM KIRCHOFF	1
Tujuan	1
Alat dan Bahan	1
Landasan Teori	1
Prosedur Percobaan	3
II. HUKUM OHM	4
Tujuan	4
Alat dan Bahan	4
Dasar Teori	4
Prosedur Percobaan	5
III. MEDAN LISTRIK	7
Tujuan Percobaan	7
Alat dan Bahan	7
Landasan Teori	7
Prosedur Percobaan	9
IV. GAYA LORENTZ	12
Tujuan	12
Alat dan Bahan	12
Landasan Teori	12
Prosedur Percobaan	13
V. RANGKAIAN KAPASITOR	15
Tujuan	15
Alat dan Bahan	15
Landasan Teori	15
Prosedur Percobaan	17
VI. RANGKAIAN HAMBATAN, INDUKTOR DAN KAPASITOR (RLC)	19
Tujuan	19
Alat dan Bahan	19
Landasan Teori	19
Prosedur Percobaan	21
VII. MEDAN MAGNET DALAM SOLENOIDA	21
Tujuan	21
Jenis Praktikum	21
Alat dan Bahan	21
Dasar Teori	21
PROSEDUR PERCOBAAN	25
VIII. HUKUM AMPERE	31
Tujuan	31
Alat dan Bahan	31
Landasan Teori	31
Prosedur Percobaan	32
DAFTAR PUSTAKA	40

PERATURAN DAN TATA TERTIB PRAKTIKUM FISIKA DASAR II

1. Sepuluh menit sebelum kegiatan dimulai, praktikan sudah siap di laboratorium.
2. Tas/tempat buku dan sebagainya diletakkan ditempat yang telah disediakan.
3. Setiap alat yang akan dipergunakan harus dipinjam dari petugas laboratorium dengan mengisi dan menandatangani bon peminjaman alat.
4. Keselamatan alat-alat yang dipinjam pada butir tiga merupakan tanggung jawab peminjam/ kelompok peminjam. Jika terjadi kerusakan, kehilangan alat peminjam / kelompok peminjam harus mengganti / memperbaiki alat tersebut.
5. Setiap praktikan bertanggung jawab dan berkewajiban untuk menjaga kebersihan alat-alat dan ruang laboratorium.
6. Praktikan harus mempersiapkan diri atas keperluan untuk praktikum sebelum masuk laboratorium (misalnya teori-teori yang mendukung kegiatan yang dilakukan, lembar data, bahan yang tidak tersedia di laboratorium) .
7. Setiap kali praktikum selesai, tiap praktikan harus membuat laporan sementara berupa: hasil pengamatan, daftar alat yang digunakan lengkap dengan spesifikasinya, diagram rangkaian dsb. Laporan ini harus disahkan oleh asisten.
8. Berdasarkan laporan sementara pada butir tujuh, tiap praktikan wajib membuat laporan resmi dengan ketentuan:
 - a. Halaman pertama ditulis pada kertas yang disediakan oleh laboratorium.
 - b. Halaman berikutnya pada kertas folio bergaris atau polos.
 - c. Laporan resmi berisi:
 1. Tujuan kegiatan/praktikum.
 2. Daftar alat-alat yang digunakan lengkap dengan spesifikasinya.
 3. Teori yang mendukung kegiatan guna mencapai tujuan.
 4. Jalannya percobaan/kegiatan.
 5. Perhitungan: hasil-hasil perhitungan / pengukuran dibuat dalam bentuk tabel.
 6. Kesimpulan dan jawaban pertanyaan. Bila adagrafik maka grafik tersebut dibuat pada kertas milimeter.
 - d. Laporan resmi ini diserahkan paling lambat sebelum praktikum berikutnya.Demikian peraturan dan tata tertib ini dikeluarkan untuk diperhatikan dan ditaati. Pelanggaran terhadap peraturan dan tata tertib ini dapat dikenakan sanksi.

I. HUKUM KIRCHOFF

Tujuan

1. Mengukur kuat arus pada rangkaian
2. Mengukur tegangan beban pada rangkaian
3. Membuktikan hukum Kirchoff 1 dan 2
4. Menghitung hambatan ekivalen dalam suatu rangkaian
5. Menghitung besarnya arus listrik yang masuk pada suatu titik cabang dan arus yang keluar dari titik cabang tersebut

Alat dan Bahan

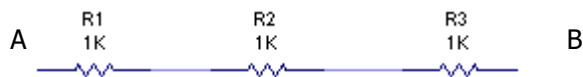
1. Power supply 2 buah
2. Multimeter 1 buah
3. Papan rangkaian 1 buah
4. Resistor

Landasan Teori

Secara umum dalam suatu rangkaian listrik, susunan hambatan listrik dibagi ke dalam dua jenis yaitu rangkaian seri dan rangkaian paralel seperti berikut:

1. Rangkaian seri

Tiga buah hambatan listrik yang disusun secara seri dapat dilihat dalam **Gambar 1**:



Gambar 1 Rangkaian resistor tersusun secara seri

berlaku aturan:

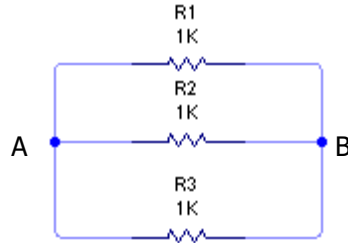
$$R_{ekivalen} = R1 + R2 + R3 \dots\dots\dots (1.1)$$

$$VAB = I (R1 + R2 + R3) \dots\dots\dots (1.2)$$

2. Rangkaian Pararel

Tiga buah hambatan listrik disusun secara pararel dan dapat dilihat dalam

Gambar 1.2:



Gambar 7. 2 Rangkaian Listrik Paralel

berlaku aturan:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \dots\dots\dots(1.3)$$

$$I R_{EK} = IR_1 + IR_2 + IR_3 \dots\dots\dots (1.4)$$

beda potensial antara titik A dan titik B dapat dihitung dari

$$V_{AB} = I R_{EK} = I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3$$

Dari gambar di atas diperoleh :

$$I_1 = \frac{R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} I \dots\dots\dots (1.5a)$$

$$I_2 = \frac{R_1 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} I \dots\dots\dots (1.5b)$$

$$I_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} I \dots\dots\dots (1.5c)$$

3. Hukum Kirchoff

a. Hukum I

Jumlah arus yang menuju suatu titik cabang sama dengan jumlah arus yang meninggalkannya.

b. Hukum II

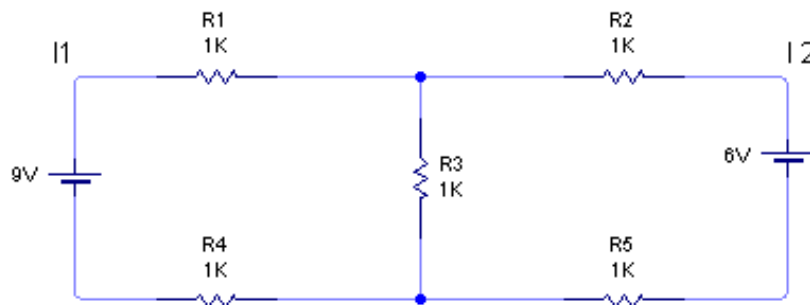
Dalam rangkaian tertutup jumlah aljabar dan jumlah penurunan potensial adalah sama dengan nol.

