



**BAHAN AJAR  
PERCOBAAN FISIKA  
MATERI LISTRIK MAGNET**

OLEH :  
**CHANDRA SUNDAYGARA  
KURRIAWAN BUDI PRANATA,  
M. SAYADI**



**BAHAN AJAR MEDIA PEMBELAJARAN PERCOBAAN FISIKA**  
**MATERI LISTRIK MAGNET**

Oleh:

**Chandra Sundaygara**  
**Kurriawan Budi Pranata**  
**M. Sayadi**



**BAHAN AJAR MEDIA PEMBELAJARAN PERCOBAAN FISIKA**

# **MATERI LISTRIK MAGNET**

Penulis

**Chandra Sundaygara**

**Kurriawan Budi Pranata**

**M. Sayadi**

Desain Cover & Penata Isi

**Tim MNC Publishing**

Cetakan I, November 2018

**Diterbitkan oleh :**



**Media Nusa Creative**

Anggota IKAPI (162/JTI/2015)

Bukit Cemara Tidar H5 No. 34, Malang

Telp. : 0812.3334.0088

E-mail : [mncpublishing.layout@gmail.com](mailto:mncpublishing.layout@gmail.com)

Website : [www.mncpublishing.com](http://www.mncpublishing.com)

**ISBN : 978-602-462-164-3**

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ke dalam bentuk apapun, secara elektronik maupun mekanis, termasuk fotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari Penerbit. Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2000 tentang Hak Cipta, Bab XII Ketentuan Pidana, Pasal 72, Ayat (1), (2), dan (6)

# KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan hidayat-Nya bahan ajar yang berjudul “Pengembangan Media Pembelajaran Alat-alat Praktikum Fisika” dapat terselesaikan. Bahan ajar ini merupakan salah satu buku yang akan digunakan oleh mahasiswa pada Program Studi Pendidikan Fisika.

Pengembangan Media Pembelajaran Fisika merupakan salah satu mata kuliah yang sangat penting dan menjadi dasar mengembangkan kemampuan pembuatan media pembelajaran fisika berupa alat-alat praktikum. Oleh karena itu, diperlukan bahan ajar “pengembangan media pembelajaran alat-alat praktikum fisika ” ini untuk membantu siswa memahani konsep fisika dan sebagai buku sumber.

Bahan ajar ini disajikan dalam dua sub pokok bahasan yaitu bahasan yang pertama membahas konsep-konsep fisika dan sub pokok bahasan ke dua menjelaskan alat-alat praktikum dan cara membuat alat yang digunakan untuk membuktikan konsep. Penyajian bahan ajar menggunakan pendekatan multi representasi yaitu menyajikan konsep dengan menggunakan representasi

verbal berupa kalimat-kalimat penjelas dan representasi gambar berupa foto yang digunakan untuk melengkapi penjelasan.

Ungkapan terima kasih disampaikan kepada berbagai pihak yang telah membantu tersusunnya bahan ajar ini. Selanjutnya penulis menantikan kritik dan saran membangun dari berbagai pihak

Malang, 2018

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>Kata Pengantar .....</b>	<b>iii</b>
<b>Daftar Isi .....</b>	<b>v</b>
<b>Bab 1 Rangkaian Seri Paralel .....</b>	<b>1</b>
1.1 Arus Listrik .....	2
1.2 Hukum Ohm .....	3
1.3 Rangkaian Listrik .....	6
1.4 Pembuatan Rangkaian Seri Paralel .....	9
<b>Bab 2 Jembatan Wheatstone .....</b>	<b>13</b>
2.1 Jembatan Wheatstone .....	14
2.2 Pembuatan Rangkaian Jembatan Wheatstone .....	16
<b>Bab 3 Medan Magnet .....</b>	<b>19</b>
3.1 Magnet .....	20
3.2 Medan Magnet dan Gaya Magnetik .....	21
3.3 Arus Listrik Penghasil Magnet .....	25
3.4 Gaya Magnetik yang Bekerja pada Konduktor Berarus .....	26
3.5 Gaya Magnetik pada Muatan yang Bergerak .....	28
3.6 Medan Magnet yang disebabkan oleh Kawat Lurus ...	29
3.7 Pembuatan Rangkaian Percobaan Medan Magnet .....	30

<b>Bab 4 Induksi Elektromagnetik .....</b>	<b>35</b>
4.1 GGL Induksi .....	36
4.2 Hukum Faraday tentang Induksi Hukum Lenz .....	37
4.3 Perubahan Fluks Magnetik Menyebabkan Arus Listrik	38
4.4 Pembuatan Rangkaian Induksi Elektromagnetik .....	39
<b>Bab 5 Transformator .....</b>	<b>41</b>
5.1 Transformator .....	42
5.2 Hukum Faraday tentang GGL Induksi .....	44
5.3 Pembuatan Rangkaian Percobaan Transformator .....	45
<b>Daftar Pustaka .....</b>	<b>49</b>



# BAB I

## Rangkaian Seri dan Paralel

### TUJUAN PEMBELAJARAN

- 1.1 Memahami konsep rangkaian seri dan paralel
- 1.2 Membuat alat praktikum rangkaian seri
- 1.3 Membuat alat praktikum rangkaian paralel

### PERMASALAHAN

*Mengapa lampu dirumah kita dapat menyala?*

Menurut pendapat anda mengapa demikian?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

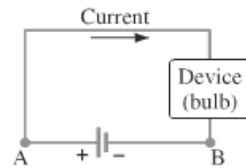
### POJOK INFORMASI

Bab ini membahas tentang listrik dinamis. Materi yang dipelajari adalah rangkaian seri dan rangkaian paralel. Rangkaian seri dan rangkaian paralel sering kita temui aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari antara lain pada rangkaian listrik dirumah kita



## 1.1 ARUS LISTRIK

Pembahasan arus listrik ramai diperbincangkan setelah Alexander Volta (1745-1827) menemukan baterai yang menghasilkan listrik. Akibat penemuan itu diciptakan berbagai sel listrik dan baterai mulai yang sederhana sampai yang canggih sampai sekarang. Baterai listrik dapat menghasilkan arus jika terminal-terminal baterai dihubungkan dengan jalur penghantar yang kontinu yang disebut rangkaian listrik. Rangkaian listrik pada baterai digambarkan pada gambar 2.1. Selanjutnya kita akan menganalisis baterai dengan simbol



**Gambar 2.1**  
Rangkaian listrik



Garis yang lebih panjang pada simbol menyatakan terminal positif dan yang pendek adalah terminal negatif. Alat yang diberi daya oleh baterai bisa berupa bola lampu, pemanas, radio, atau apapun. Ketika rangkaian seperti gambar 2.1 terbentuk, muatan dapat mengalir melalui kawat

rangkaian dari satu terminal baterai ke yang lainnya. Aliran muatan seperti ini disebut arus listrik. Arus listrik pada kawat didefinisikan sebagai jumlah total muatan yang melewati kawat persatuan waktu pada satu titik. Arus listrik  $I$  dirumuskan

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

Dimana  $\Delta Q$  adalah muatan yang melewati konduktor pada suatu lokasi pada jangka waktu tertentu. Satuan dari arus listrik adalah coulomb per detik atau dinamakan ampere (A). Satuan terkecil yang digunakan adalah miliampere atau mikroampere.

