

# Keelektromagnetan

Bagaimanakah daya magnet digunakan untuk menghasilkan putaran pada motor?

Apakah motor tanpa berus?

Bagaimanakah konsep aruhan elektromagnet diaplikasikan untuk membawa manfaat kepada manusia?

Mengapakah transformer digunakan dalam penghantaran dan pengagihan elektrik?

## Anda akan mempelajari:

- 4.1** Daya ke atas Konduktor Pembawa Arus dalam suatu Medan Magnet
- 4.2** Aruhan Elektromagnet
- 4.3** Transformer





## Portal Informasi

Menara jatuh (*drop tower*) merupakan sejenis mainan berteknologi tinggi berasaskan konsep aruhan elektromagnet. Penumpang yang menaiki menara jatuh akan dilepaskan dari aras yang tinggi dan mengalami jatuh bebas dengan halaju yang tinggi. Gerakan penumpang kemudian diperlahankan oleh suatu susunan magnet kekal yang dipasang di bawah tempat duduk dan jalur-jalur kuprum pada bahagian bawah menara jatuh. Pergerakan magnet kekal yang melintasi jalur kuprum akan mengaktifkan daya pembrekan elektromagnet dengan mengaplikasikan konsep aruhan elektromagnet.



<http://bit.ly/35foyn7>

## Kepentingan Bab Ini

Pengetahuan mengenai keelektromagnetan adalah penting kerana daya magnet, aruhan elektromagnet dan transformer mempunyai aplikasi yang begitu meluas dan mempengaruhi pelbagai aspek dalam kehidupan harian kita. Daya magnet digunakan dalam pelbagai jenis motor seperti motor elektrik yang kecil yang terdapat dalam kipas angin dan motor elektrik moden dalam kenderaan elektrik moden. Prinsip aruhan elektromagnet pula diaplikasikan dalam penjana elektrik dan transformer untuk tujuan penjanaan dan penghantaran kuasa elektrik dari stesen kuasa kepada pengguna. Pelbagai inovasi baharu yang menggunakan konsep keelektromagnetan sedang diusahakan oleh saintis dan jurutera.

## Lensa Futuristik

Konsep elektromagnet bukan sahaja digunakan untuk memperlahankan gerakan tetapi juga diaplikasikan dalam memcutkan gerakan objek sehingga mencapai halaju yang tinggi. Contohnya, pengangkutan *hyperloop* menggunakan motor elektrik linear (tanpa putaran) untuk memcutkan kenderaan yang bergerak di dalam tiub yang bertekanan rendah. Pengangkutan darat dengan kelajuan yang setanding dengan kelajuan pesawat udara akan menjadi realiti dalam masa yang terdekat.



<http://bit.ly/2NdUKZ2>

# 4.1

## Daya ke Atas Konduktor Pembawa Arus dalam Suatu Medan Magnet

Tahukah anda bahawa kereta api elektrik seperti dalam Gambar foto 4.1 menggunakan motor elektrik yang besar sedangkan telefon pintar menggunakan motor yang kecil? Kebanyakan motor elektrik berfungsi berasaskan kesan konduktor pembawa arus dalam suatu medan magnet.



Gambar foto 4.1 Kereta api elektrik



IMBAS SAYA

EduwebTV: Daya ke atas konduktor pembawa arus

<http://bit.ly/3576HXI>



### Aktiviti

### 4.1

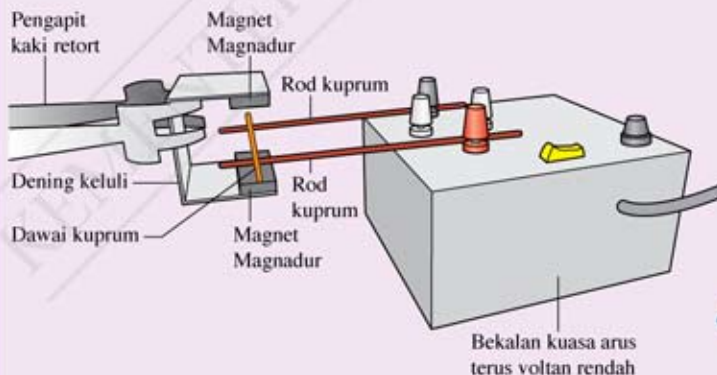
**Tujuan:** Mengkaji kesan konduktor pembawa arus dalam medan magnet

**Radas:** Bekalan kuasa arus terus voltan rendah, dening keluli berbentuk U, sepasang magnet Magnadur dan kaki retort

**Bahan:** Dua batang rod kuprum tanpa penebat dan dawai kuprum (s.w.g. 20 atau yang lebih tebal) tanpa penebat

**Arahan:**

1. Sediakan susunan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.1.



Rajah 4.1



IMBAS SAYA

Video daya

<http://bit.ly/2ulEK0D>

2. Hidupkan bekalan kuasa supaya arus mengalir melalui dawai kuprum. Perhatikan pergerakan dawai kuprum.
3. Matikan bekalan kuasa. Songsangkan sambungan bekalan kuasa supaya arus dalam dawai kuprum disongsangkan.
4. Hidupkan semula bekalan kuasa. Perhatikan pergerakan dawai kuprum.
5. Matikan bekalan kuasa. Keluarkan dening keluli, songsangkan kutub-kutub magnet Magnadur dan letakkan semula dening keluli.
6. Hidupkan bekalan kuasa dan perhatikan pergerakan dawai kuprum.

#### Perbincangan:

1. Huraikan pergerakan dawai kuprum apabila bekalan kuasa dihidupkan.
2. Apakah kesan ke atas dawai kuprum apabila:
  - (a) arah arus disongsangkan?
  - (b) kekutuban magnet disongsangkan?
3. Nyatakan dua faktor yang mempengaruhi arah daya yang bertindak ke atas konduktor pembawa arus.

Apabila konduktor pembawa arus diletakkan dalam suatu medan magnet, konduktor tersebut akan mengalami daya. Arah daya bergantung pada arah arus dalam konduktor dan arah medan magnet.

#### Corak Medan Magnet Paduan

Rajah 4.2 menunjukkan sebatang konduktor pembawa arus yang terletak dalam medan magnet yang dihasilkan oleh sepasang magnet Magnadur. Apakah arah daya yang bertindak pada konduktor itu?



**Rajah 4.2** Konduktor pembawa arus yang diletakkan di antara dua magnet

Daya pada konduktor pembawa arus dalam medan magnet dihasilkan oleh interaksi di antara dua medan magnet, iaitu medan magnet daripada arus elektrik dalam konduktor dan medan magnet daripada magnet kekal. Dua medan magnet ini bergabung untuk menghasilkan satu medan magnet paduan yang dikenali sebagai medan lastik. Corak medan lastik akan menunjukkan arah tindakan daya pada konduktor itu.





**Tujuan:** Memerhati corak medan magnet melalui simulasi komputer

**Arahan:**

1. Jalankan aktiviti ini dalam bentuk *Think-Pair-Share*.
2. Imbas kod QR untuk memerhati simulasi komputer yang menunjukkan kaedah melukis corak magnet paduan.
3. Imbas kod QR dan cetak lembaran kerja.
4. Berdasarkan simulasi komputer yang telah anda tonton, lengkapkan lembaran kerja untuk menunjukkan pembentukan medan lastik.
5. Labelkan arah daya yang bertindak pada konduktor pembawa arus itu.



**IMBAS SAYA**

Simulasi corak  
medan magnet

<http://bit.ly/34aFvG4>

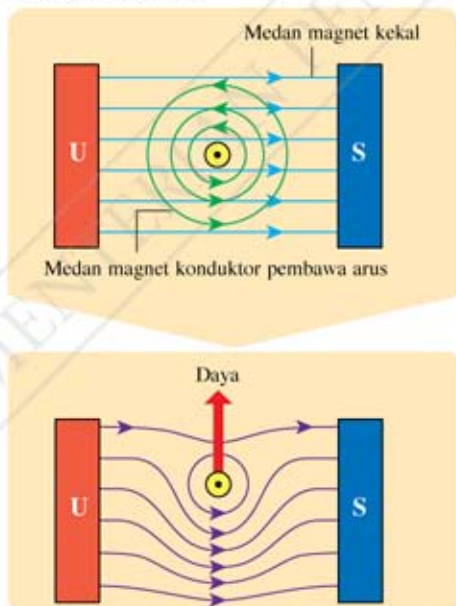


**IMBAS SAYA**

Lembaran kerja

<http://bit.ly/36hr1UW>

Rajah 4.3 menunjukkan medan lastik yang terbentuk apabila suatu konduktor pembawa arus berada dalam suatu medan magnet. **Medan lastik** ialah **medan magnet paduan yang dihasilkan oleh interaksi antara medan magnet daripada konduktor pembawa arus dengan medan magnet daripada magnet kekal**. Medan lastik mengenakan satu daya paduan ke atas konduktor itu.



