

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

MEDAN MAGNET

A. Tujuan Pembelajaran

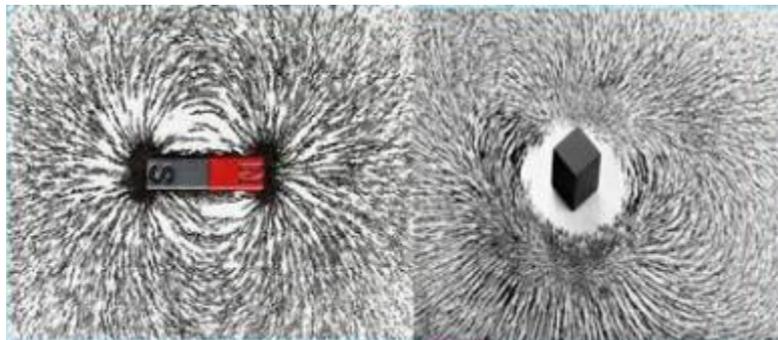
Setelah mempelajari modul ini Anda diharapkan dapat :

1. menjelaskan fluks magnetik;
2. menjelaskan karakteristik medan magnet;
3. menjelaskan sifat magnetik bahan;
4. menjelaskan Percobaan Oersted;
5. menjelaskan Hukum Biot – Savart;
6. menjelaskan Hukum Ampere;
7. menentukan induksi magnetik pada kawat lurus berarus;
8. menentukan induksi magnetik di sekitar kawat melingkar berarus;
9. menentukan induksi magnetik di sekitar solenoida berarus; dan
10. menentukan induksi magnetik di sekitar toroida berarus.

B. Uraian Materi

1. Medan Magnet

Ketika serbuk besi ditaburkan di sekitar magnet, serbuk besi tersebut akan membentuk pola tertentu. Pola yang terbentuk tersebut menandakan adanya medan magnet.



Gambar 1. Pola serbuk besi disekitar magnet
Sumber: <http://www.smartsains.com>

Paku-paku besi yang diletakkan dekat magnet akan ditarik oleh magnet. Kutub-kutub jarum kompas kedudukannya dapat berubah jika didekatkan pada magnet.

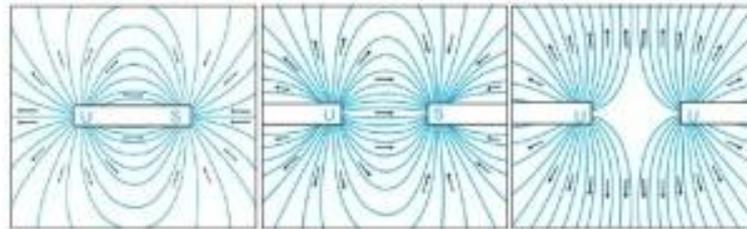
Gejala terbentuknya pola serbuk besi di sekitar magnet, tertariknya paku besi dan berubahnya kedudukan kutub-kutub jarum kompas disebabkan oleh adanya gaya yang ditimbulkan oleh kutub magnet.

Ruang tempat paku atau jarum kompas berada disebut medan gaya. Gaya yang menyebabkan paku menempel dan berubahnya kedudukan kutub-

kutub jarum kompas ditimbulkan oleh magnet, maka medan gaya tersebut disebut medan magnet. Jadi, medan magnet adalah ruangan disekitar benda-benda bersifat magnet yang masih dipengaruhi gaya magnet.

Semakin jauh sebuah posisi dari magnet semakin kecil besar medan magnetnya karena semakin sedikit jumlah garis gaya magnetnya. Bagaimana jika posisinya semakin dekat? Semakin dekat sebuah posisi dari magnet maka semakin besar medan magnetnya karena semakin banyak jumlah garis gaya magnetnya.

Arah garis gaya magnet adalah dari kutub utara menuju kutub selatan.



Gambar 2. Arah garis gaya medan magnet
Sumber: fisikazone.com

2. Sifat Magnetik Bahan

Bahan magnetik dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu bahan ferromagnetik, bahan para magnetik, dan bahan diamagnetik.

Bahan Ferromagnetik

Bahan ferromagnetik adalah bahan yang sangat mudah dipengaruhi oleh medan magnet. Bahan jenis ini dapat dijadikan sebagai magnet permanen. Contoh bahan ferromagnetik adalah: besi, baja, nikel dan kobal.

Bahan Paramagnetik

Bahan paramagnetik adalah bahan yang tidak mudah dipengaruhi oleh medan magnet. Bahan jenis ini tidak dapat dijadikan sebagai magnet permanen. Contoh bahan para magnetik adalah: mangan, platina, aluminium, dan timah.

Bahan Diamagnetik

Bahan diamagnetik adalah bahan yang tidak dapat dipengaruhi oleh medan magnet. Contoh bahan diamagnetik adalah: bismuth, timbal, perak, emas, dan tembaga.

