

RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN
OLEH: ABRAHAM TEFA, S.Pd

Nama Pelatihan : Pengajar Praktik Pendidikan Guru Penggerak

Mata pelajaran : Fisika

Kelas : XII MIPA

A. Kompetensi Inti

- KI 3 : Memahami, menerapkan, menganalisis dan mengevaluasi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanu-siaan, kebangsaan, kenega-raan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.
- KI 4 : Mengolah, menalar, menyaji, dan mencipta dalam ranah konkrit dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri serta bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan

B. Kompetensi Dasar

- 3.3 Menganalisis medan magnetik, induksi magnetik, dan gaya magnetik pada berbagai produk teknologi
- 4.3 Melakukan percobaan tentang induksi magnetik dan gaya magnetik disekitar kawat berarus listrik berikut presentasi hasilnya

C. Tujuan Pembelajaran

Melalui model pembelajaran *Discovery based learning*, peserta didik dapat menganalisis medan magnetik, induksi magnetik, dan gaya magnetik pada berbagai produk teknologi serta mempresentasikan hasil **percobaan** tentang induksi magnetik dan gaya magnetik disekitar kawat berarus listrik, dengan mengembangkan nilai karakter berpikir kritis, kreatif (**kemandirian**), kerjasama (**gotong royong**) dan kejujuran (**integritas**).

D. Indikator pembelajaran

- 3.3.1 Menjelaskan karakteristik magnet.
- 3.3.2 Menentukan konsep medan magnet.
- 3.3.3 Menganalisis induksi magnet pada kawat lurus berarus.
- 3.3.4 Menganalisis induksi magnet pada sekitar kawat melingkar berarus
- 3.3.5 Menganalisis induksi magnet pada solenoida

- 3.3.6 Menganalisis induksi magnet pada toroida
- 4.3.1 Mengamati daerah di sekitar magnet batang.
- 4.3.2 Mengkomunikasikan konsep induksi magnet di sekitar kawat lurus berarus.
- 4.3.3 Mengkomunikasikan konsep induksi magnet pada sekitar kawat melingkar berarus, solenoida, dan toroida berarus
- 3.3.7 Menentukan konsep gaya magnetik (gaya Lorentz) pada kawat berarus
- 4.3.4 Melakukan percobaan untuk menyelidiki gaya Lorentz pada kawat berarus
- 3.3.8 Menentukan konsep gaya magnetik (gaya Lorentz) pada muatan bergerak
- 3.3.9 Menentukan konsep gaya magnetik (gaya Lorentz) pada kawat sejajar berarus listrik
- 4.3.5 Mengkomunikasikan konsep gaya magnetik (gaya Lorentz) pada muatan bergerak

E. Alokasi waktu : 10 menit

F. Sumber Pembelajaran

- Kanginan , Marthen. 2007. Fisika SMA Kelas X. Jakarta: Erlangga.
- Sri Handayani, Damari Ari. 2009. Fisika Untuk SMA/MA Kelas XII. Jakarta . Pusat Perbukuan Depdiknas
- Supiyanto. 2006. Fisika SMA Untuk Kelas XII. Jakarta. Erlangga

G. PENDAHULUAN (alokasi waktu 2 menit)

- Calon pengajar praktik memberikan salam kepada peserta latih dan memperkenalkan diri
- Calon pengajar praktik mengecek kesiapan peserta latih mengikuti pembelajaran
- Memberi semangat/memotivasi peserta agar antusias mengikuti pembelajaran
- Menyampaikan tujuan pembelajaran

H. KEGIATAN INTI (alokasi waktu 6 menit)

- Calon pengajar praktik mengajak peserta didik menjelaskan karakteristik magnet
- Calon pengajar praktik menjelaskan konsep medan magnet
- Calon pengajar praktik bersama peserta didik menganalisis induksi magnet
- Calon pengajar praktik bersama peserta didik menganalisis induksi magnet pada kawat lurus berarus
- Calon pengajar praktik bersama peserta didik menganalisis induksi magnet pada kawat melingkar berarus

I. PENUTUP (alokasi waktu 2 menit)

- Menyimpulkan pembelajaran hari ini
- Memberikan penilaian untuk mengukur penguasaan konsep peserta didik dengan memberikan soal latihan
- Menutup pertemuan dengan mengucapkan salam

MATERI PEMBELAJARAN

INDUKSI MAGNETIK

Magnet dapat menarik benda-benda tertentu yang ada di sekitarnya, seperti jarum, paku, dll.

