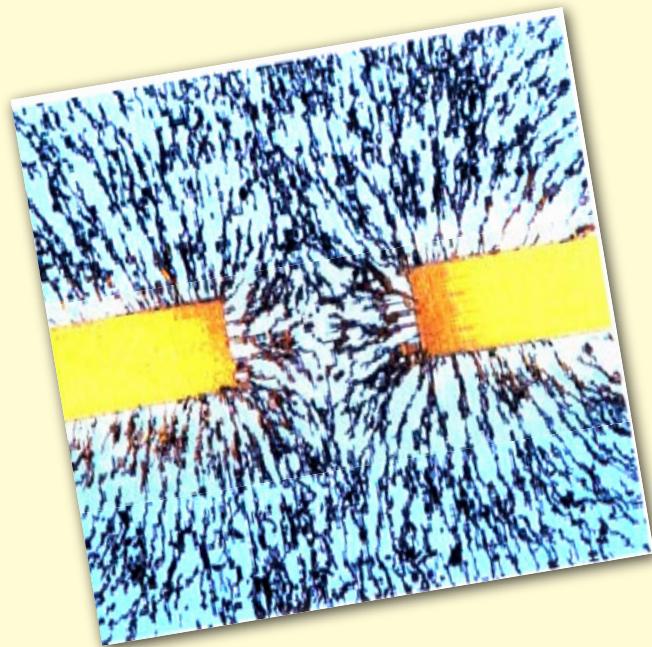


BAB 7

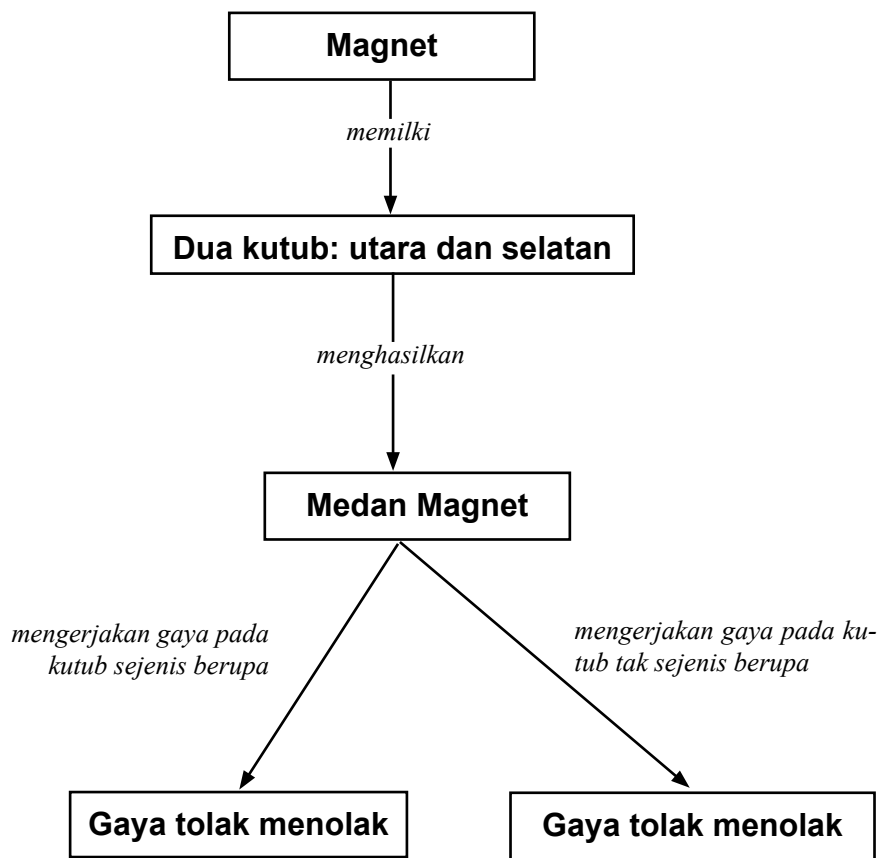
Kemagnetan

A Pengaruh Magnet

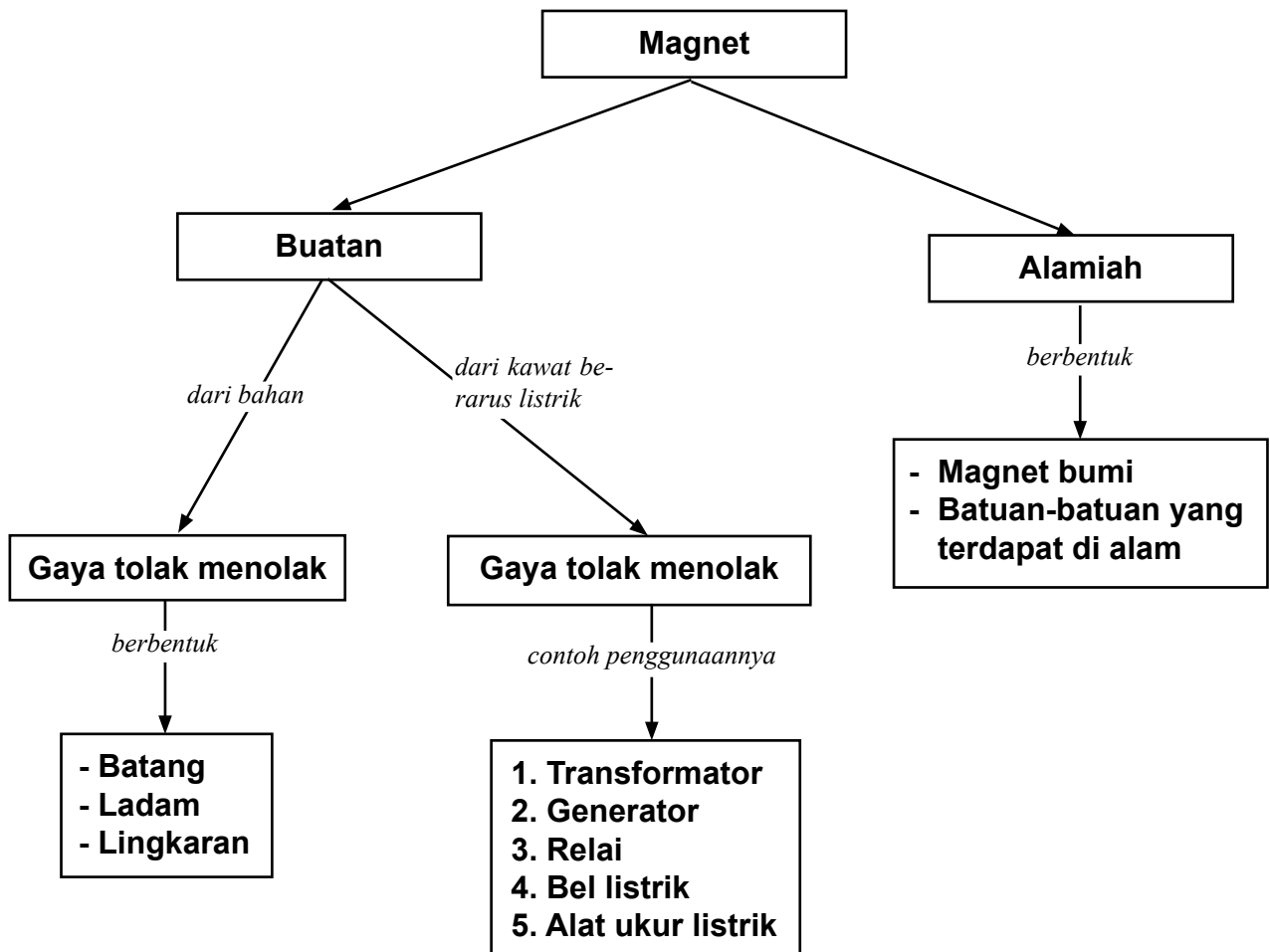
B Induksi Elektromagnet



Peta Konsep Magnet



Peta Konsep Magnet



Pernahkah kamu dikejutkan oleh gaya aneh yang kamu rasakan ketika kamu mendekatkan dua buah magnet batang? Gejala ini disebut **kemagnetan**. Kamu mungkin tidak menyadari bahwa magnet berperan penting dalam kehidupan sehari-hari. Pada saat kamu memegang magnet di dekat pintu kulkas, kamu merasakan gaya tarik ke pintu tersebut. Ketika tanganmu lebih mendekat lagi, magnet tersebut akan menempel ke pintu. Kamu tidak dapat melihat bagaimana cara magnet tersebut bekerja, namun kamu dapat merasakan gaya tarik tersebut dan bahkan memanfaatkannya.

Tahukah kamu bahwa bel di sekolah menggunakan magnet? Magnet digunakan secara luas dalam kehidupan sehari-hari, mulai dari bel sekolah, tape recorder, kulkas, sampai kunci mobil. Pengetahuan tentang kemagnetan akan membantu kamu memahami bagaimana peralatan listrik tersebut bekerja.

Kegiatan Penyelidikan



Gaya Tarik pada Magnet Batang

Dalam penyelidikan ini, kamu akan mencoba menentukan di tempat mana sebuah magnet batang mempunyai gaya tarik terbesar terhadap benda lain.

Apa yang kamu butuhkan

- penjepit kertas, 10 buah
- magnet batang, 1 buah

Apa yang kamu lakukan

1. Ambillah sebuah magnet batang.
2. Tempelkan sebuah penjepit kertas pada salah satu ujung magnet batang tersebut.
3. Tempelkan penjepit kedua pada ujung penjepit pertama seperti yang diperlihatkan di **Gambar 7.1**.



Gambar 7.1

Penjepit kertas yang menempel pada sebuah magnet batang

4. Teruskan menambah penjepit kertas pada rantai penjepit kertas tersebut sampai tidak dapat menahan penjepit yang ditambahkan.
5. Catatlah pada buku catatanmu jumlah penjepit yang saling menempel tersebut.
6. Ulangi langkah 2 sampai 5 dengan menempelkan penjepit pada 1 cm dari ujung magnet batang tersebut.
7. Catatlah pada buku catatanmu jumlah penjepit yang saling menempel tersebut.
8. Ulangi langkah 2 sampai 5 dengan menempelkan penjepit pada tengah-tengah magnet batang tersebut.
9. Catatlah pada buku catatanmu jumlah penjepit yang saling menempel tersebut.

Analisis

1. Di bagian yang mana pada magnet batang penjepit menempel paling banyak ?
2. Di tempat manakah magnet batang mempunyai gaya tarik paling besar dan jelaskan mengapa?
3. Ramalkan jumlah penjepit paling banyak yang dapat menempel pada magnet batang yang lain.
4. Ramalkan jumlah penjepit paling banyak yang dapat menempel pada ujung magnet batang lain yang lebih kuat.

Magnet

Lebih dari 2000 tahun yang lalu, orang Yunani yang hidup di suatu daerah di Turki yang dikenal sebagai Magnesia menemukan batu aneh. Batu tersebut menarik benda-benda yang mengandung besi seperti diperlihatkan pada **Gambar 7.2**. Karena batu tersebut



Kata-kata IPA

Kemagnetan
Kutub magnet
Bahan magnet
Inklinasi
Kutub geografik
Deklinasi
Solenoida
Gaya Lorentz
Elektromagnet
Galvanometer
Motor listrik
Relai

Kemagnetan adalah suatu sifat zat yang teramati sebagai suatu gaya tarik atau gaya tolak antara kutub-kutub tidak senama atau senama. Gaya magnet tersebut paling kuat di dekat ujung-ujung atau **kutub-kutub magnet** tersebut. Semua magnet memiliki dua kutub magnet yang berlawanan, utara (U) dan selatan (S). Apabila sebuah magnet batang digantung maka magnet tersebut berputar secara bebas, kutub utara akan menunjuk ke utara.

Bahan Magnetik

Jika kamu mendekatkan sebuah magnet pada sepotong kayu, kaca, alumunium, atau plastik, apa yang terjadi? Ya, kamu betul jika kamu mengatakan tidak terjadi apa-apa. Tidak ada pengaruh apa pun antara magnet dan bahan-bahan tersebut. Di samping itu, bahan-bahan tersebut tidak dapat dibuat magnet. Tetapi, bahan-bahan seperti besi, baja, nikel, dan kobalt bereaksi dengan cepat terhadap sebuah magnet. Seluruh bahan tersebut dapat dibuat magnet. Mengapa beberapa bahan mempunyai sifat magnetik sedangkan yang lain tidak?

Secara sederhana kita dapat menge-lompokkan bahan-bahan menjadi dua kelompok. Pertama adalah bahan magnetik, yaitu bahan-bahan yang dapat ditarik oleh magnet. Kedua adalah bahan bukan magnetik, yaitu bahan-bahan yang tidak dapat ditarik oleh magnet.



Gambar 7.2

Sumber: Glencoe, 1999

Magnetit adalah suatu bahan tambang yang memiliki sifat-sifat magnetik alamiah. Benda apa yang dapat ditarik oleh magnetit?

Bahan magnetik yang paling kuat disebut **bahan ferromagnetik**. Nama tersebut berasal dari bahasa Latin *ferrum* yang berarti besi. Bahan ferromagnetik ditarik dengan kuat oleh magnet dan dapat dibuat menjadi magnet. Sebagai contoh, jika kamu mendekatkan sebuah magnet pada sebuah paku besi, magnet akan menarik paku tersebut. Jika kamu menggosok paku dengan magnet beberapa kali dengan arah yang sama, paku itu sendiri akan menjadi sebuah magnet. Paku tersebut akan tetap berupa magnet meskipun magnet yang digunakan menggosok tersebut telah dijauhkan.

Bahan-bahan magnetik tersebut dapat dibagi menjadi dua macam.

- a. Bahan *ferromagnetik*, yaitu bahan yang ditarik oleh magnet dengan gaya yang kuat. Bahan ini misalnya besi, baja, kobalt dan nikel.
- b. Bahan *paramagnetik*, yaitu bahan yang ditarik oleh magnet dengan gaya yang lemah. Bahan ini misalnya aluminium, platina, dan mangan.

Sedangkan bahan yang tidak ditarik oleh magnet digolongkan sebagai bahan *diamagnetik* misalnya bismut, tembaga, seng, emas dan perak.

Beberapa bahan, seperti besi lunak, mudah dibuat menjadi magnet. Tetapi bahan tersebut mudah kehilangan kemagnetannya. Magnet yang dibuat dari bahan besi lunak seperti itu disebut **magnet sementara**. Magnet lain dibuat dari bahan yang sulit dihilangkan kemagnetannya. Magnet demikian disebut **magnet tetap**.

Kobalt, nikel, dan besi adalah bahan yang digunakan untuk membuat magnet tetap. Banyak magnet tetap dibuat dari campuran aluminium, nikel, kobalt dan besi. **Gambar 7.3** memperlihatkan bermacam-macam bentuk magnet.



Lab Mini 7.1

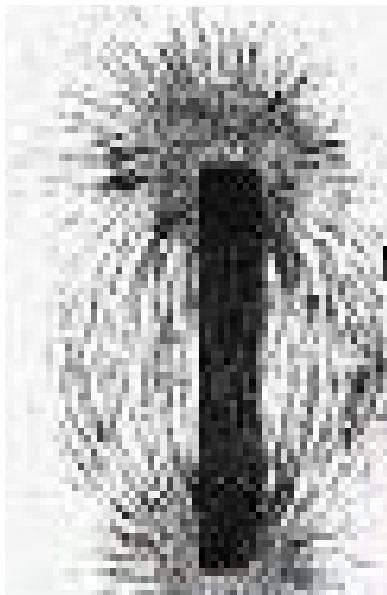
Membuat Magnet

Apa yang kamu lakukan

1. Ambillah sebuah paku dan penjepit kertas.
2. Dekatkan ujung paku tersebut ke penjepit kertas. Apakah penjepit tersebut menempel ke ujung paku?
3. Ambillah sebuah magnet batang. Gosoklah pelan-pelan ujung paku tersebut ke salah satu ujung magnet batang. Dekatkan ujung paku tersebut ke penjepit. Apakah penjepit tersebut menempel ke ujung paku tersebut?
4. Ambillah sebuah paku yang lain.
5. Dekatkan ujung paku tersebut ke salah satu ujung magnet batang (jangan sampai menyentuh). Dekatkan ujung paku tersebut ke penjepit kertas. Apakah penjepit tersebut menempel ke ujung paku?