3. Medan Magnet dan Arus Listrik

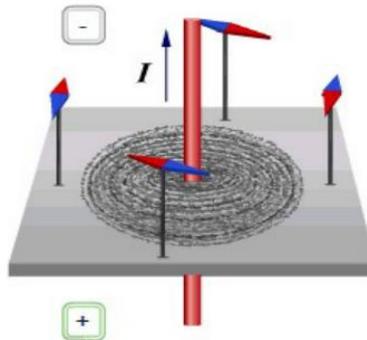
Hans Cristian Oersted (1777 – 1851) seorang fisikawan berasal dari Denmark, melakukan percobaan pada tahun 1819. Dalam percobaan tersebut Oersted meletakkan jarum di dekat kawat yang tidak dialiri arus listrik dan meletakkan jarum kompas di dekat kawat yang dialiri arus listrik. Oersted melihat bahwa jarum kompas tidak menimpang atau berubah posisi ketika diletakkan di dekat kawat yang tidak dialiri arus listrik, tetapi ketika jarum kompas diletakkan di dekat kawat yang dialiri arus listrik maka jarum kompasnya menyimpang dari posisi semula.

Dari percobaan tersebut Oersted membuat kesimpulan sebagai berikut:

Di sekitar kawat (penghantar) yang dialiri arus listrik terdapat atau timbul medan magnet;

Arah gaya magnet yang menyimpangkan jarum kompas bergantung pada arah arus listrik yang mengalir pada kawat;
Besarnya medan magnet disekitar kawat berarus listrik bergantung pada kuat arus listrik dan jaraknya terhadap kawat.

Berdasarkan percobaan Oersted dapat diketahui bahwa arus di dalam sebuah kawat akan menghasilkan efek-efek magnetik. Efek magnetik ini terlihat saat jarum kompas didekatkan dengan kawat berarus listrik. Jarum kompas akan menyimpang atau dibelokkan dari arah semula. Keadaan tersebut dapat diperlihatkan dari gambar di bawah ini:

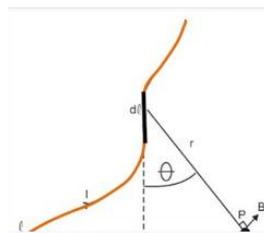


Gambar 3. Arah jarum kompas disekitar kawat berarus listrik
Sumber: <http://www.smartsains.com>

4. Hukum Biot – Savart

Pada saat Hans Christian Oersted melakukan percobaan untuk mengamati hubungan kelistrikan dan kemagnetan, Oersted belum sampai pada tahap menghitung besar kuat medan magnet di suatu titik di sekitar kawat berarus. Perhitungan secara matematis baru dikemukakan oleh ilmuwan dari Prancis yaitu Jean Bastiste Biot dan Felix Savart.

Berdasarkan hasil percobaannya mengenai medan magnet disuatu titik P yang dipengaruhi oleh suatu kawat penghantar dl yang dialiri arus listrik I diperoleh kesimpulan bahwa besarnya kuat medan magnet (yang kemudian disebut induksi magnet yang diberi lambang B) dititik P



Gambar 4. Hukum Biot-Savart
Sumber: BSE, Siswanto, Sukaryadi. 2009

1. Berbanding lurus dengan kuat arus listrik (I)
2. Berbanding lurus dengan panjang kawat (dl)
3. Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara titik P ke elemen kawat penghantar (r)
4. Sebanding dengan sinus sudut apit θ antara arah arus dengan garis hubung antara titik P ke elemen kawat penghantar.

Pernyataan tersebut dikenal dengan hukum Biot-Savart yang secara matematis dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan:

$$dB = k \frac{i \cdot dl \cdot \sin\theta}{r^2}$$

Atau

$$dB = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{i \cdot dl \cdot \sin\theta}{r^2}$$

5. Hukum Ampere

Hukum Biot-Savart merupakan hukum yang umum yang digunakan untuk menghitung kuat medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik. Apapun bentuk konduktor yang dialiri arus, dan berapa pun arus yang mengalir, maka kuat medan magnet di sekitar arus tersebut selalu memenuhi hukum Biot-Savart. Namun, kita tidak selalu mudah menentukan kuat medan magnet di sekitar arus dengan menggunakan hukum Biot-Savart. Untuk bentuk kawat yang rumit, maka integral pada hukum Biot-Savart tidak selalu dapat diselesaikan.

Oleh karena itu, perlu dikaji metode alternatif untuk menentukan kuat medan magnet di sekitar arus listrik. Salah satu metode yang cukup sederhana yang akan dibahas di sini adalah hukum Biot-Savart merupakan hukum yang umum yang digunakan untuk menghitung kuat medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik. Apapun bentuk konduktor yang dialiri arus, dan berapa pun arus yang mengalir, maka kuat medan magnet di sekitar arus tersebut selalu memenuhi hukum Biot-Savart. Namun, kita tidak selalu mudah menentukan kuat medan magnet di sekitar arus dengan menggunakan hukum Biot-Savart. Untuk bentuk kawat yang rumit, maka integral pada hukum Biot-Savart tidak selalu dapat diselesaikan.

