



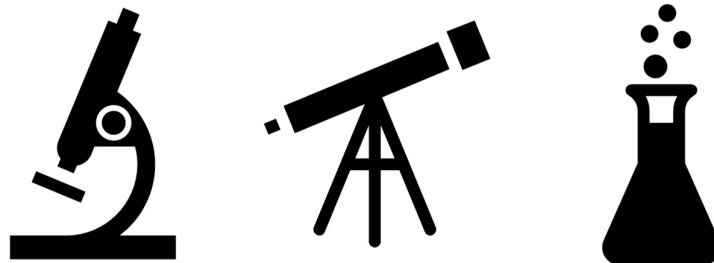
KERJASAMA  
DINAS PENDIDIKAN KOTA SURABAYA  
DENGAN  
FAKULTAS MIPA UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA



## MODUL

### MATA PELAJARAN IPA

Konsep kemagnetan dan induksi elektromagnetik



untuk kegiatan

**PELATIHAN PENINGKATAN MUTU GURU**  
**DINAS PENDIDIKAN KOTA SURABAYA**  
**TAHUN 2017**

# KONSEP KEMAGNETAN DAN INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

## A. PENGANTAR

Materi ini memberikan pemahaman konsep kemagnetan dan induksi elektromagnetik beserta contoh aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.

Untuk materi konsep kemagnetan dan induksi elektromagnetik, Kompetensi Dasar yang harus dikuasai siswa SMP:

- 3.1 Menerapkan konsep kemagnetan, induksi elektromagnetik, dan pemanfaatan medan magnet dalam kehidupan sehari-hari termasuk pergerakan/navigasi hewan untuk mencari makanan dan migrasi
- 4.1 Membuat karya sederhana yang memanfaatkan prinsip elektromagnet dan/atau induksi elektromagnetik

SKL UN SMP yang terkait dengan materi Pengukuran adalah sebagai berikut.

1. Siswa dapat memahami tentang: konsep kemagnetan dan induksi elektromagnetik
2. Siswa dapat mengaplikasikan pengetahuan tentang: kemagnetan dan induksi elektromagnetik.
3. Siswa dapat bernalar tentang: kemagnetan dan induksi elektromagnetik.

## B. TUJUAN

Tujuan Modul Diklat ini adalah:

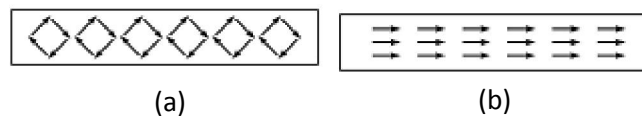
1. Peserta Diklat mampu menguasai konsep kemagnetan dan elektromagnetik dan menjelaskan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari
2. Peserta Diklat mampu merumuskan indikator setara ujian nasional untuk kompetensi yang berkaitan dengan konsep kemagnetan dan elektromagnetik.
3. Peserta Diklat mampu menyusun butir soal setara ujian nasional sesuai dengan rumusan indikator.

## C. URAIAN MATERI

Pada era teknologi yang serba modern ini magnet memegang peranan yang sangat penting. Dari pengembangan sains, telah berhasil membuat alat transportasi yang menggunakan magnet yang disebut kereta api monorel, bahkan kereta api supercepat. Berbagai alat menggunakan magnet seperti alat-alat rumah tangga dan alat-alat komunikasi. Apakah sebenarnya magnet itu? Bagaimana-kah prinsip kerja alat-alat itu berdasarkan kemagnetan?

## 1. Kemagnetan Bahan

Kita dapat menggolongkan benda berdasarkan sifatnya. Pernahkah kamu melihat benda yang dapat menarik benda logam lain? Kemampuan suatu benda menarik benda lain yang berada di dekatnya disebut kemagnetan. Berdasarkan kemampuan benda menarik benda lain dibedakan menjadi dua, yaitu benda magnet dan benda bukan magnet. Namun, tidak semua benda yang berada di dekat magnet dapat ditarik. Benda yang dapat ditarik magnet disebut benda magnetik. Benda yang tidak dapat ditarik magnet disebut benda nonmagnetik. Benda yang dapat ditarik magnet ada yang dapat ditarik kuat, dan ada yang ditarik secara lemah. Oleh karena itu, benda dikelompokkan menjadi tiga, yaitu benda feromagnetik, benda paramagnetik, dan benda diamagnetik. Benda yang ditarik kuat oleh magnet disebut benda feromagnetik. Contohnya besi, baja, nikel, dan kobalt. Benda yang ditarik lemah oleh magnet disebut benda paramagnetik. Contohnya platina, tembaga, dan garam. Benda yang ditolak oleh magnet dengan lemah disebut benda diamagnetik. Contohnya timah, aluminium, emas dan bismuth.

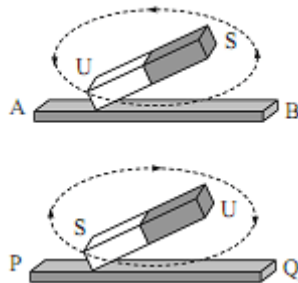


Gambar 1. Susunan magnetik elementer Besi/Baja: (a) sebelum menjadi magnet, (b) telah menjadi magnet.