## **1.2 HUKUM OHM: HAMBATAN DAN RESISTOR**

Untuk menghasilkan arus listrik pada rangkaian, dibutuhkan beda potensial. Salah satu cara untuk menghasilkan beda potensial adalah dengan baterai. George Simon Ohm

(1787-1854 menentukan dengan eksperimen bahwa arus pada kawat logam sebanding dengan beda potensial  $V$  yang diberikan ke ujung-ujungnya yang dinyatakan sebagai berikut.

$$I \sim V$$

Perbandingan di atas menunjukkan bahwa semakin besar tegangan listrik maka arus yang mengalir akan semakin besar. Akan tetapi besarnya arus listrik tidak hanya tergantung pada tegangan tetapi ada besaran lain yang mempengaruhi yaitu hambatan ( $R$ ) yang diberikan kawat terhadap aliran elektron.

Makin tinggi hambatan kawat maka akan semakin kecil arus yang mengalir untuk suatu tegangan  $V$ . Oleh karena itu arus berbanding terbalik dengan hambatan. Sehingga didapatkan rumusan

$$I = \frac{V}{R}$$

Dimana  $R$  adalah hambatan kawat atau suatu alat lainnya,  $V$  adalah beda potensial yang melintasi alat tersebut, dan  $I$  adalah arus listrik. Hubungan ini sering dituliskan

$$V = IR$$

Yang biasanya disebut Hukum Ohm

### Contoh Soal

Sebuah bola lampu senter kecil menarik  $300\text{mA}$  dari baterai  $1,5\text{V}$ . Hitunglah (a) hambatan bola lampu, (b) jika tegangan turun sampai  $1,2\text{V}$ , bagaimana arus akan berubah?

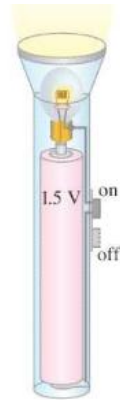
### Penyelesaian:

(a) Untuk menyelesaikan pertanyaan (a) kita gunakan hukum ohm yaitu:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{1,5\text{V}}{0,3\text{A}} = 5\Omega$$

(b) Jika hambatan konstan, maka arus akan bernilai

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1,2\text{V}}{5\Omega} = 0,24\text{A}$$



**Gambar 2.2** Rangkaian pada lampu senter

Resistor digunakan untuk mengendalikan arus listrik yang memiliki nilai mulai dari kurang dari satu ohm. Terdapat dua jenis resistor yaitu resistor gulung kawat yang terdiri dari kumparan kawat halus dan resistor komposisi yang biasanya terbuat dari karbon semikonduktor. Dalam rangkaian listrik kita menyatakan hambatan dengan simbol



Gambar 2.3 Resistor

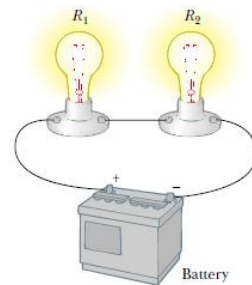


### 1.3 RANGKAIAN LISTRIK

#### a. Rangkaian Seri dan Paralel

- Rangkaian Resistor Seri

Ketika sebuah atau lebih jika dihubungkan dari ujung ke ujung dikatakan dihubungkan secara seri seperti terlihat pada gambar 2.7. Pada rangkaian seri jika sejumlah muatan  $Q$  keluar dari hambatan  $R_1$ , muatan  $Q$  juga pasti akan masuk ke resistor  $R_2$ . Jadi uatan dengan jumlah yang sama



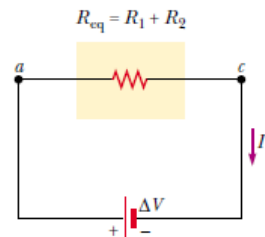
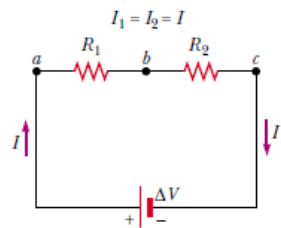
melewati kedua resistor pada selang waktu tertentu. Maka dapat dituliskan “ Untuk sebuah rangkaian seri yang terdiri atas dua resistor, arusnya sama besar pada kedua resistor karena jumlah muatan yang melewati  $R_1$  pasti juga melewati  $R_2$  dalam selang waktu yang sama”

Hambatan total pada rangkaian seri dapat dirumuskan

$$R_{seri} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Beda potensial yang berlaku pada rangkaian resistor seri akan bercabang diantara resistor-resistor yang ada. Rumusan beda potensial untuk resistor seri adalah.

$$\Delta V = IR_1 + IR_2 + IR_3 + \dots$$



**Gambar 2.7.**  
Rangkaian Seri

- Rangkaian Resistor Paralel

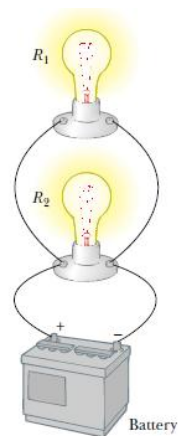
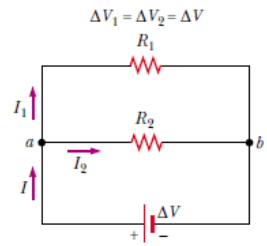
Rangkaian paralel dapat dilihat pada gambar 2.8 disamping. Seperti terlihat

pada gambar, jika muatan mencapai titik a yang disebut sebuah percabangan, muatan tersebut terpecah menjadi dua bagian, yang satu melewati  $R_1$  dan sisanya melewati  $R_2$ . Sebuah percabangan adalah suatu titik dalam sebuah rangkaian dimana arus dapat terpecah. Perpecahan ini dapat menghasilkan arus pada masing-masing resistor yang lebih kecil dari pada arus yang keluar dari baterai. Oleh karena jumlah muatan kekal, maka arus  $I$  yang masuk titik a harus sama dengan total arus yang keluar. Maka dapat dituliskan

$$I = I_1 + I_2$$

Dimana  $I_1$  adalah arus dalam  $R_1$ , dan  $I_2$  adalah arus dalam  $R_2$

Ketika dua resistor seperti pada gambar 2.9 dihubungkan secara langsung pada kutub baterai, maka



**Gambar 2.8.** rangkaian paralel

*“Ketika resistor-resistor dihubungkan secara paralel, beda potensial pada resistor adalah sama”*

Maka hambatan total pada rangkaian paralel adalah

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

## **1.4 PEMBUATAN RANGKAIAN SERI PARALEL**

### **a. Alat dan Bahan**

1. Bola lampu kecil (lampu senter) 4 buah
2. Fiting bola lampu kecil 4 buah
3. Baterai besar 2 biji
4. Akrilik
5. Papan kayu/ triplek
6. Tempat baterai
7. Lem kayu
8. Kabel penjepit buaya 12 buah
9. Kabel jumper



10. Soket banana 8
11. Solder
12. Kawat email

## **b. Cara Membuat Rangkaian Seri dan Paralel**

### **• Rangkaian Seri**

1. Buatlah potongan akrilik ukuran 4cm x 14 cm sebanyak 2 buah dan lipatlah sisi kanan dan kiri masing- masing lebar lipatan 2 cm. Lubangi akrilik sebanyak 3 lubang, seperti pada gambar disamping.