Analisis

1. Pada prosedur 3, kamu membuat magnet dengan cara apa?
2. Pada prosedur 5, kamu membuat magnet dengan cara apa?



Sumber: http://galery.hd.or/_c/natural-science

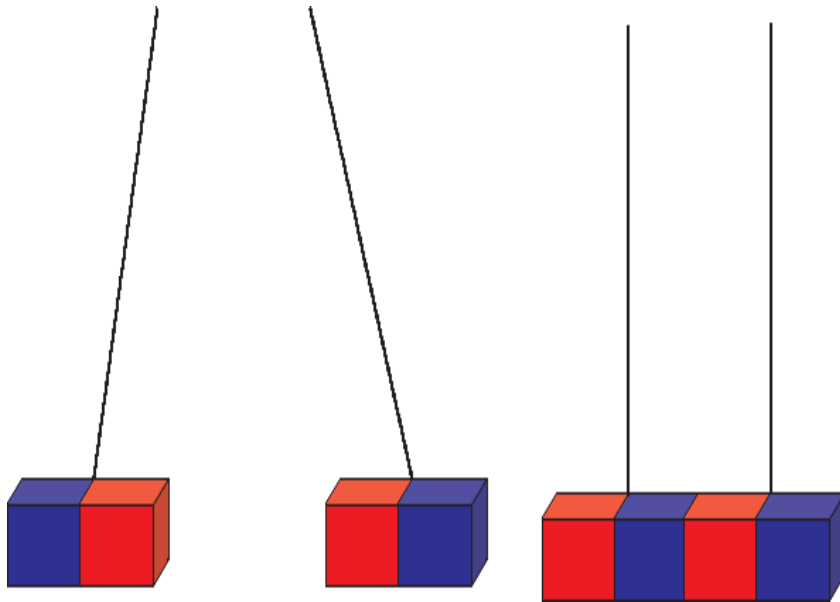
Gambar 7.3

Magnet dibuat dalam berbagai ukuran dan bentuk, meliputi magnet batang, tapal kuda, dan U

Kutub Magnet

Semua magnet mempunyai sifat-sifat tertentu. Setiap magnet, bagaimanapun bentuknya, mempunyai dua ujung di mana pengaruh magnetiknya paling kuat. Dua ujung tersebut dikenal sebagai **kutub magnet**. Kutub magnet yang bila digantung menunjuk arah utara disebut kutub utara (U), dan sebaliknya disebut kutub selatan (S). Magnet dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran meliputi magnet batang, tapal kuda, dan cakram seperti diperlihatkan pada **Gambar 7.3**.

Jika dua magnet saling didekatkan, mereka saling mengerahkan gaya, yaitu gaya magnet. **Gaya magnet**, seperti gaya listrik, terdiri dari tarik-menarik dan tolak-menolak. Jika dua kutub utara saling didekatkan, kedua kutub tersebut akan tolak-menolak. Demikian juga halnya jika dua kutub selatan saling didekatkan. Namun, jika kutub utara salah satu magnet didekatkan ke kutub selatan magnet lain, kutub-kutub tersebut akan tarik-menarik. Aturan untuk kutub-kutub magnet tersebut berbunyi: **Kutub-kutub senama akan tolak-menolak dan kutub-kutub tidak senama akan tarik-menarik**. Bagaimana aturan ini bila dibandingkan dengan aturan yang memaparkan perilaku muatan listrik?

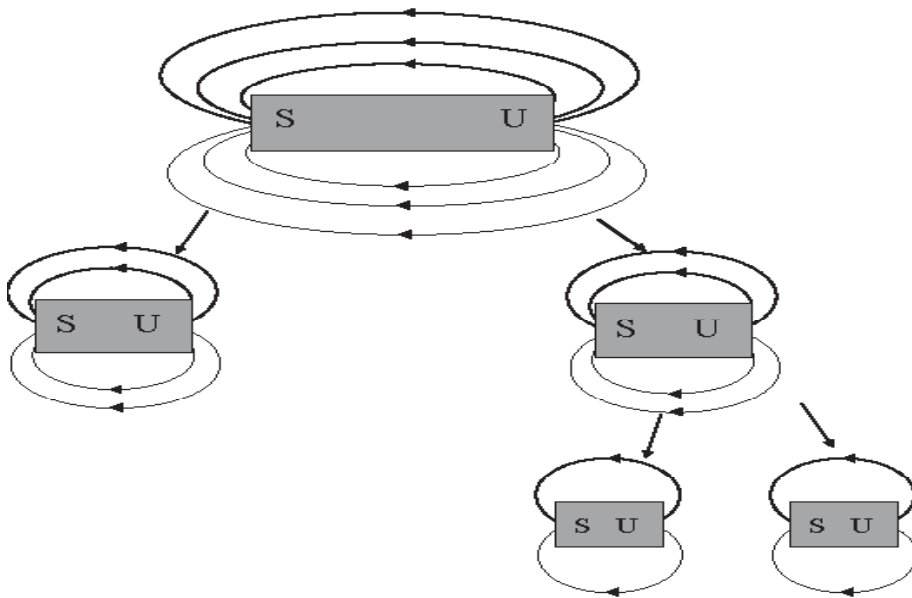


Gambar 7.4

Dua magnet batang yang digantung dengan benang bebas bergerak. Gaya apa yang terdapat pada magnet-magnet tersebut?

- a Dua kutub sejenis tolak-menolak.
- b Dua kutub tidak sejenis tarik-menarik.

Kutub magnet selalu ditemukan berpasangan, kutub utara dan kutub selatan. Jika sebuah magnet dipotong menjadi dua buah, dihasilkan dua magnet yang lebih kecil masing-masing mempunyai satu kutub utara dan satu kutub selatan. Prosedur ini dapat diulang-ulang, namun selalu dihasilkan sebuah magnet lengkap yang terdiri dari dua kutub.

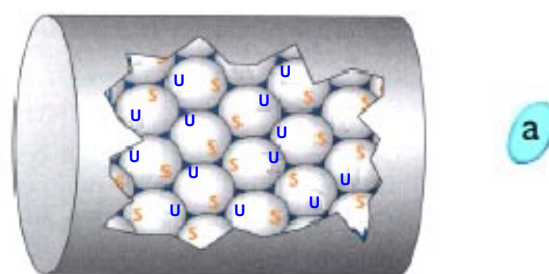


Gambar 7.5

Tidak memandang berapa kali sebuah magnet dipotong menjadi dua, tiap-tiap potongan tetap mempertahankan sifat-sifat kemagnetannya.

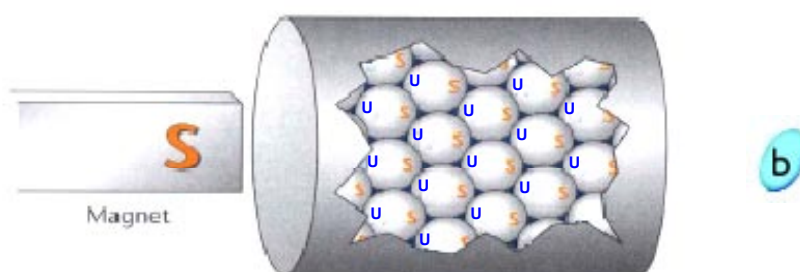
Terjadinya Kemagnetan

Sifat-sifat magnetik suatu bahan bergantung pada **struktur atomnya**. Para ilmuwan mengetahui bahwa atom memiliki sifat-sifat magnetik. Sifat-sifat magnetik tersebut disebabkan gerak elektron dalam atom-atom tersebut. Oleh karena itu, tiap atom di dalam suatu bahan magnetik adalah seperti sebuah magnet kecil yang disebut **magnet atom**. Dalam keadaan normal, atom-atom tersebut menunjuk ke semua arah secara acak sehingga kemagnetan mereka saling menghilangkan seperti ditunjukkan pada **Gambar 7.6a**. Agar sebuah benda secara keseluruhan bekerja sebagai magnet, sebagian besar atom-atom dalam benda tersebut harus menunjuk arah yang sama. Ketika atom-atom tersebut menunjuk pada arah yang sama, gaya magnetik tiap atom bergabung menjadi gaya magnetik yang lebih besar, seperti ditunjukkan pada **Gambar 7.6b**.



Gambar 7.6

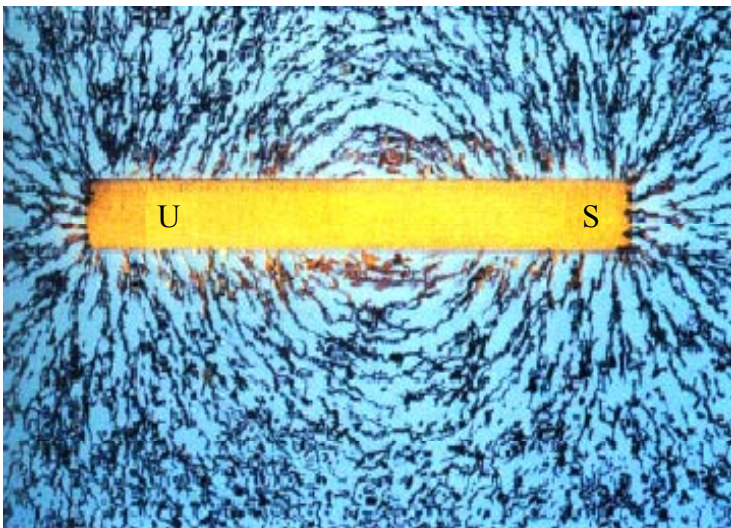
- Normalnya, atom-atom dalam sebuah logam tersusun secara acak.
- Kutub selatan yang kuat menarik semua kutub utara dari magnet atom, yang membuat logam tersebut menjadi sebuah magnet.



Medan Magnet

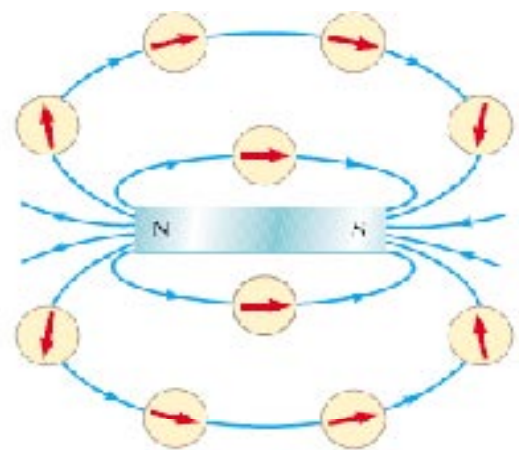
Meskipun gaya magnet paling kuat terdapat pada kutub-kutub magnet, gaya tersebut tidak terbatas hanya pada kutub. Gaya magnet juga terdapat di sekitar bagian magnet yang lain. Daerah di sekitar magnet tempat gaya magnet bekerja disebut **medan magnet**.

Sangat membantu jika kamu memikirkan medan magnet sebagai suatu daerah yang dilewati oleh garis-garis gaya magnet. Garis gaya magnet menentukan medan magnet sebuah benda. Seperti halnya garis-garis medan listrik, garis-garis gaya magnet dapat digambar untuk memperlihatkan lintasan medan magnet tersebut. Garis medan magnet berkeliling dalam lintasan tertutup dari kutub utara ke kutub selatan dari sebuah magnet. Suatu medan magnet yang diwakili oleh garis-garis gaya yang terentang dari satu kutub sebuah magnet ke kutub yang lain, merupakan suatu daerah tempat bekerjanya gaya magnet tersebut.



Sumber: Glencoe, 1999

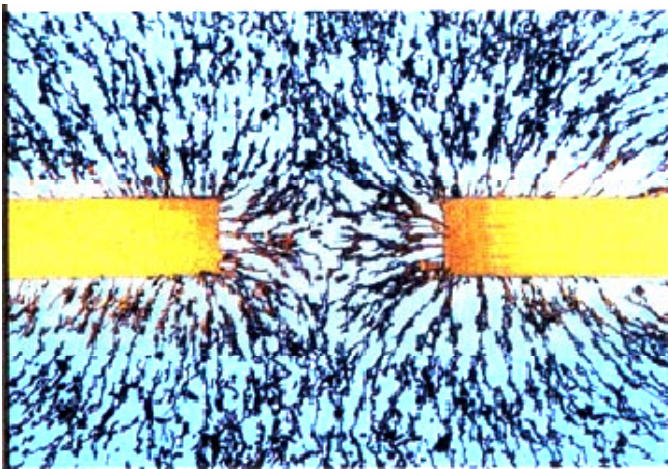
Garis gaya magnet dapat diperlihatkan dengan mudah dengan menaburkan serbuk besi pada selembar kertas yang diletakkan di atas sebuah magnet. Lihatlah **Gambar 7.7**. Di manakah garis gaya magnet yang selalu ditemukan paling banyak dan paling berdekatan satu sama lain?



Gambar 7.7

Kamu dapat melihat garis-garis gaya magnet dengan cara menaburkan serbuk besi pada selembar kaca yang diletakkan di atas sebuah magnet batang atau menggunakan kompas untuk melacak arah garis gaya magnet di luar magnet. Serbuk besi dan jarum kompas tersebut tertata segaris dengan garis medan magnet. *Dimanakah tempat garis-garis gaya tersebut selalu paling banyak dan paling berdekatan satu sama lain?*

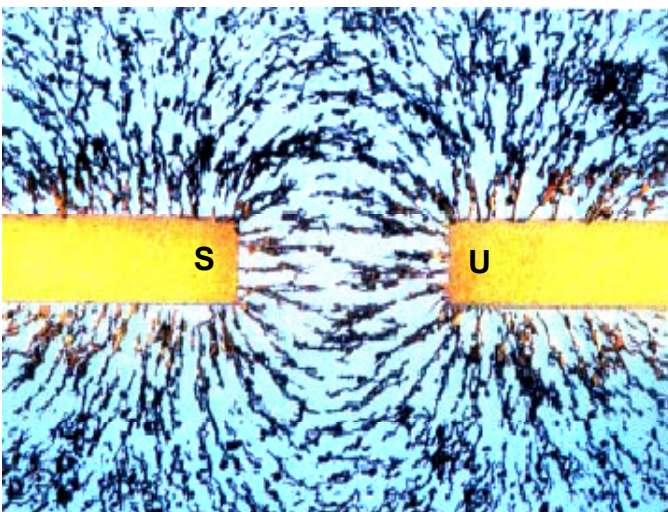
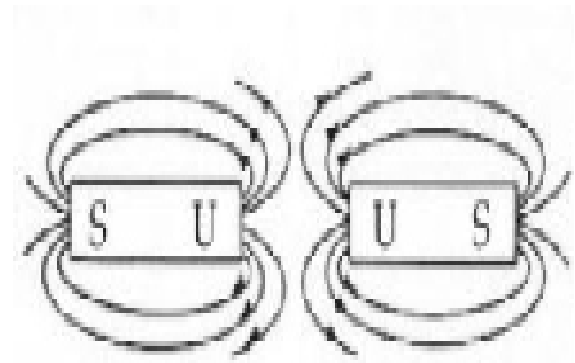
Gambar 7.8 memperlihatkan garis-garis gaya yang terdapat di antara kutub-kutub senama dua buah magnet batang. Pola serbuk besi memperlihatkan kutub-kutub senama tolak-menolak. Gambar 7.9 memperlihatkan garis gaya magnet yang terdapat di antara kutub-kutub tak-senama dua buah magnet batang. Pola serbuk besi memperlihatkan kutub-kutub tidak senama tarik menarik.