Benda-benda magnetik yang bukan magnet dapat dijadikan magnet. Benda itu ada yang mudah dan ada yang sulit dijadikan magnet. Baja sulit untuk dibuat magnet, tetapi setelah menjadi magnet sifat kemagnetannya tidak mudah hilang. Oleh karena itu, baja digunakan untuk membuat magnet tetap (magnet permanen). Besi mudah untuk dibuat magnet, tetapi jika setelah menjadi magnet sifat kemagnetannya mudah hilang. Oleh karena itu, besi digunakan untuk membuat magnet sementara. Setiap benda magnetik pada dasarnya terdiri magnet-magnet kecil yang disebut magnet elementer. Cobalah mengingat kembali teori partikel zat di kelas VII. rinsip membuat magnet adalah mengubah susunan magnet elementer yang tidak beraturan menjadi searah dan teratur. Ada tiga cara membuat magnet, yaitu menggosok, induksi, dan arus listrik.

### 1.1. Membuat Magnet dengan Cara Menggosok

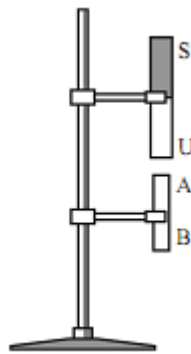
Besi yang semula tidak bersifat magnet, dapat dijadikan magnet. Caranya besi digosok dengan salah satu ujung magnet tetap. Arah gosokan dibuat searah agar magnet elementer yang terdapat pada besi letaknya menjadi teratur dan mengarah ke satu arah.



Gambar 2. Ujung terakhir gosokan menjadi kutub selatan

### 1.2. Membuat Magnet dengan Cara Induksi

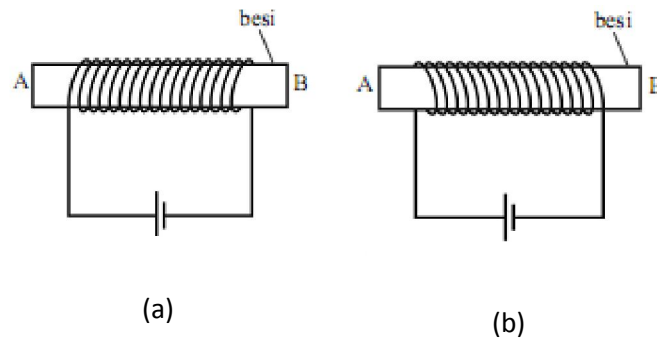
Besi dan baja dapat dijadikan magnet dengan cara induksi magnet. Besi dan baja diletakkan di dekat magnet tetap. Magnet elementer yang terdapat pada besi dan baja akan terpengaruh atau terinduksi magnet tetap yang menyebabkan letaknya teratur dan mengarah ke satu arah. Besi atau baja akan menjadi magnet sehingga dapat menarik serbuk besi yang berada di dekatnya. Ujung besi yang berdekatan dengan kutub magnet batang, akan terbentuk kutub yang selalu berlawanan dengan kutub magnet penginduksi. Apabila kutub utara magnet batang berdekatan dengan ujung A besi, maka ujung A besi menjadi kutub selatan dan ujung B besi menjadi kutub utara atau sebaliknya.



Gambar 3. Ujung A Besi menjadi kutub selatan

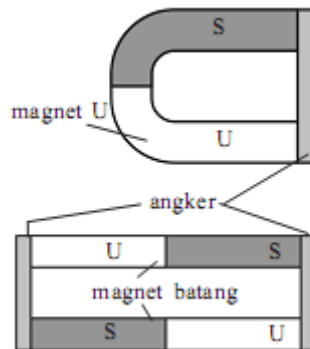
### 1.3. Membuat Magnet dengan Cara Arus Listrik

Selain dengan cara induksi, besi dan baja dapat dijadikan magnet dengan arus listrik. Besi dan baja dililiti kawat yang dihubungkan dengan baterai. Magnet elementer yang terdapat pada besi dan baja akan terpengaruh aliran arus searah (DC) yang dihasilkan baterai. Hal ini menyebabkan magnet elementer letaknya teratur dan mengarah ke satu arah. Besi atau baja akan menjadi magnet dan dapat menarik serbuk besi yang berada di dekatnya. Magnet yang demikian disebut magnet listrik atau elektromagnet.



Gambar 4 Ujung A Besi menjadi: (a) kutub utara, (b) kutub selatan

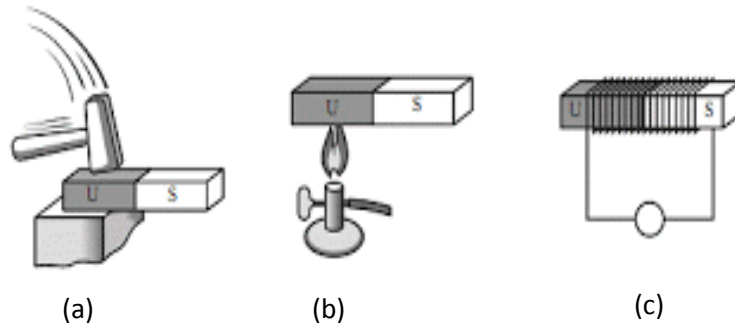
Besi yang berujung A dan B dililiti kawat berarus listrik. Kutub magnet yang terbentuk bergantung pada arah arus ujung kumparan. Jika arah arus berlawanan jarum jam maka ujung besi tersebut menjadi kutub utara. Sebaliknya, jika arah arus searah putaran jarum jam maka ujung besi tersebut terbentuk kutub selatan. Dengan demikian, ujung A kutub utara dan B kutub selatan atau sebaliknya.