Prosedur Percobaan

1. Susun rangkaian seperti yang terlihat pada **Gambar 1.1**
2. Ukur besar hambatan ekivalen dari rangkaian tersebut.
3. Ukur besar arus dalam rangkaian dan selanjutnya ukur pula besar tegangan pada setiap hambatan.
4. Susunlah rangkaian seperti pada gambar 7.2 dan hubungkan dengan power supply.
5. Ukur I , I_1 , I_2 dan I_3 dengan menggunakan AVO meter atau multimeter.
6. Ukur tegangan antara titik A dan titik B selanjutnya ukur pula tegangan pada setiap hambatan.
7. Susun rangkaian seperti pada gambar 7.3
8. Ukur I_1 dan I_2 pada rangkaian tersebut.

Tugas Pendahuluan

1. Turunkan hubungan antara hukum Kirchoff dengan hukum Ohm dalam suatu rangkaian listrik tertutup.
2. Buktikan perumusan dari persamaan 1. 5a, 1.5b, 1.5c
3. Hitung I_1 dan I_2 dari gambar 1.3 di bawah ini.



TUGAS AKHIR

1. Hitung hambatan ekivalen dan besar arus yang mengalir dalam setiap rangkaian.
2. Hitung beda potensial antara titik A dan titik B pada **Gambar 1.2**
3. Bandingkan hasil pengukuran dan hasil perhitungan

II. HUKUM OHM

Tujuan

1. Memperagakan pengukuran tegangan listrik.
2. Memperagakan pengukuran arus listrik.
3. Menentukan besar hambatan suatu penghantar.

Alat dan Bahan

1. Catu Daya
2. Volt meter
3. Amperemeter
4. Resistor
5. Lampu
6. Kabel penghubung
7. Panel hambatan (PCB)

Dasar Teori

Kuat arus listrik yang mengalir dalam suatu penghantar (hambatan) besarnya sebanding dengan beda potensial (tegangan) antara ujung-ujung penghantar tersebut. Pernyataan tersebut dapat dituliskan :

$$V \propto I$$

Jika kesebandingan tersebut dijadikan persamaan, dapat dituliskan :

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{atau} \quad V = I \cdot R \quad (\text{hukum Ohm})$$

dimana I = Kuat arus yang mengalir dalam penghantar (Ampere)

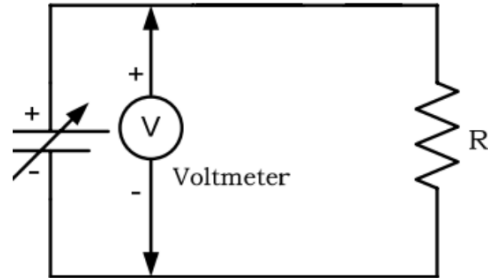
R = Tahanan atau hambatan (Ohm)

V = Beda potensial (tegangan) kedua ujung penghantar (Volt)

Prosedur Percobaan

Arus tetap

1. Susunlah rangkaian seperti gambar di bawah ini setelah itu mintalah persetujuan asisten untuk menyalakan catu daya



Gambar 1.1 Rangkaian Percobaan Hukum Ohm

2. Setelah diperiksa, aturlah saklar dalam posisi terhubung (ON)
3. Atur potensio pada catu daya sehingga Amperemeter menunjukkan pada Angka tertentu (I_1), catatlah penunjukkan pada Amperemeter dan Voltmeter serta besarnya resistor yang digunakan
4. Ulangi langkah 2-3 dengan mengganti resistor.
5. Dengan mengubah nilai Arus menjadi (I_2) lakukan langkah 2-4.
6. Ulangi hingga 5 variasi Arus.

Tabel 1.1 Tabel pengamatan eksperimen hukum ohm untuk hambatan tetap

No.	Tegangan (V)	Resistor, R (Ω)	Arus, I (mA) pengukuran	Arus I(mA) perhitungan
1				
2				
3				
4				
5				

Hambatan tetap

1. Pasanglah rangkaian listriknya seperti gambar diatas dan beritahukan kepada Assisten lebih dahulu untuk diperiksa sebelum rangkaian tersebut dihubungkan dengan sumber tegangan.
2. Setelah diperiksa, aturlah saklar dalam posisi terhubung (ON)
3. Atur ujung Voltmeter pada hambatan dengan nilai tertentu (R1) dan catatlah besarnya arus dan tegangan.
4. Pada resistor yang sama Anda ulangi untuk Voltase yang berbeda-beda.
5. Ulangi langkah 2-4 dengan mengganti resistor (R2).
6. Ulangi hingga 5 variasi Hambatan.

Tabel 1.2 Tabel pengamatan eksperimen hukum ohm untuk hambatan tetap

No.	Tegangan (V)	Resistor, R (Ω)	Arus, I (mA) pengukuran	Arus I(mA) perhitungan

Tugas Akhir

1. Buatlah grafik hubungan antara kuat arus (sebagai absis) dan tegangan (sebagai ordinat) dari data yang telah anda peroleh.
2. Tentukan besarnya hambatan berdasarkan percobaan yang telah anda lakukan beserta rambatan kesalahannya.
3. Tentukan niali hambatan berdasarkan hukum Ohm.
4. Bandingkan nilai hambatan hasil perhitungan dari grafik, berdasarkan Hukum Ohm dan pengukuran langsung. Lakukan pembahasan dan Ambil kesimpulan.

III. MEDAN LISTRIK

Tujuan Percobaan

Untuk mengetahui adanya kuat medan listrik pada daerah disekitar elektroda

Alat dan Bahan

Elektroda (grafit)

Kabel penjepit

Papan konduktor

Kertas miliblok

Penggaris

Voltmeter

Catudaya

Landasan Teori

Medan Gravitasi dihasilkan oleh distribusi massa melalui suatu ruang, sama halnya dengan gaya elektrostatis yang dihasilkan oleh distribusi muatan melalui suatu ruang. Medan gravitasi \mathbf{g} pada sebuah titik dalam ruang yang didefinisikan sama halnya dengan gaya gravitasi \mathbf{F} yang bekerja pada sebuah massa uji m_0 yang dibagi dengan massa uji. Dengan kata lain $\mathbf{g} = \mathbf{F}/m_0$. Sebuah medan listrik dapat didefinisikan dengan cara yang sama. Medan listrik \mathbf{E} pada sebuah titik dalam ruang dapat didefinisikan dalam bentuk gaya listrik yang bekerja pada sebuah muatan uji q_0 yang terletak pada sebuah titik. Medan listrik pada sebuah titik dalam ruang didefinisikan sebagai gaya listrik yang bekerja pada sebuah muatan uji positif yang terletak pada sebuah titik yang berbanding terbalik dengan besarnya muatan uji.

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

Catatan bahwa medan listrik eksternal terhadap muatan uji dan tidak menghasilkan medan oleh muatan uji.

