



### Ayo, Kita Diskusikan

Hewan lain yang memanfaatkan medan magnet bumi untuk melakukan migrasi adalah paus. Sayangnya, migrasi yang dilakukan oleh paus tidak seberuntung hewan lain, karena dalam perjalannya banyak kawanan paus yang tersesat. Kamu mungkin pernah melihat berita di televisi atau membaca di koran tentang paus yang terdampar, seperti yang pernah terjadi di perairan Desa Pesisir, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur (Kompas, 15 Juni 2016) atau di pantai Batu Tumpeng, Klungkung, Bali (Tribun Bali, 14 Maret 2016). Tahukah kamu, mengapa paus tersebut dapat terdampar? Carilah jawabannya dengan berdiskusi dan gunakan beberapa sumber untuk memperoleh jawaban yang lengkap!

## B. Teori Dasar Kemagnetan

### Ayo, Kita Pelajari



- Gaya magnet
- Cara membuat magnet
- Gaya Lorentz
- Induksi elektromagnetik



### Istilah Penting

- Gaya magnet
- Magnet elementer
- Kutub magnet
- Feromagnetik
- Diamagnetik
- Paramagnetik
- Elektromagnetik

### Mengapa Penting?



Setelah mempelajari materi ini kamu akan dapat memahami konsep medan magnet dan induksi elektromagnetik serta mengetahui peralatan di sekitar kita yang memanfaatkan magnet

Perkembangan peradaban manusia tidak terlepas dari penemuan magnet. Mulai dari *speaker*, telepon, televisi, bel rumah, dan berbagai peralatan yang biasa kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari memanfaatkan magnet sebagai komponen utamanya. Akan tetapi, tahukah kamu apa yang dimaksud dengan magnet? Dari manakah magnet berasal? Dapatkah sifat kemagnetan suatu bahan hilang? Atau, dapatkah kita membuat magnet? Agar dapat menjawab semua permasalahan tersebut, mari pelajari materi selanjutnya dengan penuh semangat!



## 1. Konsep Gaya Magnet

Istilah magnet sering kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari, bahkan kamu juga sering menggunakan magnet. Menurut kamu apa yang disebut dengan magnet? Kata magnet 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 wilayah tersebut terkandung batu magnet yang ditemukan sejak zaman dulu.

Magnet terbuat dari logam seperti besi dan baja. Magnet memiliki berbagai bentuk dan dinamakan sesuai bentuknya, seperti yang bisa kamu lihat pada Gambar 6.6.



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.6** Magnet U dan Magnet Batang

Penentuan kutub magnet batang dapat dilakukan dengan percobaan sederhana. Letakkan magnet batang di atas gabus lalu apungkan di permukaan air, ujung magnet yang menunjuk ke arah utara adalah kutub utara magnet, dan ujung magnet yang menunjuk arah selatan adalah kutub selatan magnet, seperti pada Gambar 6.7.



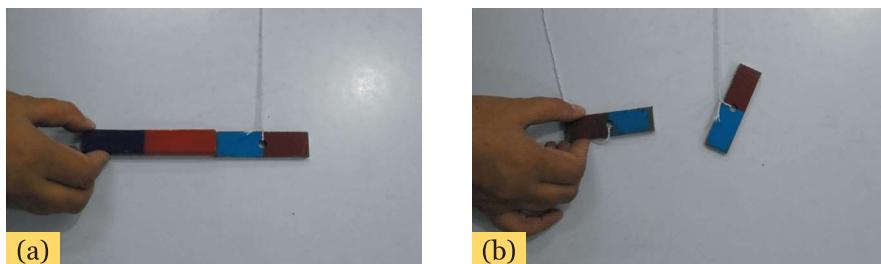
Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.7** Magnet Batang yang Diapungkan

Tahukah kamu mengapa demikian? Selanjutnya, coba kamu dekatkan ujung kedua magnet. Ulangi kegiatanmu dengan mendekatkan ujung lain kedua magnet tersebut. Selanjutnya, amati peristiwa yang terjadi

pada kedua ujung magnet tersebut. Lakukan hal ini berulang-ulang. Dapatkah kamu membuat kesimpulan?

Magnet selalu memiliki dua kutub, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Kutub-kutub magnet yang senama bila didekatkan akan tolak menolak, sedangkan kutub-kutub magnet yang berbeda nama bila didekatkan akan tarik-menarik. Kutub-kutub ini selalu ada pada setiap magnet walaupun magnet tersebut dipotong menjadi potongan magnet kecil. Perhatikan Gambar 6.8 tentang interaksi dua magnet!

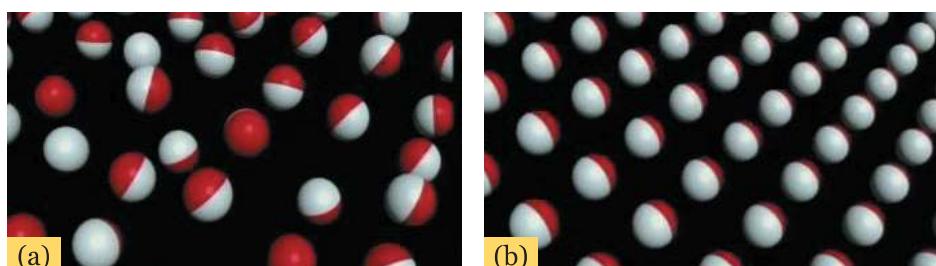


Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.8** Interaksi Dua Magnet

(a) Kutub-kutub Magnet Tidak Senama Tarik Menarik, (b) Kutub-kutub Magnet Senama Tolak-menolak

Dari manakah kekuatan magnet berasal? Apa beda gaya magnet dengan gaya listrik? Mari mengingat materi tentang gaya listrik! Gaya listrik berasal dari adanya interaksi antara muatan listrik, sedangkan gaya magnet berasal dari adanya interaksi antara kutub-kutub magnet yang ditimbulkan oleh gerakan muatan listrik (elektron) pada benda. Perhatikan Gambar 6.9!



Sumber: National Geographic Channel

**Gambar 6.9** Magnet Elementer Penyusun Magnet, (a) Magnet Elementer Tersebar Acak, (b) Magnet Elementer Tersusun pada Arah Tertentu

Pada Gambar 6.9a, kutub utara dan kutub selatan partikel elementer magnet pada benda tersebut tersebar secara acak, sehingga benda tidak memiliki sifat magnet. Pada beberapa jenis logam tertentu, seperti besi



dan baja, sejumlah magnet elementer apabila diinduksi dapat disusun berbaris pada arah tertentu sehingga benda bersifat sebagai magnet (Gambar 6.9b).

### a. Sifat Magnet Bahan

Apa yang terjadi jika magnet didekatkan pada logam atau kayu? Pernahkah kamu mengamatinya? Ayo, Lakukan Aktivitas 6.1 untuk menemukan sifat magnet pada beberapa bahan!



#### Ayo, Kita Lakukan

#### Aktivitas 6.1 Sifat Magnet Bahan

##### Apa yang kamu perlukan?

1. 1 buah magnet batang
2. Benda di dalam kelas (pensil, pulpen, mistar, gunting, karet penghapus)
3. 1 buah paku besi
4. 1 buah paku baja
5. 1 wadah aluminium
6. 1 buah sendok stainless
7. 5 cm timah
8. Garam secukupnya
9. 30 cm benang wol atau tali
10. 1 buah statif

##### Apa yang harus kamu lakukan?

1. Gantung benda yang akan diuji sifat kemagnetannya dengan menggunakan tali dan statif!
2. Dekatkan magnet pada benda yang telah digantung!
3. Amati peristiwa yang terjadi pada benda saat didekati oleh magnet!