2. Buatlah rangkaian soket banana dan fitting bola lampu yang direkatkan (disolder) menggunakan kawat email

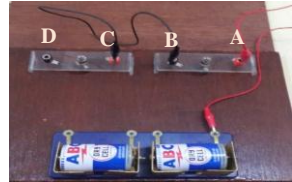


3. Rangkaian soket banana dan fitting di letakkan pada akrilik dan dipasang bola lampu kecil

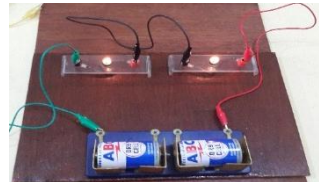


4. Susunlah rangkaian dan baterai pada papan triplek seperti gambar disamping

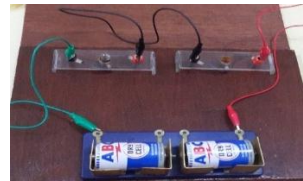
5. Hubungkan kutub negatif baterai pada lubang A dan kabel kedua dari lubang B ke lubang C



6. Hubungkan kabel ketiga dari lubang D ke kutub positif baterai. Setelah dihubungkan mata lampu yang ada di dalam rangkaian akan menyala



7. Apabila salah satu lampu dimatikan maka lampu yang lain juga akan mati. Hal ini terjadi karena rangkaian disusun secara seri



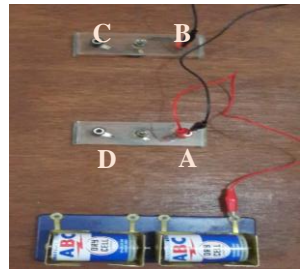
- Rangkaian Paralel

1. Susunlah rangkaian seperti pada langkah 1-4 praktikum rangkaian seri



2. Susunlah rangkaian, baterai seperti gambar di samping

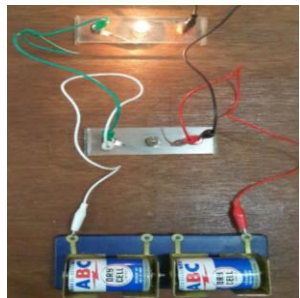
3. Hubungkan kabel pada kutub negatif baterai ke lubang A, kabel ke 2 dari lubang A ke lubang B



4. Hubungkan kabel ke 3 dari lubang C ke lubang D dan kabel ke 4 dari lubang D ke kutub positif pada baterai



5. Apabila salah satu lampu dimatikan maka lampu yang lain tetap menyala





## BAB II

# JEMBATAN WHEATSTONE

### TUJUAN PEMBELAJARAN

- 2.1 Memahami konsep jembatan wheatstone
- 2.2 Merangkai alat praktikum jembatan wheatstone
- 2.3 Mengukur hambatan pada rangkaian

### PERMASALAHAN

*Bagaimana kita dapat mengukur hambatan yang sangat kecil?*

**Menurut pendapat anda mengapa demikian?**

.....

.....

.....

.....

.....

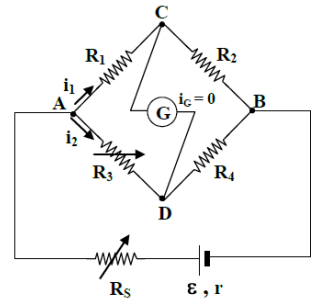
### POJOK INFORMASI

Bab ini membahas tentang bagian dari. Listrik dinamis berkaitan dengan hambatan pada rangkaian Materi yang dipelajari adalah bagaimana merangkaian alat berupa jembatan wheatstone yang dapat digunakan untuk mengukur hambatan dan sebagai pengkondisi pada alat sensor

## 2.1 JEMBATAN WHEATSTONE

Pengukuran hambatan yang telah banyak kita pelajari adalah menggunakan ohmmeter dan menggunakan amperemeter dan voltmeter dengan metoda amper-voltmeter.

Pada bab ini kita akan mempelajari kembali pengukuran hambatan. Namun dalam kegiatan belajar ini pengukuran hambatan akan dilakukan dengan menggunakan jembatan wheatstone. Jembatan Wheatstone adalah alat ukur yang ditemukan oleh Samuel Hunter Christie pada 1833 dan meningkat kemudian dipopulerkan oleh Sir Charles Wheatstone pada tahun 1843. Jembatan Wheatstone dipergunakan untuk memperoleh ketelitian dalam melaksanakan pengukuran terhadap suatu tahanan yang nilainya relative kecil sekali umpamanya saja suatu kebocoran dari kabel tanah/ kortsluiting dan sebagainya. Rangkaian ini dibentuk oleh empat buah tahanan (R) yang merupakan segiempat A-B-



**Gambar 2.1** Jembatan Wheatstone

C-D dalam hal mana rangkaian ini dihubungkan dengan sumber tegangan dan sebuah galvanometer nol (0). Kalau tahanan-tahanan itu diatur sedemikian rupa sehingga galvanometer itu tidak akan mengadakan suatu hubungan antara keempat tahanan tersebut. (Suryatmo, 1986).

Pada gambar 2.1 di samping ini dilukiskan prinsip dasar dari sistem jembatan Wheatstone. Dua buah rangkaian seri dari dua buah hambatan diparalelkan dan diantara sambungan-sambungan serinya dipasang sebuah galvanometer. Rangkaian itu kemudian dihubungkan dengan sebuah sumber ggl dan sebuah hambatan geser atau rheostat.

Pada rangkaian di atas  $R_3$  adalah sebuah variabel resistor, yaitu hambatan yang nilainya dapat diubah-ubah, gunanya untuk mengatur besar dan kecilnya kuat arus  $i_2$  sedemikian rupa sehingga rangkaian dapat mencapai keadaan keseimbangan. Keadaan keseimbangan yang dimaksud

adalah tidak adanya arus listrik ( $i_G$ ) yang melalui galvanometer. Pada keadaan keseimbangan inilah rangkaian itu disebut sebagai jembatan Wheatstone. Pada saat arus yang melalui galvanometer ( $i_G$ ) sama dengan nol, maka potensial listrik di titik C sama dengan potensial listrik di titik D sehingga beda potensial listrik antara keduanya ( $V_C - V_D$ ) adalah nol, dengan demikian maka

$$V_{AC} = V_{AD} \quad \text{dan} \quad V_{CB} = V_{DB}$$

$$i_1 R_1 = i_1 R_2 \quad \text{dan} \quad i_1 R_2 = i_2 R_4$$

Jika kedua persamaan dihubungkan maka:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

## 2.2 PEMBUATAN RANGKAIAN JEMBATAN WHEATSTONE

### a. Alat dan Bahan

1. Kabel Penjepit merah dan hitam
2. Kabel Jumper
3. Resistor 10 ohm 2 dan 100 ohm 2 buah
4. Digital Multimeter
5. *Project Board*

6. Adaptor

7. Tang kupas

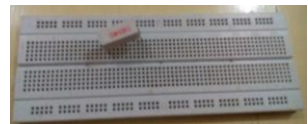
## b. Cara Membuat Rangkaian Jembatan

### Wheatstone

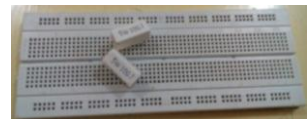
1. Siapkan *Project Board* yang digunakan untuk merangkai resistor. Pada *Project Board* lubang yang mengarah ke horisontal (anak panah A) adalah tidak berhubungan atau tidak dapat mengalirkan arus. Sedangkan lubang *project board* yang mengarah ke arah huruf B dapat mengalirkan arus listrik