Dari penjelasan diatas kita dapat mengetahui bahwa gaya pada muatan positif disebabkan oleh medan listrik dalam arah medan listrik, ketika gaya terletak pada sebuah muatan negatif dalam sebaliknya beberapa medan menuju ke arah medan listrik. Selanjutnya medan listrik dikatakan ada terlepas dari ada dan tidaknya muatan uji. Sepintas diketahui pada beberapa titik, gaya pada berbagai

partikel bermuatan terletak pada titik yang dapat terukur. Berdasarkan pada ketentuan tertentu, kita dapat mengatakan bahwa garis-garis medan listrik keluar dari muatan positif dan masuk menuju muatan negatif. Pada sistem sederhana dengan kesimetrisan yang tinggi, besar dan arah dari medan listrik dapat ditentukan menggunakan hukum Coulomb. Untuk sistem yang lebih kompleks perhitungan dapat dilakukan secara numerik menggunakan sistem komputasi. Akan tetapi kita dapat menentukan bentuk susunan medan listrik secara eksperimen. Dalam eksperimen kita akan melakukan pengujian tersebut. Pertama-tama kita akan menggambarkan garis-garis potensial dan kemudian menggunakannya untuk menyimpulkan irisan medan listrik antar pasangan elektroda.

Agar arus keluar melalui sebuah konduktor, harus ada beda potensial antara dua elektroda tersebut dari sebuah konduktor. Perbedaan ini merupakan sebuah gradien dari kedua elektroda tersebut yaitu, adapun penurunan potensial diseluruh potensial dari titik masuknya elektron sampai pada titik keluarnya elektron. Gradien ini sama halnya pada perubahan temperatur antara sebuah pemanas dan sebuah pendingin terbuka yang dapat terukur dalam beberapa meter. Temperatur yang lebih panas dan atau lebih dingin ditentukan oleh jarak terdekat dari sumber panas atau dingin. Potensial yang lebih tinggi untuk sebuah elektron didapatkan pada titik terdekat pada titik masuknya elektron. Dalam eksperimen ini kita akan menghitung besarnya potensial absolut yaitu potensial dengan respect takberhingga. Akan tetapi kita akan menentukan perbedaan beda potensial antara dua titik. Selanjutnya kita menggunakan salah satu elektroda sebagai titik acuan. Yaitu dengan menghitung serangkaian titik yang memiliki potensial yang sama, tetapi berbeda dengan rangkaian yang pertama, kita dapat memperoleh garis-garis ekuipotensial dan seterusnya, kita masih memiliki serangkaian garis-garis yang menjabarkan tentang potensial sepanjang daerah antara elektroda.

Karena pada daerah tersebut tidak terdapat bedapotensial antara dua titik pada garis ekuipotensial yang sama, kita dapat memindahkan muatan uji sepanjang garis tersebut tanpa melakukan kerja. Sedangkan kerja dapat didefinisikan dalam bentuk:

$$W = Fd \cos \theta$$

Dimana d adalah jarak yang perpindahan sepanjang garis, F adalah gaya, dan θ adalah sudut yang dibentuk antara pergerakan dan arah gaya. Selanjutnya, jika kerja yang dilakukan adalah sama dengan nol, maka gaya harus tegak lurus terhadap arah gerak benda. Seperti pada penjelasan sebelumnya, bahwa medan listrik disetiap titik sepanjang kurva adalah normal terhadap kurva. Sehingga kita dapat menentukan pergeseran kurva dari kurva tersebut kita juga dapat menentukan pergeseran medan listrik dalam dua dimensi.

Untuk muatan yang bergerak dalam sebuah medan listrik sepanjang lintasan linier dari titik p_1 sampai p_2 , maka kerja W yang dilakukan oleh muatan tersebut, haruslah memenuhi.

$$W_{12} = Q(V_2 - V_1)$$

dimana $V_2 - V_1$ merupakan bedapotensial antara dua titik. Kedua titik tersebut harus memiliki potensial yang sama, jika

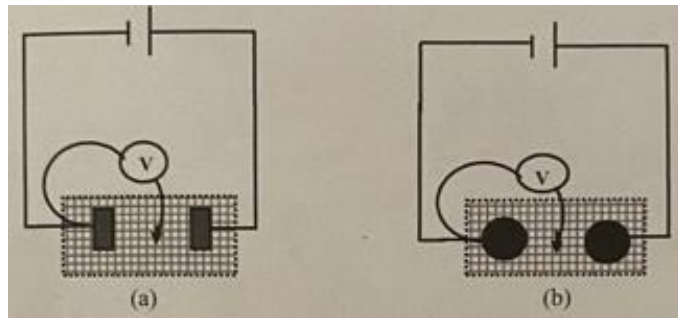
$$V_2 - V_R = V_1 - V_R$$

dimana V_R merupakan potensial dari titik acuan yang sama.

Pada permukaan konduktif kita berharap dapat menemukan banyak titik yang memiliki potensial yang sama. Titik-titik tersebut disebut sebagai titik ekuipotensial dan garis yang menghubungkan keduanya disebut sebagai garis ekuipotensial. Karena energi potensial dari muatan adalah sama pada semua titik, sehingga kerja yang dilakukan oleh medan listrik pada muatan yang bergerak sepanjang garis adalah nol. Selanjutnya garis-garis ekuipotensial harus tegak lurus terhadap garis-garis medan listrik.

Prosedur Percobaan

- 1). Letakkan elektroda pada titik kontak yang telah disediakan pada papan rangkaian.
- 2). Gambarlah pada kertas grafik sebuah sumbu koordinat yang sesuai dengan papan rangkaian dan menandai posisi elektroda secara tepat.
- 3). Hubungkan rangkaian pada power supply DC 6 volt sebagaimana diperlihatkan pada **Gambar 3.1**. Gunakan probe untuk mendapatkan sebuah titik pada papan rangkaian (x_1, y_1) yang memiliki potensial V_1 . Hitung juga untuk empat posisi titik lainnya $(x_2, y_2), \dots$, yang memiliki potensial yang sama seperti V_1 , dan susunlah semua titik tersebut seperti pada **Tabel 3.1**. plot semua titik pada kertas grafik dan hubungkan semua titik
- 4). Pilihlah posisi lebih dari empat titik sebagai V_1 dan ulangi seperti prosedur di atas
- 5). Ulangi tahap 1-5 secara melingkar disekitar elektroda.
- 6). Plot garis-garis gaya dari setiap perlakuan.

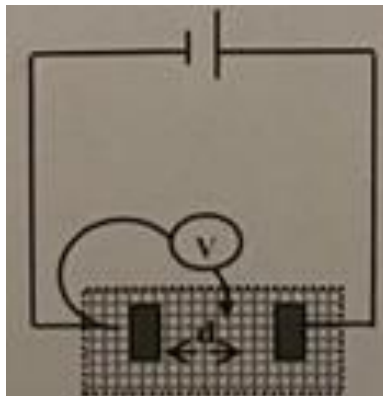


Gambar 3.1. Diagram rangkaian eksperimen medan listrik

Tabel 3.1. Tabel pengamatan

V_i	(x_1, y_1)	(x_2, y_2)	(x_3, y_3)	(x_i, y_i)
V_1					
V_2					
V_3					
....					
V_i					

8). Hubungkan rangkaian serti yang diperlihatkan dalam **Gambar 3.2** berikut:



Gambar 3.2 Rangkaian untuk mengukur besarnya medan listrik

9. gerakkan probe secara reguler pada daerah antara dua elektroda dan tegak lurus terhadap yang lainnya. Amati pembacaan voltmeter dan menghubungkan setiap jarak dari elektroda negatif dalam setiap langkah. Mencatat setiap hasil pengamatan sesuai dengan **Tabel 3.2**

Tabel 3.2 Pengukuran Tegangan terhadap jarak

No. Ulangan	Bacaan Voltmeter V(volt)	Jarak dari elektroda negatif D (m)

10. plot hasil pembacaan pada voltmeter (V) terhadap jarak (d) dan hitunglah medan listriknya (E).