Pada beberapa peralatan listrik, kita sering melihat sebuah kawat yang dililitkan pada sebuah logam yang dikenal sebagai kumparan. Ketika peralatan tersebut dialiri arus listrik maka kumparannya akan menimbulkan magnet disekitarnya. Untuk mencari besar medan magnet di sekitar kumparan kita akan menemukan kesulitan jika menggunakan hukum Biot-Savart. Hal yang mudah untuk menentukannya adalah dengan menggunakan hukum Ampere. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

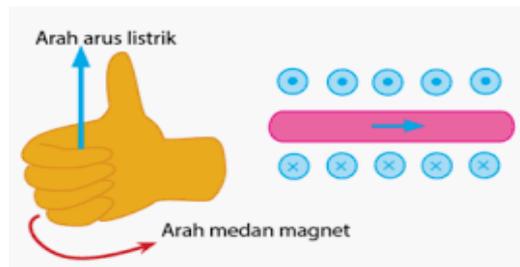
$$\oint B \, dl \cos\theta = \mu_0$$

Persamaan di atas nantinya akan disederhanakan pada saat diaplikasikan pada bentuk penghantar yang berbeda-beda.

6. Induksi Magnet Pada Kawat Lurus Berarus Listrik

Sebuah kawat lurus yang dialiri arus listrik akan menimbulkan induksi magnet dengan arah sesuai dengan kaidah tangan kanan.

Untuk menunjukkan arah induksi magnet di sekitar kawat lurus berarus listrik, genggamlah kawat dengan tangan kanan dengan ibu jari terbuka. Sesuai dengan kaidah tangan kanan, arah ibu jari menunjukkan arah arus listrik, sedangkan arah keempat jari yang lain menunjukkan arah medan magnet, seperti terlihat pada gambar berikut:

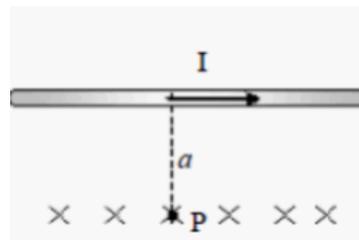


Gambar 5. Kaidah tangan kanan kawat lurus berarus listrik
Sumber: idschool.net

Tanda X adalah masuk . adalah keluar

Bagaimana dengan besar induksi magnetnya?

Sebuah kawat yang dialiri arus sebesar i akan menimbulkan induksi magnet sebesar B , lebih jelasnya terlihat pada gambar berikut ini:



Gambar 6. Kawat lurus berarus listrik
Sumber: fisikakontektual.com

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi a}$$

Keterangan:

- B = besar induksi magnet (T)
- i = besar arus listrik (A)
- a = jarak titik ke kawat (m)
- μ_0 = permeabilitas magnet ($4\pi \cdot 10^{-7} \text{Wb/Am}$)

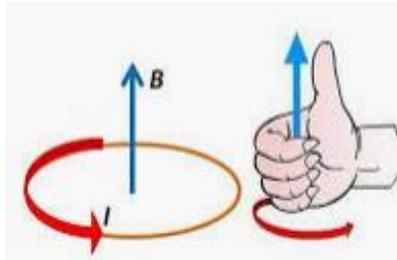
Bagaimana kalau kawatnya lebih dari satu misalnya N buah kawat, maka persamaannya menjadi:

$$B = \frac{\mu_0 i N}{2\pi a}$$

7. Induksi Magnet Pada Kawat Melingkar Berarus Listrik

Sebuah kawat melingkar yang dialiri arus listrik akan menimbulkan induksi magnet dengan arah sesuai dengan kaidah tangan kanan.

Untuk menunjukkan arah induksi magnet di sekitar kawat lurus berarus listrik, genggamlah kawat dengan tangan kanan dengan ibu jari terbuka. Sesuai dengan kaidah tangan kanan, arah ibu jari menunjukkan arah induksi magnet, sedangkan arah keempat jari yang lain menunjukkan arah arus listrik, seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 7. Kaidah tangan kanan kawat melingkar berarus listrik
Sumber: blok.ruangguru.com

Besar induksi magnet pada kawat melingkar berarus adalah:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2a}$$

Keterangan:

B = besar induksi magnet (T)

i = besar arus listrik (A)

a = jarak titik ke kawat (m)

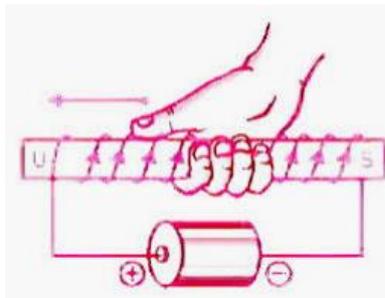
μ_0 = permeabilitas magnet ($4\pi \cdot 10^{-7} \text{Wb/Am}$)

Bagaimana kalau kawatnya lebih dari satu lingkaran misalnya N buah lingkaran, maka persamaannya menjadi:

$$B = \frac{\mu_0 i N}{2a}$$

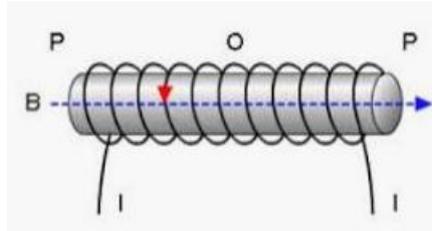
8. Induksi Magnet Pada Solenoida

Medan magnet yang kuat di sekitar arus listrik, dapat dibuat dengan lilitan kawat membentuk kumparan. Kumparan seperti ini disebut solenoida. Solenoida memiliki sifat yang sama dengan magnet batang, yaitu mempunyai kutub utara dan kutub selatan. Arahnya dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan. Jika kita menggenggam solenoida dengan tangan kanan dengan ibu jari terbuka, arah ibu jari menunjukkan arah induksi magnet (arah utara) dan arah keempat jari lainnya merupakan arah arusnya.