2. Taruhlah 1 resistor berukuran 10 ohm pada *project board* seperti terlihat pada gambar disamping.



3. Rangkai resistor ke 2 ukuran 10 ohm pada *project board*





4. Rangkai resistor ke tiga yang berukuran 100 Ohm pada salah satu kaki resistor 1



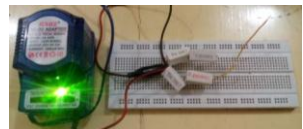
5. Tambahkan resistor ke 4 dengan ukuran 100 ohm yang dihubungkan pada salah satu kaki resistor ke 2



6. Potonglah kabel jumper kurang lebih 5 cm yang digunakan untuk sebagai saklar. Potonglah kabel jampel ukuran kurang lebih 3 cm yang dihubungkan dengan kabel jumper ke 1



7. Sambungkan negatif adaptor ke resistor 1 dan 3



8. Sambungkan positif adaptor ke saklar



9. Untuk mengukur hambatan, sambungkan multimeter pada rangkaian



# BAB 3

## MEDAN MAGNET DISEKITAR KAWAT

### POJOK INFORMASI

Bab ini membahas tentang magnet, sifat-sifat magnet, gaya magnetik dan medan magnetik

### TUJUAN PEMBELAJARAN

- 3.1 Memahami kemagnetan
- 3.2 Memahami Hubungan Listrik dan Kemagnetan
- 3.3 Memahami Gaya Magnetik yang Bekerja pada Konduktor Berarus
- 3.4 Memahami Gaya Magnetik pada Muatan Bergerak
- 3.5 Memahami Medan Magnet yang disebabkan oleh Kawat Lurus
- 3.6 Membuat dan merangkai alat-alat percobaan tentang kemagnetan

### PERMASALAHAN



*Aurora adalah fenomena alam yang terjadi daerah kutub bumi. Aurora merupakan pedaran cahaya yang berwarna yang sangat indah. Tahukan kalian kenapa aurora dapat terjadi?*

**Menurut pendapat anda mengapa demikian?**

.....

.....

.....

.....

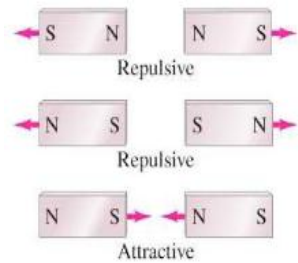
.....

### 3.1 MAGNET

Sebuah magnet akan menarik penjepit kertas, paku, dan benda-benda lain yang terbuat dari besi. Semua magnet memiliki dua ujung atau muka yang disebut kutub yang menimbulkan efek magnet paling kuat. Terdapat dua kutub magnet yaitu kutub utara dan kutub selatan.

Ketika kedua kutub didekatkan maka masing-masing kutub akan memberikan gaya satu sama lain. Gaya yang diberikan adalah gaya tarik menarik atau gaya tolak menolak. Jika kutub utara didekatkan ke kutub selatan maka gaya akan tarik menarik, dan jika kutub utara didekatkan ke kutub utara atau kutub selatan didekatkan ke kutub selatan maka gaya yang terjadi adalah gaya tolak menolak. Sifat magnet diilustrasikan pada gambar 2.1

Kutub-kutub pada magnet tidak bisa dipisahkan meskipun dipecah-pecah. Ketika memecah sebuah magnet menjadi beberapa bagian, maka akan terbentuk magnet baru



**Gambar 2.1** Kutub kutub magnet yang sama saling tolak menolak, yang tidak sama saling tarik menarik



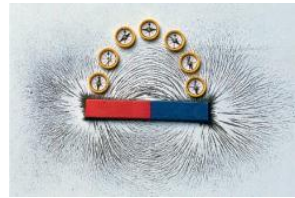
**Gambar 3.1** Magnet ketika dipotong-potong

yang tetap mempunyai dua kutub yaitu kutub utara dan kutub selatan. Sifat magnet dijelaskan pada gambar 2.2

### 3.2 MEDAN MAGNET DAN GAYA MAGNETIK

Sama seperti pada listrik, gaya yang diberikan oleh suatu magnet terhadap yang lain dapat dideskripsikan sebagai interaksi suatu magnet dan medan magnet dari yang lain. Garis medan magnet dapat digambarkan seperti garis-garis medan listrik. Sehingga dapat dituliskan (1) Arah medan magnet merupakan tangensial (garis singgung) terhadap suatu garis dititik mana saja, (2) Jumlah garis persatuan luas sebanding dengan besar medan magnet.

Arah medan magnet pada suatu titik bisa didefinisikan sebagai arah yang ditunjuk kutub utara sebuah jarum kompas ketika diletakkan dititik tersebut. Gambar 2.3 menunjukkan bagaimana suatu medan magnet ditemukan disekitar magnet batang

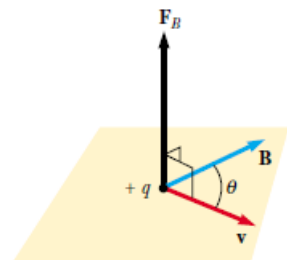


**Gambar 3.2**  
Penggambaran garis medan magnet batang

dengan menggunakan jarum kompas. Medan magnet yang ditentukan dengan cara ini untuk medan diluar magnet batang digambarkan pada gambar 2.4. Garis-garis gaya magnet menunjuk dari kutub magnet utara menuju kutub magnet selatan

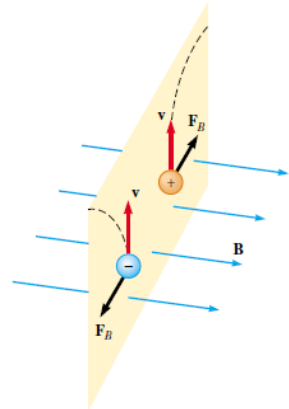
Simbol  $B$  digunakan untuk mempresentasikan medan magnet. Kita dapat mendefinisikan medan magnet  $B$  pada beberapa titik dalam sebuah ruang sebagai gaya magnetik  $F_B$  yang dihasilkan oleh medan tersebut pada partikel bermuatan yang bergerak dengan kecepatan  $v$  yang kita sebut sebagai benda uji. Untuk saat ini kita asumsikan bahwa tidak ada medan listrik atau medan gravitasi yang mempengaruhi benda uji. Eksperimen pada partikel bermuatan yang berbeda-beda dan bergerak didalam medan magnet memberikan hasil sebagai berikut

- Besar gaya magnetik  $F_B$  yang bekerja pada partikel sebanding dengan muatan  $q$



dan sebanding dengan kecepatan partikel  $v$

- Besar dan arah  $F_B$  bergantung pada kecepatan partikel dan pada besar dan arah medan magnet  $B$
- Ketika sebuah partikel bermuatan bergerak sejajar dengan vektor medan magnet, gaya magnetik yang bekerja pada partikel adalah nol
- Ketika vektor kecepatan partikel membentuk  $\theta \neq 0$  dengan medan magnet, gaya magnetik berada pada arah yang tegak lurus terhadap kedua  $v$  dan  $B$ , yang berarti  $F_B$  tegak lurus dengan bidang yang dibentuk oleh  $v$  dan  $B$ . Terlihat pada gambar 2.5a
- Gaya magnetik yang dihasilkan oleh muatan positif arahnya berlawanan dengan arah gaya magnetik yang dihasilkan pada muatan negatif yang bergerak pada arah yang sama. Terlihat pada gambar 25.b