Rajah 4.3 Pembentukan medan lastik

## INFO Celik

- Bagi konduktor lurus, arah medan magnet ditentukan dengan petua gengaman tangan kanan.
- Bagi magnet kekal arah medan magnet sentiasa dari utara ke selatan.
- Kawasan medan magnet yang lemah dan kawasan medan magnet yang kuat dapat ditentukan seperti yang berikut:

Garis-garis medan magnet bertentangan, medan magnet lemah



Garis-garis medan magnet sama arah, medan magnet kuat



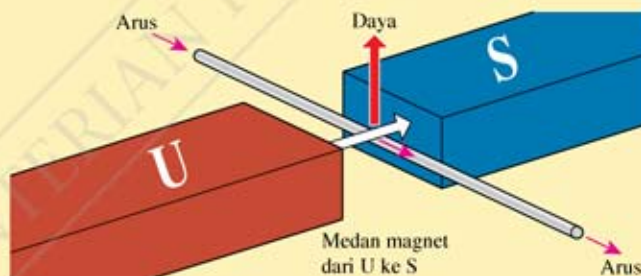
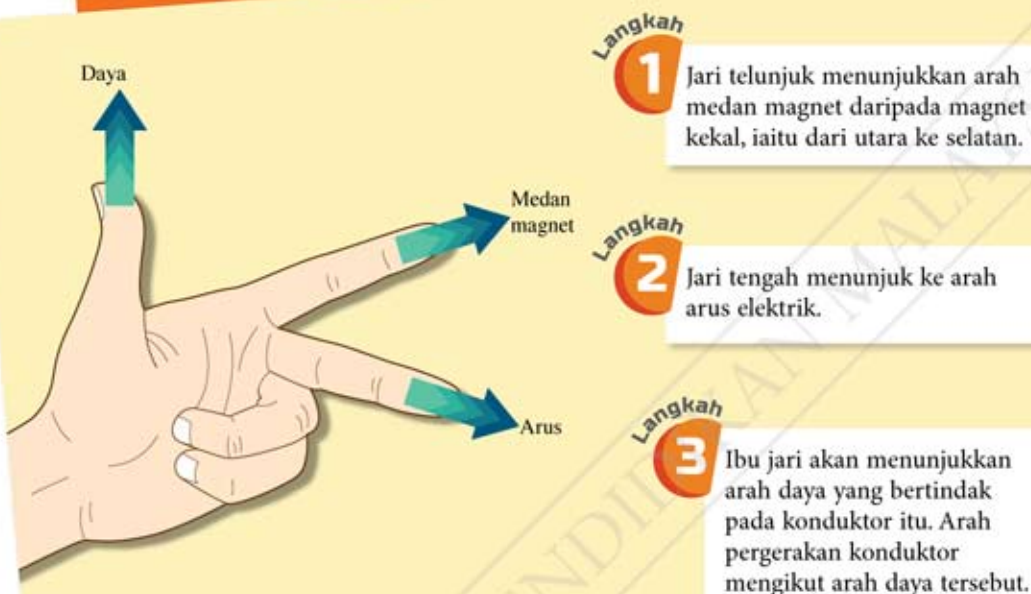
Arah arus keluar daripada  
satah kertas



Arah arus ke dalam satah kertas

Arah daya pada konduktor pembawa arus boleh ditentukan dengan menggunakan petua tangan kiri Fleming seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.4.

### Petua tangan kiri Fleming



Rajah 4.4 Petua tangan kiri Fleming untuk menentukan arah daya

### Faktor-faktor yang Mempengaruhi Magnitud Daya yang Bertindak ke Atas Konduktor Pembawa Arus dalam Suatu Medan Magnet

Daya yang kuat diperlukan untuk menggerakkan motor di dalam mesin basuh berbanding kipas penyejuk di dalam komputer riba yang memerlukan daya yang kecil sahaja. Apakah faktor-faktor yang mempengaruhi magnitud daya yang bertindak ke atas konduktor pembawa arus dalam suatu medan magnet?

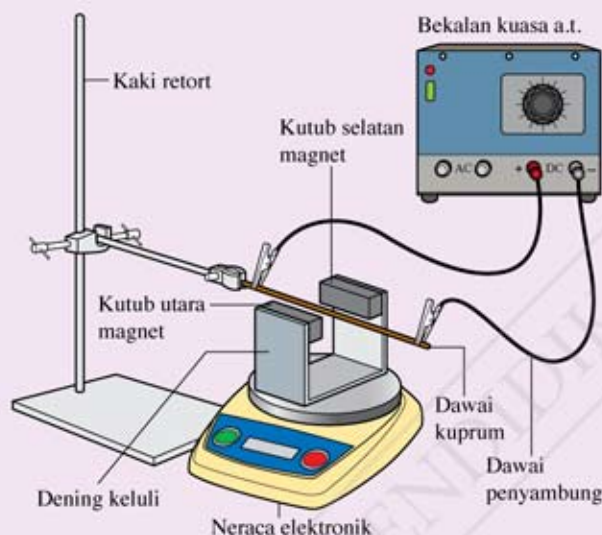
**Tujuan:** Mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi magnitud daya yang bertindak ke atas konduktor pembawa arus dalam suatu medan magnet

**Radas:** Bekalan kuasa arus terus, dening keluli berbentuk U, dua pasang magnet Magnadur, neraca elektronik dan kaki retort

**Bahan:** Dawai kuprum (s.w.g. 20), klip buaya dan dawai penyambung

**Arahan:**

1. Sediakan susunan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.5.



**Rajah 4.5**

2. Laraskan voltan output sebagai 1 V pada bekalan kuasa a.t. Set semula bacaan neraca elektronik kepada sifar.
3. Hidupkan bekalan kuasa dan rekodkan bacaan neraca elektronik. Kemudian, matikan bekalan kuasa.
4. Ulangi langkah 2 dan 3 dengan voltan output 2 V. Rekodkan keputusan anda dalam Jadual 4.1.
5. Tambahkan sepasang lagi magnet Magnadur pada dening keluli dan ulangi langkah 2 dan 3. Rekodkan keputusan anda dalam Jadual 4.1.

**Keputusan:**

**Jadual 4.1**

| Voltan / V | Bilangan magnet | Bacaan neraca elektronik / g |
|------------|-----------------|------------------------------|
| 1          | Satu pasang     |                              |
| 2          | Satu pasang     |                              |
| 1          | Dua pasang      |                              |

**Nota**

Interaksi antara medan magnet bagi dawai kuprum berarus dan medan magnet daripada magnet Magnadur akan menghasilkan suatu medan lastik. Medan lastik ini mengenakan suatu daya pada dawai kuprum itu dalam arah menegak ke atas. Pada masa yang sama, magnet Magnadur mengalami satu daya tindak balas dengan magnitud yang sama tetapi dalam arah yang bertentangan. Daya ini bertindak pada piring neraca elektronik untuk menghasilkan suatu bacaan yang mewakili magnitud daya tersebut. Maka, daya yang besar akan menghasilkan bacaan yang besar pada neraca elektronik.



**IMBAS SAYA**

Video mengukur daya

<http://bit.ly/2tDBAFd>

**Nota**

Kutub utara dan kutub selatan magnet Magnadur boleh ditentukan dengan membawa kutub utara sebatang magnet bar berhampiran dengan magnet Magnadur itu. Ingat, kutub-kutub yang sama menolak manakala kutub-kutub yang bertentangan menarik.

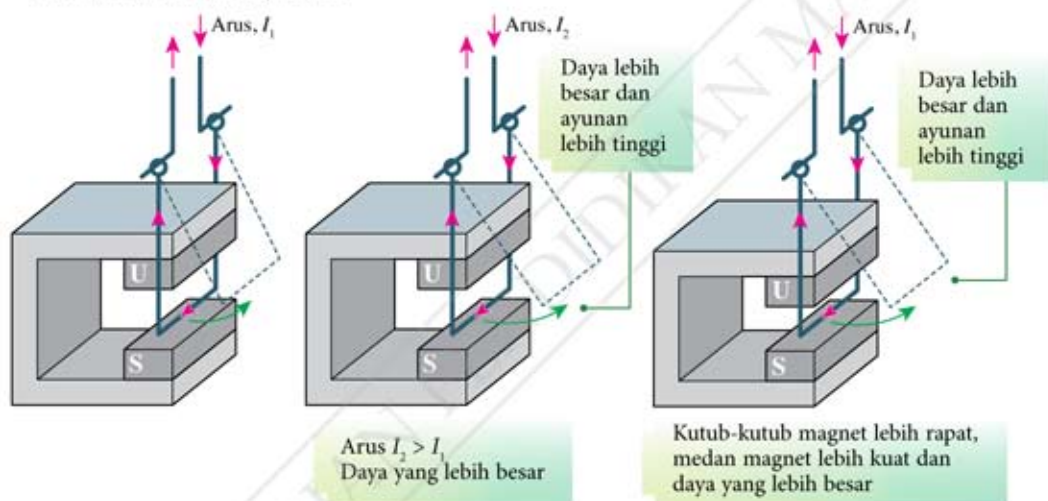
**Perbincangan:**

1. Apakah hubungan antara voltan yang dikenakan merentasi dawai kuprum dengan arus dalam dawai tersebut?
2. Bagaimanakah magnitud arus mempengaruhi magnitud daya pada konduktor pembawa arus?
3. Apakah kesan kekuatan medan magnet terhadap magnitud daya pada konduktor pembawa arus?

Berdasarkan Aktiviti 4.3, didapati bahawa magnitud daya pada konduktor pembawa arus dalam medan magnet bertambah apabila magnitud arus dan kekuatan medan magnet bertambah. Kesan peningkatan arus dan kekuatan medan magnet pada daya boleh diperhatikan daripada ketinggian ayunan suatu bingkai kuprum seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.6.