Gambar 8. Kaidah tangan kanan pada solenoida
Sumber: <http://mabelaka.blogspot.com>

Besar induksi magnet pada solenoida dapat ditentukan pada pusat dan ujung solenoid. Pada gambar berikut titik o adalah titik pusat solenoid dan titik p adalah titik ujung solenoida



Gambar 9. Solenoida

Sumber: <http://mabelaka.blogspot.com>**a. Besar Induksi Magnet Pada Pusat Solenoida**

Besar induksi magnet pada pusat solenoida dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$B = \mu_0 i n \text{ atau}$$

$$B = \frac{\mu_0 i N}{l}$$

b. Besar Induksi Magnet Pada Ujung Solenoida

Besar induksi magnet pada ujung solenoida dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$B = \frac{\mu_0 i n}{2} \text{ atau}$$

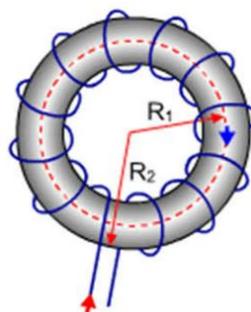
$$B = \frac{\mu_0 i N}{2l}$$

Keterangan:

- B = besar induksi magnet (T)
- i = besar arus listrik (A)
- N = banyak lilitan kawat (lilitan)
- l = panjang solenoida (m)
- n = banyak lilitan per panjang solenoida (lilitan/m)
- μ_0 = permeabilitas magnet ($4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Wb/Am}$)

9. Induksi Magnet Pada Toroida

Toroida adalah kumparan yang dilekuk sehingga membentuk lingkaran. Jika toroida dialiri arus listrik, maka akan timbul garis-garis medan magnet berbentuk lingkaran di dalam toroida.



Gambar 10. Toroida

Sumber: <http://www.smartsains.com>

Besar induksi magnet pada toroida dapat ditentukan dengan persamaan

$$B = \frac{\mu_0 i N}{2\pi a}$$

Keterangan:

- B = besar induksi magnet (T)
 i = besar arus listrik (A)
 N = banyak lilitan kawat (lilitan)
 a = jari-jari toroida (m)
 μ_0 = permeabilitas magnet ($4\pi \cdot 10^{-7} \text{Wb/Am}$)

C. Rangkuman

1. Medan magnet adalah ruangan disekitar benda-benda bersifat magnet yang masih dipengaruhi gaya magnet.
2. Bahan magnetik dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu bahan ferromagnetik, bahan para magnetik, dan bahan diamagnetik.
3. Kesimpulan percobaan Oersted adalah:
 - Di sekitar kawat (penghantar) yang dialiri arus listrik terdapat atau timbul medan magnet;
 - Arah gaya magnet yang menyimpangkan jarum kompas bergantung pada arah arus listrik yang mengalir pada kawat;
 - Besarnya medan magnet disekitar kawat berarus listrik bergantung pada kuat arus listrik dan jaraknya terhadap kawat.
4. Kesimpulan Hukum Biot – Savart, besarnya kuat medan magnet:
 - Berbanding lurus dengan kuat arus listrik (I)
 - Berbanding lurus dengan panjang kawat (dl)
 - Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara titik P ke elemen kawat penghantar (r)
 - Sebanding dengan sinus sudut apit θ antara arah arus dengan garis hubung antara titik P ke elemen kawat penghantar.