**Gambar 3.3** gaya magnetik dan medan magnetik

- Besar gaya magnetik yang dihasilkan pada partikel yang sedang bergerak sebanding dengan  $\sin\theta$ , dimana  $\theta$  adalah sudut vektor kecepatan partikel yang berbentuk dengan arah B

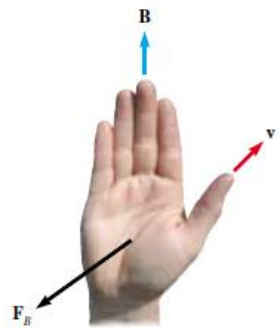
Berdasarkan hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa gaya magnetik didefinisikan oleh hasil kali silang yang arahnya tegak lurus v dan B dan dirumuskan

$$F_B = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

Untuk menentukan arah dari hasil perkalian  $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$  kita menggunakan aturan tangan kanan seperti ditunjukkan pada gambar 2.6. Besar gaya magnetik pada partikel bermuatan adalah

$$F_B = |q|vB\sin\theta$$

Dimana  $\theta$  adalah sudut apit antar v dan B. Dari rumusan kita dapat mengetahui bahwa  $F_B$  bernilai nol ketika v sejajar dengan B atau



**Gambar 3.4** kaidah tangan kanan

pada saat  $\theta = 0$  dan maksimum ketika  $v$  tegk lurus B atau  $\theta = 90^\circ$

### 3.3 ARUS LISTRIK MENGHASILKAN KEMAGNETAN

Hubungan antara listrik dan kemagnetan pertama kali ditemukan oleh Hans Christian Oersted pada tahun 1820. Oersted menemukan bahwa ketika jarum kompas diletakkan didekat kawat listrik, jarum menyimpang saat kawat dihubungkan ke baterai dan arus mengalir. Yang ditemukan Oersted adalah bahwa arus listrik menghasilkan medan magnet.

Jarum kompas yang diletakkan didekat bagian yang lurus dari kawat pembawa arus mengatur dirinya sendiri sehingga membentuk tangen terhadap lingkaran yang mengelilingi kawat.



**Gambar 2.4** Arah Arus



### 3.4 GAYA MAGNETIK YANG BEKERJA PADA KONDUKTOR BERARUS

Kawat yang dialiri arus listrik akan mengalami gaya apabila ditempatkan pada medan magnet. Hal ini didasarkan bahwa arus adalah kumpulan partikel bermuatan yang bergerak. Oleh sebab itu gaya resultan yang dihasilkan oleh medan dikawat adalah penjumlahan vektor dari masing-masing gaya yang dihasilkan pada semua partikel bermuatan yang membentuk arus.

Gaya magnetik pada kawat yang memiliki panjang  $L$  adalah

$$F_B = I\mathbf{L} \times \mathbf{B}$$

Dimana  $L$  adalah vektor yang menunjukkan arah arus  $I$  dan memiliki besar yang sama dengan panjang  $L$ . Maka besar gaya pada arus listrik di medan magnet adalah

$$F_B = ILB \sin \theta$$

Jika arah arusnya tegak lurus terhadap medan atau  $\theta = 90^\circ$  maka gayanya adalah

$$F_B = ILB$$

Jika arus paralel dengan medan ( $\theta = 0^\circ$ ) gaya sama dengan nol

Medan magnet B didefinisikan sebagai berikut. Arah B pada bagian ruang merupakan arah bagian yang lurus dari kawat pembawa arus jika diletakkan pada medan gaya padanya adalah nol. Dengan konsisten dengan kaidah tangan kanan jika kawat diatur kearah lain. Besar B didefinisikan

$$B = \frac{F_{maks}}{Il}$$

Dimana  $F_{maks}$  adalah besar gaya pada panjang l kawat yang lurus yang membawa arus I jika kawat tegak lurus terhadap B. Satua medan magnet adalah T atau Tesla

### 3.5 GAYA PADA MUATAN LISTRIK YANG BERGERAK DI MEDAN MAGNET

Setelah kita lihat bahwa kawat pembawa arus mengalami gaya ketika diletakkan di medan magnet. Karena arus pada kawat terdiri dari muatan listrik yang bergerak bebas juga akan mengalami gaya ketika melewati medan magnet. Jika ada  $N$  partikel bermuatan  $q$  melewati titik tertentu pada saat  $t$ , mereka membentuk arus  $I = Nq/t$ . Kita ketahui  $t$  adalah waktu yang diperlukan muatan  $q$  untuk menempuh jarak  $l$  pada medan magnet  $B$ , maka  $l = vt$ , dimana  $v$  adalah kecepatan partikel. Maka gaya pada satu partikel didapat dengan membagi dengan  $N$ , sehingga gayanya adalah

$$F = qvB\sin\theta$$

Persamaan ini memberikan besar gaya pada partikel muatan  $q$  yang bergerak dengan kecepatan  $v$  pada kuat medan  $B$ ,

dimana  $\theta$  adalah sudut antara  $v$  dan  $B$ . Gaya paling besar terjadi ketika partikel bergerak tegak lurus terhadap  $B$  ( $\theta = 90^\circ$ )

$$F_{maks} = qvB$$

### 3.6 MEDAN MAGNET YANG DISEBABKAN OLEH KAWAT LURUS

Kuat medan pada suatu titik akan lebih besar jika arus yang mengalir pada kawat lebih besar, dan medan akan lebih kecil pada titik yang lebih jauh dari kawat. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa medan magnet  $B$  pada titik dekat kawat lurus yang panjang berbanding arus dengan arus  $I$  pada kawat dan berbanding terbalik terhadap jarak  $r$  dari kawat

$$B \sim \frac{I}{r}$$

Maka medan magnetnya adalah

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Nilai konstanta  $\mu_0$  yang disebut permeabilitas ruang hampa, adalah  $4\pi \times 10^{-7} \text{ T m/A}$

### **3.7 PEMBUATAN RANGKAIAN PERCOBAAN MEDAN MAGNET DISEKITAR KAWAT BERARUS**

#### **a. Alat dan Bahan**

1. Catu daya atau power supply
2. Saklar
3. Penghantar kawat lurus 1 buah
4. Penghantar kawat melingkar 1 buah
5. Penghantar kawat selonoida
6. Kompas 1 buah
7. Serbuk besi
8. Kabel penghubung

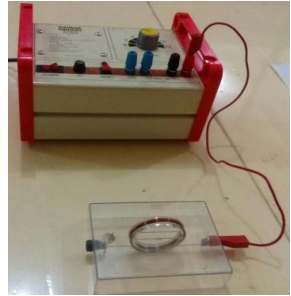
#### **b. Cara membuat rangkaian medan magnet pada kawat berarus**

- **Percobaan medan magnet pada kawat melingkar berarus**

1. Siapkan penghantar kawat melingkar seperti pada gambar



2. Pasang kabel penghubung warna merah pada kawat melingkar dan sambungkan pada catu daya atau *power supply*.



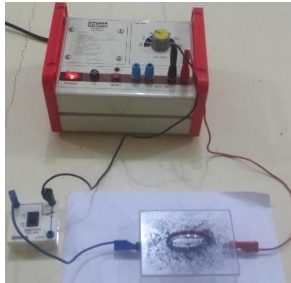
3. Pasang kabel warna hitam pada power supply ke saklar