Sumber: Glencoe, 1999

Gambar 7.8

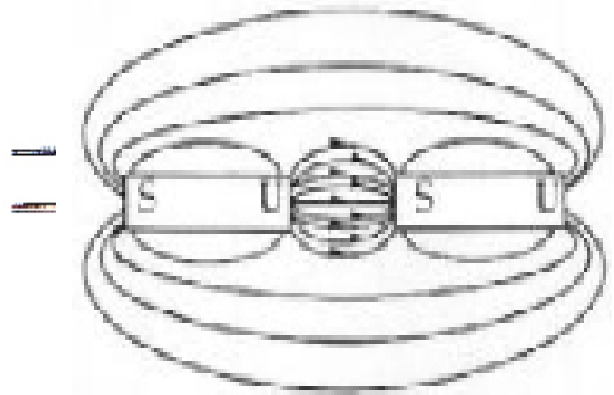
Kutub senama tolak-menolak



Sumber: Glencoe, 1999

Gambar 7.9

Kutub tidak senama tarik-menarik.





Lab Mini 7.1

Mengamati Medan Magnet

Dalam penyelidikan ini kamu akan mengamati daerah di sekitar magnet batang dan apakah kutub-kutub magnet saling tolak-menolak atau tarik-menarik.

Apa yang kamu butuhkan

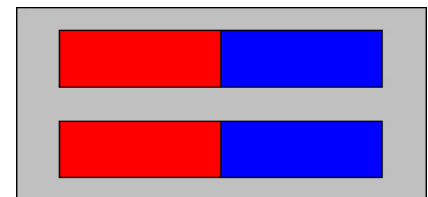
1. Serbuk besi di dalam kantong plastik
2. Magnet batang, 2 buah
3. Kertas tipis

Apa yang kamu lakukan

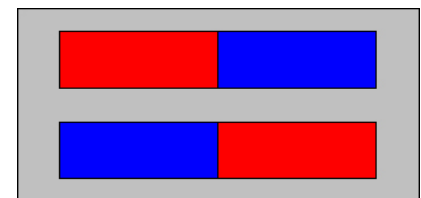
1. Letakkan satu buah magnet batang di atas meja.
2. Letakkan kantong plastik berisi serbuk besi di atas magnet tersebut.
3. Ratakan serbuk besi di dalam kantong tersebut. Gambarlah pada buku catatanmu pola serbuk besi yang kamu lihat. Tandai ujung-ujung gambarmu dengan U dan S untuk menunjukkan kutub utara dan selatan magnet tersebut.
4. Letakkan 2 buah magnet batang di atas meja dengan kutub-kutub sejenis saling berdekatan dan sejajar satu dengan yang lain dan dengan jarak sekitar 1,5 cm seperti diperlihatkan pada Gambar 7.10a. Tempatkan kedua kutub selatan itu di sebelah kanan.
5. Letakkan kantong berisi serbuk besi itu di atas dua magnet batang tersebut. Gambarlah pada buku catatanmu pola serbuk besi yang kamu lihat.
6. Sekarang letakkan 2 buah magnet batang tersebut dengan kutub utara dan kutub selatan berhadapan dengan jarak 1,5 cm seperti diperlihatkan Gambar 7.10b.
7. Letakkan kembali kantong plastik tersebut di atas dua magnet batang tersebut. Gambarlah pada buku catatanmu pola serbuk besi yang kamu lihat.

Analisis

1. Di manakah serbuk besi kelihatan paling padat?
2. Bagaimanakah pola serbuk besi tersebut ketika 2 buah kutub senama saling berdekatan?
3. Bagaimanakah pola serbuk besi tersebut ketika 1 buah kutub selatan salah satu magnet berdekatan dengan 1 kutub utara magnet lainnya?



a Kutub-kutub sejenis berdekatan



b Kutub-kutub tak-sejenis berdekatan

Gambar 7.10

Susunan dua magnet batang

Bumi Memiliki Sifat Magnet

Mengapa satu kutub dari sebuah magnet batang yang digantung dengan benang selalu menunjuk ke arah utara dan satu kutub yang lain selalu menunjuk ke selatan? Kutub-kutub magnet tersebut pada mulanya diberi nama semata-mata untuk memaparkan arah kutub-kutub tersebut di atas permukaan Bumi. Diberi nama kutub utara karena kutub magnet tersebut menghadap ke kutub utara Bumi. Demikian juga halnya dengan kutub selatan magnet.

Orang pertama yang mengajukan jawaban atas pertanyaan di atas adalah ahli fisika Inggris yang bernama William Gilbert. Pada tahun 1600, Gilbert berpendapat bahwa Bumi itu sendiri merupakan sebuah magnet. Ia meramalkan kelak akan ditemukan bahwa Bumi memiliki kutub-kutub magnet.

Teori Gilbert itu ternyata benar. Kutub magnet Bumi akhirnya ditemukan. Sekarang, para ilmuwan mengetahui bahwa Bumi berperilaku seperti kalau ia mempunyai sebuah magnet batang yang terkubur jauh di dalam pusat Bumi.

Bumi memiliki garis-garis gaya magnet dan dikelilingi oleh medan magnet yang paling kuat di dekat kutub magnet utara dan selatan.

Asal mula sebenarnya dari medan magnet Bumi belum sepenuhnya dipahami. Diyakini bahwa medan magnet tersebut berkaitan dengan inti dalam Bumi, yang hampir seluruhnya merupakan besi dan nikel.



Gambar 7.11

Sebuah kompas dengan jarumnya menunjuk ke arah utara.

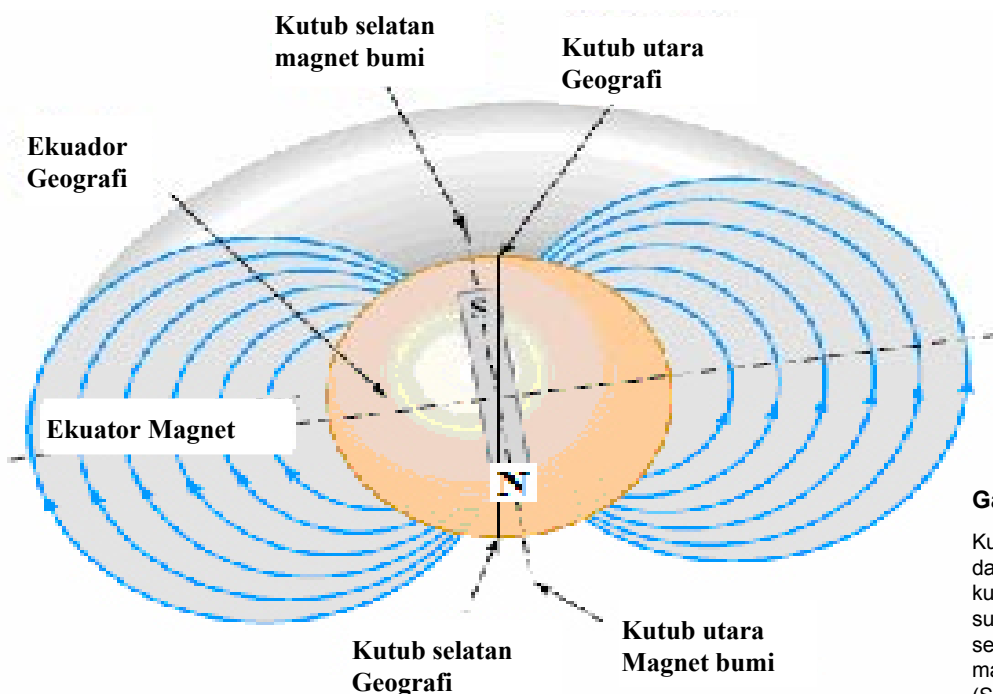
Kompas

Perhatikan kompas yang diperlihatkan pada **Gambar 7.11**. Jika kamu pernah menggunakan kompas, kamu mengetahui bahwa jarum kompas selalu menunjuk ke arah utara. Jarum kompas merupakan sebuah magnet. Ia mempunyai sebuah kutub utara dan sebuah kutub selatan. Kutub utara jarum kompas menunjuk ke Kutub Utara Bumi.

Dimanakah tepatnya letak kutub utara tersebut? Seperti yang telah kamu pelajari, kutub-kutub magnet yang senama tolak-menolak dan kutub-kutub magnet yang tak-senama tarik-menarik. Sehingga kutub magnet Bumi ke arah mana kutub utara sebuah kompas menunjuk harus merupakan kutub selatan magnetik. Dengan kata

lain, kutub utara sebuah jarum kompas menunjuk ke arah kutub utara Bumi, yang sebenarnya merupakan kutub selatan magnet Bumi. Hal yang sama berlaku untuk kutub selatan Bumi, yang sebenarnya merupakan kutub utara magnet.

Kutub-kutub magnet Bumi tidak tepat berimpit dengan kutub-kutub Bumi seperti diperlihatkan pada **Gambar 7.12**. Ilmuwan telah menemukan bahwa kutub selatan magnet Bumi terletak di timur laut Kanada, kurang-lebih berjarak 1500 kilometer dari kutub utara Bumi. Kutub utara magnet Bumi terletak dekat Antartika. Perbedaan sudut antara sebuah kutub magnet Bumi dan sebuah kutub Bumi disebut sudut **deklinasi**. Besar deklinasi tersebut tidak sama untuk semua tempat di Bumi ini. Di dekat ekuator, sudut deklinasi tersebut kecil. Semakin dekat dengan kutub, sudut tersebut semakin besar. Sudut deklinasi ini harus diperhitungkan pada saat menggunakan sebuah kompas. Disamping membentuk sudut dengan kutub Bumi, jarum kompas juga membentuk sudut dengan bidang datar. Jarum kompas tidak selalu sejajar dengan bidang datar. Hal ini berarti garis-garis gaya magnet Bumi tidak selalu sejajar dengan permukaan Bumi.



Gambar 7.12

Kutub-kutub Bumi tidak tepat berada pada tempat yang sama seperti kutub-kutub magnet Bumi. Apa yang sudah biasa kita sebut kutub utara sesungguhnya adalah kutub selatan magnet Bumi. (Serway & Jewet, 2004)

Sumber: Serway & Jewet, 2004

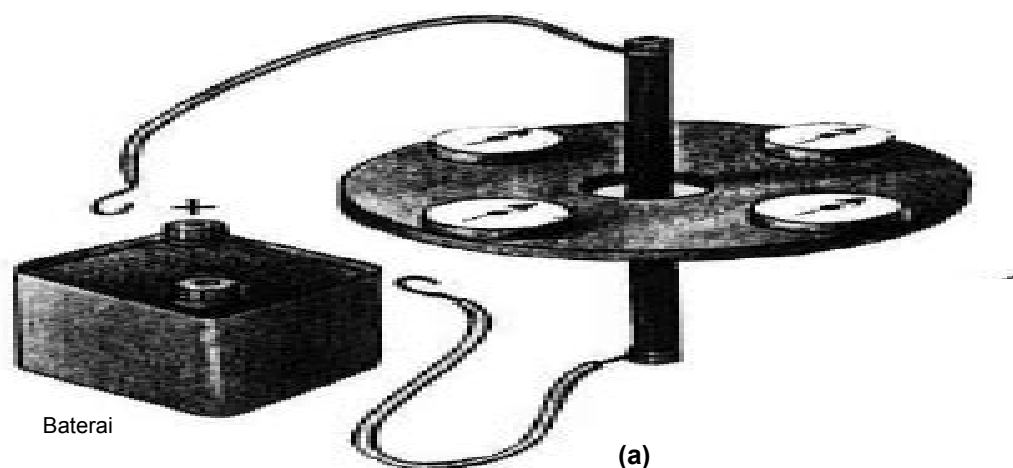
Sudut kemiringan yang dibentuk oleh jarum kompas terhadap bidang datar tersebut disebut **inklinasi**. Besar sudut inklinasi tidak sama pada semua tempat di Bumi. Di dekat garis khatulistiwa, sudut inklinasi tersebut sama dengan nol. Semakin dekat dengan kutub, sudut inklinasinya semakin besar.

Medan Magnet di Sekitar Arus Listrik

Selama bertahun-tahun Hans Cristian Oersted, seorang guru fisika dari Denmark, mempercayai ada suatu hubungan antara kelistrikan dan kemagnetan, namun dia tidak dapat membuktikan secara eksperimen. Baru pada tahun 1820 dia akhirnya memperoleh bukti.

Oersted mengamati bahwa ketika sebuah kompas diletakkan dekat kawat berarus, jarum kompas tersebut menyimpang atau bergerak, segera setelah arus mengalir melalui kawat tersebut. Ketika arah arus tersebut dibalik, jarum kompas tersebut bergerak dengan arah sebaliknya. Jika tidak ada arus listrik mengalir melalui kawat tersebut, jarum kompas tersebut tetap diam. Karena sebuah jarum kompas hanya dapat disimpangkan oleh suatu medan magnet, Oersted menyimpulkan bahwa suatu arus listrik menghasilkan suatu medan magnet.