Gambar 5. Cara penyimpanan magnet

Setelah kita dapat membuat magnet tentu saja ingin menyimpannya. Agar sifat kemagnetan sebuah magnet dapat tahan lama, maka dalam menyimpan magnet diperlukan angker (sepotong besi) yang dipasang pada kutub magnet. Pemasangan angker bertujuan untuk mengarahkan magnet elementer hingga membentuk rantai tertutup. Untuk menyimpan dua buah magnet batang diperlukan dua angker yang dihubungkan dengan dua kutub magnet yang berlawanan. Jika berupa magnet U untuk menyimpan diperlukan satu angker yang dihubungkan pada kedua kutubnya. Kita sudah mengetahui benda magnetik dapat dijadikan magnet. Sebaliknya magnet juga dapat dihilangkan kemagnetannya. Bagaimana caranya? Sebuah magnet akan hilang sifat kemagnetannya jika magnet dipanaskan, dipukul-pukul, dan dialiri arus listrik bolak-balik. Magnet yang mengalami pemanasan dan pemukulan akan menyebabkan perubahan susunan magnet elementernya. Akibat pemanasan dan pemukulan magnet elementer menjadi tidak teratur dan tidak searah. Penggunaan arus AC

menyebabkan arah arus listrik yang selalu berubah-ubah. Perubahan arah arus listrik memengaruhi letak dan arah magnet elementer. Apabila letak dan arah magnet elementer berubah, sifat kemagnetannya hilang.

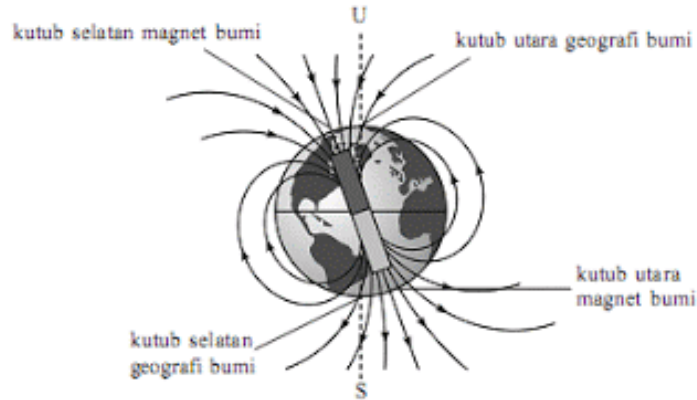


Gambar 6. Cara menghilangkan sifat kemagnetan: (a) dipukul, (b) dibakar dan (c) dialiri arus AC

## 2. Medan Magnet

### 2.1. Bumi Sebagai Magnet

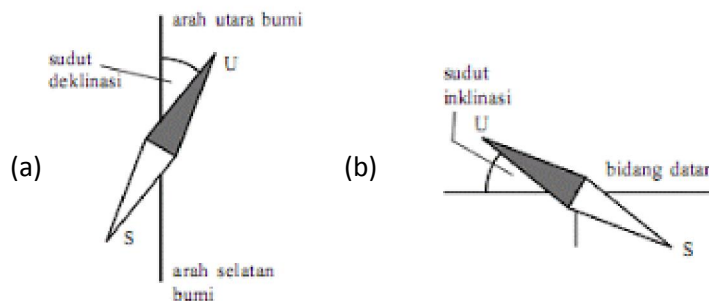
Kamu sudah mengetahui sebuah magnet batang yang tergantung bebas akan menunjuk arah tertentu. Pada bagian ini, kamu akan mengetahui mengapa magnet bersikap seperti itu. Pada umumnya sebuah magnet terbuat dari bahan besi dan nikel. Keduanya memiliki sifat kemagnetan karena tersusun oleh magnet- magnet elementer. Batuan-batuan pembentuk bumi juga mengandung magnet elementer. Bumi dipandang sebagai sebuah magnet batang yang besar yang membujur dari utara ke selatan bumi. Magnet bumi memiliki dua kutub, yaitu kutub utara dan selatan. Kutub utara magnet bumi terletak di sekitar kutub selatan bumi. Adapun kutub selatan magnet bumi terletak di sekitar kutub utara bumi. Magnet bumi memiliki medan magnet yang dapat memengaruhi jarum kompas dan magnet batang yang tergantung bebas. Medan magnet bumi digambarkan dengan garis-garis lengkung yang berasal dari kutub selatan bumi menuju kutub utara bumi. Magnet bumi tidak tepat menunjuk arah utara-selatan geografis. Penyimpangan magnet bumi ini akan menghasilkan garis-garis gaya magnet bumi yang menyimpang terhadap arah utara-selatan geografis. Adakah pengaruh penyimpangan magnet bumi terhadap jarum kompas?