Benda apa saja yang dapat ditarik oleh magnet?

Benda apa saja yang tidak dapat ditarik oleh magnet?

4. Jika benda sudah menempel pada magnet, cobalah untuk menjauhkan benda dari magnet! Benda apa saja yang dapat ditarik kuat oleh magnet?

Benda apa saja yang dapat ditarik lemah oleh magnet?

Amati dengan teliti, kuat atau lemah tarikan yang ditimbulkan oleh magnet!

5. Catat data yang kamu peroleh pada Tabel 6.1 berikut!

**Tabel 6.1** Sifat Magnet Benda

No	Nama Benda	Ditarik/ditolak	Kuat/lemah
1	Pensil		
2	Pulpen		
3	Mistar plastik		
4	Paku besi		
5	Sendok aluminium		
6	Timah		
7	Dst.		

### Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan data pengamatan, buatlah kesimpulan percobaanmu tentang sifat magnet pada benda!

Jika kamu cermati hasil kegiatan pada Aktivitas 6.1, dapatkah kamu menentukan sifat interaksi bahan (benda) terhadap magnet? Bagaimanakah kekuatan magnet pada tiap-tiap benda tersebut? Berdasarkan sifat interaksi bahan terhadap magnet, benda diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu feromagnetik, diamagnetik, dan paramagnetik. Benda-benda yang dapat ditarik kuat oleh magnet termasuk pada kelompok benda **feromagnetik**, misal besi, baja, kobalt, dan nikel. Benda-benda yang ditarik lemah oleh magnet termasuk pada kelompok benda **paramagnetik**, misal magnesium, molibdenum, dan lithium. Benda-benda yang tidak dapat ditarik oleh magnet termasuk kelompok benda **diamagnetik**, misal perak, emas, tembaga, dan bismut.



### Ayo, Kita Diskusikan

Apakah benda yang ditolak oleh magnet dapat dikategorikan sebagai benda diamagnetik?



## b. Cara Membuat Magnet

Magnet tidak hanya dapat ditemukan di alam sebagai magnet alami, tetapi ada juga benda yang dapat dibuat menjadi bersifat magnet. Tahukah kamu bagaimana cara membuat magnet? Coba lakukan Aktivitas 6.2 untuk dapat membuat magnet!



### Ayo, Kita Lakukan

#### Aktivitas 6.2 Membuat Magnet

##### Apa yang kamu perlukan?

1. 2 paku besar dengan panjang  $\pm 10$  cm
2. 1 magnet batang
3. 1 baterai besar dengan tegangan 1,5 volt
4. 1 kawat tembaga dengan panjang  $\pm 25$  cm
5. 1 paku kecil
6. 1 kompas

##### Apa yang harus kamu lakukan?

###### Langkah kerja 1

1. Dekatkan paku pertama dengan magnet seperti pada Gambar 6.10!



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.10** Percobaan Membuat Magnet dengan Cara Induksi

2. Setelah paku pertama terinduksi menjadi magnet, dekatkan paku pertama pada paku kedua! (Hal ini dilakukan untuk membuktikan bahwa paku 1 telah terinduksi menjadi magnet)



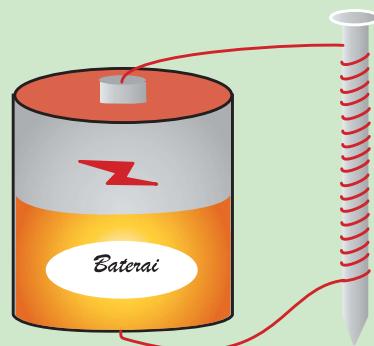
Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.11** Percobaan Membuat Magnet dengan Cara Induksi

3. Gunakan kompas untuk mengetahui kutub magnet pada paku 1.

### Langkah kerja 2

1. Lilitkan kawat tembaga pada paku dengan arah lilitan dari bawah ke atas. Sisakan kedua ujung kawat agar cukup panjang untuk disambungkan ke kutub-kutub baterai.
2. Hubungkan ujung-ujung kawat tembaga pada kutub-kutub baterai.
3. Dekatkan ujung paku pada kutub utara magnet. Amati apa yang terjadi. Gunakan kompas untuk mengetahui kutub magnet.
4. Coba ubah arah lilitan kawat pada paku, amati apakah terjadi perubahan kutub magnet?



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.12** Percobaan  
Membuat Magnet dengan Cara  
Elektromagnetik

### Langkah kerja 3

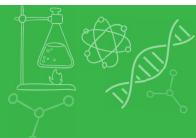
1. Gosokkan magnet pada paku dengan arah gosokan searah.
2. Dekatkan paku yang telah digosok dengan paku-paku kecil. Amati apa yang terjadi!
3. Gunakan kompas untuk mengetahui kutub magnet.

### Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Berdasarkan langkah kerja 1, amati peristiwa yang terjadi pada paku pertama dan kedua. Apakah paku pertama menarik paku kedua?
2. Berdasarkan langkah kerja 2, apabila arah lilitan pada paku diubah dari atas ke bawah, apakah interaksi yang terjadi pada rangkaian paku dengan kutub-kutub magnet (seperti pada kegiatan langkah 3) sama? Jika hasilnya berbeda, coba identifikasi mengapa berbeda? Jika hasilnya sama, coba identifikasi mengapa sama?
3. Berdasarkan langkah kerja 3, bagaimana pengaruh arah gerak menggosok paku pada magnet dengan kutub yang terbentuk pada magnet?

### Apa yang dapat kamu simpulkan?

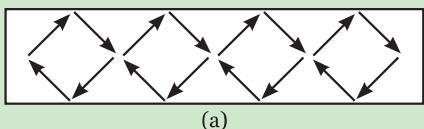
Uraikan prinsip dasar cara pembuatan magnet yang sesuai dengan langkah kerja 1, 2, dan 3!





### Ayo, Kita Pahami

Cobalah ingat magnet elementer pada Gambar 6.9! Besi dan baja dapat dijadikan magnet jika magnet elementernya tersusun rapi dan kutub-kutub yang senama menghadap ke arah yang sama! Coba cermati Gambar 6.13 agar dapat memahami konsep partikel elementer pada benda yang disajikan magnet!



(a)

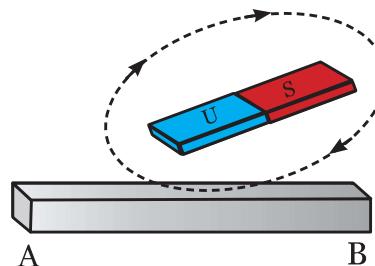


(b)

Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.13** (a) Susunan Magnet Elementer Besi/Baja Sebelum Menjadi Magnet,  
(b) Susunan Magnet Elementer Besi/Baja yang Telah Menjadi Magnet

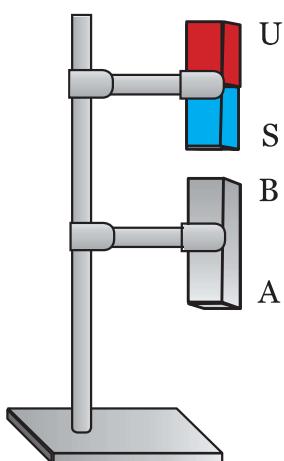
Besi dapat dijadikan magnet dengan cara menggosok. Besi digosok dengan arah yang tetap, agar magnet elementer dapat diatur untuk menuju ke satu arah saja. Perhatikan Gambar 6.14, ujung kutub selatan magnet yang digosokkan dari ujung besi B ke A akan mengubah besi menjadi magnet dengan kutub selatan pada ujung B dan kutub utara pada ujung A. Jadi, ujung batang besi yang pertama kali digosok akan memiliki kutub yang sama dengan kutub magnet yang menggosoknya. Sekarang coba pikirkan, bagaimanakah kutub magnet besi jika kutub utara magnet digosokkan pada besi dengan arah B ke A?