Lihatlah **Gambar 7.13a**. Ketika kompas-kompas kecil tersebut diletakkan di sekitar penghantar lurus yang

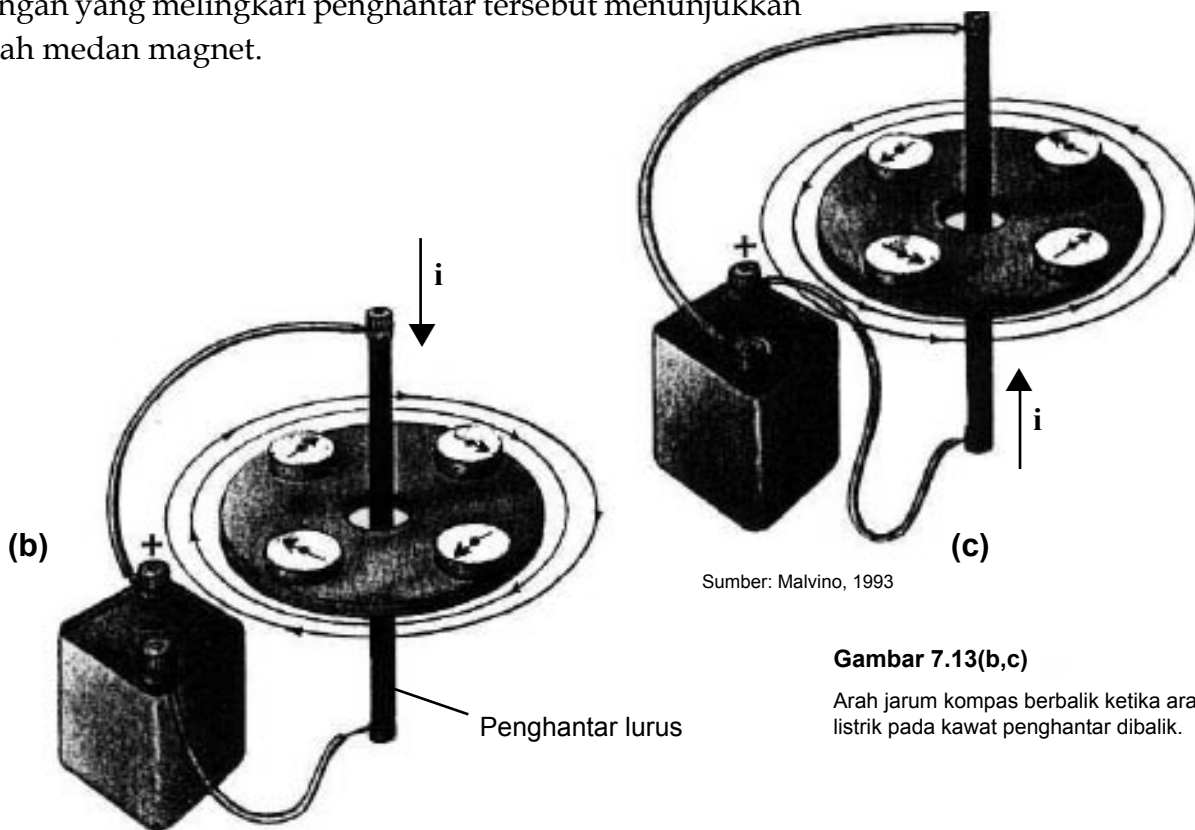


Gambar 7.13(a)

Arus yang mengalir melalui sebuah kawat akan menimbulkan medan magnet.

tidak dialiri arus listrik, jarum-jarum kompas tersebut sejajar (semuanya menunjuk ke satu arah). Keadaan ini memperlihatkan bahwa jarum kompas tersebut hanya dipengaruhi oleh medan magnet Bumi. Ketika penghantar lurus tersebut dialiri arus listrik dengan arah ke bawah (tegangan positif baterai terhubung pada ujung atas penghantar), jarum-jarum kompas tersebut membentuk arah tertentu (**Gambar 7.13b**). Arah jarum kompas tersebut jika dihubungkan satu dengan lainnya akan membentuk lingkaran yang arahnya searah dengan jarum jam. Ketika arah arus tersebut dibalik, arah medan magnet tersebut juga terbalik (**Gambar 7.13c**). Dengan demikian suatu arus listrik yang mengalir melalui sebuah kawat menimbulkan medan magnet yang arahnya bergantung pada arah arus listrik tersebut. Garis gaya magnet yang dihasilkan oleh arus dalam sebuah kawat lurus berbentuk lingkaran dengan kawat berada di pusat lingkaran. Besarnya medan magnet tersebut berbanding lurus dengan besar arus listrik dan panjang kawat.

Kaidah tangan kanan dapat digunakan untuk menentukan arah medan magnet sekitar penghantar lurus yang dialiri arus listrik. Lihatlah **Gambar 7.14**. Arah ibu jari tangan kanan menunjukkan arah arus listrik. Jari-jari tangan yang melingkari penghantar tersebut menunjukkan arah medan magnet.



Gambar 7.13(b,c)

Arah jarum kompas berbalik ketika arah arus listrik pada kawat penghantar dibalik.

Gambar 7.14a memperlihatkan garis medan magnet sekitar kawat dengan arus yang melaluinya. **Gambar 7.14b** memperlihatkan bahwa dengan menambahkan lilitan kawat untuk membuat kumparan akan menimbulkan lebih banyak garis medan magnet, akibatnya medan magnet menjadi lebih kuat. Ketika inti besi dimasukkan ke dalam koil demikian dan arus dilewatkan melalui koil, maka terbentuk magnet sementara yang kuat yang disebut **elektromagnet**. Inti besi menjadi sebuah magnet. Salah satu ujung koil bekerja seperti kutub utara dan ujung lain seperti kutub selatan. Kekuatan medan magnet dapat ditingkatkan dengan menambah lebih banyak lilitan pada koil dan dengan menaikkan arus yang melalui kawat.



Sumber: micro.magnet.fsu.edu

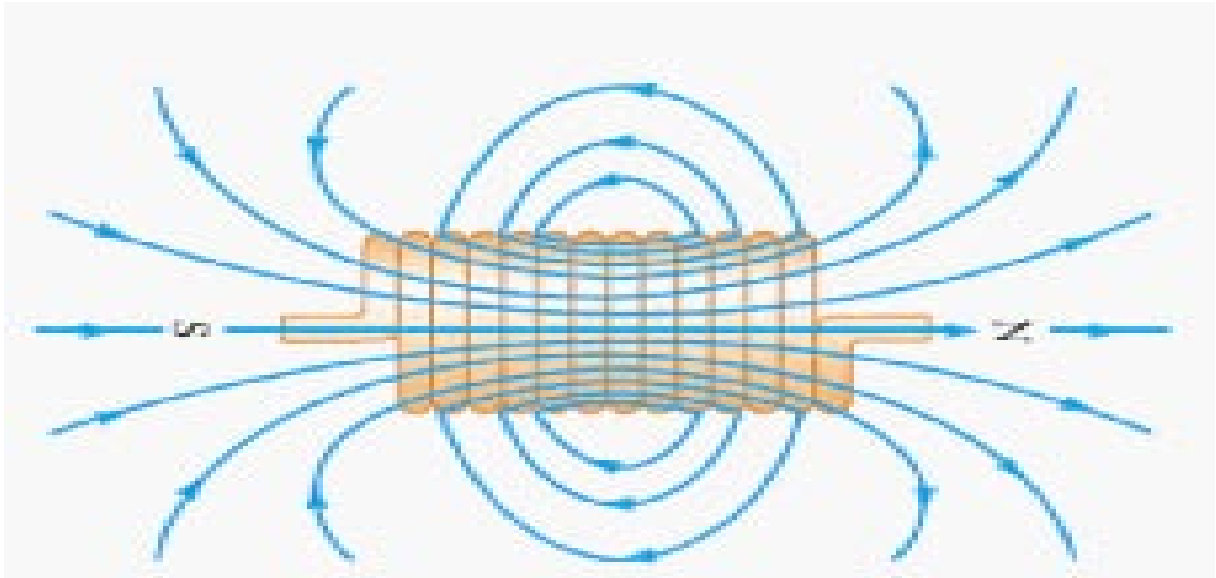
Gambar 7.14

Kaidah tangan kanan untuk penghantar lurus dapat digunakan untuk menentukan arah medan elektromagnet.

...mpengaruhi serbuk besi. Demikian juga liri arus listrik. Ketika kawat dililitkan pada ola serbuk besi seperti pola yang dibentuk batang. Ini memperlihatkan hubungan an dan kemagnetan. Medan magnet selalu us listrik.

Medan Magnet dalam Kumparan

Oersted menyadari bahwa jika sebuah kawat berarus dililit menjadi suatu kumparan, medan magnet yang dihasilkan oleh tiap lilitan dijumlahkan menjadi satu. Hasilnya adalah sebuah medan magnet yang kuat pada tengah-tengah kumparan dan pada kedua ujungnya. Kedua ujung kumparan tersebut berperilaku seperti kutub-kutub sebuah magnet. Sebuah kumparan kawat panjang dengan banyak lilitan disebut **solenoida**, seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 7.15**. Dengan demikian sebuah solenoida bekerja seperti sebuah magnet ketika arus listrik mengalir melalui solenoida tersebut. Kutub utara dan selatan berubah sesuai dengan arah arus tersebut.



Sumber: Serway & Jewet, 2004

Medan magnet solenoida dapat diperkuat dengan memperbesar jumlah belitan atau besar arus yang mengalir melalui kawat tersebut. Namun peningkatan medan magnet terbesar diperoleh dengan menempatkan sepotong besi di tengah-tengah solenoida tersebut. Medan magnet solenoida tersebut memagnetisasi atau mengatur arah seluruh magnet atom dari besi tersebut. Medan magnet yang dihasilkan sama dengan jumlah dari medan magnet kumparan dan medan magnet besi. Medan magnet ini dapat ratusan bahkan ribuan kali lebih besar daripada kekuatan medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan sendirian.

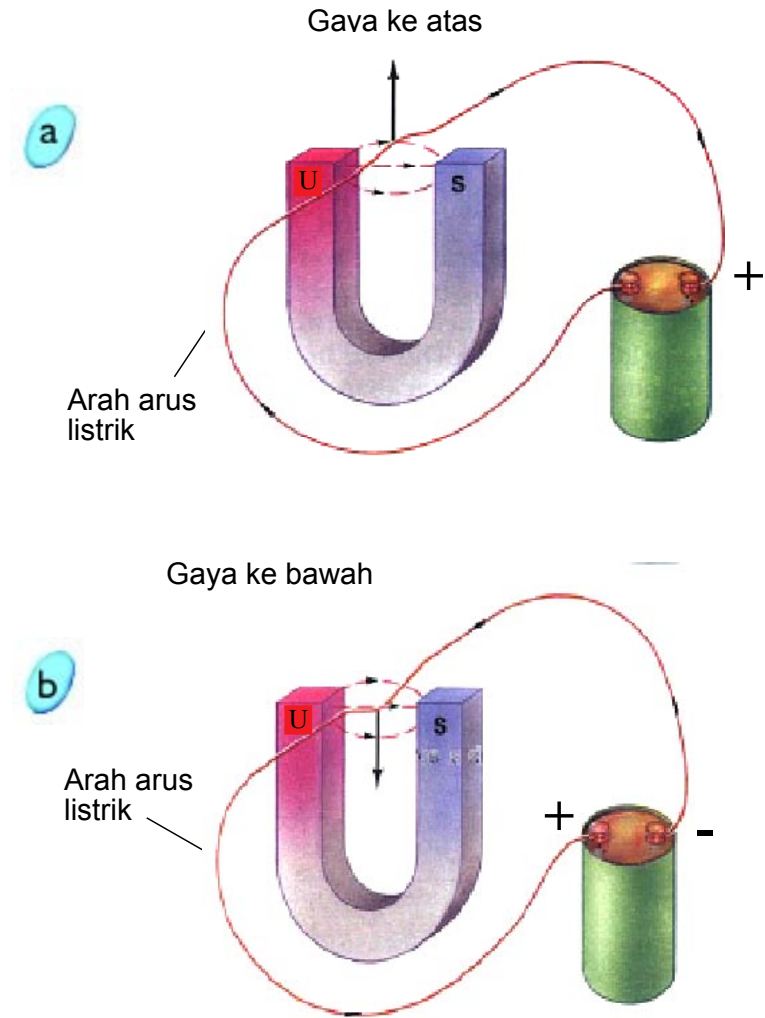
Gambar 7.15

Kumparan yang dialiri arus merupakan sebuah solenoida. Jika seutas kawat dililit menjadi sebuah solenoida, medan magnet yang ditimbulkan oleh arus menjadi paling kuat pada ujung-ujung solenoida, seperti sebuah magnet batang.

Gaya Magnet pada Penghantar Berarus yang Berada di dalam Medan Magnet

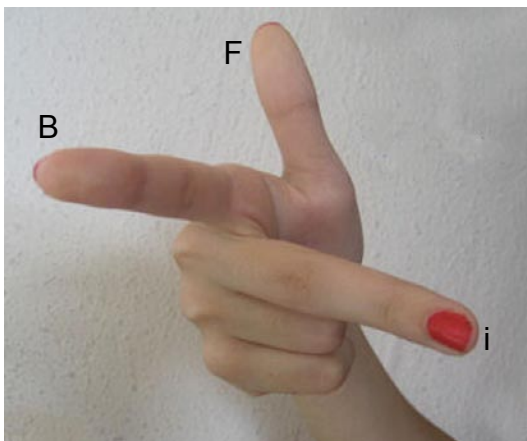
Kamu telah mengetahui bahwa suatu arus listrik dapat memberikan suatu gaya pada sebuah magnet, misalnya sebuah kompas. Kamu juga telah mengetahui bahwa gaya selalu terjadi dalam pasangan. Apakah medan magnet memberikan suatu gaya pada suatu penghantar berarus listrik?

Untuk menjawab pertanyaan tersebut, perhatikan percobaan pada **Gambar 7.16**. Sebuah penghantar ditempatkan di dalam medan magnet antara kutub-kutub magnet U. Pada **Gambar 7.16a**, ketika arus dialirkan melalui penghantar tersebut, penghantar akan bergerak ke atas. Pada **Gambar 7.16b**, jika arah arus dibalik,



Gambar 7.16

Medan magnet mengerjakan sebuah gaya pada penghantar yang dialiri arus listrik.



Gambar 7.17

Jari tengah menunjukkan arah arus listrik (i), telunjuk menunjukkan arah medan magnet (B), ibu jari menunjukkan arah gaya (F).

penghantar bergerak ke bawah. Maka jawabannya adalah ya. Suatu medan magnet memberikan suatu gaya pada sebuah kawat yang dialiri arus. Gaya yang menyebabkan penghantar tersebut bergerak ke atas dan ke bawah ini disebut **gaya Lorentz**.

Arah arus listrik, medan magnet, dan gaya tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan **aturan tangan kiri** seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 7.17**.



Kegiatan 7.1

Membuat Elektromagnet

Dapatkan kamu menggunakan listrik untuk membuat setiap benda menjadi magnet? Dapatkan kamu membuat kemagnetan datang dan pergi? Bagaimana kamu dapat membuat sebuah magnet yang lebih kuat? Kegiatan ini membantu kamu untuk menjawab pertanyaan tersebut.

Apa yang kamu butuhkan

- 1 kawat tembaga berisolasi panjang 100 cm
- 1 pensil, 1 buah
- 1 kompas, 1 buah
- 1 baterai 1,5V, 2 buah
- 1 paku, 1 buah
- 1 penjepit kertas 10 buah

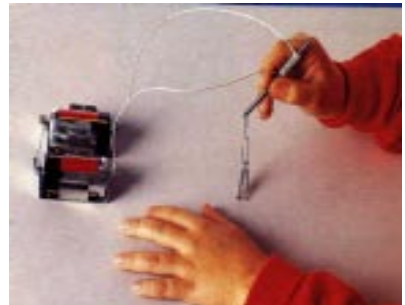
Apa yang kamu lakukan

1. Buatlah sebuah paku yang dililiti kawat seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 7.18a**. Banyak lilitan pada paku tersebut adalah 20 lilitan. Sisakan 15 cm pada tiap ujung kawat yang tidak dililitkan.
2. Dengan sakelar masih terbuka, hubungkan ujung-ujung kawat ke baterai. Ujilah kumparan tersebut dengan sebuah kompas. Apakah jarum kompas bergerak? Catatlah hasil pengamatanmu.
3. Tutuplah sakelar tersebut. Ujilah kumparan tersebut dengan kompas. Apakah jarum kompas bergerak? Catatlah hasil pengamatanmu pada buku catatanmu.
4. Tempelkan sebuah penjepit kertas ke ujung paku, seperti diperlihatkan di **Gambar 7.18b**. Apakah penjepit tersebut melekat pada paku? Catatlah hasil pengamatanmu pada Tabel. Buka sakelar setelah menutup selama 5 detik.
5. Tutup sakelar tersebut. Tempelkan beberapa penjepit satu persatu ke paku tersebut sampai paku tersebut tidak dapat menahan penjepit terakhir. Buka saklar ketika paku menjatuhkan penjepit terakhir tersebut. Catatlah hasilnya pada buku catatanmu jumlah penjepit yang dapat melekat pada paku tersebut.



a

Sebuah paku dililiti oleh kawat.



b

Paku yang berubah menjadi elektromagnet ditempelkan ke penjepit.

Gambar 7.18

Elektromagnet yang terbuat dari paku.