IV. GAYA LORENTZ

Tujuan

1. Mengamati adanya gaya lorentz pada penghantar kawat lurus disekitar medan magnet.
2. Menentukan arah gaya lorentz dengan kaidah tangan kanan
3. Menghitung besarnya gaya lorentz
4. Menghitung besarnya hambatan pada kawat yang dialiri arus listrik

Alat dan Bahan

1. Sumber arus (baterai/power supply)
2. Kawat kumparan
3. Switch on/off
4. Sepasang magnet batang
5. Kabel penghubung
6. Amperemeter
7. Papan penampang

Landasan Teori

Gaya lorentz adalah gaya yang terjadi akibat interaksi medan magnetis dengan arus listrik atau medan listrik yang bergerak. Gaya Lorentz juga biasa disebut sebagai gaya magnetic. Gaya ini biasa terjadi pada penghantar berarus yang terletak didalam medan magnet, muatan listrik yang bergerak didalam medan magnet, atau dua buah penghantar yang dialiri arus listrik.

Jika sebuah penghantar dialiri oleh arus listrik terletak didalam medan magnet, maka penghantar tersebut bergerak karena pengaruh suatu gaya yang bekerja padanya.

Arah gaya Lorentz yang terjadi pada penghantar dapat ditentukan dengan aturan penarikan gabus/sekrup, aturan tangan kiri, aturan tangan kanan.

Aturan tangan kanan menyatakan :

“Bila tangan kanan dibuka dengan ibu jari menunjukkan arah arus (i) dan keempat jari lain yang dirapatkan menunjukkan arah medan magnet (B), maka arah keluar dari telapak tangan menunjukkan arah gaya Lorentz”

Besar gaya Lorentz secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$F = B i L \sin \alpha$$

Dimana :

- F = Gaya Lorentz (N)
- B = Induksi magnetic (T)
- i = kuat arus listrik (A)
- L = panjang kawat penghantar (m)
- α = Sudut yang dibentuk oleh L dan B

Kuat kawat lurus berarus , diketahui :

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi a}$$

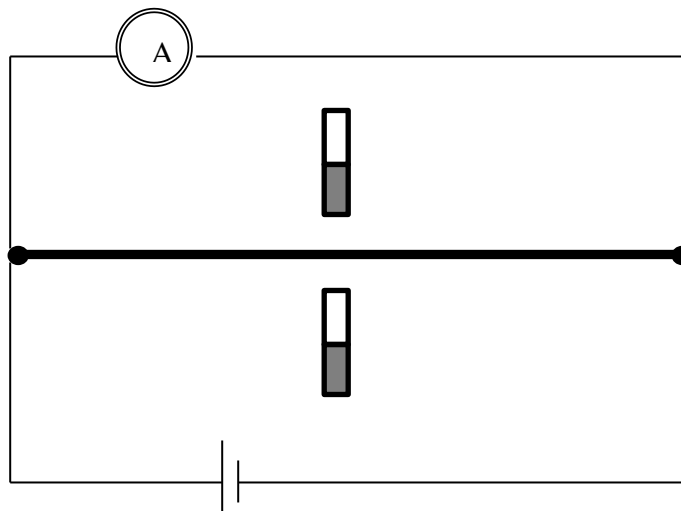
Dimana ,

- B = Induksi magnetic (T)
- μ_0 = Permeabilitas hampa ($4\pi \cdot 10^{-7}$ Wb/A.m)
- i = Kuat arus listrik (A)
- a = Jarak dari kawat berarus ke magnet

penerapan gaya magnetic yaitu pada motor listrik dan multimeter, antar lain pada penghantar berbentuk gelung, galvanometer, dan motor listrik.

Prosedur Percobaan

1. Menyusun alat seperti pada **Gambar 4.1!**



Gambar 4.1 Rangkaian Percobaan Gaya Lorentz

2. Mengaliri kawat penghantar dengan arus listrik dari sumber arus atau tegangan (baterai/ power supply) dengan besar tegan tertentu!
3. Mengamati arah dari gaya Lorentz yang terjadi !
4. Menentukan jarak magnet dari kawat berarus !
5. Mencatat besar arus listrik yang mengalir yang ditunjukkan amprometer lakukan hingga beberapa kali!
6. Mengulangi langkah diatas untuk arah arus listrik dan besar tegangan yang berbeda!

Tabel Pengamtan

No.	Tegangan Sumber (V)	Kuat Arus (A)	Simpangan Kawat

Tugas Pendahuluan

1. Apakah pengaruh kuat arus dan kuat medan magnet terhadap gaya magnetik?
2. Jelaskan cara menentukan arah gaya Lorentz dengan menggunakan aturan kaidah tangan kanan !
3. Jelaskan secara singkat prinsip kerja sebuah galvanometer !
4. Setiap kawat berarus yang diletakkan dalam medan magnetic selalu mengalami gaya Lorentz. Benarkah pernyataan ini ? jelaskan!

Tugas Akhir

1. Berdasarkan percobaan yang telah anda lakukan, tentukan besarnya B beserta rambatan kesalahannya!
2. Tentukan besarnya F beserta rambatan kesalahannya!
3. Buatlah grafik antara I dengan B pada masing-masing percobaan!

V. RANGKAIAN KAPASITOR

Tujuan

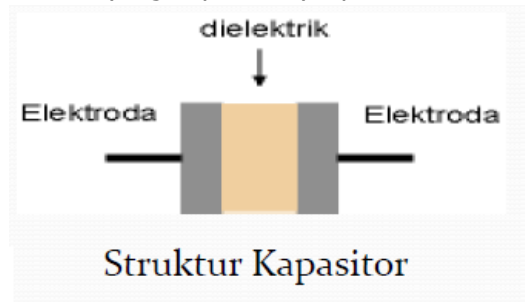
Mempelajari besar kapasitas, tegangan dan muatan pada rangkaian kapasitor yang disusun secara seri dan paralel.

Alat dan Bahan

1. Meter dasar
2. Kabel penghubung
3. Papan rangkaian
4. Jembatan penghubung
5. Sakelar 1 kutub
6. Kapasitor 470 μF
7. Kapasitor 1000 μF
8. Catu daya

Landasan Teori

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik.



- Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik.
- Bahan dielektrik adalah bahan isolator yang diselipkan diantara keping kapasitor. Bahan-bahan dielektrik yang umum digunakan misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lainlain.
- Lambang kapasitor dalam rangkaian:



Kapasitansi didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron untuk level tegangan tertentu. Dengan rumus dapat ditulis:

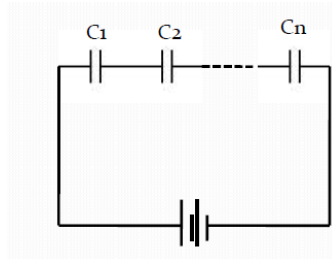
$$C = \frac{Q}{V}$$

Q = muatan elektron dalam C (coulombs)

C = nilai kapasitansi dalam F (farads)

V = besar tegangan dalam V (volt)

a. Rangkaian Seri

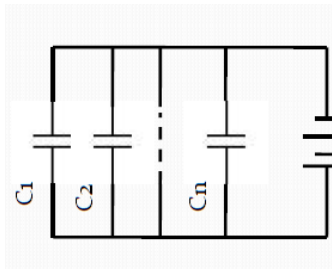


- Muatan masing-masing kapasitor sama
- Tegangan masing-masing kapasitor berbeda

$$V_i = q \cdot C_i$$

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

b. Rangkaian Paralel

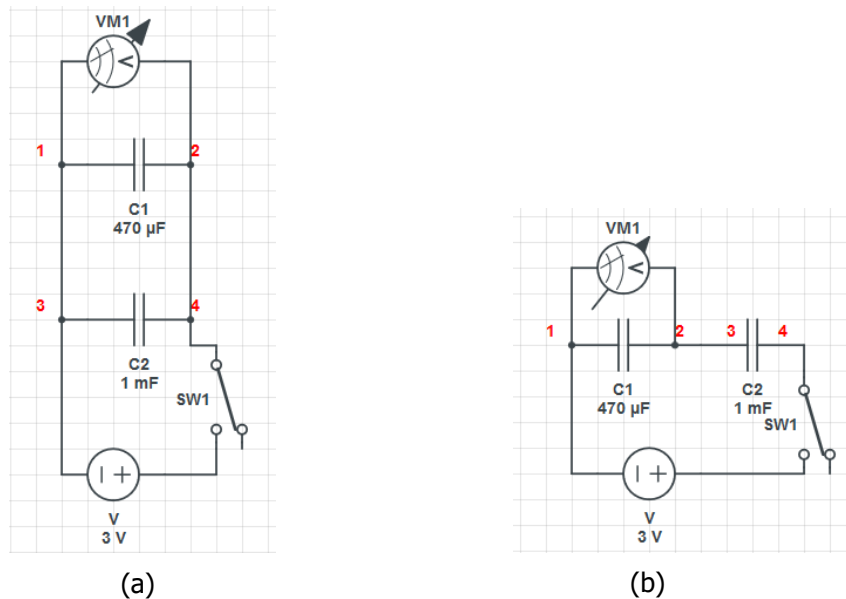


- Tegangan masing masing masing-kapasitor sama
- Muatan masing-masing kapasitor berbeda

$$q_i = C_i \cdot V$$

$$C_{tot} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Prosedur Percobaan



Gambar 5. Rangkaian kapasitor yang tersusun secara paralel (a) dan seri (b)

1. Persiapkan peralatan/komponen sesuai dengan daftar alat/bahan
2. buat rangkaian seperti gambar
3. Hubungan catu daya ke sumber tegangan (catu daya masih dalam keadaan off)
 - Sakelar dalam posisi terbuka (posisi 0)
 - Meter dasar berfungsi sebagai voltmeter dengan batas ukur 10 Volt DC
 - sumber tegangan pada posisi 3 Volt DC.
4. Periksa kembali rangkaian
5. Tutup sakelar S (posisi 1) dan setelah beberapa saat buka kembali sakelar S (posisi 0)
6. Baca tegangan kapasitor C_1 misalnya V_1 dan catat hasilnya ke dalam tabel pada hasil pengamatan.
7. Pindahkan meter dasar ke titik B dan D, setelah itu ulangi langkah 5 dan baca tegangan kapasitor C_2 misalnya V_2 , catat hasilnya.
8. Pindahkan meter dasar ke titik A dan D, ulangi langkah 5 kemudian baca tegangan rangkaian kapasitor misalnya V_{total}
9. ulangi langkah 5 s/d 8 untuk tegangan yang berbeda.

Tabel Pengamatan

Tabel 5.1. Hasil percobaan nilai kuat arus pada saat penambahan secara paralel.

Jumlah Kapasitor	C_{tot}	I_1 (A)	I_2 (A)	I_3 (A)	I (A)	I_5 (A)	I_{Total} (A)
C_1							
$C_1 + C_2$							
$C_1 + C_2 + C_3$							
$C_1 + C_2 + C_3 + C_4$							
$C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5$							

Tabel 5.2. Hasil percobaan nilai beda potensial pada saat penambahan secara seri.

Jumlah Kapasitor	C_{tot}	V_1 (Volt)	V_2 (Volt)	V_3 (Volt)	V_4 (Volt)	V_5 (Volt)	V_{Total} (Volt)
C_1							
$C_1 + C_2$							
$C_1 + C_2 + C_3$							
$C_1 + C_2 + C_3 + C_4$							
$C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5$							

Tabel 5.3. Data perhitungan nilai energi potensial listrik pada saat penambahan secara seri dan paralel.

Jumlah Kapasitor	E_{p1} (Volt)	E_{p2} (Volt)	E_{p3} (Volt)	E_{p4} (Volt)	E_{p5} (Volt)	E_{pTotal} (Volt)
C_1						
$C_1 + C_2$						
$C_1 + C_2 + C_3$						
$C_1 + C_2 + C_3 + C_4$						
$C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5$						

Tugas Akhir

Tuliskan persamaan hubungan kapasitas gabungan dengan kapasitas masing-masing kapasitor, muatan gabungan dengan muatan masing-masing kapasitor.

VI. RANGKAIAN HAMBATAN, INDUKTOR DAN KAPASITOR (RLC)

Tujuan

1. Menyelidiki pengaruh perubahan frekuensi sumber terhadap karakteristik rangkaian R-L-C seri.
2. Menginterpretasikan kurva respon frekuensi rangkaian R-L-C seri
3. Menentukan frekuensi resonansi dan faktor kualitas rangkaian R-L-C seri.