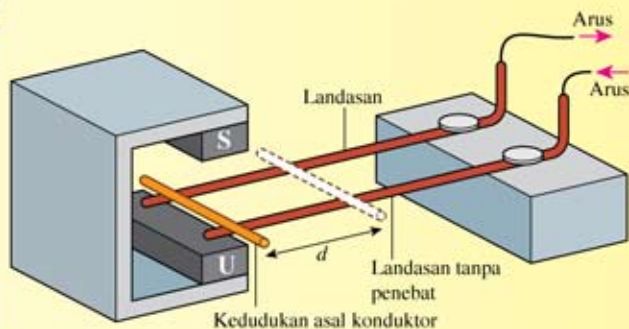


**Cetus Minda**  
Bagaimanakah kekuatan medan magnet dan arus dapat ditingkatkan?



**Rajah 4.6** Kesan arus dan medan magnet pada daya

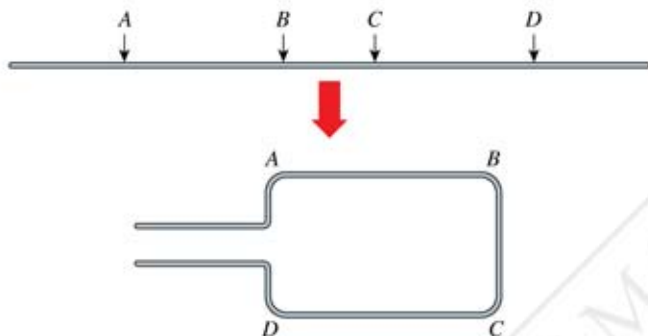
Rajah 4.7 menunjukkan satu cara lain untuk mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi magnitud daya yang bertindak ke atas konduktor pembawa arus dalam suatu medan magnet. Jarak yang dilalui,  $d$  oleh konduktor mewakili magnitud daya itu. Semakin besar daya, semakin jauh jarak gerakan konduktor.



**Rajah 4.7** Jarak yang dilalui,  $d$  oleh konduktor apabila arus elektrik dialirkan melaluinya

## Kesan Gegeleung Pembawa Arus dalam Medan Magnet

Rajah 4.8 menunjukkan gegelung segi empat tepat yang dibentuk menggunakan sebatang dawai kuprum. Apabila gegelung disambung kepada satu bekalan kuasa, arus boleh dialirkan melalui gegelung itu dalam arah  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$  atau  $D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ . Apakah kesan terhadap gegelung itu jika gegelung tersebut membawa arus dalam suatu medan magnet?



Rajah 4.8 Gegeleung segi empat tepat yang dibentuk menggunakan dawai kuprum



### Aktiviti 4.4

KIAK / KMK

**Tujuan:** Memerhatikan kesan putaran suatu gegelung pembawa arus dalam medan magnet

**Arahan:**

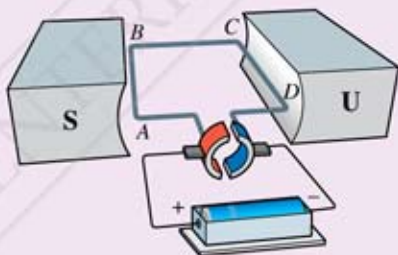
1. Jalankan aktiviti ini secara berpasangan.
2. Imbas kod QR untuk menonton video tentang kesan putaran suatu gegelung pembawa arus dalam medan magnet.
3. Imbas kod QR dan cetak Rajah 4.9. Lengkapkan rajah tersebut dengan:
  - (a) melabelkan arah arus pada bahagian gegelung AB, BC dan CD
  - (b) melabelkan arah daya pada gegelung di bahagian AB dan CD
  - (c) menandakan arah putaran gegelung



**IMBAS SAYA**

Video kesan putaran suatu gegelung pembawa arus

<http://bit.ly/2PPMfEf>



Rajah 4.9



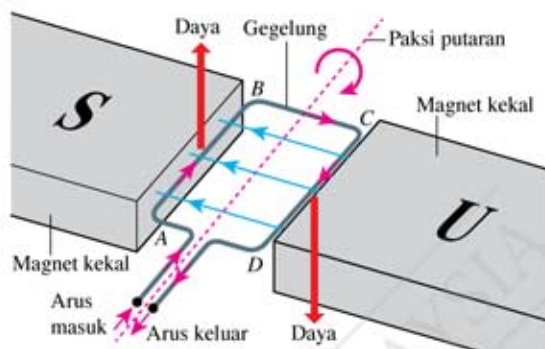
**IMBAS SAYA**

Lembaran kerja (Rajah 4.9)

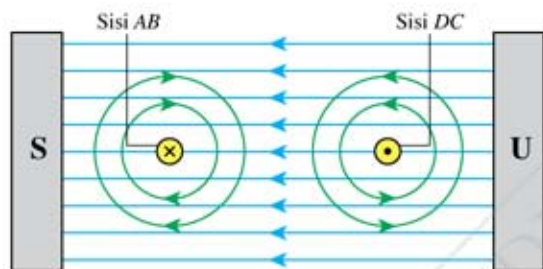
<http://bit.ly/36ydN7P>

Gegelung yang membawa arus dalam medan magnet akan berputar pada suatu paksi putaran. Putaran ini berlaku kerana terdapat sepasang daya yang sama magnitud tetapi bertentangan arah bertindak pada sisi gegelung itu. Pasangan daya ini ialah hasil daripada interaksi antara medan magnet daripada gegelung pembawa arus dengan medan magnet daripada magnet kekal.

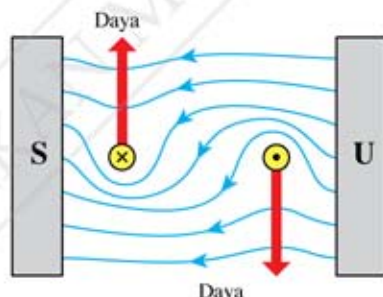
Rajah 4.10 menunjukkan pasangan daya yang bertindak pada bahagian AB dan CD gegelung pembawa arus. Interaksi antara medan magnet daripada gegelung pembawa arus dengan medan daripada magnet kekal seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.11 menghasilkan medan lastik seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.12. Medan lastik tersebut mengenakan daya pada bahagian gegelung AB dan CD masing-masing. Pasangan daya ini memutarakan gegelung itu. Kesan putaran gegelung pembawa arus dalam medan magnet adalah prinsip kerja motor arus terus.



**Rajah 4.10** Pasangan daya yang bertindak dalam medan magnet yang menyebabkan gegelung berputar



**Rajah 4.11** Arah medan magnet di sekeliling sisi AB dan CD



**Rajah 4.12** Medan lastik yang terhasil

## Motor Arus Terus

Peralatan elektrik yang kecil seperti mainan kanak-kanak, gerudi mudah alih dan cakera keras komputer mempunyai motor arus terus yang kecil. Motor arus terus yang besar pula terdapat di dalam mesin seperti kenderaan elektrik, lif dan penggelek di kilang. Motor arus terus mengubah tenaga elektrik kepada tenaga kinetik menggunakan kesan putaran gegelung pembawa arus dalam medan magnet. Apakah prinsip kerja motor arus terus?



### Aktiviti 4.5

KIAK / KMK

**Tujuan:** Mengumpul maklumat berkaitan prinsip kerja motor arus terus

**Arahan:**

1. Jalankan aktiviti ini secara berpasangan.
2. Imbas kod QR untuk menonton video prinsip kerja motor arus terus.
3. Rujuk bahan yang lain untuk mendapat maklumat tambahan.
4. Sediakan satu persembahan multimedia bertajuk Prinsip Kerja Motor Arus Terus.



**IMBAS SAYA**

Video motor arus terus dan prinsip kerja motor arus terus

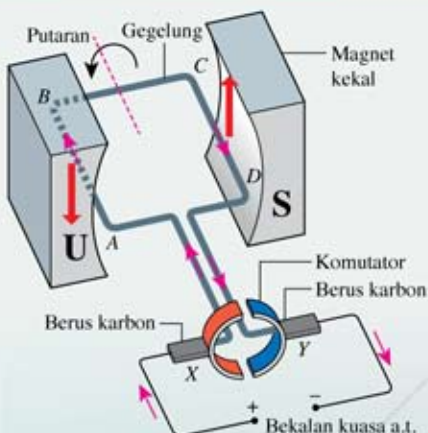
<http://bit.ly/2rz2ugu>

Rajah 4.13 menunjukkan sebuah motor arus terus semasa separuh putaran yang pertama dan separuh putaran yang kedua. Komponen yang penting bagi sebuah motor arus terus ialah komutator yang berputar bersama gegelung segi empat tepat. Berus karbon yang bersentuhan dengan komutator adalah tetap pada kedudukannya.



Mengapakah komutator itu bukan gelang penuh tetapi gelang terbelah dua? Bolehkah komutator dibelah kepada lebih banyak bahagian?