Sumber: Dok. Kemdikbud

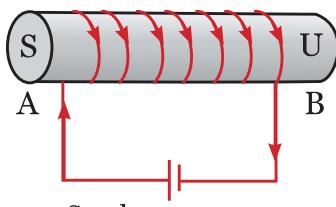
**Gambar 6.14** Menggosok Magnet

Baja dan besi dapat dijadikan magnet dengan cara menginduksi atau mendekatkannya dengan magnet selama beberapa waktu. Perhatikan Gambar 6.15, sifat magnet menunjukkan bahwa magnet akan saling tarik menarik jika kutub yang berbeda didekatkan, dan tolak-menolak jika kutub yang sama didekatkan, sehingga ujung B akan menjadi kutub utara dan ujung A akan menjadi kutub selatan. Jadi, dapat disimpulkan bahwa ujung besi atau baja yang berdekatan



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.15** Induksi Magnet



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.16** Elektromagnet

dengan kutub magnet batang akan memiliki kutub yang berlawanan dengan kutub magnet penginduksinya.

Magnet juga dapat dibuat dengan cara meliliti besi atau baja dengan kawat penghantar yang dialiri arus DC. Magnet yang dibuat dengan cara demikian disebut **elektromagnet**. Mengapa arus DC? Karena arus DC dapat menyamakan arah magnet elementer pada besi atau baja.

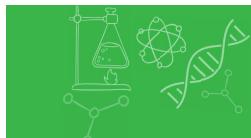
Kutub magnet besi atau baja yang terbentuk tergantung pada arah lilitan kawat penghantar. Jika arah arus berlawanan dengan arah jarum jam, maka ujung A besi atau baja tersebut akan menjadi kutub utara dan ujung B akan menjadi kutub selatan. Sebaliknya, jika arah arus searah dengan jarum jam, maka ujung A besi atau baja akan menjadi kutub selatan dan ujung B akan menjadi kutub utara. Perhatikan Gambar 6.16, dengan pola lilitan tersebut, maka ujung A akan menjadi kutub selatan dan ujung B akan menjadi kutub utara.

### c. Penerapan Elektromagnet dalam Kehidupan Sehari-hari

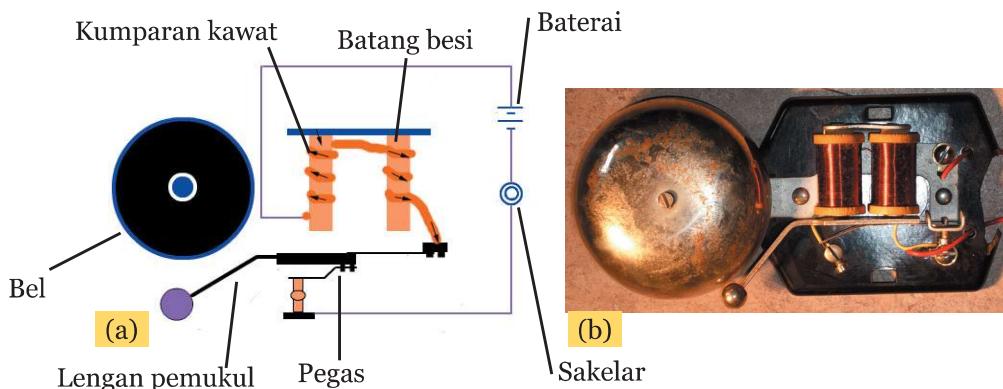
Gejala elektromagnet sering digunakan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa penerapan elektromagnet tersebut dapat ditemui pada bel listrik, saklar listrik, dan telepon kabel. Jika di sekitarmu tidak terdapat benda-benda tersebut, tidak perlu risau, cermatilah penjelasan berikut!

#### 1) Bel Listrik Sederhana

Coba perhatikan bel listrik yang ada di sekitarmu. Tahukah kamu bagaimana cara kerja bel listrik tersebut? Pada saat tombol bel listrik ditekan, rangkaian arus menjadi tertutup dan arus mengalir pada kumparan. Aliran arus listrik pada kumparan ini mengakibatkan besi di dalamnya menjadi elektromagnet yang mampu menggerakkan lengan



pemukul untuk memukul bel sehingga berbunyi. Pada saat pemukul mengenai bel, aliran listrik terputus, sehingga sifat elektromagnet besi menjadi hilang. Akibatnya pemukul kembali ke tempat semula. Demikian seterusnya sehingga bel berdering.

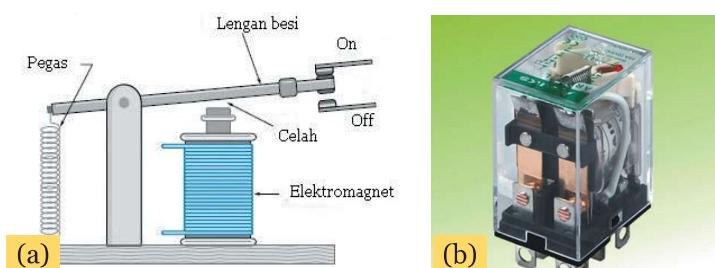


Sumber: (a) [www.citycollegiate.com](http://www.citycollegiate.com) , (b) [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

**Gambar 6.17** (a) Skema Rangkaian Bel Listrik, (b) Bel Listrik

## 2) Sakelar

Bagaimana cara menyalaikan lampu listrik? Di setiap rumah yang menggunakan aliran listrik, hampir semuanya menggunakan sakelar. Perhatikan Gambar 6.18a! Sakelar berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan arus listrik pada rangkaian listrik. Khusus untuk bentuk sakelar seperti pada Gambar 6.18b, mulai bekerja ketika sakelar membentuk rangkaian tertutup. Lilitan kawat akan berfungsi sebagai elektromagnet yang menarik ujung besi ke bawah. Setelah besi tertarik ke bawah, ujung besi lainnya akan menyimpang ke kanan dan mendorong tangkai ke kiri sehingga tangkai kiri dan kanan akan saling bersentuhan untuk mengalirkan arus listrik. Ketika arus mengalir, maka beban (lampu atau alat elektronik lainnya) akan menyala.



Sumber: (a) [navya.co](http://navya.co), (b) [www.marineinsight.com](http://www.marineinsight.com)

**Gambar 6.18** (a) Diagram Sakelar Elektromagnetik, (b) Sakelar Elektromagnetik



### 3) Telepon Kabel

Tahukah kamu bahwa telepon kabel juga menggunakan prinsip kemagnetan? Saat menggunakan telepon, seseorang akan menerima pesan (mendengar) sekaligus mengirim pesan (berbicara). Prinsip kerja telepon pada dasarnya mengubah energi listrik menjadi energi bunyi. Pada saat ada pembicaraan, kuat arus listrik yang mengalir pada rangkaian telepon berubah-ubah, sehingga menimbulkan efek elektromagnet yang kekuatannya berubah-ubah dan mampu menggetarkan diafragma besi lentur pada *speaker* telepon. Getaran pada *speaker* inilah yang akhirnya menggetarkan udara di sekitarnya dan memberikan efek “dengar” bagi telinga kita.