Karakteristik magnet:

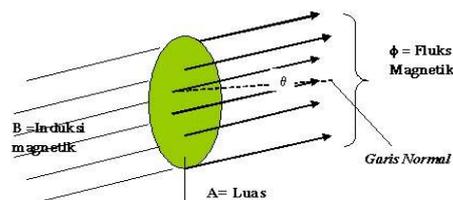
1. Dapat menarik benda logam tertentu.
2. Gaya tarik terbesar berada di kutubnya.
3. Selalu menunjukkan arah utara dan selatan jika digantung bebas.
4. Memiliki dua kutub.
5. Tarik menarik jika didekatkan dengan kutub tak sejenis.
6. Tolak menolak jika didekatkan dengan kutub sejenis.

Medan magnetik adalah ruang disekitar suatu magnet dimana magnet lain atau benda lain yang mudah dipengaruhi magnet akan mengalami gaya magnetik jika diletakkan dalam ruang tersebut. Adanya medan magnet dalam suatu ruangan biasanya digambarkan oleh garis khayal yang disebut garis medan magnet. Ada tiga aturan untuk garis-garis medan magnet (garis gaya magnet), yaitu:

Garis-garis medan magnet tidak pernah saling berpotongan.

1. Di luar magnet, garis-garis medan magnet keluar dari kutub utara dan masuk ke dalam kutub selatan.
2. Tempat yang garis-garis medan magnetnya rapat menyatakan bahwa medan magnet tersebut kuat.

Besaran yang menyatakan medan listrik di sekitar muatan listrik statis adalah kuat medan listrik (E). Besaran yang menyatakan medan magnetik di sekitar kawat berarus listrik adalah induksi magnetik (B).



Fluks magnetik merupakan hasil kali antara komponen induksi magnet tegak lurus bidang dengan luas bidang. Fluks magnetik yang datang dengan sudut tertentu dari garis normal dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\phi = BA \cos \theta$$

Keterangan:

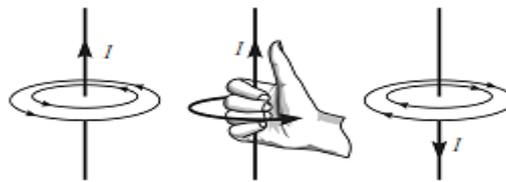
Φ = fluks magnet (Wb)

B = induksi magnet (T)

A = luas bidang (m^2)

θ = sudut antara arah induksi magnet B dengan arah normal bidang

Jarum kompas akan bergerak jika diletakkan disekitar kawat berarus. Oersted menemukan bahwa medan magnet dapat timbul di sekitar penghantar yang dialiri arus listrik. Arah gaya magnet yang menyimpangkan jarum kompas bergantung pada arah arus listrik yang mengalir dalam penghantar.



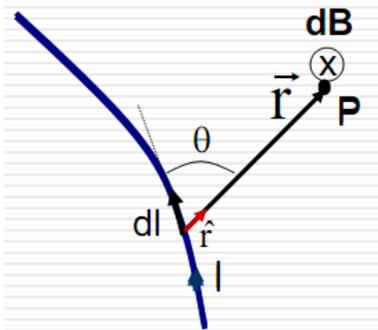
Gambar 1. Kaidah tangan kanan menggenggam

Arah medan magnet yang ditimbulkan arus listrik dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan, yaitu arah ibu jari menunjukkan arus listrik dan arah medan magnet yang timbul searah keempat jari yang menggenggam.

Dalam kehidupan sehari-hari tanpa anda sadari sering menggunakan alat-alat yang memanfaatkan magnet contohnya : loudspeaker, kompas, penutup pintu kulkas dan sebagainya. Nah, sekarang kita coba membahas mengenai induksi magnetik. *Induksi magnetik* (diberi lambang \mathbf{B}) adalah besaran yang menyatakan medan magnetik di sekitar kawat berarus listrik. Induksi magnetik termasuk *besaran vektor*, yaitu memiliki besar dan arah.