Tabel 7.1. Jumlah Penjepit yang Melekat pada Elektromagnet

Paku		Pensil	
20 lilitan	40 lilitan	20 lilitan	40 lilitan
.....

6. Sekarang buatlah lilitan kawat sebanyak 40 lilitan. Ulangi prosedur 4 dan 5.
7. Lepaskan kawat dari paku tersebut. Ulangi prosedur 1 sampai 6 dengan menggunakan pensil sebagai pengganti paku.

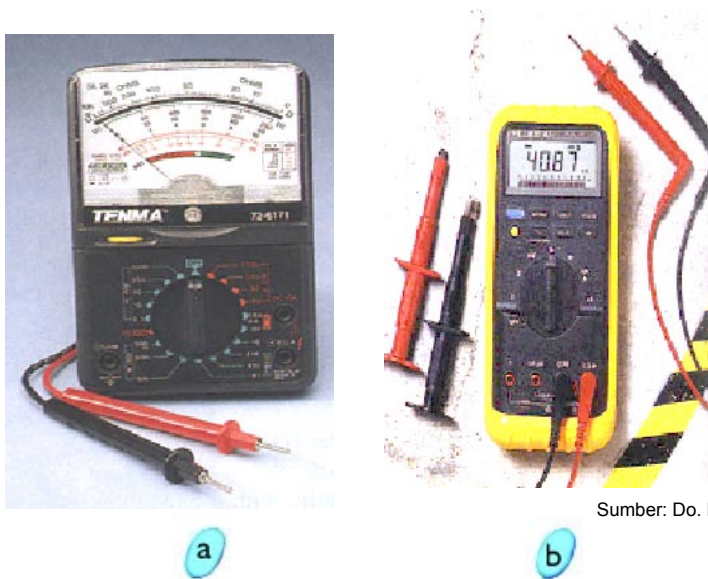
Analisis

1. Berapakah jumlah lilitan yang memungkinkan paku tersebut menahan penjepit paling banyak? Mengapa demikian?
2. Bagaimanakah dengan pensil jika dibandingkan dengan paku tersebut?
3. Jika kamu membuka sakelar, apakah paku tersebut masih dapat menarik penjepit? Mengapa demikian?

Penggunaan Elektromagnetik

Galvanometer

Gambar 7.19 memperlihatkan tipe multimeter yang biasa digunakan oleh para teknisi. **Gambar 7.19a** memperlihatkan amper-volt-ohmmeter (AVO) analog, sedangkan **Gambar 7.19b** memperlihatkan multimeter digital. Kedua tipe multimeter tersebut mampu mengukur tegangan, arus, dan hambatan.



Gambar 7.19

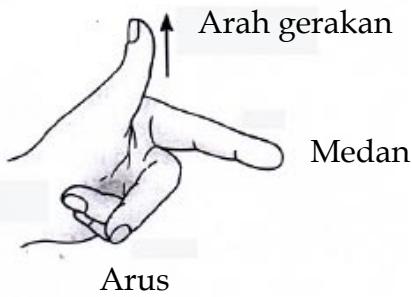
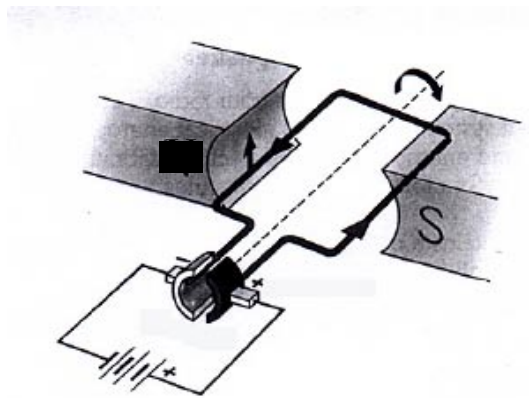
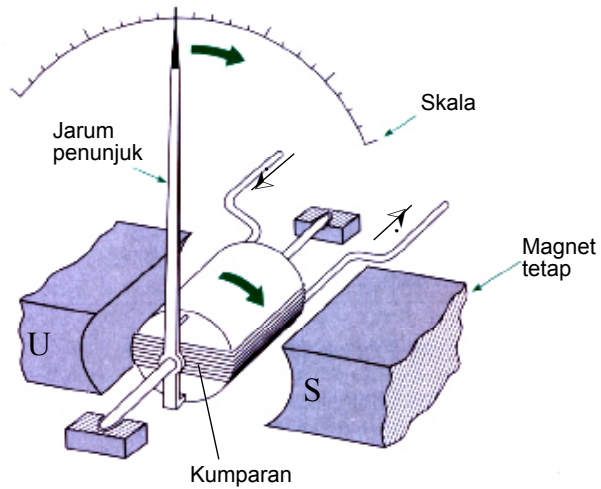
Multimeter yang umum digunakan untuk mengukur V, I dan R; (a) AVO analog, (b) AVO digital.

Sumber: Do. Penulis

AVO analog tersebut bekerja berdasarkan prinsip kumparan putar. Alat lain yang bekerjanya mirip AVO analog salah satunya adalah galvanometer. Konstruksi galvanometer tersebut diperlihatkan pada **Gambar 7.20**. Galvanometer memiliki kumparan putar yang dihubungkan ke rangkaian listrik sedemikian rupa sehingga kumparan tersebut dapat berputar dalam suatu medan magnet yang berasal sebuah magnet tetap. Ketika arus mengalir melalui kumparan tersebut, gaya magnet menyebabkan kumparan tersebut berputar. Sebuah jarum penunjuk dipasang pada kumparan tersebut sehingga memungkinkan pembacaan pada skala. Besar simpangan jarum tersebut bergantung pada besar arus yang mengalir di dalam kumparan.

Gambar 7.20

Galvanometer menggunakan elektromagnet untuk mendeteksi arus listrik. Apakah yang menyebabkan jarum tersebut bergerak?



Sumber: Floyd 1993

Gambar 7.21

Diagram sebuah motor dc sederhana

Motor Listrik-Dari Energi Listrik Menjadi Energi Mekanis

Apakah kamu pernah menggunakan kipas angin listrik untuk mendinginkan ruangan? Kipas angin tersebut menggunakan **motor listrik**. Motor listrik adalah peralatan yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanis. Motor listrik itulah yang memutar baling-baling kipas angin. Putaran baling-baling tersebut mendorong udara ke arah kamu sehingga kamu merasa sejuk.

Sebuah motor bekerja berdasarkan prinsip yang sama dengan sebuah galvanometer, kecuali tidak dilengkapi pegas sehingga kumparan tersebut dapat terus berputar pada satu arah. **Gambar 7.21** memperlihatkan diagram motor listrik sederhana. Untuk menjaga agar koil (kumparan) tetap berputar, kita harus membalik arah arus dalam koil pada saat yang tepat. Dalam motor arus searah, arus dibalik setiap setengah putaran oleh komutator yang tampak seperti cincin tembaga yang terbelah menjadi dua bagian. Diagram memperlihatkan arus dari baterai yang melalui kontak sikat ke setengah bagian komutator.

Gunakan hukum tangan kiri untuk kawat yang dekat dengan kutub Utara dari magnet.

Apakah kamu menjumpai bahwa kawat ini bergerak ke atas, sehingga koil berputar searah jarum jam?

Ketika koil berputar sampai 90° (sehingga koil vertikal), arus berhenti mengalir sebab pemisah di komutator memutuskan rangkaian. Tetapi, koil tetap berputar disebabkan momentumnya. Ketika sikat terhubung lagi, komutator dan koil telah berubah posisi sehingga kawat yang sekarang dekat dengan kutub Utara mempunyai arus yang arahnya menuju ke kita. Ini berarti bahwa gaya pada kawat tersebut adalah ke atas dan koil masih berputar searah jarum jam. Dengan demikian, komutator menjamin bahwa kawat manapun pada diagram yang dekat dengan kutub Utara, ia selalu mempunyai arus yang arahnya menuju ke kita dan kawat tetap berputar searah jarum jam.

PENGGUNAAN DALAM TEKNOLOGI Penyimpanan Data

Pita audio dan video (**Gambar 7.22**) merupakan pesan-pesan magnetik yang diterjemahkan menjadi suara dan gambar oleh mesin. Pesan-pesan tersebut direkam ketika pita tersebut melewati suatu elektromagnet. Ketika arus listrik dalam elektromagnet tersebut berubah, magnet tersebut menjadi lebih kuat atau lebih lemah. Perubahan ini direkam sebagai daerah magnetik yang lebih kuat dan lebih lemah pada pita tersebut. Ketika pita tersebut dimainkan, suatu sensor mendeteksi dan menguatkan perubahan tersebut. Kamu mendengar dan melihat hasilnya.

Untuk mendemonstrasikan hubungan antara kemagnetan dan pulsa elektronik, ambillah pita video yang sudah tidak digunakan. Putar video tersebut, kemudian digulung kembali. Tarik keluar pita video tersebut dan dekatkan pita tersebut pada magnet. Pita tersebut akan tertarik ke magnet, membuktikan bahwa pita tersebut adalah magnetik. Sekarang putar lagi pita tersebut. Apa yang kamu dengar dan lihat? Kamu telah menghapus sebagian isi pita tersebut dengan mengacak-acak rekaman magnetik tersebut.



Sumber: Dok. Penulis

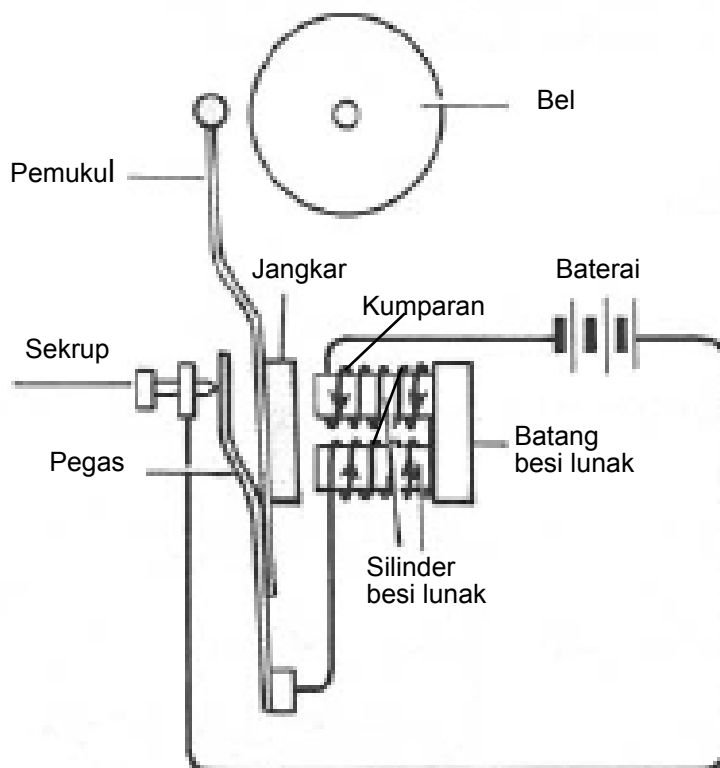
Gambar 7.22

Kaset video di dalamnya terdapat pita untuk menyimpan rekaman suara dan gambar

Bel Listrik

Bel listrik juga bekerja dengan menerapkan elektromagnet. Bel listrik sederhana diperlihatkan pada **Gambar 7.23**. Elektromagnet tersebut terdiri dari dua silinder besi lunak. Sekitar silinder tersebut dililitkan kawat. Satu ujung kawat dihubungkan ke baterai, ujung kawat lainnya dihubungkan ke pegas.

Ketika baterai dihubungkan, arus mengalir melalui sekrup menuju pegas, melewati kumparan dan kembali ke baterai. Ketika arus melewati kumparan, inti besi silinder tersebut akan menjadi magnet. Inti besi ini akan menarik jangkar, yang menyebabkan pemukul menumbuk bel dan terjadilah bunyi. Ketika pemukul menumbuk bel, kontak pegas dan sekrup, terputus menyebabkan arus listrik putus. Arus berhenti mengalir, inti besi kehilangan kemagnetannya. Jangkar kembali menempel ke pegas. Ketika ini terjadi, arus mengalir kembali, membuat besi lunak tersebut menjadi magnet lagi. Proses ini berulang-ulang, yang menyebabkan pemukul bergetar dengan cepat menumbuk bel yang menghasilkan suara bel listrik.



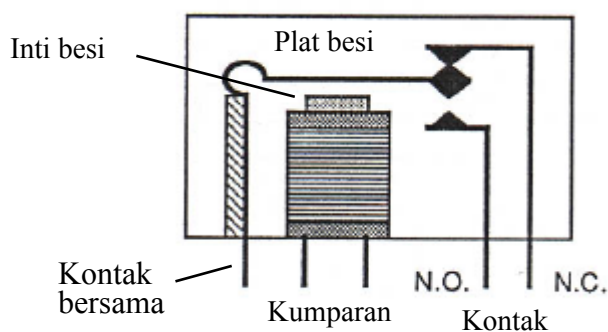
Gambar 7.23

Bel listrik yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnet.

Relai

Relai merupakan alat elektromekanik yang bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik. Relai menggunakan sebuah elektromagnet untuk membuka maupun menutup satu kontak atau lebih. Kontak relai yang terbuka ketika relai tidak dialiri arus disebut kontak *normal terbuka* (*normally open* = NO). Sebaliknya, kontak relai yang tertutup ketika relai tidak dialiri arus disebut kontak *normal tertutup* (*normally closed* = NC).

Gambar 7.24 memperlihatkan bagian-bagian pokok dari sebuah relai. Ketika kumparan tidak dialiri arus, kontak bersama terhubung dengan ujung NC. Ketika kumparan tersebut dialiri arus, elektromagnet tersebut akan menarik plat besi sehingga kontak bersama tersebut terhubung ke ujung NO.



Gambar 7.24

Bagian-bagian pokok dari sebuah relai.

Intisari Subbab



1. Ujung jarum kompas yang menunjuk ke utara disebut kutub utara. Jika jarum kompas dilepaskan dari kompas, apakah kita tetap mengatakan kutub tersebut sebagai kutub utara?
2. Mengapa kamu harus menjaga disket komputer agar jauh dari magnet?
3. Misalkan gurumu memberimu dua buah magnet batang dan mengatakan bahwa satu batang mempunyai kemagnetan yang kuat dan batang lain telah kehilangan kemagnetannya. Tanpa menggunakan alat lain, bagaimana kamu menentukan batang mana yang kuat dan batang mana yang telah kehilangan kemagnetannya?



Kata-kata IPA

Induksi Elektromagnetik
Arus induksi
Transformator step-up
Transformator step-down

Jika kemagnetan dapat dihasilkan dari listrik, dapatkan listrik dibuat dari kemagnetan? Bekerja secara terpisah, pada tahun 1831, ilmuwan Inggris yang bernama Michael Faraday dan ilmuwan Amerika yang bernama Joseph Henry menemukan bahwa menggerakkan sebuah kawat pada medan magnet akan menginduksikan arus listrik dalam kawat tersebut. Memasukkan dan mengeluarkan magnet kedalam kumparan kawat dapat juga menghasilkan arus. Penemuan penting ini mempunyai banyak kegunaan.



Lab Mini 7.1

Tegangan Induksi

Jika kamu dapat menggunakan listrik untuk membuat magnet, apakah kamu pernah berfikir menggunakan magnet untuk membangkitkan arus listrik? Cobalah lakukan penyelidikan ini.

Masalah

Bagaimana magnet dapat menimbulkan arus listrik?