Gambar 7. Letak magnet bumi menyimpang terhadap utara-selatan geografis

## 2.2. Deklinasi dan Inklinasi

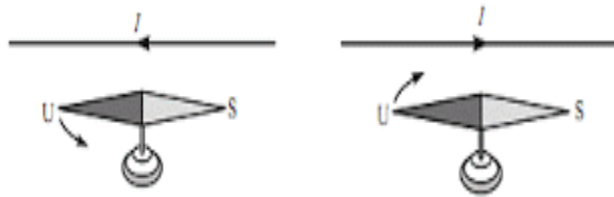
Jika kita perhatikan kutub utara jarum kompas dalam keadaan setimbang tidak tepat menunjuk arah utara dengan tepat. Penyimpangan jarum kompas itu terjadi karena letak kutub-kutub magnet bumi tidak tepat berada di kutub-kutub bumi, tetapi menyimpang terhadap letak kutub bumi. Hal ini menyebabkan garis-garis gaya magnet bumi mengalami penyimpangan terhadap arah utara-selatan bumi. Akibatnya penyimpangan kutub utara jarum kompas akan membentuk sudut terhadap arah utara-selatan bumi (geografis). Sudut yang dibentuk oleh kutub utara jarum kompas dengan arah utara-selatan geografis disebut *deklinasi* (8.a). Pernahkah kamu memerhatikan mengapa kedudukan jarum kompas tidak mendatar. Penyimpangan jarum kompas itu terjadi karena garis-garis gaya magnet bumi tidak sejajar dengan permukaan bumi (bidang horizontal). Akibatnya, kutub utara jarum kompas menyimpang naik atau turun terhadap permukaan bumi. Penyimpangan kutub utara jarum kompas akan membentuk sudut terhadap bidang datar permukaan bumi. Sudut yang dibentuk oleh kutub utara jarum kompas dengan bidang datar disebut *inklinasi* (8.b). Alat yang digunakan untuk menentukan besar inklinasi disebut inklinator. Peristiwa di atas dapat dibuktikan dengan percobaan sederhana: *Ambillah sebuah kompas dan letakkan di atas meja dengan penunjuk utara (N) tepat menunjuk arah utara. Amatilah kutub utara jarum kompas. Apakah kutub utara jarum kompas tepat menunjuk arah utara (N)? Berapakah sudut yang dibentuk antara kutub utara jarum kompas dengan arah utara (N)?*



Gambar 8. Arah jarum magnetik terhadap kutub bumi: (a) Deklinasi dan (b) Inklinasi

### 2.3. Medan Magnet disekitar Arus Listrik

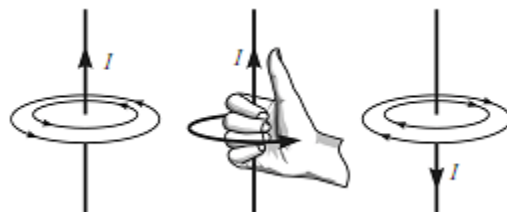
Medan magnet di sekitar kawat berarus listrik ditemukan secara tidak sengaja oleh Hans Christian Oersted (1770-1851), ketika akan memberikan kuliah bagi mahasiswa. Oersted menemukan bahwa di sekitar kawat berarus listrik magnet jarum kompas akan bergerak (menyimpang). Penyimpangan magnet jarum kompas akan makin besar jika kuat arus listrik yang mengalir melalui kawat diperbesar. Arah penyimpangan jarum kompas bergantung arah arus listrik yang mengalir dalam kawat. Gejala itu terjadi jika kawat dialiri arus listrik. Jika kawat tidak dialiri arus listrik, medan magnet tidak terjadi sehingga magnet jarum kompas tidak bereaksi.



Gambar 9. Arah penyimpangan kutub utara jarum jam kompas disekitar kawat berarus

Perubahan arah arus listrik ternyata juga memengaruhi perubahan arah penyimpangan jarum kompas. Perubahan jarum kompas menunjukkan perubahan arah medan magnet. Bagaimanakah menentukan arah medan magnet di sekitar penghantar berarus listrik?. Jika arah arus listrik mengalir sejajar dengan jarum kompas dari kutub selatan menuju kutub utara, kutub utara jarum kompas menyimpang berlawanan dengan arah putaran jarum jam. Jika arah arus listrik mengalir sejajar dengan jarum kompas dari kutub utara menuju kutub selatan, kutub utara jarum kompas menyimpang searah dengan arah putaran jarum jam.

Gejala penyimpangan magnet jarum di sekitar arus listrik membuktikan bahwa arus listrik dapat menghasilkan medan magnet. Arah medan magnet yang ditimbulkan arus listrik dapat diterangkan melalui aturan atau kaidah berikut. Anggaplah suatu penghantar berarus listrik digenggam tangan kanan. Perhatikan Gambar 10, jika arus listrik searah ibu jari, arah medan magnet yang timbul searah keempat jari yang menggenggam. Kaidah yang demikian disebut kaidah tangan kanan menggenggam (coba praktekan).