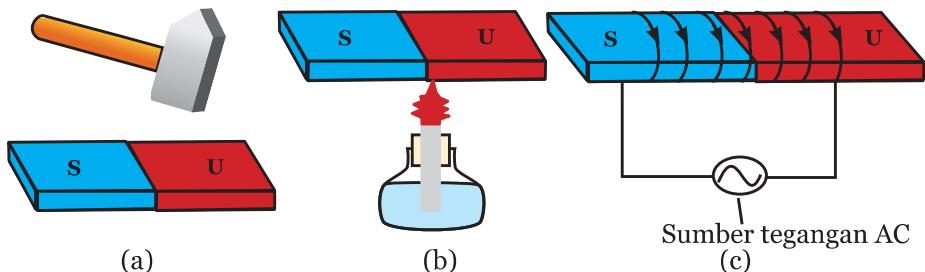


Sumber Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.19** Telepon Kawat

#### d. Cara Menghilangkan Kemagnetan Bahan

Sifat kemagnetan bahan dapat dihilangkan dengan cara memukul-mukul (Gambar 6.20a), memanaskan (Gambar 6.20b), dan meliliti magnet dengan arus bolak-balik atau AC (Gambar 6.20c). Pada prinsipnya, sifat kemagnetan dapat dihilangkan dengan cara mengacak arah magnet elementernya.

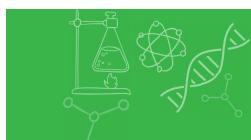


Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.20** Menghilangkan Sifat Magnet dengan Cara (a) Memukul; (b) Memanaskan; dan (c) Meliliti Magnet dengan Arus AC

#### e. Medan Magnet

Pada materi awal, telah dibahas tentang materi medan magnet bumi. Selain bumi, benda magnetik juga dapat menghasilkan medan magnet. Bagaimana cara mendeteksi medan magnet di sekitar benda? Jika magnet yang kita pelajari pada bab ini berbentuk jarum, batang, dan tapal kuda (U), bagaimana kamu dapat membedakan pola medan



magnetnya? Agar memahami konsep medan magnet, coba lakukan kegiatan berikut!



### Ayo, Kita Lakukan

#### Aktivitas 6.3 Menyelidiki Pola Medan Magnet

##### Apa yang kamu perlukan?

1. Pasir besi
2. Plastik mika atau kertas
3. Magnet dengan berbagai bentuk

(Catatan: Jika tidak ada pasir besi, kamu dapat mencarinya dengan cara meletakkan magnet batang pada tumpukan pasir hitam, pasir yang ditarik oleh magnet adalah pasir besi yang dapat kamu gunakan untuk percobaan ini).

##### Apa yang harus kamu lakukan?

1. Letakkan magnet batang di bawah kertas atau mika untuk menghindari kontak langsung dengan pasir besi.
2. Taburkan pasir besi di atas kertas atau mika tersebut.
3. Amati perubahan pola yang dibentuk pasir besi di atas kertas atau mika tersebut.
4. Gambarkan pola tersebut di atas selembar kertas.
5. Ulangi kegiatan 1-4 untuk magnet U dan bentuk magnet lainnya.



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.21** Menyelidiki Pola Medan Magnet

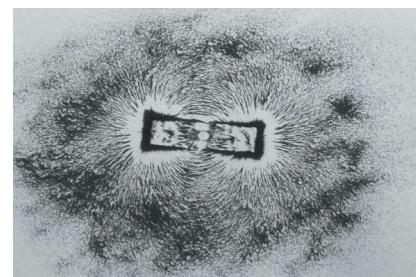
##### Apa yang perlu kamu diskusikan?

Bagian manakah dari magnet batang, magnet U, dan magnet lainnya yang paling banyak ditempel pasir besi? Mengapa?

##### Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Daerah di sekitar magnet yang dapat memengaruhi magnet atau benda ferromagnetik disebut **medan magnet**. Pola-pola yang dibentuk oleh pasir besi dari Aktivitas 6.3 merupakan bentuk garis-garis gaya magnet yang digunakan untuk menggambarkan medan magnet. Medan magnet terbesar terletak pada ujung-ujung kutub magnet. Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya pasir besi yang ditarik oleh ujung-ujung kutub magnet (garis-garis gaya magnetnya sangat rapat). Apakah pada Aktivitas 6.3 kamu menemukan pola seperti pada Gambar 6.22?

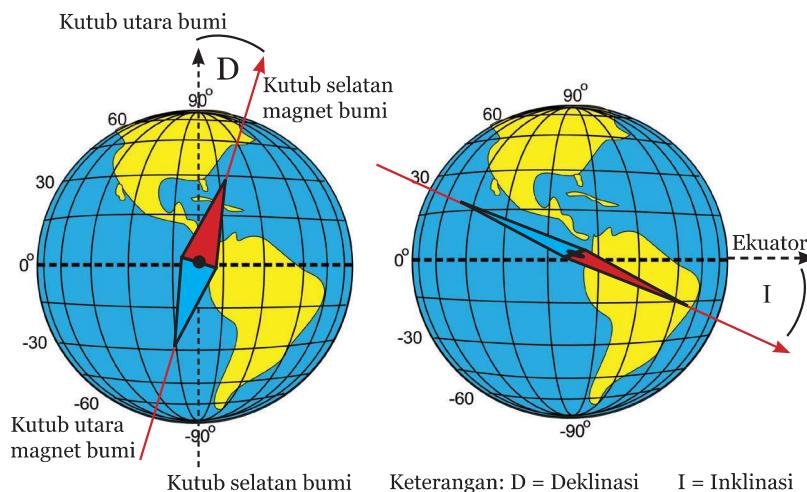


Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.22** Pola Medan Magnet Batang

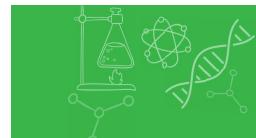
## 2. Teori Kemagnetan Bumi

Bumi adalah magnet raksasa. Sebagai magnet raksasa, bumi memiliki kutub magnet, yaitu kutub utara magnet dan kutub selatan magnet. Kutub utara magnet bumi berada di sekitar kutub selatan bumi, sedangkan kutub selatan magnet bumi berada di sekitar kutub utara bumi. Ketidaktepatan kutub utara dan kutub selatan magnet bumi disebut **deklinasi**. Selain adanya ketidaktepatan penunjukan arah kutub utara dan kutub selatan magnet bumi, ternyata medan magnet bumi juga membentuk sudut dengan horizontal permukaan bumi, atau yang disebut dengan sudut **inklinasi**.



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.23** Medan Magnet Bumi



Sebagai magnet raksasa, bumi memiliki medan magnet, yaitu daerah di sekitar bumi yang masih dipengaruhi oleh gaya tarik magnet bumi. Tahukah kamu apa buktinya? Jika kamu meletakkan magnet batang secara bebas, misalnya meletakkan pada *styrofoam* di atas air, maka magnet akan bergerak dan menunjuk pada arah kutub utara dan kutub selatan.

Medan magnet bumi, sangat penting bagi kehidupan di bumi. Medan magnet bumi berfungsi untuk melindungi penduduk bumi dari radiasi kosmik (partikel listrik yang dihasilkan oleh matahari atau benda-benda langit lainnya) yang dapat membahayakan kesehatan. Dengan adanya medan magnet bumi, partikel listrik tidak dapat masuk ke seluruh permukaan bumi, tetapi akan tertarik menuju ke kutub-kutub magnet bumi. Saat menabrak atmosfer bumi, partikel listrik tersebut terionisasi (peristiwa lepasnya elektron dari nukleon) dan membentuk plasma lemah (gas super yang dipanaskan agar elektron terlepas dari nukleon). Tampilan indah cahaya plasma inilah yang kemudian dikenal sebagai **aurora**. Tahukah kamu di mana sajakah kita dapat melihat aurora?