1. Hukum Biot-Savart

Ada dua ilmuwan pertama yang menyelidiki besar induksi magnetik yang ditimbulkan oleh kawat berarus listrik, yaitu Biot dan Savart. Keduanya berhasil menemukan persamaan kuantitatif untuk menentukan besar induksi magnetik oleh kawat berarus, yang disebut ***hukum Biot-Savart***. Biot-Savart mengamati kontribusi induksi magnetik dB pada suatu titik P yang ditimbulkan oleh suatu elemen penghantar dl yang dialiri arus listrik I .



Gambar 2. Elemen penghantar dl berarus I menimbulkan induksi magnetik dB di titik P yang berjarak r dari dl

Besar induksi magnetik berdasarkan geometri dalam gambar 2. adalah:

- Sebanding dengan kuat arus listrik I
- Sebanding dengan panjang elemen penghantar dl
- Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak r antara titik P dengan elemen penghantar dl
- Sebanding dengan sinus sudut apit θ antara arah arus pada dl dengan garis penghubung titik P dengan dl

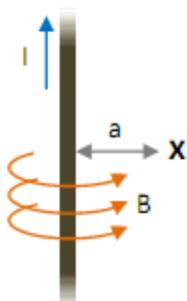
Secara umum dapat dirangkum persamaan Biot-Savart, yaitu:

$$dB = \frac{\mu_0 I dl \sin \theta}{4\pi r^2}$$

Dengan μ_0 = permeabilitas vakum = $4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb A}^{-1} \text{ m}^{-1}$.

2. Induksi Magnetik di Sekitar Penghantar Lurus Berarus

Besar induksi magnetik B yang ditimbulkan oleh penghantar lurus berarus I di suatu tempat yang jaraknya a dari suatu penghantar lurus tak berhingga adalah:



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

Keterangan:

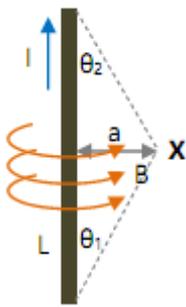
B = induksi magnetik di titik X (Wb/m^2 atau tesla)

μ_0 = permeabilitas ruang hampa

I = kuat arus listrik (A)

a = jarak titik x ke penghantar (m)

Besar induksi magnetik untuk kawat lurus berarus dengan panjang tertentu:



$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\cos \theta_1 + \cos \theta_2)$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \frac{2L}{a\sqrt{a^2 + L^2}}$$

Contoh Soal:

Tentukan besar induksi magnet pada jarak 15 cm dari pusat sebuah penghantar lurus yang berarus listrik 45 A !

Penyelesaian :

Diketahui : $a = 15 \text{ cm} = 15 \times 10^{-2} \text{ m}$

$$I = 45 \text{ A}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$$

Ditanya : $B = \dots ?$

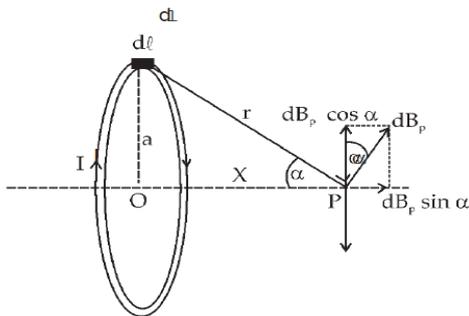
Jawab:

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

$$B = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(45)}{2\pi (15 \times 10^{-2})} = 6 \times 10^{-5} \text{ Wb/m}^2$$

$$B = 6 \times 10^{-5} \text{ tesla}$$

3. Induksi Magnet pada Penghantar Melingkar Berarus



Gambar Induksi magnetik pada sumbu lingkaran kawat berarus

Besarnya induksi magnetik pada suatu titik yang terletak pada garis sumbu penghantar berbentuk lingkaran dengan jari-jari r dapat dicari sebagai berikut :

Perhatikan **Gambar** besarnya induksi magnet di titik P yang terletak pada garis sumbu lingkaran akibat elemen kawat sepanjang $d\ell$ yang berjarak r dapat dinyatakan :

$$dB = \frac{\mu_0 I d\ell \sin \theta}{4\pi r^2}$$

Selanjutnya vektor dB diuraikan ke arah sumbu lingkaran x dan tegak lurus sumbu x .