Apa yang kamu butuhkan

1. Kawat terisolasi
2. Tabung dari kardus, 1 buah
3. gunting, 1 buah
4. mikroamperemeter, 1 buah
5. magnet batang, 1 buah

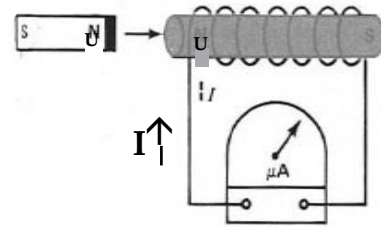
Apa yang kamu lakukan

1. Buatlah kumparan sekitar 50 lilitan dengan cara melilitkan kawat pada tabung kardus. Sisakan kawat 15 cm dari ujung-ujung kumparan.
2. Kupaslah 2 cm dari ujung-ujung kawat tersebut.
3. Hubungkan ujung-ujung kawat dengan mikro-amperemeter, seperti diperlihatkan pada **Gambar 7.25**. Amati penunjukan jarum pada meter.

4. Dengan tetap mengawasi meter, masukkan satu ujung magnet batang ke dalam kumparan. Perhatikan nilai yang terbaca pada mikro-amperemeter. Catatlah hasil pengukuran pada buku catatanmu.
5. Kemudian tarik keluar dari kumparan. Perhatikan nilai yang terbaca pada mikroamperemeter. Catatlah hasil pengukurannya pada buku catatanmu.
6. Ulangi prosedur 4 dan 5 dengan gerakan yang lebih cepat.

Analisis

1. Dalam keadaan gerak magnet yang bagaimana diperoleh arus yang paling besar?
2. Bagaimana kecepatan gerakan memasukkan dan mengeluarkan magnet mempengaruhi arus yang dihasilkan?
3. Apakah simpangan jarum mikroamperemeter selalu searah?
4. Ramalkan pengaruh menggunakan kumparan dengan lilitan yang lebih besar pada arus yang dihasilkan.
5. Ramalkan apakah akan dibangkitkan arus ketika tabung kardus dilepas dari kumparan.



Gambar 7.25

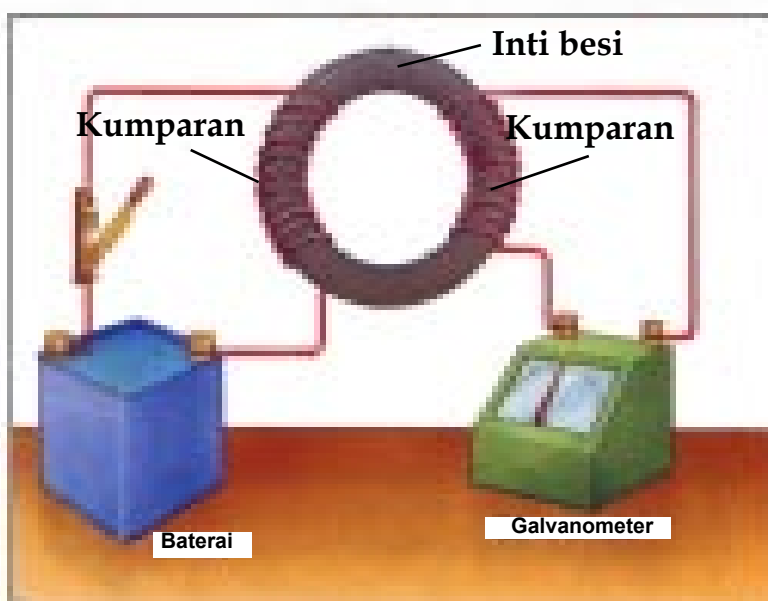
Kumparan terbuat dari kawat dihubungkan dengan mikroamperemeter.

Tegangan Induksi

Untuk menghasilkan arus listrik dari medan magnet, Faraday menggunakan peralatan yang ditunjukkan pada **Gambar 7.26**. Kumparan sebelah kiri dihubungkan ke baterai. Ketika arus mengalir melalui kawat, dihasilkan medan magnet. Kuat medan magnet diperbesar oleh inti besi, sebagai sebuah elektromagnet. Faraday berharap bahwa arus searah akan menghasilkan arus pada kumparan sebelah kanan. Tetapi bagaimanapun kuatnya arus searah yang digunakan, Faraday tidak memperoleh hasil seperti yang diinginkan. Medan magnet tersebut tidak menghasilkan arus pada kumparan kedua.

Gambar 7.26

Dengan menggunakan rangkaian semacam ini, Faraday menemukan bahwa ketika arus dalam kumparan sebelah kiri diubah, arus diinduksikan pada kumparan sebelah kanan. Arus yang berubah menimbulkan medan magnet yang berubah pula, yang menimbulkan arus.



Bila arus dari baterai diubah-ubah dengan menyambung dan memutuskan saklar secara cepat dan berulang-ulang, maka jarum galvanometer menyimpang. Hal ini berarti ada arus yang mengalir pada kumparan kedua. Sebaliknya bila saklar disambung begitu saja meskipun ada arus dari baterai, tetapi tidak menyebabkan jarum galvanometer menyimpang.

Bila arus listrik diubah-ubah dengan mengatur saklar maka medan magnet yang ditimbulkan akan berubah-ubah pula besarnya. Perubahan medan magnet ini menginduksi timbulnya arus listrik di kumparan kedua. Arus listrik ini disebut arus induksi. Proses menghasilkan arus dengan perubahan medan magnet disebut induksi elektromagnetik.

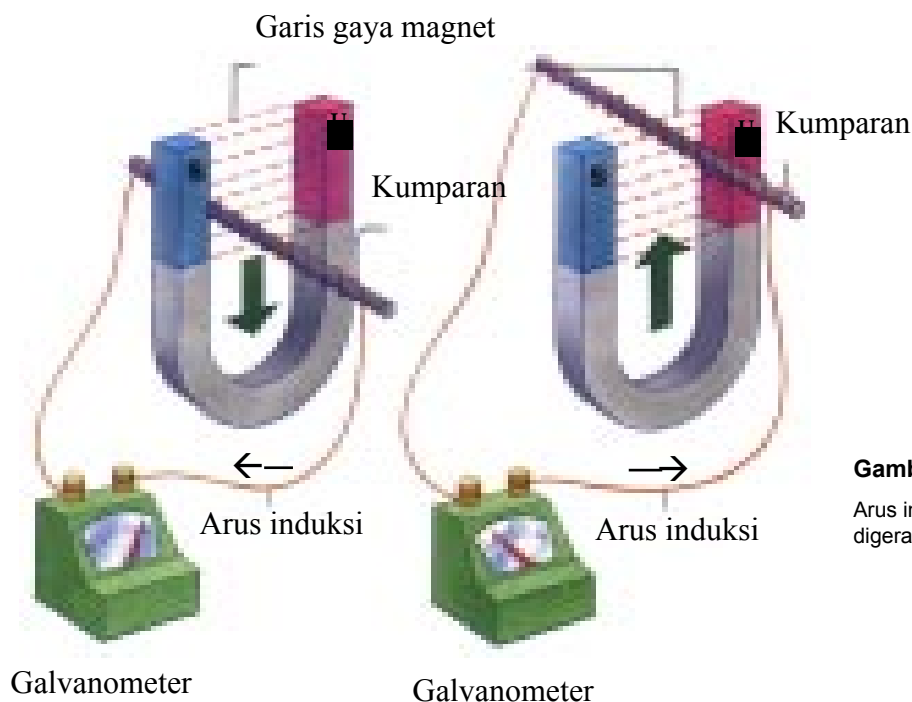
Faraday melakukan beberapa percobaan tentang induksi elektromagnet. Salah satunya adalah dia menggerakkan sebuah magnet dekat lingkaran kawat tertutup, seperti diperlihatkan pada **Gambar 7.27**. Apa yang diperoleh ketika magnet tidak digerakkan adalah tidak ada arus dalam kawat tersebut. Tetapi ketika magnet digerakkan, arus diinduksikan dalam kawat tersebut. Arah arus bergantung pada arah gerakan magnet. Pada percobaan lain dia memegang magnet dan menggerakkan rangkaian kawat, seperti diperlihatkan pada **Gambar 7.28**. Dalam hal ini arus juga diinduksikan.



Gambar 7.27

Arus diinduksikan dalam kawat melingkar yang didekatkan pada medan magnet yang berubah. Magnet digerakkan melalui kawat yang diam. Arah arus bergantung pada apa?

Satu ciri umum pada semua percobaan Faraday adalah medan magnet yang berubah. Bukan menjadi masalah bagaimana cara medan magnet berubah, apakah magnet yang digerakkan ataukah rangkaiannya yang digerakkan. Yang penting adalah terdapat perubahan medan magnet. *Arus listrik akan diinduksikan dalam rangkaian yang didekatkan ke medan magnet yang berubah.*



Gambar 7.28

Arus induksi timbul dalam kawat ketika kawat digerakkan melalui medan magnet yang diam.

Sumber: Jatmiko,2004

Berdasarkan percobaan Faraday diketahui bahwa tegangan listrik yang diinduksikan oleh medan magnet bergantung pada tiga hal berikut:

1. *Jumlah lilitan*. Semakin banyak lilitan pada kumparan, semakin besar tegangan yang diinduksikan.
2. *Kecepatan gerakan medan magnet*. Semakin cepat garis gaya magnet yang mengenai konduktor, semakin besar tegangan induksi.
3. *Jumlah garis gaya magnet*. Semakin besar jumlah garis gaya magnet yang mengenai konduktor, semakin besar tegangan induksi.



Lab Mini 7.4

Tegangan Induksi pada Berbagai Kumparan

Pada kegiatan yang lalu kamu telah menggunakan magnet untuk membangkitkan tegangan listrik. Bagaimanakah jika kumparan yang digunakan mempunyai lilitan yang berbeda-beda? Cobalah lakukan penyelidikan ini.

Apa yang kamu butuhkan

1. kumparan 100 lilitan dan 200 lilitan masing-masing 1 buah
2. kabel dilengkapi klip buaya, 2 buah
3. mikroamperemeter, 1 buah
4. magnet batang kecil, 1 buah
5. magnet batang besar, 1 buah

Apa yang kamu lakukan

- Uji Hipotesis

Rumuskan hipotesis mengenai pengaruh kuat medan magnet terhadap tegangan induksi (Hipotesis 1) dan pengaruh jumlah lilitan kumparan terhadap tegangan induksi (Hipotesis 2).

- Prosedur Uji Hipotesis 1

1. Hubungkan ujung-ujung kawat kumparan 100 lilitan dengan mikroamperemeter. Amati penunjukan jarum mikroamperemeter tersebut.
2. Dengan tetap mengawasi mikroamperemeter, masukkan satu ujung magnet batang kecil ke dalam kumparan tersebut. Kemudian tarik keluar dari kumparan. Ulangi gerakan ini dan catat pengamatanmu.

3. Masukkan satu ujung magnet batang besar ke dalam kumparan tersebut. Kemudian tarik keluar dari kumparan. Catatlah hasil pengukuranmu pada buku catatanmu.

Prosedur Uji Hipotesis 2

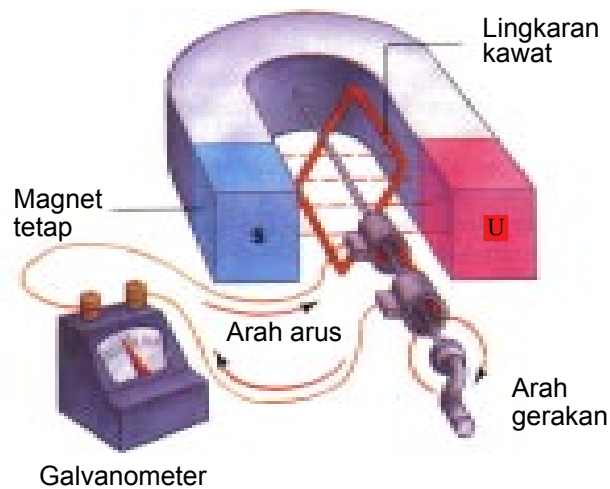
1. Hubungkan ujung-ujung kawat kumparan 100 lilitan dengan mikroamperemeter. Amati penunjukan jarum mikroamperemeter.
2. Dengan tetap mengawasi mikroamperemeter, masukkan satu ujung magnet batang kecil ke dalam kumparan tersebut. Kemudian tarik keluar dari kumparan. Ulangi gerakan ini dan catat pengamatanmu pada buku catatanmu.
3. Ulangi prosedur 1 dan 2 dengan menggunakan kumparan 200 lilitan.

Analisis

1. Perhatikan data yang diperoleh dari Uji Hipotesis 1. Dengan menggunakan magnet batang mana diperoleh arus lebih besar?
2. Simpulkan apakah data dari Uji Hipotesis 1 mendukung atau menolak Hipotesis 1.
3. Perhatikan data yang diperoleh dari Uji Hipotesis 2. Dengan kumparan mana diperoleh arus yang lebih besar?
4. Simpulkan apakah data dari Uji Hipotesis 2 mendukung atau menolak Hipotesis 2.

Generator

Sebuah generator sederhana terdiri dari lilitan kawat yang diletakkan pada batang atau as yang dapat berputar. Lilitan kawat tersebut, yang dihubungkan ke sumber energi mekanis, ditempatkan di antara kutub-kutub magnet. Ketika lilitan kawat diputar oleh sumber energi mekanis, lilitan tersebut bergerak melewati medan magnet. Dengan demikian lilitan melintasi perubahan medan magnet (garis gaya magnetik terpotong). Hasilnya adalah arus induksi pada kawat.



Gambar 7.29

Dihasilkan arus listrik dalam generator ketika kumparan diputar di medan magnet. Apa perbedaan antara generator dan motor?

Ketika lilitan kawat terus berputar, kawat bergerak paralel dengan garis gaya magnetik. Pada tahap ini, medan tidak berubah dan tidak ada garis gaya magnetik terpotong, sehingga tidak dihasilkan arus induksi. Rotasi selanjutnya menggerakkan lilitan pada posisi di mana garis gaya magnetik terpotong lagi. Tetapi kali ini, garis gaya terpotong dari arah yang berlawanan. Ini berarti arus induksi pada arah yang berlawanan juga. Karena arus listrik berubah pada tiap rotasi, arus yang dihasilkan adalah arus bolak-balik.

Jika kamu mempunyai sepeda yang memiliki generator (dinamo) kecil yang menempel pada roda, maka kamu adalah sumber energi mekanis untuk generator tersebut. Agar lampu sepeda menyala, knob pada generator diletakkan sedemikian rupa sehingga knob menyentuh roda. Ketika kamu menggerakkan pedal sepeda, kamu memberi energi mekanis untuk memutar roda. Roda lalu memutar knob. Knob dilekatkan ke tangkai di dalam generator. Tangkai memutar lilitan kawat melintasi medan magnet. Apa yang terjadi ketika roda sepeda berhenti berputar?