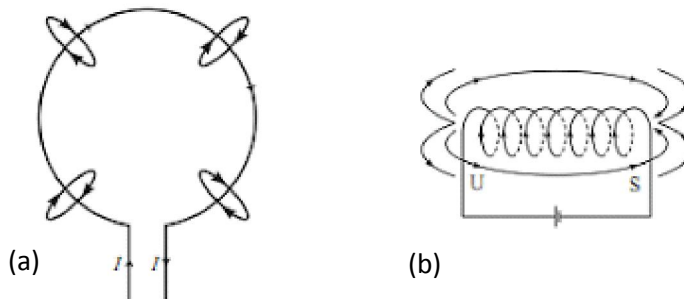


Gambar 10. Kaidah tangan kanan



## 2.4. Solenoida

Pada uraian sebelumnya kamu sudah mempelajari medan magnet yang timbul pada penghantar lurus. Bagaimana jika penghantarnya melingkar dengan jumlah banyak? Sebuah penghantar melingkar jika dialiri arus listrik akan menghasilkan medan listrik seperti Gambar 11. Penghantar melingkar yang berbentuk kumparan panjang disebut solenoida. Medan magnet yang ditimbulkan oleh solenoida akan lebih besar daripada yang ditimbulkan oleh sebuah penghantar melingkar, apalagi oleh sebuah penghantar lurus. Tahukah kamu mengapa demikian?. Jika solenoida dialiri arus listrik maka akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet yang dihasilkan solenoida berarus listrik bergantung pada kuat arus listrik dan banyaknya kumparan. Garis-garis gaya magnet pada solenoida merupakan gabungan dari garis-garis gaya magnet dari kawat melingkar. Gabungan itu akan menghasilkan medan magnet yang sama dengan medan magnet sebuah magnet batang yang panjang. Kumparan seolah-olah mempunyai dua kutub, yaitu ujung yang satu merupakan kutub utara dan ujung kumparan yang lain merupakan kutub selatan.



Gambar 11. (a) Medan magnet penghantar melingkar dan (b) arah garis gaya magnet pada Solenoida

## 2.5. Elektromagnetik

Medan magnet yang dihasilkan oleh solenoida berarus listrik tidak terlalu kuat. Agar medan magnet yang dihasilkan solenoida berarus listrik bertambah kuat, maka di dalamnya harus dimasukkan inti besi lunak. Besi lunak merupakan besi yang tidak dapat dibuat menjadi magnet tetap. Solenoida berarus listrik dan dilengkapi dengan besi lunak itulah yang dikenal sebagai elektromagnet. Faktor yang Memengaruhi Kekuatan Elektromagnet. Apakah yang memengaruhi besar medan magnet yang dihasilkan elektromagnet? Sebuah elektromagnet terdiri atas tiga unsur penting, yaitu jumlah lilitan, kuat arus, dan inti besi. Makin banyak lilitan dan makin besar arus listrik yang mengalir, makin besar medan magnet yang dihasilkan. Selain itu medan magnet yang dihasilkan elektromagnet juga tergantung pada inti besi yang digunakan. Makin besar (panjang) inti besi yang berada dalam solenoida, makin besar medan magnet yang dihasilkan elektromagnet. Jadi kemagnetan sebuah elektromagnet bergantung besar kuat arus yang mengalir, jumlah lilitan, dan besar inti besi yang digunakan. Elektromagnet menghasilkan medan magnet

yang sama dengan medan magnet sebuah magnet batang yang panjang. Elektromagnet juga mempunyai dua kutub yaitu ujung yang satu merupakan kutub utara dan ujung kumparan yang lain merupakan kutub selatan. Dibandingkan magnet biasa, elektromagnet banyak mempunyai keunggulan. Karena itulah elektromagnet banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa keunggulan elektromagnet antara lain sebagai berikut.

- [1]. Kemagnetannya dapat diubah-ubah dari mulai yang kecil sampai yang besar dengan cara mengubah salah satu atau ketiga dari kuat arus listrik, jumlah lilitan dan ukuran inti besi.
- [2]. Sifat kemagnetannya mudah ditimbulkan dan dihilangkan dengan cara memutus dan menghubungkan arus listrik menggunakan sakelar.
- [3]. Dapat dibuat berbagai bentuk dan ukuran sesuai dengan kebutuhan yang dikehendaki.
- [4]. Letak kutubnya dapat diubah-ubah dengan cara mengubah arah arus listrik.

Kekuatan elektromagnet akan bertambah, jika: [1] arus yang melalui kumparan bertambah, [2] jumlah lilitan diperbanyak, dan [3] memperbesar/memperpanjang inti besi. Contoh pemanfaatan medan magnet adalah, seperti: Bel listrik, Rilai, Telepon, Katrol listrik, Ril Kereta Api super cepat, dsb.

## 2.6. Gaya Lorentz

Di depan telah dijelaskan bahwa kawat berarus listrik menimbulkan medan magnet. Apakah yang terjadi jika kawat berarus listrik berada dalam medan magnet tetap?. Interaksi medan magnet dari kawat berarus dengan medan magnet tetap akan menghasilkan gaya magnet. Pada peristiwa ini terdapat hubungan antara arus listrik, medan magnet tetap, dan gaya magnet. Hubungan besaran-besaran itu ditemukan oleh fisikawan Belanda, Hendrik Anton Lorentz (1853-1928). Dalam penyelidikannya Lorentz menyimpulkan bahwa besar gaya yang ditimbulkan berbanding lurus dengan kuat arus, kuat medan magnet, panjang kawat dan sudut yang dibentuk arah arus listrik dengan arah medan magnet. Untuk menghargai jasa penemuan H.A. Lorentz, gaya tersebut disebut gaya Lorentz. Apabila arah arus listrik tegak lurus dengan arah medan magnet, besar gaya Lorentz dirumuskan.

$$F = B \cdot i \cdot l \quad [1]$$

F = gaya Lorentz satuan newton (N)