### Separuh Putaran yang Pertama



Separuh putaran pertama  
Arah arus dalam gegelung: ABCD

- Berus karbon X menyentuh separuh komutator merah

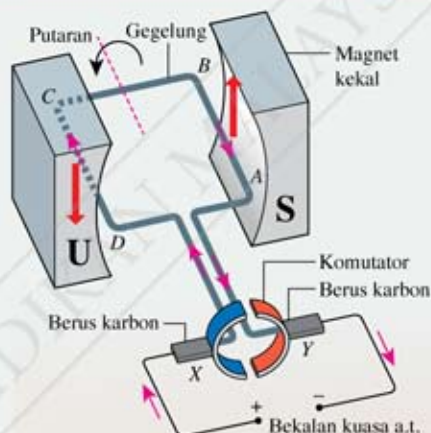
- Berus karbon Y menyentuh separuh komutator biru

- Arah arus dalam gegelung  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$

- Sisi gegelung AB: daya bertindak ke bawah
- Sisi gegelung CD: daya bertindak ke atas

- Gegelung berputar dalam satu arah

### Separuh Putaran yang Kedua



Separuh putaran kedua  
Arah arus dalam gegelung: DCBA

- Berus karbon X menyentuh separuh komutator biru

- Berus karbon Y menyentuh separuh komutator merah

- Arah arus dalam gegelung  $D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$

- Sisi gegelung AB: daya bertindak ke atas
- Sisi gegelung CD: daya bertindak ke bawah

- Gegelung berputar dalam arah yang sama dengan separuh putaran yang pertama

Rajah 4.13 Prinsip kerja motor arus terus

## Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kelajuan Putaran Suatu Motor Elektrik

Gambar foto 4.2 menunjukkan sebuah alat mudah alih yang boleh berfungsi sebagai pemutar skru atau gerudi. Motor arus terus dalam alat ini berputar dengan kelajuan yang rendah apabila memutar skru. Kelajuan yang tinggi diperlukan apabila alat ini digunakan untuk menggerudi lubang pada dinding. Apakah faktor-faktor yang mempengaruhi kelajuan putaran sebuah motor elektrik?



**Gambar foto 4.2**  
Alat pemutar skru atau gerudi

### Aktiviti 4.6

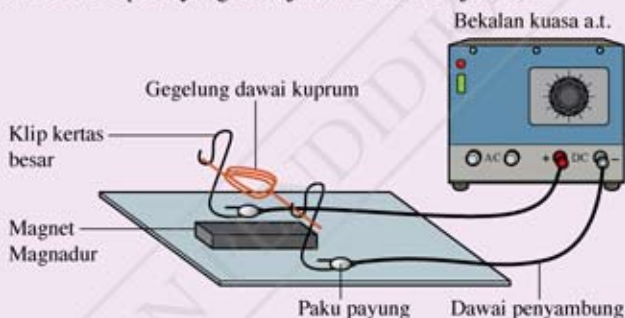
**Tujuan:** Mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi kelajuan putaran suatu motor elektrik

**Radas:** Bekalan kuasa arus terus dan sepasang magnet Magnadur

**Bahan:** Dawai kuprum bertebat (s.w.g. 26), dua klip kertas besar, dua batang paku payung dan dawai penyambung

**Arahan:**

1. Sediakan susunan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.14.



**Rajah 4.14**

2. Laraskan voltan bekalan kuasa kepada 4.0 V. Hidupkan bekalan kuasa dan perhatikan kelajuan pada putaran motor.
3. Ulangi langkah 2 dengan menggunakan voltan 6.0 V.
4. Tambah satu lagi magnet Magnadur untuk menghasilkan medan magnet yang lebih kuat. Hidupkan bekalan kuasa dan perhatikan kelajuan pada putaran motor.
5. Tambah bilangan lilitan pada gegelung dawai kuprum. Hidupkan bekalan kuasa dan perhatikan kelajuan pada putaran motor.

#### Langkah Berjaga-jaga

- Matikan bekalan kuasa arus terus sebaik sahaja pemerhatian telah dibuat.
- Arus haruslah mengalir untuk masa yang pendek sahaja supaya gegelung kuprum tidak menjadi terlalu panas.

**Perbincangan:**

1. Apakah hubungan antara arus dalam gegelung dengan voltan yang dibekalkan?
2. Huraikan perubahan pada kelajuan putaran motor apabila:
  - (a) voltan yang dibekalkan ditambah
  - (b) kekuatan medan magnet ditambah
  - (c) bilangan lilitan gegelung ditambah
3. Nyatakan faktor-faktor yang mempengaruhi kelajuan putaran sebuah motor.



**IMBAS SAYA**

Video putaran motor elektrik

<http://bit.ly/2T2LZEY>

Aktiviti 4.6 menunjukkan bahawa kelajuan putaran motor elektrik bertambah apabila:

Arus dalam  
gegelung bertambah

Kekuatan medan  
magnet bertambah

Gegelung dengan  
lebih banyak  
lilitan digunakan



## Aktiviti 4.7

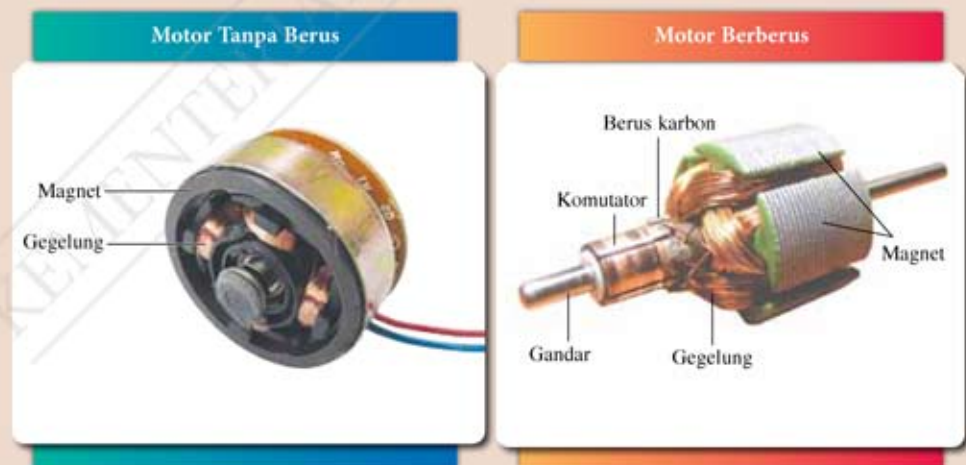
KBMM / KMK

**Tujuan:** Mengkaji motor arus terus yang boleh diperoleh dalam alat-alat terpakai untuk mengenal pasti susunan gegelung dan komutator

**Arahan:**

1. Kumpulkan beberapa buah motor elektrik arus terus daripada alat terpakai.
2. Dengan bantuan dan bimbingan guru, buka tiap-tiap motor dan kenal pasti gegelung, magnet dan komutator.
3. Perhatikan kedudukan gegelung dan magnet di dalam motor itu.
4. Perhatikan juga bilangan bahagian bagi komutator.
5. Sediakan satu laporan ringkas yang membanding dan membezakan susunan gegelung, magnet dan komutator dalam motor arus terus.

Semasa menjalankan Aktiviti 4.7, anda mungkin terjumpa motor elektrik yang tidak ada komutator dan berus karbon. Motor seperti ini dikenali sebagai motor tanpa berus (*brushless motor*). Gambar foto 4.3 menunjukkan motor tanpa berus dan motor berberus. Apakah kelebihan motor tanpa berus?



Gambar foto 4.3 Jenis motor tanpa berus dan motor berberus



## Aktiviti 4.8

KMK

**Tujuan:** Mengkaji dan melaporkan kelebihan motor tanpa berus berbanding dengan motor berberus

**Arahan:**

- Jalankan aktiviti ini dalam bentuk *Three stray, One Stay*.
- Imbas kod QR yang diberikan atau rujuk bahan rujukan yang lain untuk:
  - memahami prinsip kerja motor tanpa berus
  - mengkaji kelebihan motor tanpa berus berbanding dengan motor berberus
- Laporkan hasil kajian anda.



**IMBAS SAYA**

Perbezaan antara motor tanpa berus dan motor berberus

<http://bit.ly/2YzRYSs>

- Jadual 4.2 menunjukkan perbandingan antara motor tanpa berus dengan motor berberus.

**Jadual 4.2** Perbandingan antara motor tanpa berus dengan motor berberus

| Motor tanpa berus                                                    | Motor berberus                                                |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>Persamaan</b>                                                     |                                                               |
| Terdapat magnet dan gegelung                                         |                                                               |
| Menggunakan daya magnet untuk menghasilkan putaran                   |                                                               |
| <b>Perbezaan</b>                                                     |                                                               |
| Gegelung pegun, magnet berputar                                      | Magnet pegun, gegelung berputar                               |
| Tiada berus karbon, maka tiada geseran antara berus dengan komutator | Berus karbon bergeser dengan komutator dan mengalami kehausan |
| Tiada percikan bunga api pada komutator                              | Terdapat percikan bunga api pada komutator                    |
| Bunyi yang lemah semasa motor beroperasi                             | Bunyi yang kuat semasa motor beroperasi                       |



## Aktiviti 4.9

STEM

KBMM

KMK

**Tujuan:** Mereka bentuk motor homopolar yang ringkas dan cekap

**Bahan:** Magnet neodimium, sel kering AA dan dawai kuprum (s.w.g. 18 hingga 22)

**Arahan:**

- Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan.
- Kumpulkan maklumat tentang motor homopolar dari aspek:
  - prinsip kerja motor homopolar
  - bentuk dan saiz magnet neodimium
  - pelbagai reka bentuk dawai kuprum yang boleh dicuba
- Gunakan Borang Strategi Data K-W-L.