Sumber: freedigitalphotos.net

**Gambar 6.24** Aurora Borealis

### 3. Induksi Magnet dan Gaya Lorentz

#### a. Induksi Magnet

Konsep induksi magnet berawal dari tidak terkendalinya putaran jarum kompas yang ada di kapal laut saat petir menyambar. Tahukah kamu, apa yang disebut induksi magnet? Mengapa induksi magnet berhubungan dengan peristiwa tak terkendalinya putaran jarum kompas yang ada di kapal laut saat petir menyambar? Agar kamu lebih memahami peristiwa tersebut, cobalah lakukan kegiatan berikut dengan semangat!



### Ayo, Kita Lakukan

#### Aktivitas 6.4 Menyelidiki Medan Magnet di Dekat Kawat Berarus Listrik

##### Apa yang kamu perlukan?

- 1 buah kompas (jika tidak ada kompas kamu dapat menggunakan jarum yang diletakkan di atas air)
2. 1 kawat penghantar/kabel
3. 1 buah baterai/*power supply*

##### Apa yang harus kamu lakukan?

1. Sambungkan kawat penghantar/kabel pada baterai/*power supply* hingga membentuk rangkaian tertutup.
2. Dekatkan kompas pada kawat penghantar/kabel, seperti pada Gambar 6.25. Kemudian, nyalakan *power supply* untuk mengalirkan arus listrik pada kabel. Amati peristiwa yang terjadi pada jarum kompas.



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.25** Percobaan Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus

3. Apakah yang terjadi jika kuat arus pada perangkat percobaan diperbesar atau arahnya dibalik?
4. Apakah yang terjadi jika letak kompas pada perangkat percobaan dipindahkan di atas kawat?
5. Apakah yang terjadi jika jarak kompas dengan kawat dijauhkan?



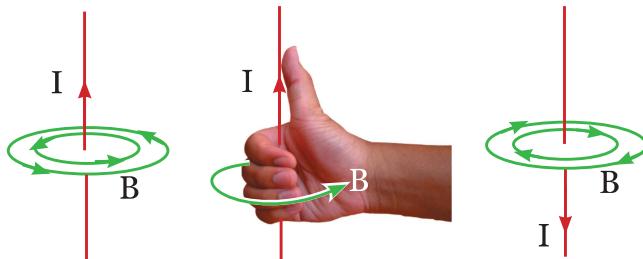
### Apa yang perlu kamu diskusikan?

Apa yang terjadi pada jarum kompas saat kawat pengantar kabel mulai dialiri arus listrik? Mengapa hal tersebut dapat terjadi?

### Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan kegiatan yang kamu lakukan, buatlah kesimpulan yang menyatakan hubungan medan magnet dan kawat berarus!

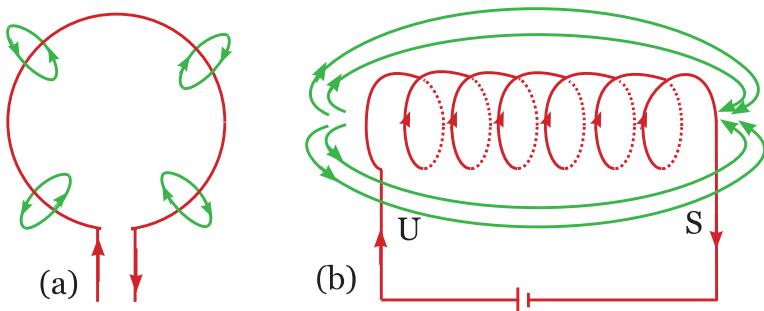
Berdasarkan Aktivitas 6.4, apa yang kamu temukan? Bagaimana hubungan antara medan magnet dan kawat berarus listrik? Kegiatan dan hasil yang kamu temukan sebenarnya sudah dilakukan oleh Hans Christian Oersted (1820) yang menunjukkan bahwa arus listrik dapat menimbulkan medan magnet. Caranya adalah dengan mengamati pergerakan jarum kompas saat diletakkan di dekat kabel yang dialiri arus listrik. Percobaan ini kemudian dikenal dengan Percobaan Oersted. Arah medan magnet dan arah arus dapat ditunjukkan dengan menggunakan kaidah tangan kanan. Perhatikan Gambar 6.26! Arus listrik ditunjukkan dengan huruf I dan medan magnet ditunjukkan dengan huruf B.



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.26** Arah Panah yang Mengelilingi Kawat Menunjukkan Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus

Jika pada kawat lurus, medan magnet terbentuk melingkari arah arus, bagaimana dengan kabel yang dibentuk melingkar dan kumparan? Coba perhatikan Gambar 6.27! Pada kumparan (Gambar 6.27a) medan magnet tampak melingkari kabel, tetapi pada kumparan (Gambar 6.27b) medan magnetnya seolah-olah membentuk kutub utara dan selatan pada ujung-ujungnya, persis seperti pada magnet batang.



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.27** Arah Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus

### b. Konsep Gaya Lorentz

Masih ingatkah kamu dengan hasil kegiatan pada Aktivitas 6.4? Mengapa jarum kompas dapat bergerak ketika arus listrik mengalir pada kabel? Gaya apakah yang membuat jarum kompas tersebut menjadi bergerak? Pada subbab ini akan dibahas hubungan antara arus listrik, magnet, dan gaya yang ditimbulkannya. Sebelum mempelajari hal tersebut, mari kita lakukan percobaan berikut!



**Ayo, Kita Lakukan**

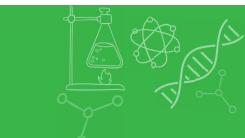
#### **Aktivitas 6.5 Menentukan Besar dan Arah Gaya Lorentz**

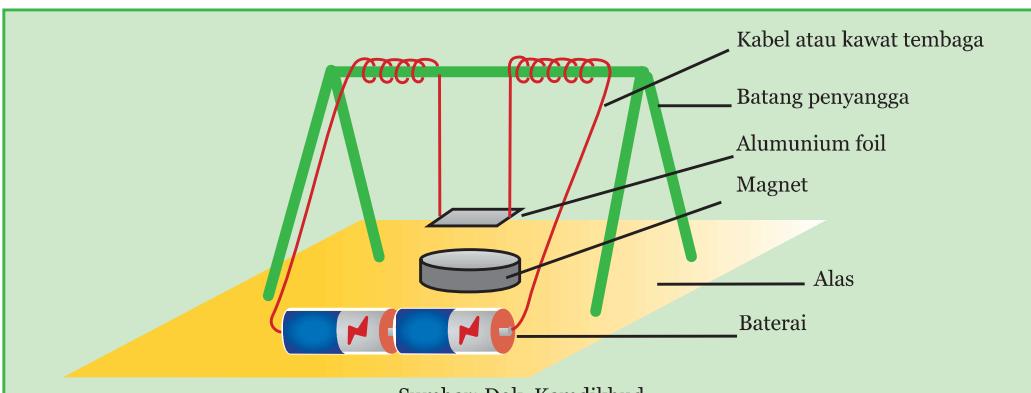
##### **Apa yang kamu perlukan?**

1. Kawat atau batang penyangga
2. Kabel atau kawat tembaga
3. 3 buah magnet
4. 3 buah baterai
5. Lempengan *aluminium foil* (kertas *aluminium foil*)
6. Alas (tripleks/kardus/*styrofoam*)

##### **Apa yang harus kamu lakukan?**

1. Susunlah alat seperti Gambar 6.28!





Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.28** Rangkaian Percobaan Ayunan Lorentz

2. Sambungkan baterai pada rangkaian yang telah kamu buat untuk mengalirkan arus listrik. Ukurlah besar simpangan (panjang simpangan) yang ditimbulkan oleh aluminium foil yang dialiri arus listrik ketika didekatkan pada magnet!
3. Cobalah menambah jumlah baterai dan ukurlah besar simpangan yang dihasilkan!
4. Cobalah lakukan penambahan magnet untuk beberapa magnet jika tersedia!
5. Tuliskan hasil pengamatanmu di Tabel 6.2a dan Tabel 6.2b berikut!