5. Induksi Magnet Pada Kawat Lurus Berarus Listrik

$$B = \frac{\mu_0 i N}{2\pi a}$$

6. Induksi Magnet Pada Kawat Melingkar Berarus Listrik

$$B = \frac{\mu_0 i N}{2a}$$

7. Besar Induksi Magnet Pada Pusat Solenoida

$$B = \frac{\mu_0 i N}{l}$$

8. Besar Induksi Magnet Pada Ujung Solenoida

$$B = \frac{\mu_0 i N}{2l}$$

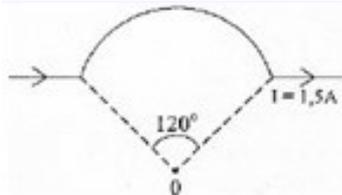
9. Besar induksi magnet pada toroida

$$B = \frac{\mu_0 i N}{2\pi a}$$

D. Latihan Soal

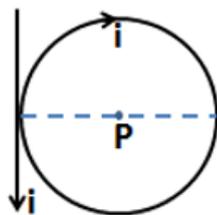
Jawablah pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Sebuah kawat lurus panjang yang dialiri arus listrik sebesar 10 A dari arah timur ke barat. Besar dan arah induksi magnetik di titik P yang berada tepat di bawah kawat tersebut pada jarak 10 cm adalah
2. Dua buah kawat lurus sejajar berjarak 2 cm dialiri arus sebesar 2 A dan 3 A berlawanan arah, kawat pertama memiliki arah ke atas. Dimanakah letak titik dari kawat pertama yang induksi magnetnya = 0?
3. Seutas kawat panjang berarus listrik I mengakibatkan induksi magnetik B ketika berjarak a dari kawat. Besar induksi magnetik disuatu titik berjarak 3a dari kawat tersebut adalah
4. Dua buah kawat panjang a dan b diletakkan sejajar pada jarak 8 cm satu sama lain dialiri arus sama arahnya. Tiap kawat dialiri arus listrik sebesar 20 A. Besar dan arah Induksi magnet di titik P yang terletak diantara kawat yang berjarak 2 cm dari kawat a adalah....
5. Kawat melingkar berjari-jari 2π cm memiliki 10 lilitan dialiri arus listrik sebesar sebesar 2 A, besar induksi magnet di pusat lingkaran adalah
6. Sebuah kawat berarus listrik dilengkungkan tampak seperti pada gambar



Jika jari-jari kelengkungan sebesar 50 cm, maka besarnya induksi magnetik di pusat lengkungan adalah....

7. Kawat lurus hampir bersinggungan dengan kawat melingkar. Kedua kawat terletak pada bidang gambar. Jika kuat arus yang mengalir di kedua kawat tersebut sama besar, induksi magnet di titik pusat lingkaran arahnya



8. Sebuah solenoida panjangnya 50 cm terdiri atas 1.500 lilitan. Jika solenoida tersebut dialiri arus sebesar 10 A, induksi magnetik di pusat solenoida tersebut adalah
9. Sebuah toroida memiliki 60 lilitan dan berjari-jari 10 cm, dialiri kuat arus listrik sebesar 2 A. Induksi magnetik di dalam toroida tersebut adalah
10. Sebuah toroida memiliki lilitan N buah dan jari-jari a cm memiliki Induksi magnetik B ketika dialiri arus listrik sebesar i. Agar induksi magnetnya menjadi 4B dengan jari-jari dijadikan 2a cm dan arus yang dialirkan sama maka lilitannya dibuat menjadi....

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

GAYA MAGNET

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran 2 ini diharapkan

1. Dapat menganalisis terjadinya gaya magnet akibat kawat berarus listrik yang memotong medan magnet
2. Dapat menganalisis terjadinya gaya magnet pada kawat lurus sejajar yang dialiri arus listrik
3. Dapat menganalisis terjadinya gaya magnet akibat muatan listrik yang bergerak memotong medan magnet
4. Dapat menganalisis fluks magnet
5. Dapat menganalisis berbagai manfaat medan magnet dalam kehidupan sehari-hari

B. Uraian Materi

1. Gaya Magnetik (Gaya Lorentz)

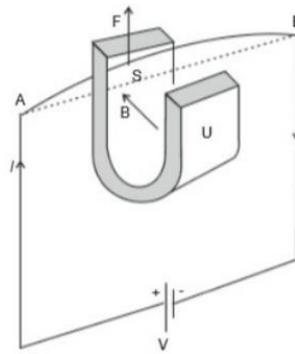
Bagaimana konsep gaya magnet pada partikel bermuatan? Hari ini, magnet banyak sekali digunakan dalam kehidupan manusia. Magnet dapat kita temui salah satu contohnya dalam motor, loudspeaker, memori komputer, dan lain-lain. Pada bagian ini tentunya kita akan memfokuskan diri pada gaya yang diakibatkan oleh medan magnet, baik terhadap kawat berarus maupun terhadap partikel yang bergerak dalam medan magnet.

Salah satu alat yang memanfaatkan prinsip gaya magnetik adalah alat listrik. Alat listrik mengubah energi listrik menjadi energi mekanik adalah motor listrik. Motor listrik jika kita hubungkan dengan sumber tegangan akan berputar. Bagaimana prinsip motor listrik tersebut bekerja, dapatkah kalian menjelaskannya? Apabila kita perhatikan di dalam motor listrik terdapat sebuah kumparan kawat dan magnet tetap. Motor listrik tersebut dapat berputar karena timbulnya gaya Lorentz atau gaya magnetik yang terjadi pada kumparan kawat penghantar beraliran arus listrik yang berada dalam medan magnet.

Marilah sekarang kita mempelajari timbulnya gaya magnet yang dialami oleh sebuah kawat penghantar berarus listrik yang berada di dalam medan magnet.

2. Gaya Magnetik pada Kawat Berarus dalam Medan Magnetik

Pada kegiatan pembelajaran I, Anda telah mempelajari bahwa jika sebuah kawat penghantar dialiri arus listrik, akan timbul medan magnet disekitar kawat tersebut. bagaimana jika kawat berarus listrik ditempatkan dalam medan magnet. Untuk memahami hal tersebut, perhatikan uraian materi berikut ini!