**IMBAS SAYA**

Borang Strategi Data K-W-L

<http://bit.ly/2RR6qnV>

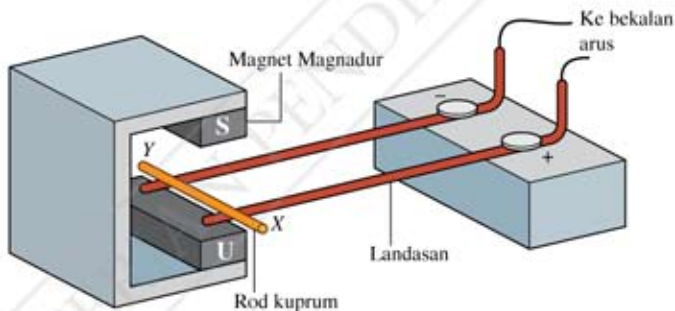
4. Lakarkan reka bentuk sebuah motor homopolar.
5. Bina motor homopolar mengikut reka bentuk yang dicadangkan.
6. Kendalikan motor homopolar yang dibina.
7. Perhatikan putaran yang dihasilkan dan kenal pasti aspek-aspek reka bentuk yang perlu dibuat penambahbaikan.
8. Bincangkan langkah-langkah penambahbaikan yang dapat dilaksanakan.
9. Tambah baik motor homopolar anda jika perlu dan uji putaran.
10. Berdasarkan pengalaman anda dalam mereka bentuk dan membina motor homopolar, bincangkan cara membina motor yang lebih cekap dengan kos yang rendah.
11. Bentangkan hasil kerja kumpulan anda.

### EMK Sejarah

Pada tahun 1821, Michael Faraday membina dan menunjukkan pengendalian motor homopolar di Institut Diraja, London.

## Praktis Formatif 4.1

1. Dengan bantuan gambar rajah berlabel, jelaskan maksud medan lastik.
2. Rajah 4.15 menunjukkan susunan radas untuk mengkaji kesan daya ke atas konduktor pembawa arus.



Rajah 4.15

- (a) Apakah arah arus dalam dawai kuprum XY apabila suis bekalan kuasa arus terus dihidupkan?
- (b) Terangkan gerakan dawai kuprum XY dan nyatakan arah gerakan tersebut. 🧠
3. Nyatakan tiga faktor yang mempengaruhi kelajuan putaran motor.
4. (a) Banding dan bezakan struktur motor berberus dengan motor tanpa berus.  
(b) Nyatakan dua kelebihan motor tanpa berus berbanding dengan motor berberus.

## 4.2 Aruhan Elektromagnet

Gambar foto 4.4 menunjukkan seorang ahli muzik sedang memetik tali gitar bass elektrik. Pikap gitar yang terdiri daripada empat batang magnet dan gegelung kuprum menghasilkan satu isyarat elektrik melalui aruhan elektromagnet. Bagaimanakah aruhan elektromagnet dapat menghasilkan arus elektrik tanpa sel kering?



Gambar foto 4.4 Komponen dalam pikap gitar bass elektrik

### Aktiviti 4.10

**Tujuan:** Mengkaji aruhan elektromagnet pada satu dawai lurus dan solenoid

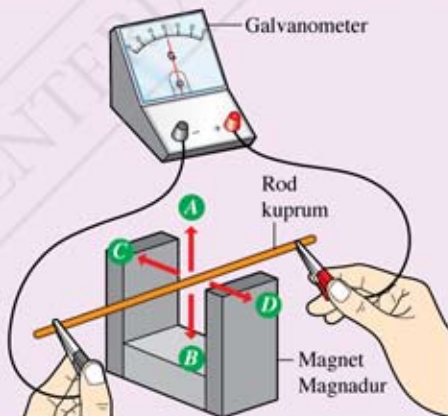
**A Dawai lurus**

**Radas:** Sepasang magnet Magnadur, rod kuprum dan galvanometer berpusat sifar yang peka atau multimeter digital

**Bahan:** Dawai penyambung dengan klip buaya

**Arahan:**

1. Sediakan susunan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.16.



Rajah 4.16

2. Pegang rod kuprum dalam keadaan yang pegun di antara kutub-kutub magnet seperti dalam Rajah 4.16. Perhatikan bacaan galvanometer.



**IMBAS SAYA**

Video aruhan elektromagnet dalam dawai lurus

<https://bit.ly/329zvjc>

- Gerakkan rod kuprum dengan pantas dalam arah *A* seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.16. Perhatikan pesongan jarum penunjuk galvanometer.
- Ulangi langkah 3 bagi arah *B*, *C* dan *D*.
- Pegang rod kuprum dengan tangan kiri anda. Angkat magnet Magnadur dengan tangan kanan anda. Gerakkan magnet Magnadur dalam arah *A* dan arah *B* dengan rod kuprum berada dalam keadaan pegun di antara kutub-kutub magnet. Perhatikan pesongan jarum penunjuk galvanometer.
- Lengkapkan Jadual 4.3 dengan menandakan (✓) untuk arah pesongan jarum penunjuk pada galvanometer.

#### Keputusan:

Jadual 4.3

| Keadaan magnet Magnadur      | Keadaan rod kuprum           | Pesongan jarum penunjuk galvanometer |           |              |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-----------|--------------|
|                              |                              | Ke kiri [-]                          | Sifar [0] | Ke kanan [+] |
| Pegun                        | Pegun                        |                                      |           |              |
| Pegun                        | Bergerak dalam arah <i>A</i> |                                      |           |              |
| Pegun                        | Bergerak dalam arah <i>B</i> |                                      |           |              |
| Pegun                        | Bergerak dalam arah <i>C</i> |                                      |           |              |
| Pegun                        | Bergerak dalam arah <i>D</i> |                                      |           |              |
| Bergerak dalam arah <i>A</i> | Pegun                        |                                      |           |              |
| Bergerak dalam arah <i>B</i> | Pegun                        |                                      |           |              |

#### Perbincangan:

- Apakah yang menyebabkan jarum penunjuk galvanometer terpesong?
- Nyatakan arah medan magnet di antara kutub-kutub magnet.
- Apakah arah-arah gerakan rod kuprum yang menyebabkan pemotongan garis-garis medan magnet?
- Terangkan keadaan yang menghasilkan suatu arus dalam rod kuprum itu.

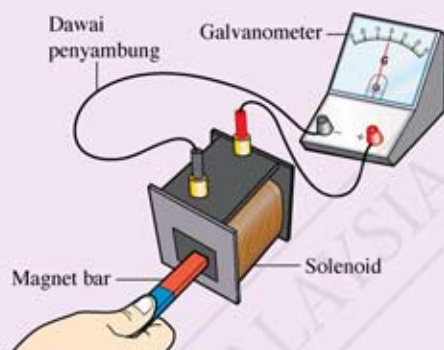
#### B Solenoid

**Radas:** Magnet bar, solenoid (sekurang-kurangnya 400 lilitan) dan galvanometer berpusat sifar yang peka atau multimeter digital

**Bahan:** Dawai penyambung dengan klip buaya

### Arahan:

1. Sediakan susunan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.17.
2. Pegang magnet bar dalam keadaan pegun berhampiran dengan solenoid seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.17. Perhatikan bacaan galvanometer.
3. Tolak magnet bar ke dalam solenoid. Perhatikan pesongan jarum penunjuk galvanometer.
4. Pegang magnet bar dalam keadaan yang pegun di dalam solenoid. Perhatikan bacaan galvanometer.
5. Tarik magnet bar daripada solenoid. Perhatikan pesongan jarum penunjuk galvanometer.
6. Pegang magnet bar dalam keadaan pegun. Gerakkan solenoid mendekati dan menjauhi magnet bar. Perhatikan pesongan penunjuk galvanometer.
7. Lengkapkan Jadual 4.4 dengan menandakan (✓) untuk arah pesongan jarum penunjuk pada galvanometer.



Rajah 4.17

### Keputusan:

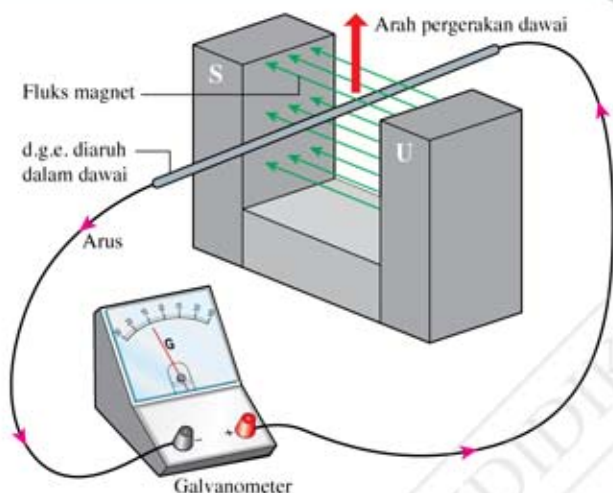
Jadual 4.4

| Keadaan magnet bar            | Keadaan solenoid              | Pesongan jarum penunjuk galvanometer |           |              |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-----------|--------------|
|                               |                               | Ke kiri [-]                          | Sifar [0] | Ke kanan [+] |
| Pegun                         | Pegun                         |                                      |           |              |
| Bergerak ke dalam solenoid    | Pegun                         |                                      |           |              |
| Bergerak keluar dari solenoid | Pegun                         |                                      |           |              |
| Pegun                         | Bergerak mendekati magnet bar |                                      |           |              |
| Pegun                         | Bergerak menjauhi magnet bar  |                                      |           |              |

### Perbincangan:

1. Apakah yang dapat anda perhatikan pada pesongan jarum penunjuk galvanometer apabila:
  - (a) magnet bar digerakkan menghampiri solenoid?
  - (b) magnet bar digerakkan menjauhi solenoid?
2. Terangkan keadaan yang mana suatu arus dihasilkan dalam solenoid itu.