**Tabel 6.2a** Hasil Pengukuran Besar Simpangan Kumparan dengan Variasi Jumlah Baterai

Jumlah Baterai	Jumlah Magnet	Besar Simpangan (cm)
1	1	
2	1	
3	1	

**Tabel 6.2b** Hasil Pengukuran Besar Simpangan Kumparan dengan Variasi Jumlah Magnet

Jumlah Baterai	Jumlah Magnet	Besar Simpangan (cm)
1	1	
1	2	
1	3	

### Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Berdasarkan data, bagaimakah hubungan antara jumlah baterai dengan besarnya simpangan yang dialami oleh kawat berarus listrik?

2. Bagaimanakah hubungan antara besar medan magnet dengan besar simpangan yang dialami oleh kawat berarus tersebut?

### Apa yang dapat kamu simpulkan?

Bagaimana hubungan antara besar simpangan dengan kuat arus listrik dan medan magnet?

Kesimpulan yang diperoleh pada Aktivitas 6.5 menunjukkan bahwa kawat berarus yang berada dalam medan magnet akan mengalami gaya yang disebut dengan **gaya Lorentz**. Adanya gaya Lorentz dalam percobaan menimbulkan simpangan pada *aluminium foil*. Berdasarkan hasil percobaan tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar arus listrik, gaya Lorentz yang dihasilkan semakin besar. Semakin besar medan magnet, gaya Lorentz yang dihasilkan semakin besar. Begitu pula dengan panjang kawat berarus, semakin panjang kawat berarus yang ada dalam medan magnet, gaya Lorentz yang dihasilkan juga semakin besar. Untuk arah arus ( $I$ ) dan arah medan magnet ( $B$ ) saling tegak lurus, secara matematis, besarnya gaya Lorentz dituliskan sebagai berikut.

$$\mathbf{F} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{I} \cdot \mathbf{L}$$

dengan:

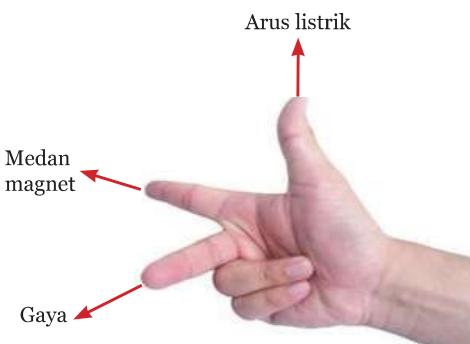
$F$  = gaya Lorentz (newton)

$B$  = medan magnet (tesla)

$I$  = kuat arus listrik (ampere)

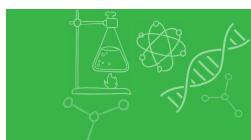
$L$  = panjang kawat berarus yang masuk ke dalam medan magnet (meter)

Penentuan arah gaya Lorentz, dapat dilakukan dengan menggunakan kaidah tangan kanan. Perhatikan Gambar 6.29!



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.29** Menentukan Arah Gaya Lorentz dengan Menggunakan Kaidah Tangan Kanan





## Ayo, Kita Pahami

### Contoh Soal

1. Sebuah kawat tembaga sepanjang 10 m dialiri arus listrik sebesar 5 mA. Jika kawat tembaga tersebut tegak lurus berada dalam medan magnet sebesar 8 tesla, berapakah gaya Lorentz yang timbul?

**Diketahui:**

$$L = 10 \text{ m}$$

$$I = 5 \text{ mA} = 0,005 \text{ A}$$

$$B = 8 \text{ tesla}$$

**Ditanya:** Gaya Lorentz (F)?

**Jawab:**

$$F = B \cdot I \cdot L = 8 \text{ tesla} \cdot 0,005 \text{ A} \cdot 10 \text{ m} = 0,4 \text{ N}$$

Jadi, gaya Lorentz yang timbul sebesar 0,4 newton.

2. Jika gaya Lorentz yang ditimbulkan oleh kawat tembaga sepanjang 2 m dan dialiri arus listrik sebesar 2 mA adalah 12 N, maka berapakah besar medan magnet yang melingkupi kawat tembaga tersebut?

**Diketahui:**

$$L = 2 \text{ m}$$

$$I = 2 \text{ mA} = 0,002 \text{ A} = 2 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$F = 12 \text{ N}$$

**Ditanya:** Medan magnet?

**Jawab:**

$$F = B \cdot I \cdot L$$

$$B = \frac{F}{I \cdot L} = \frac{12 \text{ N}}{2 \times 10^{-3} \text{ A} \cdot 2 \text{ m}} = 3 \times 10^3 \text{ tesla}$$

Jadi, besarnya medan magnet yang melingkupi kawat tembaga adalah  $3 \times 10^3$  tesla.



### Ayo, Kita Selesaikan

#### Soal Latihan Gaya Lorentz

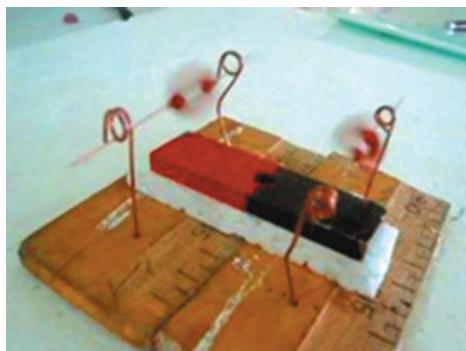
1. Sebuah kawat penghantar memiliki panjang 12 m tegak lurus berada dalam sebuah medan magnet sebesar 90 tesla. Jika kuat arus listrik yang mengalir pada kawat sebesar 0,02 mA, berapakah besar gaya Lorentz-nya?
2. Jika gaya Lorentz yang dialami sebuah kawat penghantar yang panjangnya 5 m adalah 1 N dan arus yang mengalir pada kawat sebesar 2 mA, berapakah besar medan magnet yang dialami kawat penghantar tersebut?
3. Ke manakah arah gaya Lorentz, jika:
  - a. arah arus ke sumbu z dan arah medan magnet ke sumbu y.
  - b. arah arus ke sumbu -y dan arah medan magnet ke sumbu x.

#### c. Penerapan Gaya Lorentz pada Motor Listrik

Apa kamu pernah melihat motor listrik? Motor listrik digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Beberapa motor listrik yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari, misalnya motor listrik pada kipas angin berfungsi untuk menggerakkan baling-baling.

Motor listrik memiliki beberapa komponen, diantaranya magnet tetap dan kumparan. Jika ada arus listrik yang mengalir pada kumparan yang terletak dalam medan magnet, maka kumparan tersebut akan mengalami gaya Lorentz sehingga kumparan akan berputar. Agar kumparannya dapat berputar dengan stabil, maka kumparan dibuat seperti Gambar 6.30 yang tiap-tiap ujungnya dibentuk melingkar.





Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.30** Motor Listrik Sederhana

#### 4. Induksi Elektromagnetik

Kita sudah mendiskusikan tentang beberapa fenomena yang berkaitan dengan listrik dan magnet. Misal, di sekitar kawat berarus listrik terjadi medan magnet (induksi magnetik). Jika kamu ingat tentang kegiatan untuk memahami Gaya Lorentz, tentunya kamu ingat bahwa gaya dapat terjadi pada arus listrik di sekitar medan magnet. Pembahasan lebih lanjut tentang elektromagnetik dilakukan dengan membahas konsep perubahan medan magnet dapat menghasilkan listrik, yang disebut **induksi elektromagnetik**.