4. Pasangkan kabel ke tiga dari saklar ke kawat melingkar ke kawat melingkar



5. Taburkan serbuk besi ditempat disekitar kawat berarus dan nyalakan catu daya



6. Ketuk-ketuk pinggir kawat berarus untuk melihat terbentuknya medan magnet

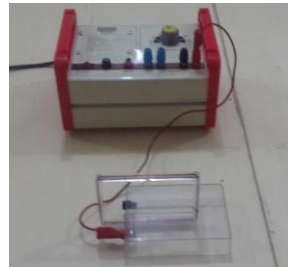


- **Percobaan medan magnet pada kawat lurus**

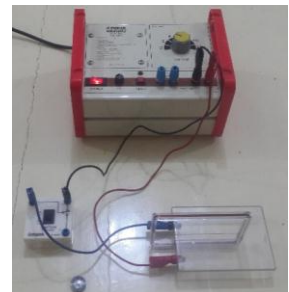
1. Siapkan penghantar kawat melingkar seperti pada gambar disamping



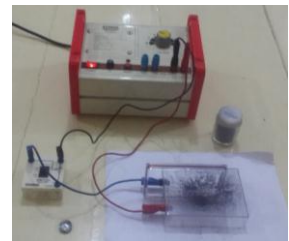
2. Sambungkan kabel penghubung dari kumparan kawat lurus ke catu daya atau power supply



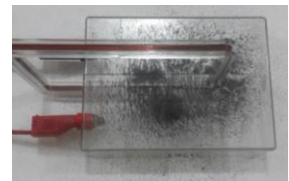
3. Pasang kabel ke 2 pada power supply ke saklar dan kabel ke 3 ke saklar dan kabel ke 4 ke kumparan lurus seperti langkah pada percobaan sebelumnya



4. Taburkan serbuk besi di dekat kawat lurus dan nyalakan power supply



5. Ketuk-ketuk pinggir kawat berarus untuk melihat terbentuknya medan magnet



- **Percobaan medan magnet pada kawat selonoida**

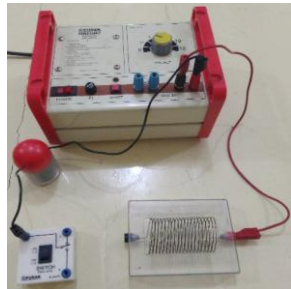
1. Siapkan penghantar kawat selonoida seperti pada gambar



2. Hubungkan kabel ke 1 yaitu kabel merah dari sisi selonoida ke catu daya pada arus DC



3. Hubungkan kabel ke 2 yaitu kabel warna hitam dari catu daya ke saklar

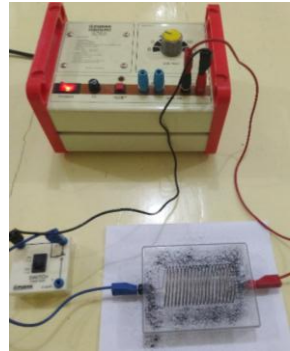


4. Hubungkan kabel ke 3 yaitu kabel biru dari saklar menuju sisi selonoida

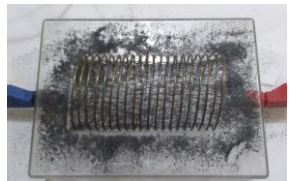




5. Taburkan serbuk besi diatas  
selonoida dan hidupkan catu daya



6. Ketuk selonoida agar terlihat medan  
magnet yang terbentuk pada serbuk  
besi di selonoida





# BAB 4

## INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

### POJOK INFORMASI

Bab ini membahas tentang elektromagnetik sub pokok bahasan GGL induksi, perubahan fluks magnetik

### TUJUAN PEMBELAJARAN

- 4.1 Memahami Hubungan Listrik dan Kemagnetan
- 4.2 Memahami cara kerja generator dalam menghasilkan listrik

### PERMASALAHAN



Ketika lampu padam, kita menggunakan genset untuk menyalakan lampu dirumah. Menurut anda bagaimana cara kerja genset sehingga bisa menghasilkan arus listrik?

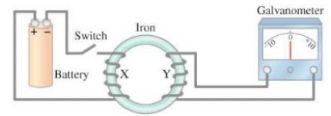
Menurut pendapat anda bagaimana cara kerja transformator?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

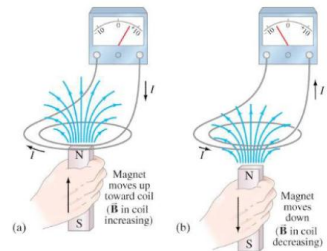
## 4.1 GGL INDUKSI

Pada bab ini akan dijelaskan hubungan antara gejala kelistrikan dan kemagnetan. Bahasan pada bab ini adalah bagaimana medan magnet dapat menghasilkan listrik. Hubungan kemagnetan dan kelistrikan secara terpisah ditemukan ahli berkebangsaan Amerika yaitu Joseph Henry (1797-1878) dan ahli kebangsaan Inggris Michael Faraday (1792-1867).

Faraday menggunakan kumparan X yang dihubungkan pada baterai. Arus yang mengalir melalui X akan menghasilkan medan magnet yang diperkuat inti besi seperti ditunjukkan pada gambar 3.1. Pada rangkaian kedua digunakan galvanometer untuk mendeteksi arus listrik. Hasil percobaan Faraday menunjukkan bahwa medan magnet konstan tidak menghasilkan arus listrik, tetapi perubahan medan magnet yang dapat menghasilkan arus listrik. Arus ini disebut arus induksi.



**Gambar 3.1** Experimen Faraday



**Gambar 3.2.** (a) Arus terinduksi pada saat magnet digerakkan menuju kumparan, (b) arus induksi balik terjadi ketika magnet menjauhi kumparan

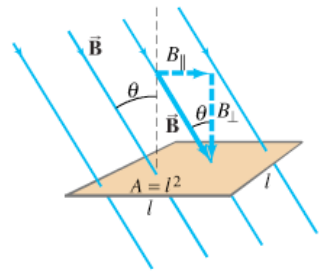
*“Ggl induksi dihasilkan oleh medan magnet yang berubah”*

## 4.2 HUKUM FARADAY TENTANG INDUKSI HUKUM LENZ

Faraday melakukan penelitian kuantitatif untuk menemukan faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya ggl yang diinduksi. Faraday menemukan bahwa yang mempengaruhi induksi adalah waktu, tetapi tidak sebanding dengan laju perubahan medan magnet  $B$  melainkan sebanding dengan fluks magnetik  $\phi_B$  yang bergerak melintasi loop seluas  $A$  yang dapat ditulis

$$\phi_B = B \perp A = BA \cos\theta$$

$B_{\perp}$  disini adalah komponen medan magnet yang bergerak lurus permukaan kumparan dan  $\theta$  adalah sudut antara  $B$  dengan garis tegak lurus permukaan. Jika fluks yang melalui loop kawat dengan  $N$  lilitan berubah