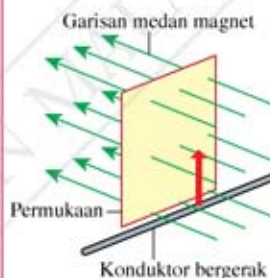
Apabila sebatang dawai kuprum digerakkan merentasi fluks magnet, suatu daya gerak elektrik (d.g.e.) teraruh dalam dawai itu. Fenomena ini dikenali sebagai **aruhan elektromagnet**. Jika dawai itu disambung menjadi litar yang lengkap, pesongan jarum penunjuk galvanometer diperhatikan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.18. Ini menunjukkan arus aruhan terhasil. Daya gerak elektrik juga teraruh dalam dawai jika magnet digerakkan ke arah dawai yang pegun seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.19.



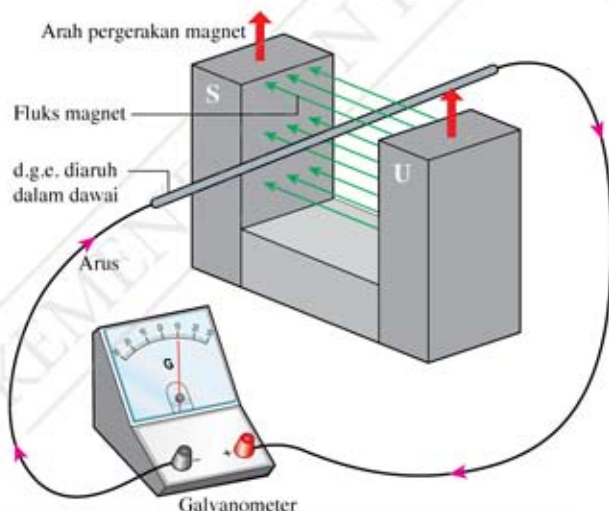
Rajah 4.18 Magnet pegun dan konduktor bergerak

### Galeri MAKLUMAT

Fluks magnet merujuk kepada garis-garis medan magnet yang melalui suatu permukaan.



Konduktor yang bergerak memotong garis medan magnet boleh dikatakan telah memotong fluks magnet.



Rajah 4.19 Magnet bergerak dan konduktor pegun



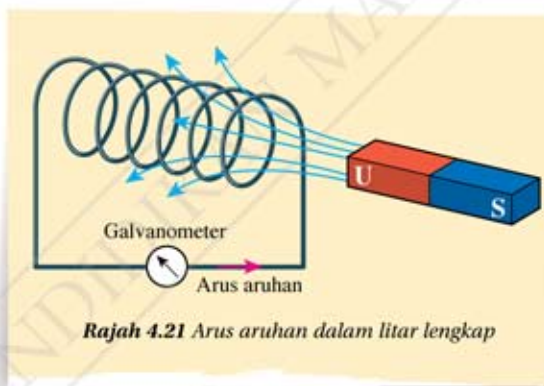
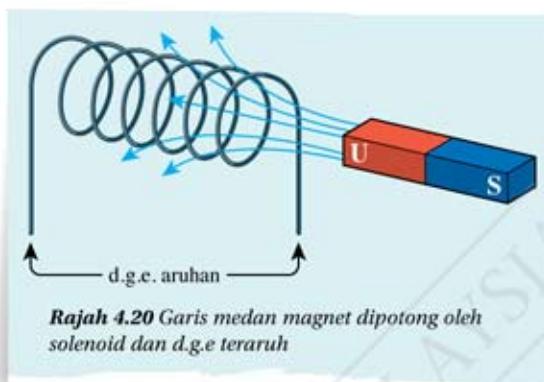
IMBAS SAYA

Video aruhan elektromagnet bagi dawai kuprum

<http://bit.ly/2RIhYJ1>

Apabila sebatang magnet bar digerakkan mendekati atau menjauhi sebuah solenoid, lilitan solenoid memotong garis medan magnet. Maka, aruhan elektromagnet terhasil dan suatu d.g.e. teraruh merentasi solenoid seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.20.

Rajah 4.21 menunjukkan hujung solenoid disambung kepada sebuah galvanometer untuk menjadi litar yang lengkap. Daya gerak elektrik teraruh akan menghasilkan arus aruhan dalam litar dan jarum penunjuk galvanometer terpesong.



Aktiviti 4.10 menunjukkan bahawa d.g.e. aruhan dihasilkan apabila terdapat gerakan magnet dan konduktor mendekati atau menjauhi antara satu sama lain yang menyebabkan pemotongan garis medan magnet. **Aruhan elektromagnet** ialah penghasilan d.g.e. aruhan merentasi suatu konduktor apabila terdapat gerakan relatif antara konduktor itu dengan suatu medan magnet atau apabila konduktor itu berada di dalam medan magnet yang berubah.

### Galeri MAKLUMAT

Gerakan relatif di antara dua objek ialah gerakan yang menyebabkan dua objek saling mendekati atau saling menjauhi antara satu sama lain.

A

B

Gerakan relatif wujud di antara objek A dan B jika:

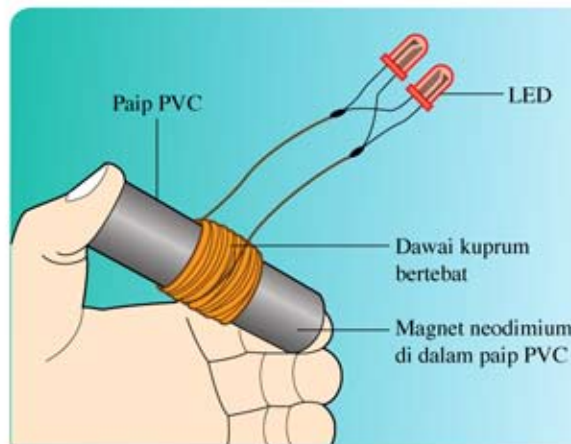
- objek A pegun maka objek B bergerak mendekati atau menjauhi A
- objek B pegun maka objek A bergerak mendekati atau menjauhi B
- kedua-dua objek A dan B bergerak dengan halaju yang berbeza

Tiada gerakan relatif di antara objek A dan B jika:

- kedua-dua objek A dan B pegun
- kedua-dua objek A dan B bergerak dengan laju yang sama dalam arah yang sama

## Faktor-faktor yang Mempengaruhi Magnitud d.g.e. Aruhan

Rajah 4.22 menunjukkan sebuah lampu aruhan buatan sendiri oleh seorang murid. Dia mendapati bahawa LED menyala dengan kecerahan yang berbeza apabila magnet di dalam paip PVC digoncang dengan kelajuan yang berbeza. Apakah faktor-faktor yang mempengaruhi magnitud d.g.e. aruhan?



Rajah 4.22 Lampu aruhan buatan sendiri

**Jom Cuba**

Pembinaan lampu aruhan



<http://bit.ly/36hR3IU>



<http://bit.ly/2LCK2KO>

## Aktiviti 4.11

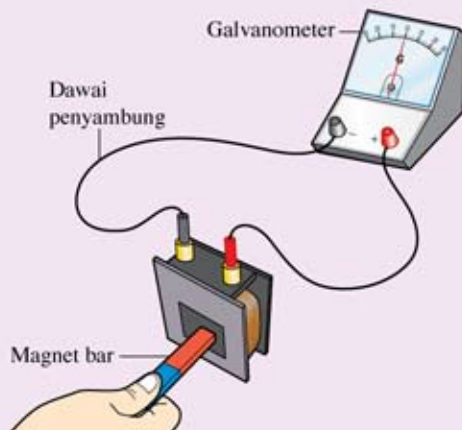
**Tujuan:** Mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi magnitud d.g.e. aruhan

**Radas:** Dua buah solenoid masing-masing dengan 400 dan 800 lilitan, dua batang magnet bar dan galvanometer berpusat sifar yang peka

**Bahan:** Dawai penyambung dan gelang getah

**Arahan:**

1. Sediakan susunan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.23.
2. Tolak sebatang magnet bar dengan perlahan ke dalam solenoid 400 lilitan. Rekod bacaan maksimum yang ditunjukkan pada galvanometer.
3. Tolak magnet bar itu dengan pantas ke dalam solenoid 400 lilitan. Rekod bacaan maksimum yang ditunjukkan pada galvanometer.
4. Tolak sebatang magnet bar dengan perlahan ke dalam solenoid 800 lilitan. Rekod bacaan maksimum yang ditunjukkan oleh galvanometer.
5. Gunakan gelang getah untuk mengikat dua batang magnet bar bersama dengan kutub yang sama secara bersebelahan.
6. Tolak dua batang magnet bar itu dengan perlahan ke dalam solenoid dengan bilangan 800 lilitan. Rekodkan bacaan maksimum yang ditunjukkan oleh galvanometer dalam Jadual 4.5.