Menurut Faraday, listrik dapat dihasilkan dengan cara menggerakkan magnet batang keluar masuk kumparan. Temuan ini diterapkan pada generator listrik yang mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Sebelum mempelajari penerapan induksi elektromagnetik, lakukan kegiatan berikut!



##### Ayo, Kita Lakukan

##### **Aktivitas 6.6 Menyelidiki Peristiwa Induksi Elektromagnetik**

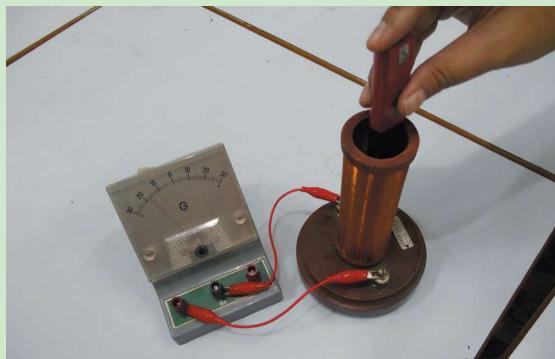
###### **Apa yang kamu perlukan?**

1. Kumparan 600 dan 1.200 lilitan (kamu dapat membuat kumparan sendiri dengan cara melilitkan kawat tembaga pada pipa)

2. Magnet batang 2 buah
3. Galvanometer 1 buah
4. Kabel penjepit buaya (penjepit tembaga) 2 buah

#### Apa yang harus kamu lakukan?

1. Buat rangkaian tertutup untuk galvanometer dan kumparan 600 lilitan.
2. Gerakkan magnet batang masuk-keluar kumparan secara perlahan. Amati penyimpangan yang terjadi pada jarum galvanometer. Catat hasil pengamatanmu pada Tabel 6.3!
3. Gerakkan magnet batang masuk-keluar kumparan secara cepat. Amati penyimpangan yang terjadi pada jarum galvanometer. Catat hasil pengamatanmu pada tabel data.



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.31** Rangkaian Percobaan Induksi Elektromagnetik

4. Gunakan dua magnet batang sekaligus dan gerakkan dua batang magnet tersebut keluar-masuk kumparan secara perlahan. Amati penyimpangan yang terjadi pada jarum galvanometer. Catat hasil pengamatanmu pada Tabel 6.3.
5. Gunakan dua magnet batang sekaligus dan gerakkan dua batang magnet tersebut keluar-masuk kumparan secara cepat. Amati penyimpangan yang terjadi pada jarum galvanometer. Catat hasil pengamatanmu pada tabel data.
6. Ulangi langkah 1 hingga 5 untuk kumparan 1.200 lilitan.



**Tabel 6.3** Data Pengamatan Besar Simpangan Jarum Galvanometer

Kumparan	Magnet, gerakan	Simpangan Jarum Galvanometer
600 lilitan	1 magnet, perlahan	
	1 magnet, cepat	
	2 magnet, perlahan	
	2 magnet, cepat	
1.200 lilitan	1 magnet, perlahan	
	1 magnet, cepat	
	2 magnet, perlahan	
	2 magnet, cepat	

### Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Berdasarkan data hasil pengamatan, bandingkan simpangan jarum galvanometer dengan jumlah magnet dan kecepatannya!
2. Bandingkan juga simpangan jarum galvanometer dengan jumlah lilitan!
3. Mengapa terjadi penyimpangan pada jarum galvanometer dan mengapa penyimpangannya berubah-ubah?
4. Coba amati peristiwa yang terjadi jika kutub magnet yang dimasukkan ke kumparan tetap diam di dalam kumparan? Coba jelaskan mengapa fenomena tersebut dapat terjadi!

### Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan data yang dilakukan, apakah yang dimaksud induksi elektromagnetik? Faktor-faktor apakah yang memengaruhi besar gaya gerak listrik yang dihasilkan pada induksi elektromagnetik?

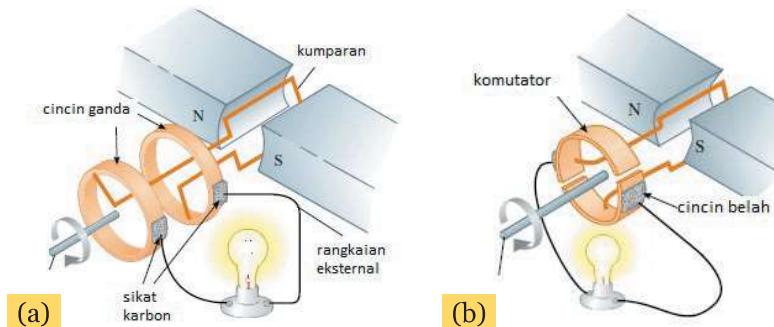
Bagaimana dan di mana kamu menemukan penerapan induksi elektromagnetik? Alat-alat apa saja yang menggunakan prinsip kerja induksi elektromagnetik? Agar mengetahui jawabannya, ayo kita pelajari uraian berikut!

#### a. Generator

Generator adalah alat yang digunakan untuk mengubah energi gerak (kinetik) menjadi energi listrik. Energi gerak yang dimiliki generator dapat diperoleh dari berbagai sumber energi alternatif, misalnya dari



energi angin, energi air, dan sebagainya. Generator dibedakan menjadi generator AC (*Alternating Current*) dan generator DC (*Direct Current*). Generator AC atau alternator dapat menghasilkan arus listrik bolak-balik dengan cara menggunakan cincin ganda, sedangkan generator DC dapat menghasilkan arus listrik searah dengan cara menggunakan komutator (cincin belah).



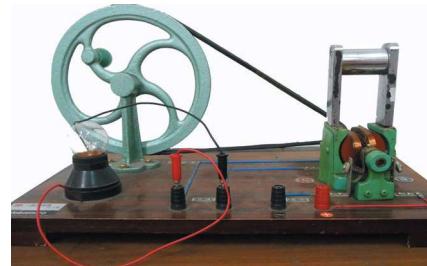
Sumber: Serway, 2004.

**Gambar 6.32** (a) Generator AC, (b) Generator DC

### b. Dinamo AC-DC

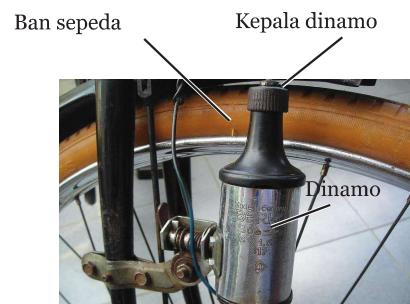
Dinamo adalah generator yang relatif kecil seperti yang digunakan pada sepeda. Mengapa lampu sepeda kayuh dapat menyala meskipun tidak diberi baterai? Mengapa nyala lampu akan semakin terang apabila kita mengayuh pedal sepeda dengan lebih cepat? Ternyata pada sepeda terdapat dinamo yang berfungsi sebagai sumber energi listrik untuk menyalaikan lampu. Dinamo adalah alat yang berfungsi untuk mengubah energi gerak menjadi listrik.