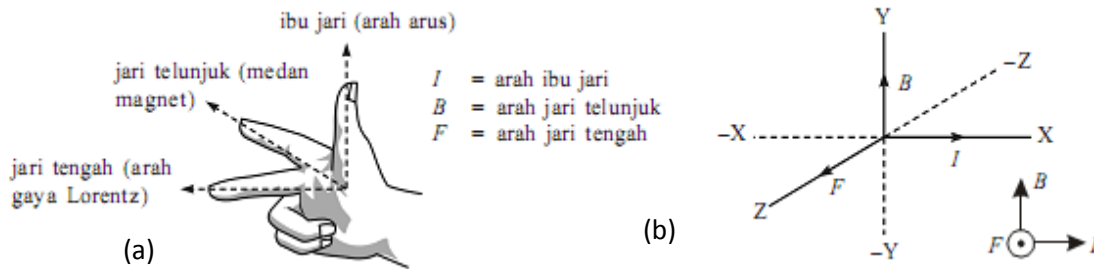
B = kuat medan magnet satuan tesla (T).

l = panjang kawat satuan meter (m)

i = kuat arus listrik satuan ampere (A)

Berdasarkan rumus di atas tampak bahwa apabila arah arus listrik tegak lurus dengan arah medan magnet, besar gaya Lorentz bergantung pada panjang kawat, kuat arus listrik, dan kuat medan magnet. Gaya Lorentz yang ditimbulkan makin besar, jika panjang kawat, kuat

arus listrik, dan kuat medan magnet makin besar. Arah gaya Lorentz bergantung pada arah arus listrik dan arah medan magnet. Untuk menentukan arah gaya Lorentz digunakan kaidah atau aturan tangan kanan. Caranya rentangkan ketiga jari yaitu ibu jari, jari telunjuk, dan jari tengah sedemikian hingga membentuk sudut 90 derajat (saling tegak lurus). Jika ibu jari menunjukkan arah arus listrik ( $I$ ) dan jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet ( $B$ ) maka arah gaya Lorentz searah jari tengah ( $F$ ). Dalam bentuk tiga dimensi, arah yang tegak lurus mendekati pembaca diberi simbol. Adapun arah yang tegak lurus menjauhi pembaca diberi simbol.

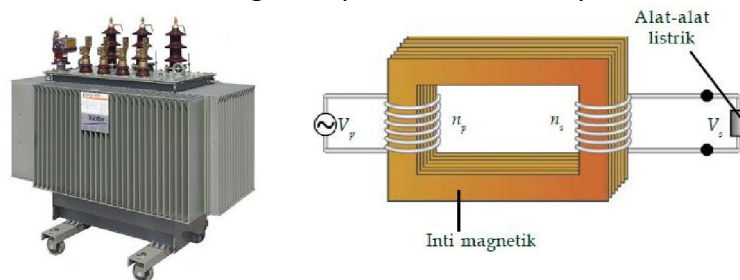


Gambar 12. (a) Menentukan arah gaya Lorentz dengan kaidah tangan kanan, dan (b) arah gaya Lorentz digambarkan pada tiga dimensi.

Gaya Lorentz yang ditimbulkan kawat berarus listrik dalam medan magnet dapat dimanfaatkan untuk membuat alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Alat yang menerapkan gaya Lorentz adalah motor listrik dan alat-alat ukur listrik. Motor listrik banyak dijumpai pada tape recorder, pompa air listrik, dan komputer. Adapun, contoh alat ukur listrik yaitu amperemeter, voltmeter, dan ohmmeter.

### 3. Transformator: Step-Up dan Step-Down

Transformator terdiri atas pasangan kumparan primer dan sekunder yang terpisah dan dililitkan pada inti besi lunak yang terbuat dari plat besi yang disusun berlapis-lapis. Prinsip dasar transformator adalah berdasarkan percobaan yang dilakukan pertama kali oleh Faraday. Perhatikan skema rangkaian percobaan Faraday berikut ini!



Gambar 13. Contoh Trafo dan bentuk kumparan primer dan skunder pada Trafo

Pada Gambar di atas, kamu dapat mengamati bahwa rangkaian primer terdiri atas kumparan primer yang dililitkan di sebelah kiri inti besi dan dihubungkan dengan sebuah aki. Rangkaian sekunder terdiri atas kumparan sekunder yang dililitkan di sebelah kanan inti besi dan dihubungkan dengan sebuah galvanometer. Nah, ketika arus mengalir melalui kumparan primer, arus listrik yang mengalir pada kumparan primer berubah dari nol ke nilai tetapnya. Arus listrik tersebut menghasilkan garis-garis gaya magnetik. Sesuai dengan kaidah tangan kanan, arus listrik ini akan menghasilkan garis-garis gaya magnetik yang memotong kumparan sekunder. Karena arus listrik dalam rangkaian primer selalu berubah-ubah dari nol ke nilai tetapnya, garis-garis gaya magnetik yang memotong kumparan sekunder pun berubah-ubah dari nol ke nilai tetapnya. Perubahan garis gaya magnetik yang memotong kumparan sekunder akan membangkitkan ggl induksi pada ujung-ujung kumparan sekunder. Dengan adanya arus listrik induksi yang mengalir melalui galvanometer, jarum galvanometer akan menyimpang, misalnya ke kanan. Setelah beberapa saat, garis gaya magnetik sudah tetap sehingga ggl induksi pada ujung-ujung kumparan kembali menjadi nol. Ketika arus yang mengalir melalui kumparan primer diputuskan, arus listrik yang mengalir pada kumparan sekunder akan berkurang dari nilai tetapnya menuju ke nol. Hal ini menyebabkan garis-garis gaya magnetik yang memotong kumparan sekunder juga berkurang dari nilai tetapnya menuju nol. Perubahan garis-garis gaya magnetik yang memotong kumparan sekunder ini menyebabkan timbulnya ggl induksi di ujung-ujung kumparan dengan polaritas yang berlawanan dengan ggl induksi yang dihasilkan sebelumnya. Hal ini menimbulkan arus induksi dengan arah yang berlawanan dengan arah arus induksi sebelumnya sehingga jarum galvanometer juga menyimpang ke arah kiri. Transformator biasanya digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan listrik arus AC. Hal ini dapat dilakukan dengan cara membedakan jumlah lilitan dari kumparan primer dan kumparan sekunder.