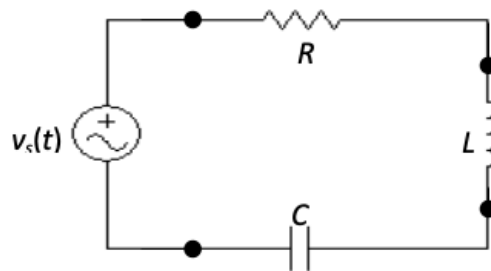
Alat dan Bahan

1. Function generator
2. Inductor, kapasitor, dan hambatan
3. Kabel penghubung
4. Papan rangkaian
5. Digital multimeter AC

Landasan Teori

Tinjau sebuah rangkaian yang terdiri atas hambatan R , induktansi L dan kapasitor C yang terhubung secara seri dan dihubungkan dengan sebuah sumber tegangan yang berubah terhadap waktu $V_s(t)$ seperti pada Gambar 4.1. Arus I_s adalah tegangan rms (V_{rms}) kompleks sumber. Dalam rangkaian seri RLC impedansi total rangkaian dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Z_{tot} = R + j(X_L - X_C)$$



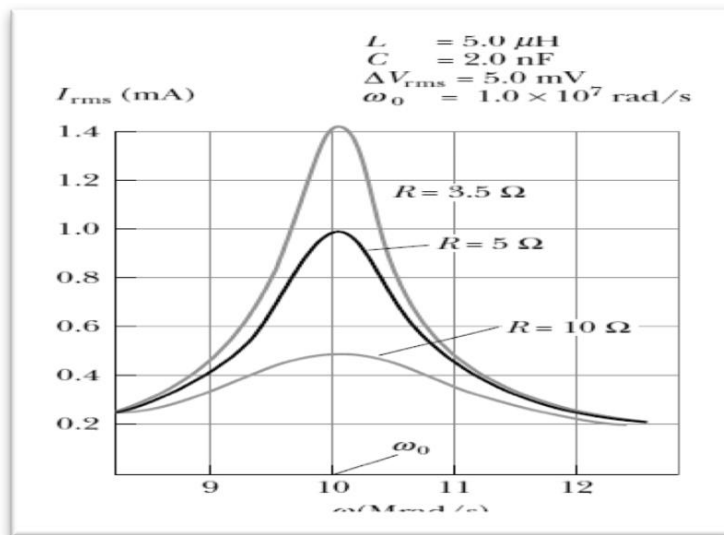
Gambar 6.1. Rangkaian RLC

Dari hubungan ini akan terlihat bahwa reaktansi induktif dan kapasitif selalu akan saling mengurangi. Bila kedua komponen ini sama besar, maka akan saling meniadakan, dan dikatakan bahwa rangkaian dalam keadaan resonansi. Resonansinya adalah resonansi seri (Bakri, 2015). Pada rangkaian RLC

digunakan sumber tegangan tetap V_s . Sumber tegangan tetap artinya bahwa nilai rms V_s tak bergantung pada arus yang mengalir dalam rangkaian (Sutrisno, 1986). Keadaan resonansi dicapai pada saat $X_L = X_C$ maka $Z_{tot} = R$ merupakan Z_{min} , sehingga akan diperoleh arus atau tegangan yang maksimum pada suatu harga frekuensi khusus yang disebut frekuensi resonansi (f_0).

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ atau } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Pada waktu resonansi, sangat mungkin terjadi bahwa tegangan pada L atau pada C lebih besar dari tegangan sumbernya. Pembesaran tegangan pada L atau pada C pada saat resonansi ini didefinisikan sebagai faktor kualitas Q. Makin besar nilai Q, makin sempit lengkung resonansinya, dan berarti makin tinggi kualitas resonansinya. (Q berasal dari kata "quality") (Haris & Saleh, 2016). Plot antara kuat arus (efektif) sebagai fungsi dari frekuensi sumber pada rangkaian RLC seri untuk berbagai nilai R ditunjukkan pada **Gambar 6.2**.



Gambar 6.2. Kurva antara kuat arus dan frekuensi sumber

Dengan faktor kualitas yang ditentukan oleh :

$$Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \frac{\omega_0 L}{R}$$

Dimana:

Q : faktor kualitas

ω_0 : frekuensi resonansi (Hz)

L : Induktansi (H)

R : Resistor (Ω)

$\Delta\omega$: lebar pita frekuensi (Hz)

Prosedur Percobaan

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Buatlah rangkaian seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 6.1**.
3. Hubungkan V_{IN} rangkaian dengan output *function generator* pada gelombang sinus dengan amplitudo $5 V_{rms}$ (diukur secara langsung dengan menggunakan digital AC voltmeter)
4. Digital AC voltmeter dihubungkan pada keluaran rangkaian di titik a dan b.
5. Sebelum melakukan pengukuran, nilai R ditentukan terlebih dahulu dengan cara mengukur R secara langsung pada multimeter.
6. Lakukan pengukuran untuk frekuensi AFG dengan interval yang sama.
7. Lakukan pengukuran pada langkah 1 s/d. 6 untuk nilai resistor yang berbeda

Tabel Pengamatan

Tentukan nilai: $C = \dots F$

$L = \dots H$

$R_1 = \dots ohm$

Data percobaan pengaruh perubahan frekuensi sumber terhadap karakteristik rangkaian RLC seri untuk $R_1/R_2/R_3$.

No.	$f(Hz)$	$V_0(Volt)$
1		
2		
3		
4		
5		

Tugas Akhir

1. Buatlah grafik hubungan antara frekuensi dengan sumber tegangan pada hambatan R.
2. Bandingkan hasil antara percobaan R_1 , R_2 , dan R_3

VII. MEDAN MAGNET DALAM SOLENOIDA

Tujuan

Untuk mengamati efek dari medan magnet pada sebuah solenoid

Jenis Praktikum

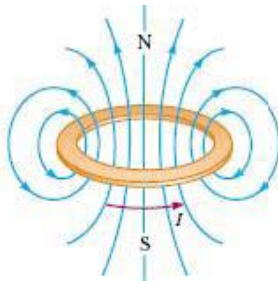
1. Medan magnetik dari sebuah solenoid
2. Gaya tarik magnetik pada sebuah solenoid
3. Efek arus solenoid terhadap gaya tarik

Alat dan Bahan

1. Induction test ring
2. Kumparan
3. Kompas
4. Solenoid test ring
5. Mistar

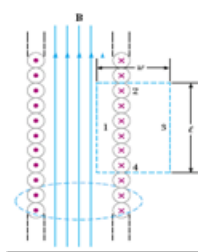
Dasar Teori

Kelistrikan dan kemagnetan telah lama dikenal. Namun para ilmuwan belum mengetahui bahwa ada hubungan antara keduanya. Hubungan keduanya baru diketahui ketika Hans Christian Oersted menunjukkan bahwa kompas yang berada di bawah kawat konduktor berarus akan menyimpang. Besarnya induksi magnet pada kawat konduktor lurus berarus yang panjang tak berhingga dituliskan secara matematis $B = \mu i / 2\pi a$. Dimana B adalah induksi magnet (T), i adalah arus (A) dan a adalah jarak dari kawat konduktor (m).



Gambar 7.1. Garis gaya magnet mengelilingi sebuah konduktor

Apabila kawat konduktor dibentuk menjadi banyak lilitan akan terbentuklah sebuah solenoida. Solenoida yang dialiri arus listrik akan memiliki garis-garis gaya magnet yang serupa dengan sebuah magnet batang.



Gambar 7.2. Garis gaya magnet di sekitar solenoida

Sebuah kumparan solenoida dapat disisipi dengan sebuah inti. Inti dengan permeabilitas yang tinggi dapat meningkatkan induksi magnet, misalnya sebuah inti dengan permeabilitas relatif $\mu = 1000$, dapat meningkatkan induksi magnet pada solenoida hingga 1000 kali besar.

Solenoida yang dialiri arus listrik akan menyerupai sebuah magnet batang. Prinsip inilah yang digunakan pada sebuah relay dan konstaktor magnetis dimana sebuah logam akan ditarik ketika arus mengalir pada sebuah solenoida. Aksi ini dimanfaatkan untuk menyambung dan memutuskan sebuah saklar.