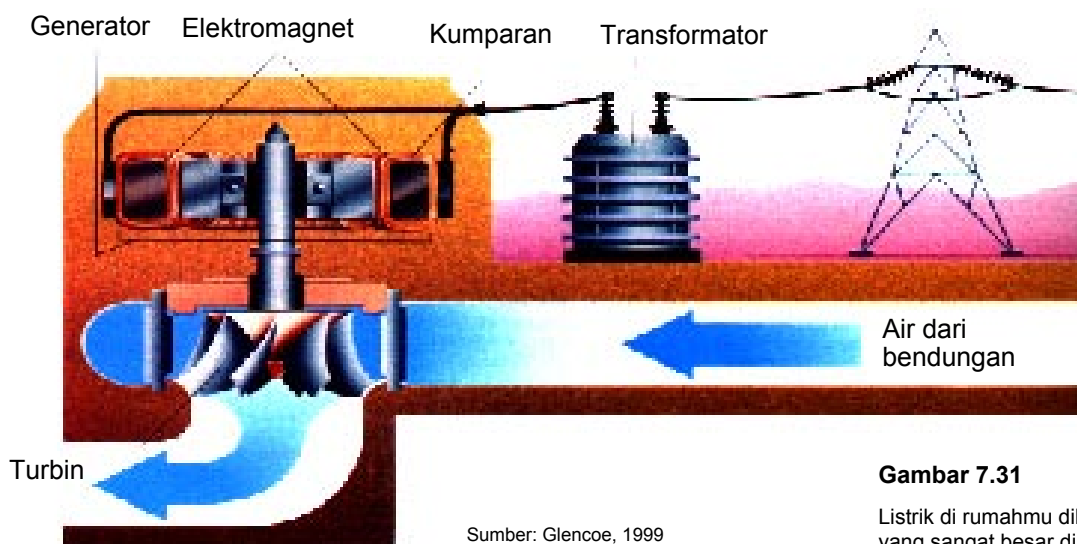
Sumber: Dok. Penulis

Gambar 7.30

Cahaya yang dihasilkan oleh generator pada sepeda menggunakan energi mekanis dari putaran roda yang memutar kawat. Dapatkah cahaya menyala ketika sepeda tidak dijalankan

Listrik di Rumahmu

Apakah kamu mempunyai generator di rumahmu yang memberikan semua kebutuhan listrik yang kamu perlukan? Mungkin tidak. Kamu memperoleh listrik dari pembangkit listrik, seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 7.31**. Generator ini jauh lebih rumit daripada generator yang dibahas di atas.



Sumber: Glencoe, 1999

Gambar 7.31

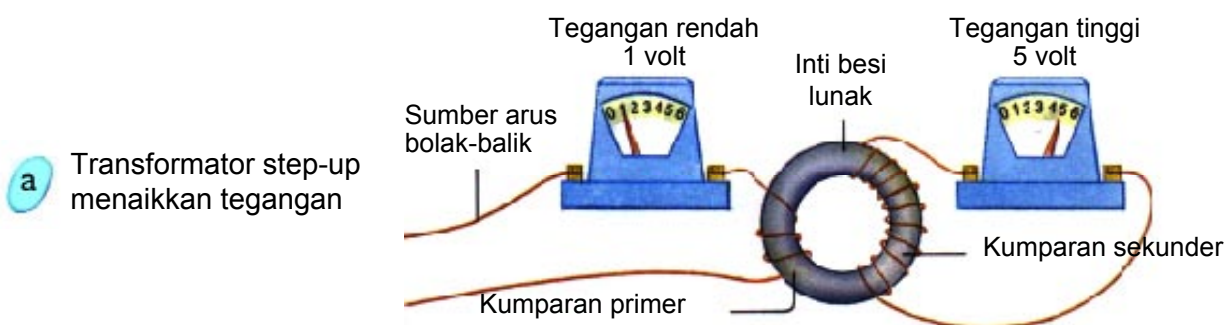
Listrik di rumahmu dihasilkan oleh generator yang sangat besar di pembangkit listrik.

Diperlukan sumber energi mekanis untuk memutar kumparan. Kumparan biasanya dihubungkan ke turbin. Turbin adalah roda besar yang diputar oleh dorongan air, angin maupun uap. Generator mengubah energi mekanis ini menjadi energi listrik yang disalurkan ke rumahmu.

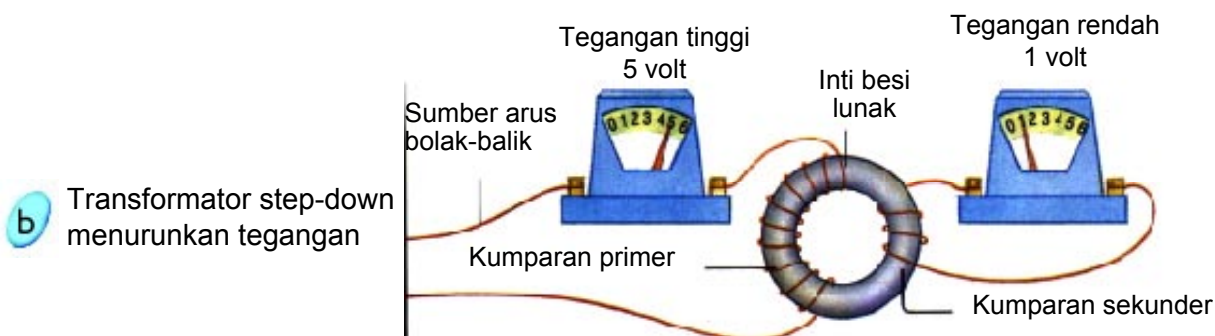
Transformator

Transformator adalah alat untuk menaikkan dan menurunkan tegangan bolak-balik. Transformator bekerja dengan prinsip arus dalam salah satu kumparan menginduksikan arus dalam kumparan lain. Transformator sederhana dibuat dari dua kumparan kawat yang dililitkan pada inti besi lunak, seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 7.32**. Satu kumparan disebut kumparan primer dan kumparan lain disebut kumparan sekunder. Ketika arus bolak-balik melewati kumparan primer, terbentuk medan magnet yang berubah-ubah sebagai akibat arus bolak-balik. Medan magnet ini menghasilkan proses induksi elektromagnetik yang menimbulkan arus di dalam kumparan sekunder.

Transformator Step-up



Transformator Step-down



Sumber: Floyd, 1993

Gambar 7.32

Sebuah transformator dapat menaikkan dan menurunkan tegangan bolak-balik. Kumparan mana yang lebih banyak mempunyai lilitan pada tiap-tiap tipe transformator?

Jika jumlah lilitan pada kumparan primer dan sekunder sama, tegangan induksi pada kumparan sekunder akan sama seperti tegangan pada kumparan primer. Tetapi jika jumlah lilitan pada kumparan sekunder lebih banyak dari lilitan pada kumparan primer, tegangan pada kumparan sekunder akan lebih besar. Karena transformator jenis ini menaikkan tegangan, ia disebut transformator penaik tegangan atau *step-up*. **Gambar 7.32a** memperlihatkan transformator *step-up*.

Pada transformator penurun tegangan atau *step-down*, jumlah lilitan pada kumparan sekunder lebih sedikit daripada jumlah lilitan pada kumparan primer. Sehingga tegangan pada kumparan sekunder lebih kecil daripada tegangan pada kumparan primer. **Gambar 7.32b** memperlihatkan transformator *step-down*.

Transformator sangat penting untuk penyaluran listrik. Pembangkit listrik biasanya letaknya sangat jauh dari rumah penduduk. Listrik disalurkan pada jarak yang jauh, sehingga terdapat kehilangan energi. Pada tegangan yang tinggi dan arus yang rendah, listrik dapat disalurkan dengan kehilangan energi yang lebih kecil. Tetapi jika pembangkit listrik membangkitkan tegangan rendah, bagaimana memperoleh listrik tegangan tinggi? Listrik tegangan tinggi diperoleh dengan menaikkan tegangan menggunakan transformator *step-up*. Setelah dinaikkan, tegangan tersebut disalurkan ke pelanggan. Tegangan tersebut kemudian diturunkan lagi dengan menggunakan transformator *step-down* untuk disalurkan ke rumah penduduk seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 7.33**.

Transformator *step-up* digunakan juga pada pesawat televisi untuk menaikkan tegangan 220 volt menjadi tegangan 20.000 volt. Transformator *step-down* digunakan pada radio, tape recorder, komputer.

Kaitan dengan



GEOGRAFI

Pelajari generator di **Gambar 7.31**. Apakah kegunaan air dalam membangkitkan listrik? Apakah keuntungan dan kerugian menggunakan air?



Sumber: Dok. Penulis

Gambar 7.33

Transformator *step-down* sering dijumpai disekitar rumah kita.

Perbandingan Lilitan

Perbandingan jumlah lilitan pada kumparan sekunder (N_s) dan jumlah lilitan pada kumparan primer (N_p) disebut perbandingan lilitan transformator, yaitu

$$\text{Perbandingan lilitan} = \frac{N_s}{N_p}$$

Contoh, 500 lilitan pada kumparan sekunder dan 50 lilitan pada kumparan primer memberikan perbandingan 500/50 atau 10:1.

Perbandingan Tegangan

Pada transformator ideal, besar tegangan induksi pada tiap lilitan kumparan sekunder sama dengan tegangan yang diinduksikan pada tiap lilitan kumparan primer. Oleh karena perbandingan tegangan sama seperti perbandingan lilitan, yaitu:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} \quad \begin{array}{l} V_p = \text{tegangan primer} \\ V_s = \text{tegangan sekunder} \end{array}$$

Jika kumparan sekunder mempunyai lilitan lebih banyak, maka tegangan sekunder akan lebih besar dan tegangan primer tersebut dinaikkan. Jika kumparan sekunder mempunyai lilitan yang lebih sedikit, maka tegangan primer akan diturunkan.

Perbandingan Arus

Pada transformator ideal, jumlah energi yang dipindahkan tidak mengalami kerugian. Artinya besar energi listrik pada kumparan primer sama dengan besar energi listrik pada kumparan sekunder:

$$V_p I_p = V_s I_s \quad \text{atau}$$

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{I_p}{I_s}$$

I_p = kuat arus primer

I_s = kuat arus sekunder

Contoh Soal:

Perbandingan lilitan primer dengan lilitan sekunder sebuah transformator adalah 4:10. Jika kuat arus primer 5 ampere, berapakah kuat arus sekunder?

Langkah-langkah Pemecahan-Masalah:

1. Apa yang diketahui?
perbandingan lilitan $N_p : N_s = 4 : 10$, arus primer $I_p = 5 \text{ A}$.
2. Apa yang tidak diketahui? arus sekunder, I_s
3. Memilih persamaan.
4. Pemecahan:

$$I_s = (N_p / N_s) \times I_p = (4/10) \times 5 = 2\text{A}$$

Lab Mini 7.1

Sebuah transformator step-up mempunyai 80 lilitan pada kumparan primer dan 1200 lilitan pada kumparan sekunder. Kumparan primer dihubungkan dengan tegangan bolak-balik 120 volt. Tentukan tegangan pada kumparan sekunder.

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s}$$



Kegiatan 7.2

Merancang Eksperimen Sendiri Membuat Transformator Sederhana

Bagaimana transformator menggambarkan hubungan antara kelistrikan dan kemagnetan? Buatlah dan lakukan eksperimen dengan transformator yang dijelaskan di bawah ini untuk membuktikan bagaimana arus dapat melalui dua kumparan yang tidak dihubungkan.

PERSIAPAN

Masalah

Bagaimana arus bergerak antara dua kumparan yang tidak dihubungkan?

Merumuskan Hipotesis

Buatlah sebuah hipotesis tentang bagaimana kamu dapat membuat sebuah transformator sederhana dan arus apa yang dapat melalui transformator tersebut.

Tujuan

- Merancang dan membuat sebuah transformator sederhana.
- Mengamati efektivitas transformator pada memindahkan arus searah dan arus bolak-balik.

Apa yang kamu butuhkan

1. baterai kering 6 volt
2. catu daya ac tegangan rendah
3. bola lampu tegangan rendah dan soketnya
4. kawat email
5. paku besar
6. gunting
7. kertas

Keselamatan Kerja

Pastikan bahwa tegangan output catu daya ac tidak melebihi 6 volt. Jangan melakukan eksperimen sebelum gurumu menyetujuinya.

RENCANA EKSPERIMEN

1. Diskusikan dan buatlah hipotesis dalam kelompokmu.
2. Tentukan dan tuliskan langkah-langkah yang kamu perlukan untuk menguji hipotesismu.
3. Tuliskan daftar alat dan bahan yang kamu perlukan dan kumpulkan semuanya.

Memeriksa Rencana

1. Bagaimanakah kamu membuat transformatormu? Salah satu kemungkinan adalah kamu dapat memasukkan paku dalam selongsong kertas (koker). Buatlah kumparan 400 lilitan pada salah satu ujung paku. Buat juga 400 lilitan pada ujung lain dari paku

tersebut. Kupaslah ujung-ujung kawat tersebut dengan gunting.

2. Pastikan bahwa kamu menempatkan lampu di dalam rangkaian sehingga kamu dapat melihat apakah transformator bekerja. Di manakah kamu meletakkan lampu tersebut?
3. Bagaimana kamu akan menguji transformator dengan baterai dan catu daya ac?
4. Di mana kamu akan membuat sakelar untuk memudahkan menghidupkan dan mematikan rangkaian?
5. Periksakan ke gurumu sebelum melakukan eksperimen.

LAKUKAN EKSPERIMEN

1. Lakukan eksperimen seperti yang direncanakan.
2. Ketika melakukan eksperimen, tuliskan pengamatanmu pada buku catatanmu.

Analisis

1. Apakah kedua sumber tegangan yang berbeda tersebut dapat menyebabkan transformator berfungsi? Tuliskan jawabanmu pada buku catatanmu, jelaskan hasil pengamatanmu.
2. Dua kumparan kawat pada rangkaian ini secara fisik tidak berhubungan satu dengan lainnya. Bagaimana rangkaian ini berfungsi?
3. Buatlah model transformator step-down dengan menggunakan bahan yang sama. Di manakah kamu menjumpai transformator step-down?



Transformator Step-up dan Step-down

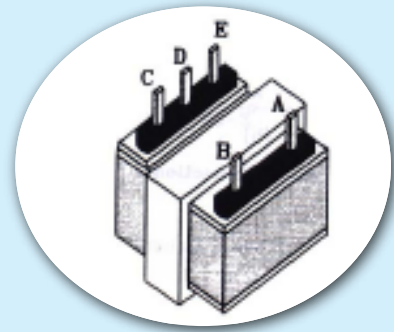
Pada kegiatan yang lalu kamu telah membuat transformator sederhana. Sekarang kamu akan melakukan percobaan transformator step-up dan step-down.

Apa yang kamu butuhkan

voltmeter ac, 1 buah
catu daya ac tegangan rendah, 1 buah
transformator, 1 buah
kabel penghubung, 4 buah

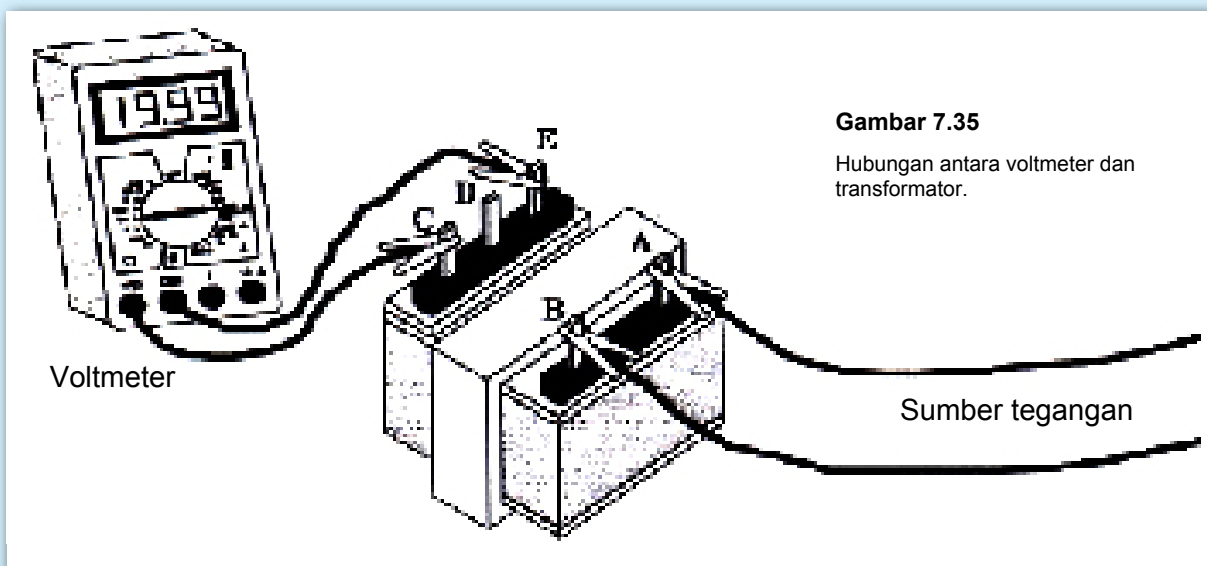
Apa yang kamu lakukan

1. Amati ujung-ujung terminal transformator seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 7.34**.
2. Hubungkan tegangan ac 12 volt yang berasal dari catu daya ke terminal A dan B transformator. Pada buku catatanmu, catatlah tegangan ini sebagai tegangan primer, V_p .
3. Hubungkan voltmeter ac ke terminal C dan E transformator seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 7.35**.
4. Catatlah tegangan pada terminal C dan E sebagai tegangan sekunder, V_s .