Rajah 4.23

## Keputusan:

Jadual 4.5

| Bilangan magnet | Kelajuan magnet | Bilangan lilitan solenoid | Bacaan maksimum galvanometer |              |        |
|-----------------|-----------------|---------------------------|------------------------------|--------------|--------|
|                 |                 |                           | Cubaan pertama               | Cubaan kedua | Purata |
| Satu            | Perlahan        | 400                       |                              |              |        |
| Satu            | Pantas          | 400                       |                              |              |        |
| Satu            | Perlahan        | 800                       |                              |              |        |
| Dua             | Perlahan        | 800                       |                              |              |        |

## Perbincangan:

1. Mengapakah jarum penunjuk galvanometer terpesong apabila magnet ditolak ke dalam solenoid?
2. Apakah faktor yang dikaji apabila magnet bar ditolak dengan kelajuan berbeza ke dalam solenoid?
3. Apakah faktor yang dikaji apabila bilangan magnet yang ditolak ke dalam solenoid adalah berbeza?
4. Bagaimanakah magnitud d.g.e. aruhan dipengaruhi oleh:
  - (a) kelajuan magnet?
  - (b) bilangan lilitan solenoid?
  - (c) kekuatan medan magnet?

Keputusan Aktiviti 4.11 menunjukkan bahawa magnitud d.g.e. aruhan dipengaruhi oleh kelajuan gerakan relatif antara magnet dan konduktor, bilangan lilitan solenoid serta kekuatan medan magnet.

## EMK Sejarah



Michael Faraday (1791-1867) menemui aruhan elektromagnet pada tahun 1831. Beliau telah berjaya membina dinamo elektrik. Dinamo elektrik digunakan untuk menjana kuasa elektrik.

Bagi gerakan relatif antara dawai lurus dengan magnet, d.g.e. aruhan bertambah apabila:

- laju gerakan relatif bertambah
- kekuatan medan magnet bertambah

Bagi gerakan relatif antara solenoid dengan magnet, d.g.e. aruhan bertambah apabila:

- laju gerakan relatif bertambah
- bilangan lilitan solenoid bertambah
- kekuatan medan magnet bertambah

Magnitud d.g.e. akan bertambah jika lebih banyak garis medan magnet dapat dipotong dalam suatu masa yang tertentu. **Hukum Faraday** menyatakan bahawa magnitud d.g.e. aruhan adalah berkadar terus dengan kadar pemotongan fluks magnet.

## Arah Arus Aruhan dalam Dawai Lurus dan Solenoid

Anda telah memerhatikan bahawa arah arus aruhan berubah apabila terdapat perubahan dalam arah gerakan relatif antara konduktor dengan magnet dalam Aktiviti 4.10. Jalankan pula Aktiviti 4.12 dan 4.13 untuk mengkaji arah arus aruhan dalam dawai lurus dan solenoid.



### Aktiviti 4.12

**Tujuan:** Mengkaji arah arus aruhan dalam dawai lurus

**Radas:** Dawai kuprum tebal, sepasang magnet Magnadur, galvanometer berpusat sifar yang peka atau multimeter digital, satu sel kering dengan pemegangnya, perintang (1 k $\Omega$ ) dan suis

**Bahan:** Dawai penyambung dengan klip buaya

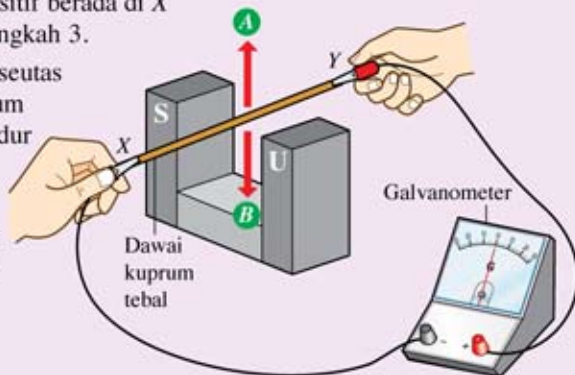
**Arahan:**

1. Sediakan susunan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.24.



Rajah 4.24

2. Sambungkan satu sel kering dengan terminal positif di Y dan terminal negatif di X.
3. Hidupkan suis. Perhatikan arah pesongan jarum penunjuk galvanometer (ke kiri atau ke kanan) dan rekodkan dalam Jadual 4.6. Tentukan arah arus yang melalui sel kering (X ke Y atau Y ke X).
4. Songsangkan sel kering supaya terminal positif berada di X dan terminal negatif berada di Y. Ulangi langkah 3.
5. Keluarkan sel kering dan gantikan dengan seutas dawai kuprum tebal. Letakkan dawai kuprum tebal itu di antara sepasang magnet Magnadur seperti dalam Rajah 4.25.
6. Gerakkan dawai kuprum ke atas (arah A). Perhati dan rekodkan arah pesongan jarum penunjuk galvanometer dan arah arus yang melalui dawai kuprum dalam Jadual 4.6.
7. Ulangi langkah 6 dengan menggerakkan dawai kuprum ke bawah (arah B).



Rajah 4.25

**Keputusan:****Jadual 4.6**

| Situasi                                                                 | Arah pesongan jarum penunjuk galvanometer (ke kiri atau ke kanan) | Arah arus (X ke Y atau Y ke X) |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Sel kering (terminal positif di Y, terminal negatif di X)               |                                                                   |                                |
| Sel kering disongsangkan (terminal positif di X, terminal negatif di Y) |                                                                   |                                |
| Dawai digerakkan ke atas (arah A)                                       |                                                                   |                                |
| Dawai digerakkan ke bawah (arah B)                                      |                                                                   |                                |

**Perbincangan:**

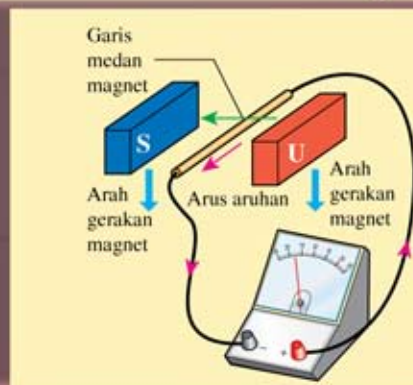
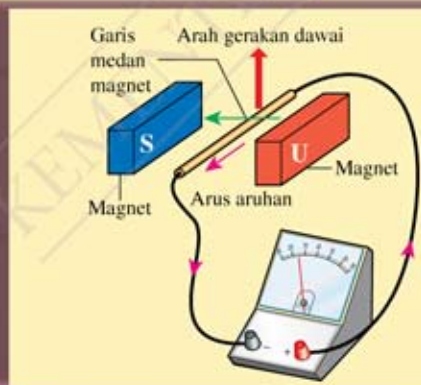
1. Cuba hubung kaitkan arah garis medan magnet, arah gerakan dawai kuprum dan arah arus aruhan menggunakan petua tangan kanan Fleming.
2. Cadangkan cara lain untuk mengubah arah arus aruhan selain arah gerakan dawai kuprum.

**Petua tangan kanan Fleming**

Arah arus aruhan dalam dawai lurus boleh ditentukan menggunakan petua tangan kanan Fleming seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.26.

**INFO Celik**

Gerakan magnet ke bawah adalah setara dengan gerakan dawai ke atas.

**Rajah 4.26** Petua tangan kanan Fleming untuk menentukan arah arus aruhan bagi dawai lurus

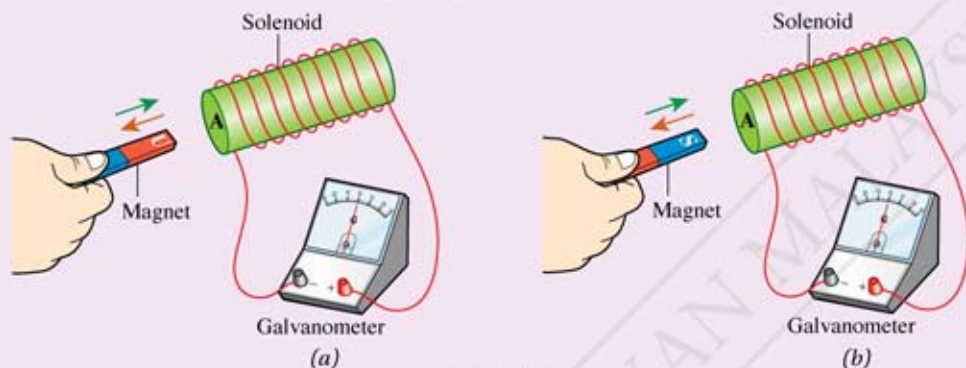
**Tujuan:** Mengkaji arah arus aruhan dalam solenoid

**Radas:** Solenoid, magnet bar dan galvanometer berpusat sifar yang peka atau multimeter digital

**Bahan:** Dawai penyambung dengan klip buaya

**Arahan:**

1. Sediakan susunan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.27.



Rajah 4.27

2. Gerakkan kutub utara magnet bar seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.27(a):

- (a) mendekati hujung solenoid di A
- (b) menjauhi hujung solenoid di A

3. Perhatikan arah pesongan jarum penunjuk galvanometer dan tentukan kutub medan magnet pada hujung solenoid di A. Imbas kod QR untuk panduan penentuan kutub pada solenoid.