Gambar 1: Gaya Lorentz Pada Kawat
 Sumber :BSE.Siswanto, Sukaryadi. 2009

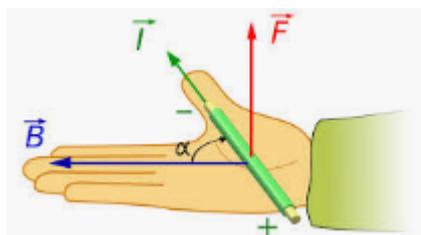
Perhatikan Gambar di atas, sebuah kawat penghantar AB yang dibentangkan melalui medan magnet yang ditimbulkan oleh magnet tetap. Apabila pada ujung kawat A kita hubungkan dengan kutub positif baterai dan ujung B kita hubungkan dengan kutub negatif baterai, maka pada kawat AB mengalir arus dari A ke B. Pada saat itu kawat AB akan bergerak ke atas. Sebaliknya jika arus listrik diputus (dihentikan), kawat kembali ke posisi semula. Sebaliknya jika ujung A dihubungkan dengan kutub negatif dan ujung B dihubungkan dengan kutub positif baterai, kembali kawat bergerak ke bawah (berlawanan dengan gerak semula). Gerakan kawat ini menunjukkan adanya suatu gaya yang bekerja pada kawat tersebut saat kawat tersebut dialiri arus listrik. Gaya yang bekerja pada tersebut disebut gaya magnetik atau gaya Lorentz.

Berdasarkan hasil percobaan yang lebih teliti menunjukkan bahwa besarnya gaya magnetik gaya Lorentz yang dialami oleh kawat yang beraliran arus listrik :

- Berbanding lurus dengan kuat medan magnet atau induksi magnet (B).
- Berbanding lurus dengan kuat arus listrik yang mengalir dalam kawat (i).
- Berbanding lurus dengan panjang kawat penghantar (L).
- Berbanding lurus dengan sudut (θ) yang dibentuk arah arus (i) dengan arah induksi magnet (B).

Bagaimana Anda dapat menentukan arah Gaya Lorentz yang terjadi ketika kawat berarus listrik memotong medan magnet?

Arah gaya Lorentz dapat dijelaskan dengan gambar berikut:



Gambar 2. Aturan tangan kanan Gaya Lorentz pada kawat
 Sumber: id.wikipedia.org

Gambar di atas menjelaskan bahwa ketika kita buka telapak tangan kita dengan empat jari rapat dan ibu jari terbuka, maka arah ibu jari merupakan arah arus listrik, arah empat jari merupakan arah induksi magnet dan arah telapak tangan adalah arah Gaya Lorentz. Mudah bukan? Silahkan Anda melakukan simulasi sendiri dengan menentukan arah kedua variabel untuk menentukan arah variabel satunya.

Besarnya gaya magnetik atau Gaya Lorentz dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$F_L = B \cdot i \cdot l \cdot \sin\theta$$

Keterangan:

F_L = gaya Lorentz (N)

B = induksi magnet (T)

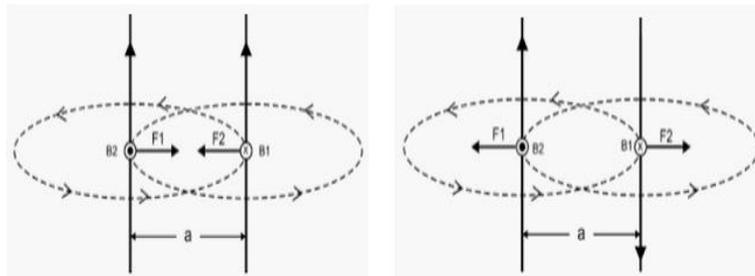
i = kuat arus listrik (A)

l = panjang kawat (m)

θ = sudut antara arah arus listrik dengan kuat medan magnet ($^\circ$)

3. Gaya Magnetik di Antara Dua Kawat Sejajar Berarus

Gaya magnet juga dialami oleh dua buah kawat sejajar yang saling berdekatan yang beraliran arus listrik. Timbulnya gaya pada masing-masing kawat dapat dianggap bahwa kawat pertama berada dalam medan magnetik yang ditimbulkan oleh kawat kedua dan sebaliknya kawat kedua berada dalam medan magnetik yang ditimbulkan oleh kawat pertama



Gambar 2: Gaya Magnetik dua Kawat Sejajar

Sumber: myrightspot.com

Berdasarkan gambar, dapat disimpulkan bahwa pada dua penghantar lurus sejajar yang dialiri arus listrik akan terjadi gaya Tarik menarik jika arusnya memiliki arah yang sama dan gaya tolak menolak jika kedua arus yang mengalir berlawanan arah.

Bagaimana menjelaskan kesimpulan di atas?

Penjelasan untuk kawat sejajar yang dialiri arus searah adalah sebagai berikut: Ketika kawat pertama dialiri arus ke atas maka akan menimbulkan induksi magnet di kawat kedua yang arahnya masuk bidang, sehingga di kawat kedua ada variabel kuat arus ke atas dan induksi magnet masuk bidang, dengan menggunakan aturan tangan kanan Gaya Lorentz pada kawat, Gaya Lorentz pada kawat kedua akan berarah ke kiri. Ketika kawat kedua dialiri arus ke atas maka akan menimbulkan induksi magnet di kawat pertama yang arahnya keluar bidang, sehingga di kawat kedua ada variabel kuat arus ke atas dan induksi magnet masuk bidang, dengan menggunakan aturan tangan kanan Gaya Lorentz pada kawat, Gaya Lorentz pada kawat kedua akan berarah ke kanan. Silahkan Anda coba untuk menentukan arah Gaya Lorentz pada kawat sejajar yang dialiri arus yang berlawanan arah.