Magnet atau magnit adalah suatu obyek yang mempunyai suatu medan magnet. Kata magnet (magnit) berasal dari bahasa Yunani *magnítis líthos* yang berarti batu Magnesian. Magnesia adalah nama sebuah wilayah di Yunani pada masa lalu yang kini bernama Manisa (sekarang berada di wilayah Turki) di mana terkandung batu magnet yang ditemukan sejak zaman dulu di wilayah tersebut. Pada saat ini, suatu magnet adalah suatu materi yang mempunyai suatu medan magnet. Materi tersebut bisa dalam berwujud magnet tetap atau magnet tidak tetap. Magnet yang sekarang ini ada hampir semuanya adalah magnet buatan. ("*James S. Parker*")

Magnet selalu memiliki dua kutub yaitu: kutub utara (north/ N) dan kutub selatan (south/ S). Walaupun magnet itu dipotong-potong, potongan magnet kecil tersebut akan tetap memiliki dua kutub. Magnet dapat menarik benda lain. Beberapa benda bahkan tertarik lebih kuat dari yang lain, yaitu bahan logam. Namun tidak semua logam mempunyai daya tarik yang sama terhadap magnet. Besi dan baja adalah dua contoh materi yang mempunyai daya tarik yang tinggi oleh magnet. Sedangkan oksigen cair adalah contoh materi yang mempunyai daya tarik yang rendah oleh magnet. Satuan intensitas magnet menurut sistem metrik pada International System of Units (SI) adalah Tesla

dan SI unit untuk total fluks magnetik adalah weber. $1 \text{ weber/m}^2 = 1 \text{ tesla}$, yang mempengaruhi satu meter persegi.

Medan Magnet Di Sekitar Arus Listrik

Selama abad ke- 18, para peneliti sudah mengenal magnet dan listrik. Namun, keduanya dianggap berbeda. Hingga pada tahun 1820, secara tidak sengaja Hans Christian Oersted menemukan bahwa di sekitar kawat berarus terdapat medan magnet. Medan magnet di sekitar penghantar berarus listrik disebut Induksi Magnetik. Pada awalnya dia heran ketika melihat jarum kompas selalu menyimpang jika didekatkan ke kawat berarus listrik. Peristiwa itulah yang mendorong Oersted untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang hubungan antara arus listrik dan medan magnet.

Medan Magnet dalam Kumparan

Pada saat mempelajari elektromagnet (magnet listrik), kita menggunakan kumparan. Kumparan merupakan gulungan kawat penghantar yang terdiri atas beberapa lilitan. Kumparan seperti itu juga disebut solenoida. Jika kita memasukkan inti besi lunak dalam kumparan berarus listrik, kemudian pada salah satu ujungnya kita sentuhkan beberapa paku kecil, paku-paku tersebut dapat menempel pada ujung inti besi. Menempelnya paku pada ujung inti besi akan makin kuat jika kuat arus yang mengalir melalui kumparan diperbesar. Hal itu menunjukkan bahwa inti besi bersifat magnet. Meskipun tidak disisipi inti besi. Kumparan sebenarnya juga sudah bersifat magnet jika dialiri arus listrik. Namun, sifat kemagnetannya lemah. Jadi, adanya inti besi dalam kumparan memperkuat sifat magnet elektromagnet. Selain dipengaruhi kuat arus listrik, kemagnetan elektromagnet juga dipengaruhi oleh jumlah lilitan kumparan. Makin banyak lilitan, makin kuat kemagnetannya. Michael Faraday (1791-1867), seorang ilmuwan berkebangsaan Inggris, membuat hipotesis (dugaan) bahwa medan magnet seharusnya dapat menimbulkan arus listrik.

Berdasarkan percobaan, ditunjukkan bahwa gerakan magnet di dalam kumparan menyebabkan jarum galvanometer menyimpang. Jika kutub utara magnet digerakkan mendekati kumparan, jarum galvanometer menyimpang ke kanan. Jika magnet diam dalam kumparan, jarum galvanometer tidak menyimpang. Jika kutub utara magnet digerakkan menjauhi kumparan, jarum galvanometer menyimpang ke kiri. Penyimpangan jarum galvanometer tersebut menunjukkan bahwa pada kedua ujung kumparan terdapat arus listrik. Peristiwa timbulnya arus listrik seperti itulah yang disebut induksi elektromagnetik.

Terjadinya GGL induksi dapat dijelaskan seperti berikut. Jika kutub utara magnet didekatkan ke kumparan. Jumlah garis gaya yang masuk kumparan makin banyak. Perubahan jumlah garis gaya itulah yang menyebabkan terjadinya penyimpangan jarum galvanometer. Hal yang sama juga akan terjadi jika magnet digerakkan keluar dari kumparan. Akan tetapi, arah simpangan jarum galvanometer berlawanan dengan penyimpangan semula. Menurut Faraday, besar GGL induksi pada kedua ujung kumparan sebanding dengan laju perubahan fluks magnetik yang dilingkupi kumparan. Artinya, makin cepat terjadinya perubahan fluks magnetik, makin besar GGL induksi yang timbul. Adapun yang dimaksud fluks magnetik adalah banyaknya garis gaya magnet yang menembus suatu bidang.

Ferit dan Permeability

Besi lunak banyak digunakan sebagai inti (*core*) dari induktor yang disebut ferit. Ada bermacam-macam bahan ferit yang disebut ferromagnetik. Bahan dasarnya adalah bubuk besi oksida yang disebut juga *iron powder*. Ada juga ferit yang dicampur dengan bahan bubuk lain seperti *nickle*, *manganase*, *zinc* (seng) dan *mangnesium*. Melalui proses yang dinamakan kalsinasi yaitu dengan pemanasan tinggi dan tekanan tinggi, bubuk campuran tersebut dibuat menjadi komposisi yang padat. Proses pembuatannya sama seperti membuat keramik. Oleh sebab itu ferit ini sebenarnya adalah keramik.

Ferit yang sering dijumpai ada yang memiliki $\mu = 1$ sampai $\mu = 15.000$. Dapat dipahami penggunaan ferit dimaksudkan untuk mendapatkan nilai induktansi yang lebih besar relatif terhadap jumlah lilitan yang lebih sedikit serta dimensi induktor yang lebih kecil.

Penggunaan ferit juga disesuaikan dengan frekuensi kerjanya. Karena beberapa ferit akan optimum jika bekerja pada selang frekuensi tertentu. Berikut ini adalah beberapa contoh bahan ferit yang dipasar dikenal dengan kode nomer materialnya. Pabrik pembuat biasanya dapat memberikan data kode material, dimensi dan permeability yang lebih detail. Sampai di sini kita sudah dapat menghitung nilai induktansi suatu induktor. Misalnya induktor dengan jumlah lilitan 20, berdiameter 1 cm dengan panjang 2 cm serta menggunakan inti ferit dengan $\mu = 3000$. Dapat diketahui nilai induktansinya adalah $L \gg 5.9 \text{ mH}$

Selain ferit yang berbentuk silinder ada juga ferit yang berbentuk toroida. Umumnya dipasar tersedia berbagai macam jenis dan ukuran toroida. Jika datanya lengkap, maka kita dapat menghitung nilai induktansi dengan menggunakan rumus-rumus yang ada. Karena perlu diketahui nilai permeability bahan ferit, diameter lingkaran luar, diameter lingkaran dalam serta luas penampang toroida. Tetapi biasanya pabrikan hanya membuat daftar indeks induktansi

(*inductance index*) A_L . Indeks ini dihitung berdasarkan dimensi dan permeability ferit. Dengan data ini dapat dihitung jumlah lilitan yang diperlukan untuk mendapatkan nilai induktansi tertentu. Seperti contoh tabel A_L berikut ini yang satuannya mH/100 lilitan.