**Gambar 3.3.** Menentukan fluks pada loop kawat yang pipih

sebesar  $\Delta\phi_B$  dalam waktu  $\Delta t$ , maka besarnya ggl adalah

$$\xi = -N \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$$

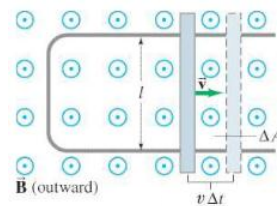
*“ ggl induksi selalu membangkitkan arus yang medan magnetnya berlawanan dengan asal perubahan fluks”*

### 4.3 PERUBAHAN FLUKS MAGNETIK MENYEBABKAN ARUS LISTRIK

Arus listrik yang mengalir pada konduktor merupakan pergerakan elektron-elektron pada konduktor. Elektron yang bergerak dengan kecepatan  $v$  akan menerima gaya sebesar  $F = Bqv$ . Hal ini menunjukkan bahwa pada konduktor terdapat medan listrik. Karena medan listrik didefinisikan sebagai gaya persatuan muatan, maka medan efektif  $E$  pada batang konduktor adalah

$$E = \frac{F}{q} = \frac{Bqv}{q}$$

$$E = Bv$$



**Gambar 3.4.** Batang penghantar digerakkan kekanan pada konduktor berbentuk U pada medan Magnet Byang arahnya keluar dari bidang halaman ini

Berdasarkan persamaan di atas maka dapat dijelaskan bahwa perubahan medan magnet menginduksi ggl maka terjadi juga arus induksi. Hal ini menunjukkan bahwa di dalam kawat terdapat medan listrik. Dapat disimpulkan bahwa

*“Perubahan fluks magnet menimbulkan medan listrik”*

Pernyataan tersebut tidak hanya berlaku pada kawat konduktor, tetapi berlaku pada setiap tempat dalam ruang

#### 4.4 PEMBUATAN RANGKAIAN PERCOBAAN INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

##### a. Alat dan Bahan

1. Kumparan
2. Kabel Penghubung
3. Galvanometer
4. Magnet

##### b. Cara membuat rangkaian induksi elektromagnetik

1. Siapkan kumparan dan magnet



2. Sambungkan kabel penghubung pada kumparan
3. Hubungkan kumparan ke Galvanometer
4. Masukkan dan keluarkan magnet ke dalam lubang pada kumparan secara berulang-ulang
5. Ketika kegiatan pada langkah 4 perhatikan jarum pada galvanometer. Ketika jarum galvano meter bergerak, hal tersebut menandakan bahwa terdapat arus yang terjadi.



# BAB 5

## TRANSFORMATOR

### TUJUAN PEMBELAJARAN

- 5.1 Membuat rangkaian transformator
- 5.2 Memahami carakerja transformator

### PERMASALAHAN



Kabel-kabel listrik dari pembangkit listrik mengalir-kan arus listrik dengan tegangan yang sangat tinggi. Ketika akan dialirkan ke rumah-rumah, maka tegangan yang tinggi harus di turunkan, alat yang digunakan adalah transfor-mator, bagaimana cara kerja transformator?

**Menurut pendapat anda bagaimana cara kerja transformator?**

.....  
.....  
.....  
.....

POJOK  
INFORMASI

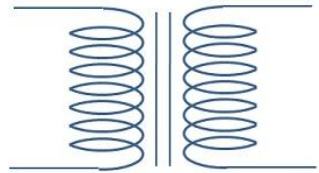
Bab ini membahas tentang listrik magnet sub materi transformator



## 5.1 TRANSFORMATOR

Transformator adalah alat yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan listrik. Hampir setiap rumah di Kota maupun Desa dialiri listrik yang berarus 220V di Indonesia. Dengan adanya arus 220V ini, kita dapat menyalakan televisi, terangnya cahaya Lampu pijar maupun lampu neon, mengisi ulang handphone dan juga menggunakan peralatan dapur lainnya seperti Kulkas, Rice Cooker, Mesin Cuci dan Microwave Oven. Arus listrik 220V ini merupakan jenis arus bolak-balik (AC atau Alternating Current) yang berasal dari Perusahaan Listrik yaitu PLN. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh PLN pada umumnya dapat mencapai puluhan hingga ratusan kilo Volt dan kemudian diturunkan menjadi 220V menggunakan transformator.

Transformator mempunyai dua lilitan terisolasi yaitu kumparan primer dan kumparan skunder. Kedua kumparan



**Gambar 5.1** Simbol transformator



**Gambar 5.2** Bentuk transformator

dihubungkan dengan besi lunak yang disebut inti besi (Core). Jika kumparan primer dialiri arus AC ( arus bolak-balik) maka akan menimbulkan medan magnet atau fluks magnetik disekitar kumparan. Kekuatan Medan magnet (densitas Fluks Magnet) tersebut dipengaruhi oleh besarnya arus listrik yang dialirinya. Semakin besar arus listriknya semakin besar pula medan magnetnya. Fluktuasi medan magnet yang terjadi di sekitar kumparan pertama (primer) akan menginduksi GGL (Gaya Gerak Listrik) dalam kumparan kedua (sekunder) dan akan terjadi pelimpahan daya dari kumparan primer ke kumparan sekunder. Tegangan yang ditimbulkan antara kumparan primer dan sekunder akan berbeda karena disesuaikan jumlah lilitan.

## 5.2 HUKUM FARADAY TENTANG GGL INDUKSI

Berdasarkan hukum Faraday maka tegangan atau ggl induksi pada kumparan sekunder adalah

$$V_s = N_s \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$$

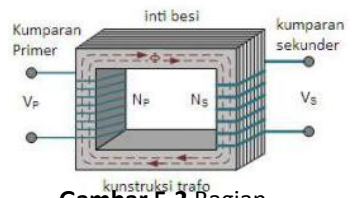
Dimana  $N_s$  adalah jumlah lilitan pada kumparan skunder, dan  $\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$  adalah laju perunahan fluks magnet. Tegangan masukan pada kumparan primer  $V_p$  juga berhubungan dengan laju perubahan fluks magnet

$$V_p = N_p \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$$

Dimana  $N_p$  adalah jumlah lilitan pada kumparan primer. Kita membagi kedua persamaan ini dengan sumsi bahwa fluks yang hilang sangat kecil atau tidak ada. Maka persamaan trasformatornya adalah

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

Persamaan tranformator menunjukkan bahwa tegangan skunder (keluaran)



**Gambar 5.2** Bagian-bagian transformator

berhubungan dengan tegangan primer (masukan)  $V_p$  dan  $V_s$  pada persamaan di atas bisa sama-sama berupa tegangan rms atau tegangan puncak

### 5.3 PEMBUATAN RANGKAIAN PERCOBAAN TRANSFORMATOR

#### a. Alat dan Bahan

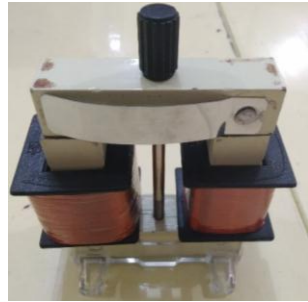
1. Kumparan 500 lilitan 1
2. Kumparan 1000 lilitan 1
3. Kabel Penghubung 5
4. Set Inti U dan L
5. Catu Daya 1
6. Multimeter Digital
7. Saklar SPST