Besarnya gaya yang terjadi adalah :

Di kawat dua berdasarkan analisis di atas maka dapat ditulis

$$F_L = B_1 i_2 l, \quad B_1 \text{ dapat ditulis sebagai } B_1 = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi a}, \text{ sehingga persamaannya dapat ditulis}$$

$$F_L = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi a} i_2 l, \text{ sehingga dapat ditulis}$$

$$F_L = \frac{\mu_0 i_1 i_2 l}{2\pi a}$$

Ketika di kawat pertama maka Gaya Lorentznya dapat ditulis

$F_L = B_2 i_1 l$, B_1 dapat ditulis sebagai $B_2 = \frac{\mu_0 i_2}{2\pi a}$, sehingga persamaannya dapat ditulis

$F_L = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi a} l$, sehingga dapat ditulis

$F_L = \frac{\mu_0 i_1 i_2 l}{2\pi a}$, terlihat persamaannya sama

Pada keadaan tertentu biasanya yang dibicarakan tidak hanya Gaya Lorentz F_L tetapi gaya persatuan panjang kawat $\frac{F_L}{l}$, maka persamaannya dapat diturunkan sebagai berikut:

$F_L = \frac{\mu_0 i_1 i_2 l}{2\pi a}$, dengan memindahkan l , diruas kanan ke kiri maka dihasilkan $\frac{F_L}{l}$,

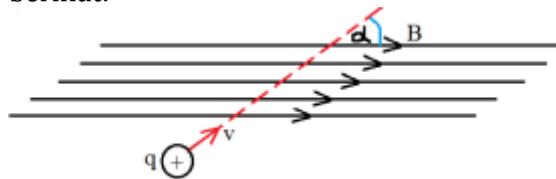
$$\frac{F_L}{l} = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi a}$$

Keterangan:

- F_L = gaya magnet (N)
- i_1 = besar arus listrik di kawat pertama (A)
- i_2 = besar arus listrik di kawat kedua (A)
- l = panjang kawat (m)
- a = jarak antara kedua kawat (m)
- μ_0 = permeabilitas magnet = $4\pi \times 10^{-7}$ Wb/Am

4. Gaya Magnetik pada Muatan Listrik

Sebuah benda bermuatan listrik yang bergerak dalam medan magnetik juga akan mengalami gaya magnetik. Gaya magnetik disebut juga Gaya Lorentz, perhatikan gambar berikut:



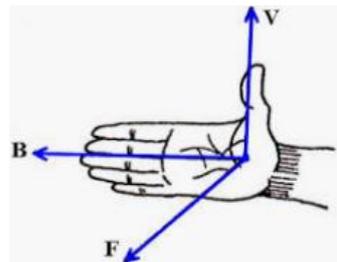
Gambar 3. Gaya Lorent pada muatan
Sumber :BSE.Siswanto, Sukaryadi. 2009

Berdasarkan gambar 3, dapat dituliskan persamaan gaya magnetik atau Gaya Lorentz sebagai berikut:

$$F_L = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\alpha$$

Keterangan:

- F_L = gaya magnetik atau Gaya Lorentz (N)
- q = muatan (C)
- v = kecepatan muatan (m/s)
- B = Induksi magnet (T)
- α = Sudut Antara induksi magnet dengan arah muatan ($^{\circ}$)



Gambar 4. Arah Gaya Lorentz pada muatan positif
Sumber: jtpepedia.com

Gambar di atas menjelaskan bahwa ketika kita buka telapak tangan kita dengan empat jari rapat dan ibu jari terbuka, maka arah ibu jari merupakan arah muatan positif, arah empat jari merupakan arah induksi magnet dan arah telapak tangan adalah arah Gaya Lorentz. Bagaimana jika yang bergerak adalah muatan negatif? Penjelasan adalah sebagai berikut: ketika kita buka telapak tangan kita dengan empat jari rapat dan ibu jari terbuka, maka arah ibu jari merupakan arah muatan negatif, arah empat jari merupakan arah induksi magnet dan arah punggung tangan adalah arah Gaya Lorentz. Mudah bukan? Silahkan Anda melakukan simulasi sendiri dengan menentukan arah kedua variabel untuk menentukan arah variabel satunya.

5. Fluks Magnet

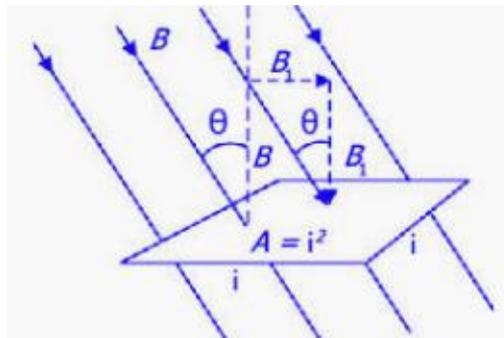
Dalam medan listrik atau medan magnet kita telah mengenal yang dinamakan magnetik. Sekarang kita akan mulai belajar fluks magnetik.

Secara sederhana fluks magnetik merupakan perubahan medan magnet di suatu posisi tertentu.