Gambar 7.34

Terminal transformator.



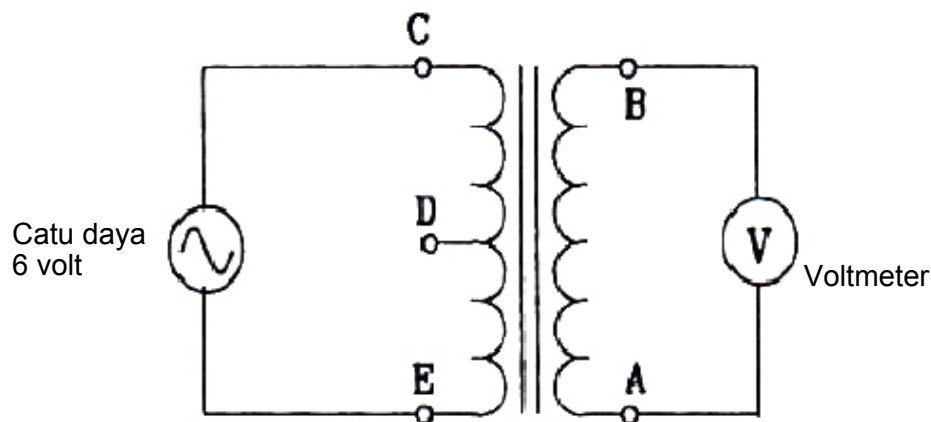
Gambar 7.35

Hubungan antara voltmeter dan transformator.

- Hitunglah perbandingan lilitan dengan menggunakan rumus berikut:

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

- Hubungkan kembali rangkaian seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 7.36**, sehingga catu daya terhubung ke terminal C dan E; voltmeter terhubung ke terminal A dan B.



Gambar 7.36
Skema diagram transformator

- Aturlah tegangan catu daya menjadi 6 volt. Anggaplah tegangan ini sebagai tegangan primer, V_s . Catatlah pada buku catatanmu.
- Ukurlah tegangan antara terminal A dan B. Catatlah tegangan ini sebagai tegangan primer, V_p .
- Hitunglah perbandingan lilitan transformator tersebut.

Analisis

- Dari data pengukuran prosedur 4, transformator berfungsi sebagai apa?
- Dari data pengukuran prosedur 7, transformator berfungsi sebagai apa?
- Apakah ada perbedaan perbandingan lilitan transformator di Tabel 1 dan Tabel 2? Mengapa demikian?

Buatlah kumparan 200 lilitan pada salah satu ujung paku. Buat juga 400 lilitan pada ujung lain dari paku tersebut. Kupaslah ujung-ujung kawat dengan gunting.

Efisiensi Transformator



Penggunaan Matematika

Inti besi dan kumparan transformator mengubah sebagian energi listrik menjadi energi panas. Itulah sebabnya mengapa ketika transformator bekerja, terdapat panas pada transformator tersebut. Tujuan transformator tidak untuk menghasilkan panas, tetapi memindahkan energi dari kumparan primer ke kumparan sekunder. Karena itu panas yang dihasilkan oleh transformator merupakan kerugian.

Efisiensi transformator yang dinyatakan dalam prosentasi dihitung dengan rumus:

$$\text{Efisiensi } (\eta) = \frac{P_s}{P_p} \times 100 \%$$

P_p = daya masukan

P_s = daya keluaran

Contoh Soal:

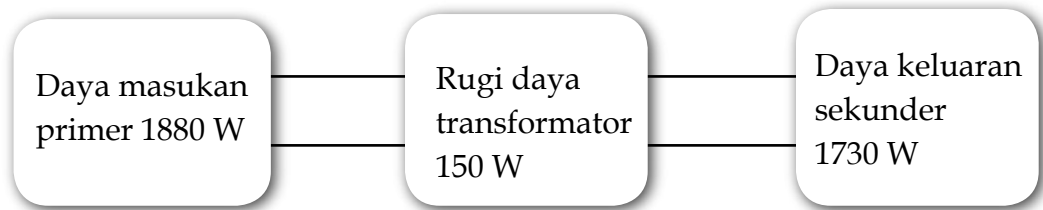
Berapakah efisiensi transformator yang memerlukan daya masukan 1880 watt agar memberikan daya keluaran 1730 watt?

Langkah-langkah Pemecahan-Masalah:

1. Apa yang diketahui? daya masukan $P_p = 1880$ watt, daya keluaran $P_s = 1730$ watt
2. Apa yang tidak diketahui? efisiensi transformator (η)
3. Memilih persamaan efisiensi = $(P_s/P_p) \times 100\%$
4. Pemecahan: efisiensi = $(1730/1880) \times 100\% = 92\%$

Pada contoh di atas, perbedaan antara daya yang diterima dan daya yang dikirim hilang dalam transformator. Seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 7.38**, daya yang diserap oleh transformator dianggap sebagai kerugian daya.

Efisiensi suatu transformator sebesar 80%. Jika daya yang masuk ke dalam transformator 200 watt, berapakah daya yang terbuang menjadi panas?



Gambar 7.39

Efisiensi transformator. Rugi daya terjadi karena transformator mengubah sebagian energi listrik menjadi energi panas.



Lab Mini 7.4

Efisiensi Transformator

Pada kegiatan ini kamu akan menyelidiki efisiensi transformator dengan menggunakan beban hambatan.



Sumber Glencoe, 1999

Gambar 7.37

Catu daya ac tegangan rendah

Alat dan Bahan

1. voltmeter ac, 2 buah
2. amperemeter ac, 2 buah
3. catu daya ac tegangan rendah, 1 buah (Gambar 7.40)
4. transformator, 1 buah
5. hambatan 10Ω , 1 buah
6. hambatan 20Ω , 1 buah
7. kabel penghubung, 8 buah

Prosedur

1. Buatlah rangkaian seperti yang diperlihatkan pada skema **Gambar 7.38**, I_p dan I_s adalah amperemeter, sedangkan V_p dan V_s adalah voltmeter. Jangan menghubungkan ke tegangan catu daya sebelum diperiksa oleh guru.
2. Hubungkan tegangan ac 3 volt yang berasal dari catu daya ke kumparan primer transformator. Catatlah tegangan yang ditunjukkan oleh voltmeter V_p dan arus yang ditunjukkan oleh amperemeter I_p . Masukkan nilai itu ke tabel pada buku catatanmu.

3. Catatlah tegangan yang ditunjukkan oleh voltmeter V_s dan arus yang ditunjukkan oleh amperemeter I_s . Masukkan ke tabel pada buku catatanmu.

4. Hitunglah daya yang masuk ke transformator atau daya primer dengan rumus berikut:

$$P_p = V_p I_p$$

5. Hitunglah daya yang keluar dari transformator atau daya sekunder dengan rumus berikut:

$$P_s = V_s I_s$$

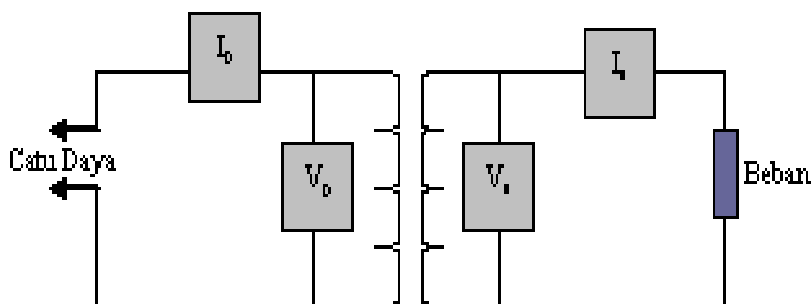
6. Hitunglah efisiensi transformator dengan rumus berikut:

$$\text{Efisiensi } (\eta) = \frac{P_s}{P_p} \times 100 \%$$

7. Ulangi langkah 1 sampai 6 dengan beban yang lebih besar.

Analisis

1. Untuk beban yang berbeda, apakah daya yang masuk sama atautkah berbeda?
2. Berdasarkan data yang kamu peroleh, buatlah kesimpulan hubungan antara tegangan primer dan sekunder dengan arus primer dan sekunder.
3. Apakah efisiensi transformator yang diperoleh pada percobaan ini mencapai 100%? Jika tidak, mengapa demikian?



Gambar 7.38

Rangkaian untuk menyelidiki efisiensi transformator

A. Sifat-sifat Magnet

1. Kutub magnet tak sejenis saling tarik-menarik; kutub sejenis tolak-menolak.
2. Medan magnet adalah daerah disekitar magnet dimana gaya magnet bekerja.
3. Kumpulan atom-atom dengan kutub-kutub magnet searah disebut domain magnet

B. Arus Listrik

1. Arus listrik yang mengalir di dalam kumparan kawat dapat menghasilkan medan magnet di sekitar kawat. Kumparan menjadi elektromagnet, salah satu ujungnya berfungsi sebagai kutub utara dan ujung lainnya sebagai kutub selatan.
2. Amperemeter adalah alat untuk mengukur besarnya kuat arus listrik. Dalam pengukuran kuat arus listrik, amperemeter dihubungkan secara seri. Voltmeter adalah alat ukur beda potensial (tegangan) dalam volt. Dalam pengukuran tegangan, voltmeter dihubungkan secara paralel.

C. Induksi Elektromagnet

1. Timbulnya arus induksi yang disebabkan oleh perubahan medan magnet disebut induksi elektromagnetik.
2. Besar arus atau tegangan induksi bergantung pada jumlah lilitan, kecepatan perubahan medan magnet dan kuat medan magnet.
3. Generator adalah alat yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik
4. Transformator yang digunakan untuk menaikkan tegangan bolak-balik adalah transformator step-up, sedangkan yang digunakan untuk menurunkan tegangan adalah transformator step-down.
5. Pada transformator ideal berlaku persamaan

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

6. Efisiensi transformator didefinisikan sebagai

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100\%$$



Evaluasi



Review Perbendaharaan Kata

Pasangkan Kata-kata IPA berikut dengan pernyataan dibawahnya

- Arus bolak-balik (AC)
 - generator
 - Ammeter
 - domain magnet
 - Arus searah (DC)
 - medan magnet
 - Motor listrik
 - Elektromagnet
 - Induksi electromagnet
 - Kutub magnet
 - Magnetisme
 - voltmeter
- daerah disekitar magnet dimana gaya magnet bekerja atau dirasakan
 - sifat bahan dimana kutub sejenis tolak-menolak dan kutub tak sejenis tarik-menarik
 - magnet sementara yang dibuat dari gulungan kawat yang dialiri listrik
 - alat ukur kuat arus listrik
 - alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik
 - menghasilkan arus listrik dengan cara menggerakkan kawat melewati medan magnet
 - arus yang mengalir dalam satu arah
 - alat yang mengubah tegangan arus bolak-balik
 - alat ukur tegangan listrik
 - bagian dari magnet dimana garis-garis gaya magnet adalah paling rapat

Pengecekan Konsep

Pilih kata atau ungkapan untuk melengkapi kalimat berikut ini.

- Prinsip kerja generator dapat dianggap sebagai kebalikan dengan
 - galvanometer
 - transformator
 - motor listrik
 - elektromagnetik
- Jika garis gaya magnet yang memotong kawat diperkecil, arus induksi akan menjadi
 - tetap
 - tidak dapat diperkirakan
 - naik
 - turun
- Alat yang mengubah besar tegangan bolak-balik adalah
 - galvanometer
 - transformator
 - motor listrik
 - elektromagnetik
- Menghasilkan arus listrik dengan menggerakkan kawat melalui medan magnet adalah
 - kemagnetan
 - transmisi tegangan
 - induksi elektromagnetik
 - elektromagnetik
- Alat yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik adalah
 - galvanometer
 - transformator
 - motor listrik
 - generator

16. Roda besar yang memperoleh energi dari berbagai macam sumber dan memberi energi mekanis ke generator adalah
 - A. generator
 - B. transformator
 - C. motor listrik
 - D. turbin
17. Sebuah transformator yang menurunkan tegangan adalah
 - A. transformator hambatan
 - B. transformator step-down
 - C. transformator step-up
 - D. motor tegangan
18. Pada transformator step-down, jumlah lilitan kawat lebih banyak di kumparan ... daripada di kumparan ..., dan tegangan ... lebih besar daripada tegangan
 - A. sekunder, primer, input, output
 - B. sekunder, primer, output, input
 - C. primer, sekunder, input, output
 - D. primer, sekunder, output, input
19. Sebelum tegangan pada jala-jala listrik memasuki rumahmu, ia harus melewati
 - A. transformator step-up
 - B. transformator step-down
 - C. komutator
 - D. voltmeter
20. Gaya magnet terkuat terletak di
 - A. kutub utara dan selatan
 - B. kutub selatan
 - C. kutub utara
 - D. di tengah-tengah

Pemahaman Konsep

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dalam buku catatanmu dengan menggunakan kalimat lengkap.

21. Apakah fungsi generator?
22. Jelaskan alat dasar yang digunakan di galvanometer dan motor listrik.
23. Jelaskan secara singkat bagaimana generator menghasilkan arus listrik.
24. Jelaskan secara singkat bagaimana transformator bekerja. Apa yang membedakan transformator step-up dan transformator step-down.

Berpikir Kritis

25. Jelaskan perbedaan antara motor listrik dan generator listrik.
26. Jelaskan mengapa transformator tidak dapat bekerja dengan tegangan searah.
27. Sebuah transformator step-down menurunkan tegangan 1200 V menjadi 120 V. Jika kumparan primer mempunyai 1000 lilitan, berapakah lilitan pada kumparan sekunder?

Pengembangan Keterampilan

Membuat Hipotesis: Sebuah jarum kompas menunjuk ke utara disebabkan oleh medan magnet bumi. Ketika sebuah magnet batang didekatkan ke kompas, jarum ditarik atau ditolak oleh magnet batang. Ajukan sebuah hipotesis mengenai kuat medan magnet relatif dari suatu magnet batang.

Penilaian Kinerja

Membuat Poster:

Buatlah poster yang menunjukkan prinsip kerja motor listrik. Tampilkan poster hasil karyamu di depan kelas.

Peta Konsep

Peta Konsep: Lengkapi kotak-kotak peta konsep di samping dengan mengisi nama dan fungsi alat-alat. Alat-alat tersebut digunakan untuk mengubah energi mekanis turbin pada pembangkit tenaga listrik menjadi energi mekanis kipas angin di rumahmu.