$$dB_x = dB \sin \alpha \text{ dan } dB_y = dB \cos \alpha$$

Komponen dB_y yang ditimbulkan elemen arus sepanjang lingkaran saling meniadakan ($=0$), sehingga yang ada hanya dB_x . Jadi :

$$dB = dB_x = \frac{\mu_0 I d\ell \sin \theta}{4\pi r^2}$$

Untuk elemen arus sepanjang lingkaran $d\ell =$ keliling lingkaran yaitu sama dengan $2\pi a$. Sehingga induksi magnet di titik P adalah :

$$B_p = \frac{\mu_0 I 2\pi a \sin \alpha}{4\pi r^2} \quad \text{atau} \quad B_p = \frac{\mu_0 I a \sin \alpha}{2 r^2}$$

Dari gambar di atas tampak bahwa $\sin \alpha = \frac{a}{r}$ atau $\sin^2 \alpha = \frac{a^2}{r^2}$ maka nilai $r^2 = \frac{a^2}{\sin^2 \alpha}$ jika nilai r^2

disubstitusikan ke persamaan (3) didapatkan persamaan yang lebih sederhana yaitu :

$$B = \frac{\mu_0 I \sin^3 \alpha}{2 a}$$

Jika titik terletak pada pusat lingkaran (O) maka $r = a$ dan $\theta = 90^\circ$ sehingga : $B = \frac{\mu_0 I a}{2 a^2}$

Jadi, besar induksi magnet di pusat lingkaran kawat berarus adalah :

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

Jika terdapat N lilitan ($N < 10$), maka :

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

dengan :

B = besar induksi magnet di pusat lingkaran ($\text{Wb/m}^2 = \text{tesla}$)

I = kuat arus (A)

a = jari-jari kawat melingkar (m)

Contoh Soal :

Sebuah kumparan kawat melingkar berjari-jari 10 cm memiliki 50 lilitan. Jika arus listrik yang mengalir dalam kumparan tersebut 5 A, berapakah induksi magnet yang terjadi di pusat kumparan.

Penyelesaian :

Diketahui : I = 5 A
 r = 10 cm = 0,1 m
 N = 50

Ditanya : B = . . . ?

Jawab :

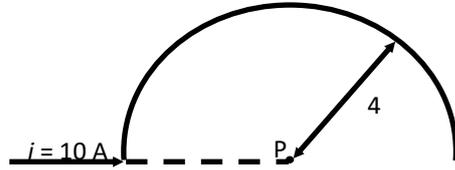
$$B = \frac{\mu_0 I N}{2 a} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}) (5 \text{ A}) (50)}{2 (0,1 \text{ m})}$$
$$= 5\pi \times 10^{-4} \text{ T}$$

Latihan :

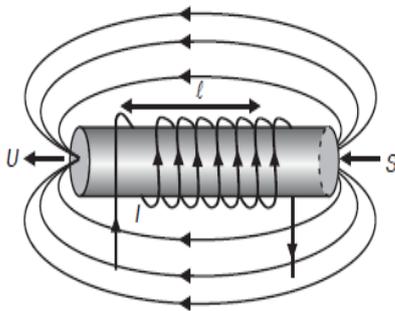
1. Kawat melingkar terdiri dari 50 lilitan dialiri arus sebesar 5 A. Jari-jari lingkaran 15 cm. Tentukan besar induksi magnet di pusat lingkaran tersebut.
2. Dua kawat lurus panjang berjarak 8 cm satu dengan yang lain. Kedua kawat dialiri arus $I_1 = 5 \text{ A}$ dan $I_2 = 6 \text{ A}$. Tentukan kuat medan listrik di titik yang berjarak 2 cm dari I1 dan 6 cm dari I2.
3. Kawat A berarus 6 A dan kawat B berarus 8 A dipasang sejajar pada jarak 14 cm. Tentukan letak suatu titik yang memiliki kuat medan magnet nol jika :
 - a. arusnya searah,
 - b. arusnya berlawanan arah!

PR: 1

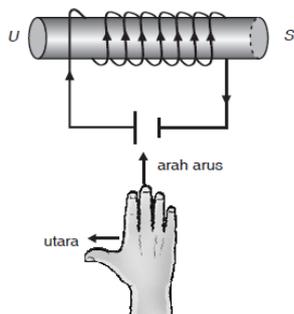
Sebuah kawat dibuat setengah lingkaran seperti gambar di bawah. Jika dialiri arus 10 A maka tentukan arah dan besar induksi magnet di titik P.