Fluks magnetik dapat didefinisikan sebagai ukuran total atau jumlah total medan magnet yang melewati suatu penampang tertentu. Fluks magnetik juga sering diartikan sebagai kerapatan medan magnet.

Fluks magnetik yang melewati suatu bidang tertentu nilainya sebanding dengan nilai jumlah medan magnet yang melewati bidang tersebut dan jumlah tersebut sudah masuk pada pengurangan atas medan yang memiliki arah yang berlawanan.

Fluks magnetik memiliki satuan yang disebut weber (Wb) yaitu satuan turunan dari volt detik. Sebuah bidang yang memiliki luas A ditembus oleh medan magnetik B yang membentuk sudut θ terhadap garis normal, terlihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Fluks magnet
Sumber: myrightspot.com

Besarnya fluks magnetik dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

Keterangan

Φ = Fluks magnet (Wb)

B = induksi magnet (T)

A = luas bidang (m^2)

θ = sudut antara induksi magnet dan garis normal ($^\circ$)

6. Penerapan Konsep Gaya Magnet dalam Kehidupan Sehari-Hari

Beberapa penerapan konsep gaya magnet dalam kehidupan sehari-hari dapat kita temui pada bel listrik, saklar listrik, telepon kabel, motor listrik, galvanometer, relai, speaker, kereta Maglev, generator, dan transformator.

a. Bel Listrik



Gambar 5. Bel listrik
Sumber: bukalapak.com

Bel listrik merupakan alat yang digunakan sebagai pertanda mulai atau berakhirnya suatu kegiatan. Prinsip kerjanya yaitu, ketika aliran arus listrik mengalir pada kumparan maka besi di dalamnya menjadi elektromagnet yang mampu menggerakkan lengan pemukul untuk memukul bel sehingga berbunyi.

b. Kereta Maglev



Gambar 10. Kereta Maglev
Sumber: <https://materikimia.com>

Prinsip kerja Kereta Maglev yaitu mengubah energi listrik menjadi energi gerak menggunakan induksi magnet. Kereta ini dipasang magnet listrik di bawahnya yang bergerak pada jalur bermagnet listrik. Magnet tolak-menolak sehingga kereta api melayang tepat di atas jalur lintasan. Gesekan kereta api dengan jalur lintasan berkurang sehingga kereta api bergerak lebih cepat.

C. Rangkuman

1. Gaya Magnetik pada Kawat Berarus dalam Medan Magnetik

$$F_L = B \cdot i \cdot l \cdot \sin\theta$$

2. Gaya Magnetik di Antara Dua Kawat Sejajar Berarus

$$F_L = \frac{\mu_0 i_1 i_2 l}{2\pi a}$$

3. Gaya magnetik persatuan panjang kawat

$$\frac{F_L}{l} = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi a}$$

4. Gaya Magnetik yang Dialami oleh Muatan Listrik yang Bergerak dalam Medan Magnetik

$$F_L = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\alpha$$

5. Penerapan Konsep Gaya Magnet dalam Kehidupan Sehari-hari misalnya pada bel listrik dan kereta maglev

D. Latihan Soal

Jawablah pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Sebuah kawat lurus dialiri arus listrik dari barat ke timur memotong medan magnetik yang berarah ke selatan. Arah gaya Lorentznya adalah
2. Sebuah kawat lurus panjangnya 20 cm dialiri arus listrik 4 A, memotong medan magnet yang besarnya 100 T secara tegak lurus. Gaya magnetik yang dihasilkan adalah....
3. Sebuah kawat lurus panjangnya 20 cm dialiri arus listrik 2 A, memotong medan magnet yang besarnya 200 T dan membentuk sudut 30° terhadap garis medan magnet. Gaya magnetik yang dihasilkan adalah....
4. Dua buah kawat sejajar berjarak 4 cm dialiri arus listrik berlawanan arah masing-masing 2 A dan 4 A. Gaya magnetik persatuan panjang kawat yang terjadi adalah....
5. Sebuah partikel bermuatan listrik positif, bergerak dengan kecepatan tertentu ke arah Selatan, didalam medan magnet homogen ke arah Timur. Arah gaya magnet pada muatan adalah
6. Sebuah muatan listrik negatif, bergerak dengan kecepatan tertentu ke arah Barat, di dalam medan magnet homogen ke arah Selatan. Arah gaya magnet pada muatan tersebut adalah
7. Sebuah partikel bermuatan 2 C bergerak dengan kecepatan $2 \cdot 10^4$ m/s memotong medan magnetik yang besarnya 10^5 T secara tegak lurus. Besar gaya magnetik yang dialami muatan tersebut adalah....
8. Sebuah bidang berbentuk lingkaran dengan luas penampang 20 cm^2 ditembus oleh medan magnetik yang besarnya 400 T secara tegak lurus. Fluks magnetik yang ditimbulkannya adalah
9. Sebuah bidang berbentuk persegi dengan luas 40 cm^2 ditembus oleh medan magnetik 200 T yang membentuk sudut 30° terhadap bidang. Besar fluks magnetik yang dihasilkan adalah
10. Sebutkan paling sedikit 5 penerapan gaya magnet dalam kehidupan sehari-hari