4. Gerakkan kutub selatan magnet bar seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.27(b):

- (a) mendekati hujung solenoid di A
- (b) menjauhi hujung solenoid di A

5. Perhatikan arah pesongan jarum penunjuk galvanometer dan tentukan kutub medan magnet pada hujung solenoid di A.

6. Rekodkan pemerhatian dan keputusan anda dalam Jadual 4.7.

**Keputusan:**

Jadual 4.7

| Kutub magnet bar | Gerakan magnet bar pada hujung solenoid di A | Arah pesongan jarum penunjuk galvanometer (ke kiri atau ke kanan) | Kekutuban magnet pada hujung solenoid di A (utara atau selatan) |
|------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Utara            | Mendekati                                    |                                                                   |                                                                 |
|                  | Menjauhi                                     |                                                                   |                                                                 |
| Selatan          | Mendekati                                    |                                                                   |                                                                 |
|                  | Menjauhi                                     |                                                                   |                                                                 |



**IMBAS KEMBALI**



Medan magnet yang dihasilkan oleh arus dalam solenoid

<http://bit.ly/2M1Ju1x>

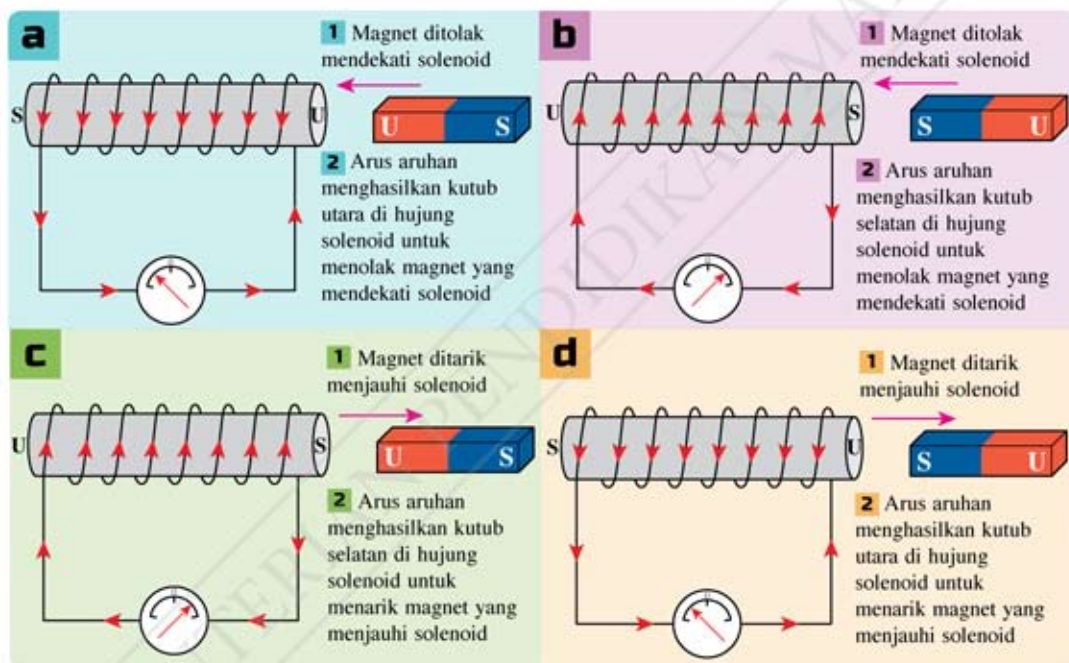
### Perbincangan:

1. Apakah kesan gerakan magnet bar ke atas kutub magnet solenoid di hujung A?
2. Ramalkan kutub magnet yang terhasil di hujung A:
  - (a) apabila kutub selatan magnet bar ditolak mendekatinya.
  - (b) apabila kutub selatan magnet bar ditarik menjauhinya.



**Nota**  
Arus aruhan dihasilkan dalam solenoid oleh gerakan relatif antara magnet bar dengan solenoid.

Bagi solenoid, hukum Lenz digunakan untuk menentukan kekutuban magnet di hujung solenoid apabila arus aruhan berlaku. **Hukum Lenz** menyatakan bahawa arus aruhan sentiasa mengalir pada arah yang menentang perubahan fluks magnet yang menyebabkannya. Rajah 4.28 menunjukkan cara hukum Lenz digunakan untuk menentukan arah arus aruhan dalam solenoid.



Rajah 4.28 Hukum Lenz digunakan untuk menentukan arah arus aruhan bagi solenoid

### Penjana Arus Terus dan Penjana Arus Ulang-alik

Gambar foto 4.5 menunjukkan penjana elektrik kincir angin yang mengaplikasikan aruhan elektromagnet untuk menghasilkan d.g.e. aruhan. Terdapat dua jenis penjana, iaitu penjana arus terus dan penjana arus ulang-alik. Apakah prinsip kerja penjana arus tersebut?

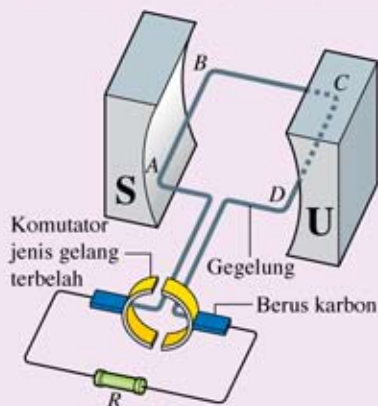


Gambar foto 4.5 Kincir angin di Kuala Perlis

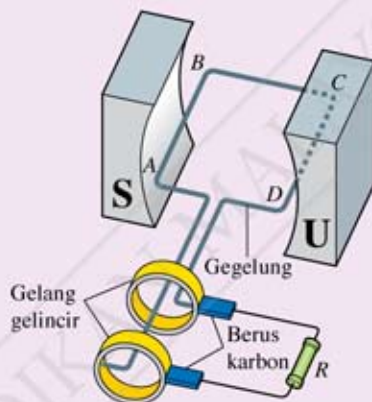
**Tujuan:** Mengumpul maklumat tentang struktur dan prinsip kerja penjana arus terus dan penjana arus ulang-alik

**Arahan:**

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan.
2. Teliti Rajah 4.29 yang menunjukkan struktur penjana arus terus dan penjana arus ulang-alik.



(a) Penjana arus terus



(b) Penjana arus ulang-alik

**Rajah 4.29**

3. Layari laman sesawang untuk mengumpul maklumat lanjut yang lebih terperinci tentang struktur serta prinsip kerja penjana arus terus dan penjana arus ulang-alik.
4. Sediakan satu laporan multimedia bertajuk Struktur dan Prinsip Kerja Penjana Arus Terus dan Penjana Arus Ulang-alik.



**IMBAS SAYA**

Video penjana arus terus dan arus ulang-alik

<http://bit.ly/2R1u0CS>

**Jadual 4.8** Prinsip kerja penjana arus terus dan penjana arus ulang-alik

| Penjana arus terus                                                                              | Penjana arus ulang-alik                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>Persamaan</b>                                                                                |                                                                           |
| Mengaplikasikan aruhan elektromagnet                                                            |                                                                           |
| Gegelung diputar oleh daya luar                                                                 |                                                                           |
| Gegelung memotong fluks magnet                                                                  |                                                                           |
| d.g.e. teraruh di dalam gegelung                                                                |                                                                           |
| <b>Perbezaan</b>                                                                                |                                                                           |
| Hujung gegelung disambung kepada komutator gelang terbelah                                      | Hujung gegelung disambung kepada dua gelang gelincir                      |
| Dua bahagian komutator saling bertukar sentuhan dengan berus karbon pada setiap separuh putaran | Gelang-gelang gelincir sentiasa bersentuhan dengan berus karbon yang sama |
| Output ialah arus terus                                                                         | Output ialah arus ulang-alik                                              |



## Aktiviti 4.15

**Tujuan:** Membina prototaip penjana arus (dinamo) yang berfungsi dengan mengubah suai motor elektrik

**Arahan:**

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan.
2. Banding dan bezakan struktur dan prinsip kerja motor arus terus dengan penjana arus terus.
3. Kumpulkan dan kaji maklumat yang berikut daripada bahan bacaan atau carian di laman sesawang:
  - (a) kaedah menukarkan motor menjadi dinamo
  - (b) cara-cara menghasilkan putaran dalam dinamo
4. Berdasarkan maklumat yang dikaji, cadangkan reka bentuk prototaip dinamo dan cara pengendaliannya.
5. Bina sebuah dinamo dengan mengubah suai motor elektrik mengikut reka bentuk yang dicadangkan dan uji dinamo itu.
6. Daripada dapatan ujian dinamo itu, bincangkan penambahbaikan yang perlu dilakukan.
7. Buat penambahbaikan kepada prototaip dinamo anda dan uji semula dinamo itu.
8. Bentangkan hasil reka bentuk dinamo kumpulan anda.

**Nota**

Gunakan Borang Strategi Data K-W-L.



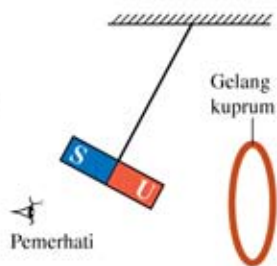
**IMBAS SAYA**

Borang Strategi Data K-W-L

<http://bit.ly/2RR6qnV>

## Praktis Formatif 4.2

1. Apakah maksud aruhan elektromagnet?
2. (a) Nyatakan hukum Faraday.  
(b) Gunakan hukum Faraday untuk menerangkan kesan kelajuan putaran gegelung ke atas magnitud d.g.e. aruhan dalam sebuah penjana arus.
3. Rajah 4.30 menunjukkan sebuah bandul ringkas dengan ladung magnet bar berayun berhampiran dengan satu gelang kuprum.
  - (a) Terangkan penghasilan arus dalam gelang kuprum apabila magnet bar sedang bergerak menuju gelang itu.
  - (b) Pada kedudukan pemerhati di hadapan gelang seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.30, nyatakan sama ada arus dalam gelang kuprum tersebut mengikut arah jam atau melawan arah jam.
  - (c) Terangkan kesan arus dalam gelang kuprum ke atas gerakan magnet bar itu.



Rajah 4.30