Bagaimana hubungan antara jumlah lilitan, kuat arus dan besar tegangan dalam transformator?. Pada transformator, perbandingan tegangan sama dengan perbandingan banyaknya lilitan. Secara matematis hubungan antara tegangan dan banyaknya lilitan dituliskan sebagai berikut.

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} \quad [2]$$

Keterangan:

$V_P$  = tegangan pada kumparan primer

$V_S$  = tegangan pada kumparan sekunder

$N_P$  = banyaknya lilitan kumparan primer

$N_S$  = banyaknya lilitan kumparan sekunder

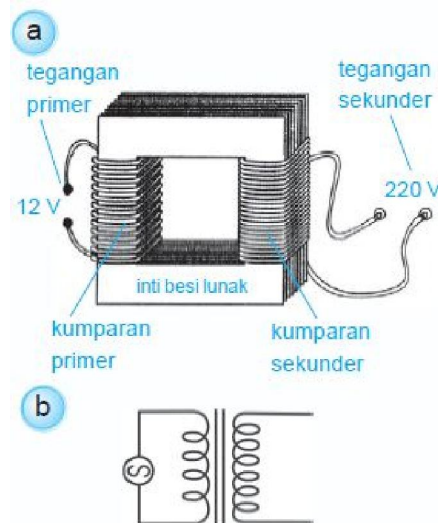
Dari Persamaan (a) di atas dapat dikatakan bahwa besarnya tegangan berbanding lurus dengan banyaknya lilitan. Jika besarnya tegangan dan kuat arus listrik pada kumparan primer dinyatakan dengan  $V_p$  dan  $I_p$ , maka besar daya listrik pada kumparan primer ( $P_p$ ) adalah sebagai berikut.

$$P_p = V_p \cdot I_p \quad [3]$$

Jika besarnya tegangan dan kuat arus listrik pada kumparan sekunder dinyatakan dengan  $V_s$  dan  $I_s$ , maka besar daya listrik pada kumparan sekunder ( $P_s$ ) adalah sebagai berikut.

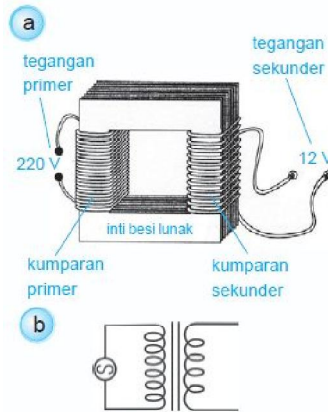
$$P_s = V_s \cdot I_s \quad [4]$$

Berdasarkan tegangan listrik yang dihasilkan, trafo dibedakan menjadi dua macam, yaitu trafo step up dan trafo step down.



Gambar 14 (a) Trafo Step Up dan (b) Simbol Trafo Step Up

**Trafo step up** adalah trafo yang menghasilkan tegangan arus AC lebih tinggi. Bentuk dan simbol trafo step up ditunjukkan pada Gambar di atas. Sedangkan ciri-ciri trafo step up adalah: (1)  $N_p < N_s$ ; (2)  $V_p < V_s$ ; dan (3)  $I_p > I_s$ .



Gambar 15. (a) Trafo Step Down dan (b) Simbol Trafo Step Down

**Trafo step down** adalah trafo yang menghasilkan tegangan arus AC lebih rendah. Simbol trafo step down ditunjukkan pada Gambar di atas. Sedangkan ciri-ciri trafo step down adalah: (1)  $N_p > N_s$ ; (2)  $V_p > V_s$ ; (3)  $I_p < I_s$ . Pada transformator ideal, efisiensi transformator dapat dianggap 100%, hal ini berarti daya yang hilang dalam transformator dapat diabaikan sehingga daya listrik pada kumparan primer dapat diteruskan seluruhnya menuju kumparan sekunder. Dengan pengertian tersebut dapat diperoleh:

$$P_p = P_s \leftrightarrow V_p \cdot I_p = V_s \cdot I_s \quad [5]$$

Sehingga hubungan antara besarnya tegangan dan besarnya arus listrik, serta kumparan (banyaknya lilitan) pada rangkaian primer dan skunder, adalah:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad [6]$$

#### D. CONTOH INDIKATOR, SOAL, DAN PENYELESAIAN

Contoh indikator untuk konsep magnet dan elektromagnet:

##### 1. Indikator Soal:

Diberikan informasi tentang konsep magnetik dan induksi elektromagnetik, peserta didik dapat **menganalisis** gejala GGL dan arus induksi dan aplikasinya

##### Soal:

Timbulnya ggl dan arus induksi disebabkan oleh ...