Cara kerja dinamo dan generator hampir sama, termasuk penggunaan satu cincin yang dibelah menjadi dua (komutator) pada dinamo DC dan cincin ganda pada dinamo AC. Perbedaan dinamo dengan generator terletak pada dua komponen utama dinamo, yaitu rotor (bagian yang bergerak) dan



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.33** Dinamo AC/DC



Sumber: Dok. Kemdikbud

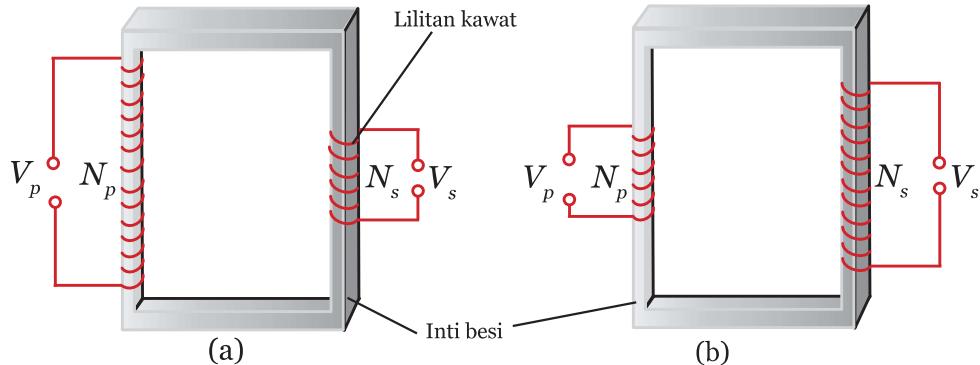
**Gambar 6.34** Dinamo Sepeda

stator (bagian yang diam). Saat sepeda dikayuh dengan cepat, kumparan pada dinamo akan bergerak cepat sehingga **gaya gerak listrik (GGL) induksi** yang dihasilkan menjadi lebih kuat dan energi listrik yang dihasilkan menjadi lebih banyak. Selain dengan mempercepat putaran kumparan, penggunaan magnet yang kuat, memperbanyak jumlah lilitan, dan penggunaan inti besi lunak dalam dinamo juga dapat mengakibatkan GGL induksi yang dihasilkan menjadi lebih kuat. Coba kamu ingat kembali hasil percobaan Aktivitas 6.6!

### c. Transformator

Masih ingatkah kamu bahwa sebelum dialirkan ke rumah-rumah penduduk, tegangan listrik dari PLN harus diturunkan? Bagaimana cara menurunkan atau menaikkan tegangan listrik? Salah satu caranya adalah dengan menggunakan transformator.

Berdasarkan penggunaannya, transformator dibagi menjadi dua jenis, yaitu transformator *step-down* dan transformator *step-up*. Transformator *step-down* berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik, sedangkan transformator *step-up* berfungsi untuk menaikkan tegangan listrik.



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.35** (a) Transformator *Step-Down*, (b) Transformator *Step-Up*

Transformator pada dasarnya terdiri atas lilitan primer dan lilitan sekunder yang dihubungkan dengan menggunakan inti besi. Lilitan primer yang mendapat tegangan AC akan menginduksi lilitan sekunder. Perubahan arah arus AC membuat medan magnet yang terbentuk berubah-ubah, sehingga menghasilkan tegangan AC pada ujung-ujung kumparan sekunder. Inti besi digunakan dengan tujuan untuk memperkuat medan magnet yang dihasilkan.



Besar kecilnya tegangan keluaran yang dihasilkan transformator sangat dipengaruhi oleh jumlah lilitan pada kumparan primer dan sekunder. Jika jumlah lilitan primernya lebih banyak daripada jumlah lilitan sekunder, maka tegangan pada kumparan sekunder juga akan lebih kecil daripada tegangan pada kumparan primer, dan transformator tersebut disebut transformator *step-down*. Namun, jika jumlah lilitan primernya lebih sedikit daripada jumlah lilitan sekunder, maka tegangan pada kumparan sekunder akan lebih besar daripada tegangan pada kumparan primer, dan transformator tersebut disebut transformator *step-up*.

Pada transformator ideal, energi listrik yang masuk ke dalam kumparan primer akan dipindahkan seluruhnya ke dalam kumparan sekunder. Hal ini mengakibatkan besar efisiensi transformator menjadi 100% atau secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} W_p &= W_s \\ V_p \times I_p \times t &= V_s \times I_s \times t \\ \frac{V_p}{V_s} &= \frac{I_s}{I_p} \\ \text{maka, } \frac{I_s}{I_p} &= \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} \end{aligned}$$

dengan:

$$\begin{aligned} W_p &= \text{energi primer (J)} \\ W_s &= \text{energi sekunder (J)} \\ I_p &= \text{arus primer (A)} \\ I_s &= \text{arus sekunder (A)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_p &= \text{lilitan primer} \\ N_s &= \text{lilitan sekunder} \\ V_p &= \text{tegangan primer (V)} \\ V_s &= \text{tegangan sekunder (V)} \end{aligned}$$



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 6.36** Transformator

Pada kenyataannya, tidak pernah dapat dibuat transformator dengan efisiensi sebesar 100% (ideal), karena biasanya sebagian energi listrik yang masuk ke dalam kumparan primer akan diubah menjadi kalor. Perubahan energi listrik menjadi kalor ini salah satunya



disebabkan oleh adanya arus Eddy pada inti besinya. Lebih lanjut tentang arus Eddy akan kamu pelajari di SMA.

Perhitungan efisiensi trafo ( $\eta$ ) yang tidak ideal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{V_s \cdot I_s}{V_p \cdot I_p} \times 100\%$$

dengan:

$P_{out}$  = daya listrik pada kumparan sekunder (W)

$P_{in}$  = daya listrik pada kumparan primer (W)



### Ayo, Kita Pahami

#### Contoh Soal Transformator

Sebuah transformator memiliki 300 lilitan primer dan 30 lilitan sekunder. Diketahui tegangan pada lilitan primer adalah 220 volt.

- Tentukan besar tegangan pada lilitan sekunder.
- Jika arus listrik yang mengalir pada lilitan primer sebesar 0,5 mA, berapakah arus listrik yang mengalir pada lilitan sekunder?
- Tentukan efisiensi transformator.
- Tentukan jenis transformator.

#### Diketahui:

$$N_p = 300 \text{ lilitan}$$

$$N_s = 30 \text{ lilitan}$$

$$V_p = 220 \text{ volt}$$

$$I_p = 0,5 \text{ mA}$$

#### Ditanya:

- Tegangan sekunder ( $V_s$ )
- Arus sekunder ( $I_s$ )
- Efisiensi transformator ( $\eta$ )
- Jenis transformator



**Jawab:**

- a. Tegangan sekunder ( $V_s$ )

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s}$$
$$\frac{300}{30} = \frac{220 \text{ V}}{V_s}$$
$$V_s = \frac{220 \text{ V} \times 30}{300} = 22 \text{ volt}$$

- b. Arus sekunder ( $I_s$ )

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$
$$\frac{300}{30} = \frac{I_s}{0,5 \text{ mA}}$$
$$I_s = \frac{300 \times 0,5 \text{ mA}}{30} = 5 \text{ mA}$$

- c. Efisiensi transformator ( $\eta$ )

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{V_s \cdot I_s}{V_p \cdot I_p} \times 100\% = \frac{5 \text{ mA} \times 22 \text{ V}}{0,5 \text{ mA} \times 220 \text{ V}} \times 100\%$$

persamaan  $\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$  hanya berlaku pada transformator ideal maka pada permasalahan ini efisiensinya pasti 100%, tetapi dalam kehidupan sehari-hari tidak pernah ada transformator dengan efisiensi 100% karena adanya hambatan pada kawat penghantar sehingga sebagian energi listrik berubah menjadi kalor.

- d. Karena  $V_p > V_s$  dan  $N_p > N_s$ , maka transformator tersebut adalah transformator *step-down*.