Toroid

Ada satu jenis induktor yang kenal dengan nama toroid. Jika biasanya induktor berbentuk silinder memanjang, maka toroid berbentuk lingkaran. Biasanya selalu menggunakan inti besi (*core*) yang juga berbentuk lingkaran seperti kue donat.

Salah satu keuntungan induktor berbentuk toroid, dapat induktor dengan induktansi yang lebih besar dan dimensi yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan induktor berbentuk silinder. Juga karena toroid umumnya menggunakan inti (*core*) yang melingkar, maka medan induksinya tertutup dan relatif tidak menginduksi komponen lain yang berdekatan di dalam satu pcb.

PROSEDUR PERCOBAAN

1. Pasang induksi test rig pada 61-400 dengan sebuah kumparan
2. Buat rangkaian seperti yang ditunjukkan oleh asisten
3. Gunakan kompas dan amati medan di sekitar lilitan
4. Masukkan magnet batang ke tengah lilitan mendukung pada induksi test rig
5. Amati medan sekeliling lilitan menggunakan kompas catat bahwa kutub elektromagnetik berada pada ujung batang besi

VIII. HUKUM AMPERE

Tujuan

1. Memahami pengaruh perubahan panjang kawat penghantar terhadap resistansi.
2. Memahami pengaruh perubahan panjang kawat penghantar terhadap arus listrik.
3. Memahami pengaruh perubahan panjang kawat penghantar terhadap daya listrik.

Alat dan Bahan

- | | |
|--|---|
| 1. Battery | 1 |
| 2. Kawat Penghantar dengan panjang berbeda | 5 |
| 3. Ampermeter | 1 |
| 4. Ohmmeter | 1 |

Landasan Teori

Arus listrik di definisikan sebagai laju aliran muatan listrik yang melalui suatu luasan penampang melintang. Apabila ΔQ adalah muatan yang mengalir melalui penampang melintang yang mempunyai luasan A dan dengan waktu Δt , maka arus listrik yang mengalir I dengan satuan ampere adalah :

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Dimana :

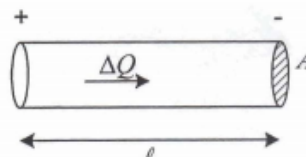
ΔQ : Perubahan muatan (C)

Δt : Perubahan waktu (s)

Dan mempunyai kerapatan arus dengan satuan ampere/m² adalah :

$$J = \frac{I}{A}$$

Menurut konvensi, arah arus dianggap searah dengan aliran muatan positif. Konvensi ini ditetapkan sebelum diketahui bahwa elektron-elektron bebas, yang merupakan muatan negatif, sebenarnya adalah partikel-partikel bergerak dan mengakibatkan menghasilkan arus listrik. Jadi, elektron - elektron bergerak dalam arah yang berlawanan dengan arah arus.



Gambar 8.1. Aliran muatan dalam suatu penghantar

Ketika sebuah medan listrik E diberikan pada sepotong kawat yang panjangnya l , misalnya sebuah baterai yang menghasilkan beda potensial V_{ab} , maka beda potensial V_{ab} mempunyai nilai sebesar :

$$V_{ab} = \int_a^b E \, ds$$

Apabila kawat yang dilalui oleh muatan bergerak tersebut mempunyai hambatan jenis ρ , di mana :

$$\rho = \frac{E}{J}$$

Dan apabila di definisikan suatu hambatan listrik atau Resistansi R dengan satuan ohm (R), dimana:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Beda potensial di titik a dan b adalah (V_{ab});

$$V_{ab} = IR$$

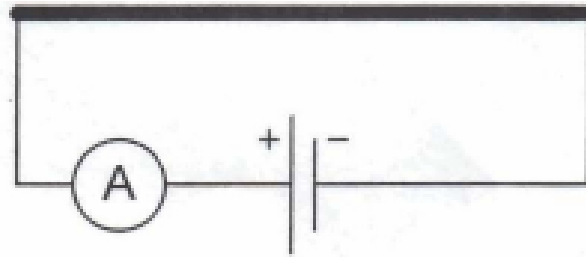
Daya listrik adalah laju energi listrik yang disalurkan oleh sumber tegangan listrik, di mana:

$$P = I^2 R \quad \text{atau} \quad P = IV_{ab}$$

Prosedur Percobaan

1. Siapkan semua peralatan yang akan dipergunakan
2. Rangkailah peralatan sesuai dengan gambar rangkaian percobaan
3. Berikan beda potensial pada kapasitor dengan tegangan 9 volt.
4. Ukurlah nilai resistansi kawat penghantar dengan ohmeter dan catat pada tabel percobaan.
5. Ukurlah besarnya arus listrik dengan amperemeter, dan catat pada tabel percobaan.
6. Hitunglah daya listrik dan catat pada tabel percobaan.
7. Ulangi langkah percobaan 4-7 untuk panjang kawat yang variabel

Kawat Penghantar



Gambar 8.2 rangkaian kawat penghantar

Tabel Pengamatan

Data Alat :

Beda potensial : (.....) V
Luas penampang kawat : (.....) m^2

No	Panjang kawat (l) (meter)	Arus (I) (Ampere)	Resistansi (R) (cm)	Daya (P) (watt)
1				
2				
3				
4				
5				

Tugas Pendahuluan

1. Jelaskan pengaruh perubahan panjang kawat penghantar terhadap nilai arus listrik yang mengalir pada kawat penghantar
2. Jelaskan tentang pengaruh perubahan panjang kawat penghantar terhadap nilai resistansi pada kawat penghantar
3. Jelaskan tentang pengaruh perubahan panjang kawat penghantar terhadap nilai daya listrik

DAFTAR PUSTAKA

Sutrisno, 1983, *Fisika Dasar* seri Listrik Magnet dan Termofisika, ITB, Bandung.

Sutrisno, 1983, *Seri Fisika Dasar*, Gelombang dan Optik, ITB, Bandung

Hollyday and Resnick, 1988, *Physics*, Erlangga, Jakarta

Pratilastiarso, Joke dan Prima Dewi Permatasari. Modul Praktikum Rangkaian Listrik 2. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Panduan Percobaan Listrik dan Magnet untuk Sekolah Menengah Atas (SMA) dan Sekolah Setingkat. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jendral Pendidikan Dasar dan Menengah. Direktorat Pendidikan Menengah Atas.

Mudul praktikum fisika dasar II, Program studi pendidikan Fisika FKIP UHAMKA (2019)