- (a) Adanya sumber arus
- (b) Perubahan medan magnet di dalam kumparan
- (c) Perubahan medan magnet di sekitar kumparan
- (d) Adanya sumber tegangan

**Penyelesaian:**

*Arus listrik induksi yang mengalir melalui kumparan meningkat dan ggl induksi bertambah besar. Selain dengan memperbanyak jumlah lilitan, ggl induksi dapat bertambah lebih besar jika kecepatan magnet yang memasuki kumparan dipercepat. Jadi, besar kecilnya ggl induksi bergantung pada tiga faktor, yaitu: Banyaknya lilitan kumparan, Kecepatan gerak keluar-masuk magnet ke dalam kumparan, dan Kuat magnet batang yang digunakan. Arus listrik yang disebabkan oleh perubahan jumlah garis gaya magnetik yang memotong kumparan dinamakan arus induksi. (Jawaban B)*

**2. Indikator Soal:**

Diberikan informasi tentang tentang konsep magnetik dan induksi elektromagnetik, peserta didik dapat **menganalisis** hubungan arus listrik dan gejala elektromagnetik dan aplikasinya

**Soal:**

Membangkitkan arus listrik dengan menggerakkan sebuah konduktor melintasi daerah medan magnet disebut ...

- (a) Induksi elektromagnetik
- (b) Gaya elektromagnetik
- (c) Flux magnet
- (d) Ferromagnetik

**Penyelesaian:**

**Soal ini ada kaitannya dengan induksi elektromagnetik**

*Induksi magnetik adalah peristiwa timbulnya arus listrik akibat adanya perubahan fluks magnetic. Fluks magnetic adalah banyaknya garis gaya magnet yang menembus suatu bidang. Konsep ini pertama kali disampaikan oleh Michael Faraday dengan gagasan bahwa medan magnet dapat menghasilkan arus listrik. (Jawaban: C)*

**3. Indikator Soal:**

Diberikan informasi tentang tentang konsep magnetik dan induksi elektromagnetik, peserta didik dapat **menghubungkan** Sifat dasar kemagnetan pada bahan dengan benar

**Soal:**

Roda sepeda yang memutar dinamo menimbulkan hal-hal di bawah ini, kecuali ....

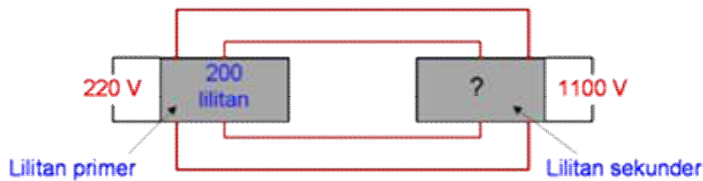
- (a) perubahan garis-garis gaya magnet menimbulkan gejala induksi
- (b) arus bolak-balik dapat menyalakan lampu
- (c) perubahan energi kinetik menjadi energi listrik
- (d) perubahan energi listrik menjadi energi mekanik.

**Penyelesaian:**

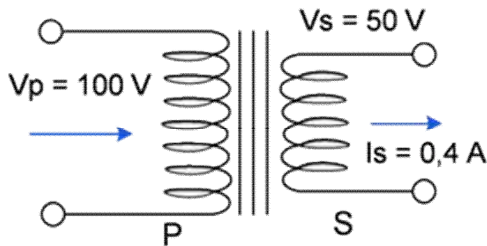
*Dinamo sepeda merupakan generator kecil yang dapat menghasilkan arus listrik yang kecil pula. pada Dinamo sepeda prinsip kerjanya yaitu energi gerak di ubah menjadi energi listrik. (Jawaban: D)*

**E. SOAL-SOAL LATIHAN**

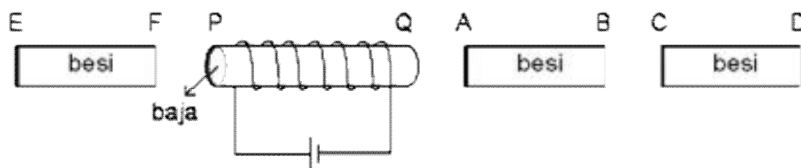
- Perhatikan diagram trafo berikut ini, tentukan jumlah Lilitan sekunder Trafo adalah....



- Tinjau skema transformator berikut: (a) tentukan kuat arus primer, (b) tentukan daya luaran, dan (c) tentukan efisiensi transformator tersebut.



- Perhatikan gambar pembuatan magnet berikut, dan lakukan identifikasi kutub magnet yang terbentuk pada ketiga batang besi (E-F, A-B dan C-D)!



**F. LATIHAN MERUMUSKAN INDIKATOR DAN MEMBUAT BUTIR SOAL**

Berdasarkan SKL materi Konsep Magnet dan Elektromagnet yang dicantumkan pada bagian Pengantar di atas, rumuskan indikator dan kembangkan butir soal untuk mengukur indikator tersebut.

**G. DAFTAR PUSTAKA**

Nenden Fauziah, Berlian Nurcahaya, Naeli Nurlaeli, 2009. Ilmu Pengetahuan Alam 9, Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.

Wasis, Sugeng Yuli, Irianto, 2009. Ilmu Pengetahuan Alam 9, Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.