#### b. Cara membuat rangkaian induksi elektromagnetik

1. Siapkan kumparan 500 lilitan dan 1000 lilitan seperti gambar disamping



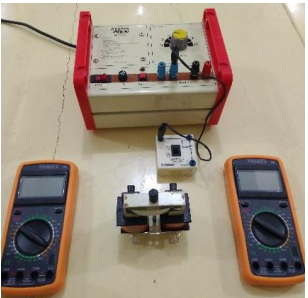
2. Menghubungkan ke dua kumpakan  
denga besi



3. Susunlah alat- alat seperti catu daya,  
saklar, multimeter digital, dan  
kumparan seperti gambar disamping



4. Hubungkan kabel 1(kabel hitam) ke  
saklar dan catu daya



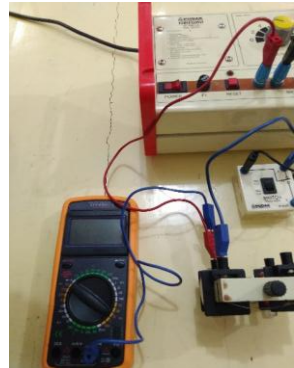
5. Hubungkan kabel ke-2 dari catu daya  
ke kumparan



6. Hubungkan kabel ke -3 (biru) dari saklar menuju lubang ke 2 kumparan primer



7. Sambungkan kabel ke-4 (biru ke-2) dari lubang ke -1 kumparan primer menuju multimeter digital



8. Sambungkan kabel ke-5 (hitam ke-2) dari lubang kumparan primer ke-2 ke multimeter digital pertama



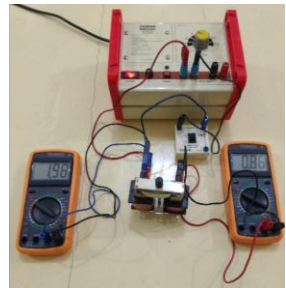
9. Sambungkan kabel ke-6 (Kabel merah ke-2) dari lubang kumparan sekunder per tama menuju multimeter digital



10. Sambungkan kabel ke-7 (kabel hitam) dari lubang ke-2 kumparan sekunder menuju multimeter digital



11. Setelah dirangkai, maka rangkaiannya disajikan pada gambar disamping. Setelah dinyalakan catu daya maka akan terbaca pada multimeter tegangan yang masuk, baik pada kumparan primer dan kumparan skunder. Besarnya tegangan dipengaruhi oleh jumlah lilitan. Pada kumparan primer berjumlah 1000 lilitan dan pada kumparan skunder berjumlah 500 lilitan.



# DAFTAR PUSTAKA

Astono J. 2005. Mekanika. Malang: UM Press

Giancoli. 2001. Fisika Jilid 2. Jakarta: Erlangga

Halliday dkk. 2002. Fisika Dasar. Jakarta: Erlangga

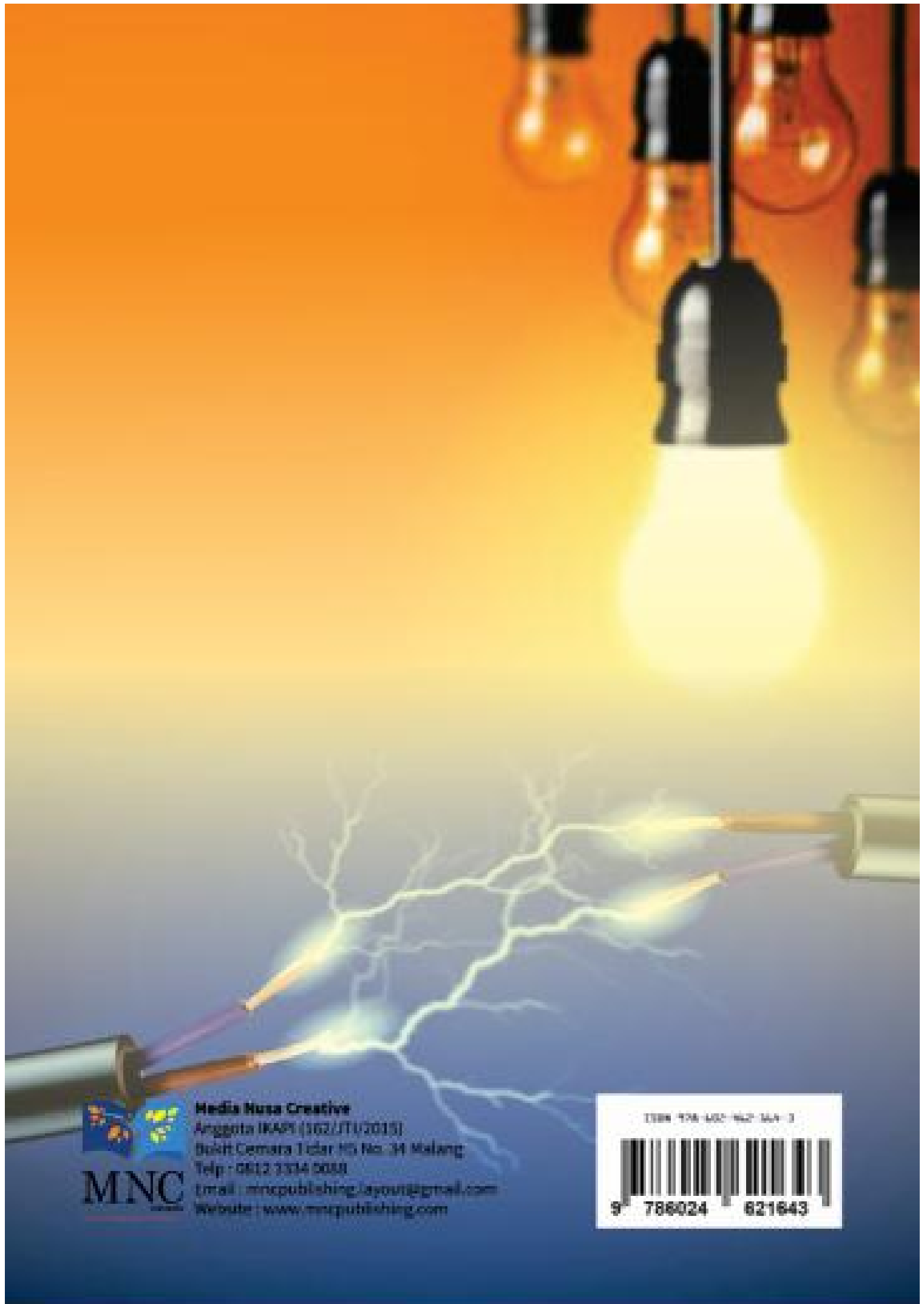
Sarojo G.A. 2014. Seri Fisika Dasar Mekanika. Jakarta: Salemba  
Teknika

Serway R.A & Jewett J.W. 2004. Fisika untuk Sains dan teknik.  
Jakarta: Salemba Teknika

Young H.D & Freedmann R.A. 2002. Fisika Universitas. Jakarta:  
Erlangga







**Media Nusa Creative**  
Anggota IKAPI (162/ITU/2015)  
Bukit Cemara Tidar HS No. 34 Malang  
Telp - 0812 3314 0088  
Email - [mncpublishing.layoun@gmail.com](mailto:mncpublishing.layoun@gmail.com)  
Website - [www.mncpublishing.com](http://www.mncpublishing.com)

ISSN 178-602-642-3



9 786024 621643