4. Induksi Magnet pada Solenoida



Gambar . Medan magnet pada solenoida



Gambar Kutub magnetik solenoida dapat ditentukan dengan menggunakan tangankanan

Solenoida adalah kumparan yang panjang di mana diameter kumparan lebih kecil dibandingkan dengan panjang kumparan, jarak antara lilitan yang satu dengan yang lainnya sangat rapat dan biasanya terdiri atas satu lapisan atau lebih.

Solenoida yang digulung rapat dapat dianggap sebagai sederet kawat melingkar beraturan yang ditempatkan berdampingan serta membawa arus yang sama. Solenoida ini menghasilkan medan magnetik seragam di dalamnya. Adapun ujung-ujung solenoida memiliki sifat kemagnetan, dan berfungsi sebagai kutub-kutub magnetik. Penentuan kutub magnetik dari solenoida dapat menggunakan kaidah tangan kanan.

Medan magnet di dalam solenoida merupakan resultan medan magnet yang dihasilkan oleh setiap lilitan. Besar medan magnet di tengah-tengah (pusat) solenoida memenuhi persamaan :

$$B_{\text{pusat}} = \frac{\mu_0 I N}{\ell}$$

sedangkan di ujung selonoida

$$B_{\text{ujung}} = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 I N}{\ell}$$

dengan : B_{pusat} = medan magnet di pusat selonoida (T)

B_{ujung} = medan magnet di ujung selonoida (T)

N = jumlah lilitan dalam solenoida

ℓ = panjang solenoida (m)

Contoh Soal :

Solenoida yang terdiri atas 10 lilitan tiap cm dialiri arus listrik 8 A. Tentukan medan magnet:

a. di tengah-tengah solenoida, dan

b. di ujung solenoida.

Penyelesaian :

Diketahui : $N/\ell = 10$ lilitan/cm = 1.000 lilitan/m

$$I = 8 \text{ A}$$

Ditanya : $B = \dots ?$

Jawab :

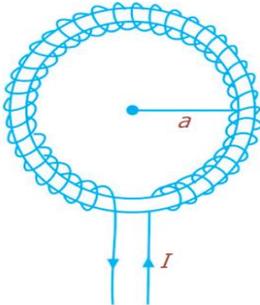
$$\text{a. } B = \frac{\mu_0 I N}{\ell} = \mu_0 I \frac{N}{\ell} = (4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/Am})(8 \text{ A})(1.000) = 3,2 \pi \times 10^{-3} \text{ T}$$

$$\text{b. } B = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 I N}{\ell} = \frac{1}{2} (3,2 \pi \times 10^{-3} \text{ T}) = 1,6 \pi \times 10^{-3} \text{ T}$$

PR : 2

Kuat arus 5 A dialirkan pada solenoida yang memiliki kerapatan lilitan 1000 lilitan/m. Tentukan kuat medan magnet di titik tengah solenoid tersebut!

5. Induksi Magnet pada Toroida



Gambar 3. Toroida

Nilai n adalah jumlah lilitan (N) persatuan keliling lingkaran ($2\pi a$) sehingga :

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

dengan : a = jari-jari toroida (m)

N = jumlah lilitan

Contoh Soal :

Toroida dengan 100 lilitan dan jari-jari 10 cm dialiri arus 3 A. Tentukan besar medan magnet di dalam sumbu lilitan toroida.

Penyelesaian :

Diketahui: $N = 100$,

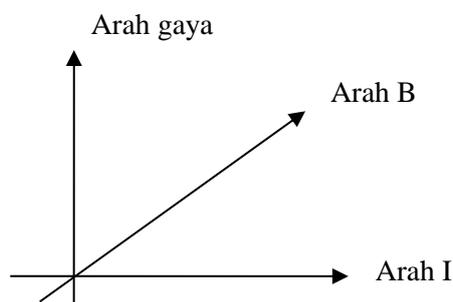
$a = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$

$I = 3 \text{ A}$

6. gaya magnetik (gaya Lorentz)

Suatu penghantar berarus listrik yang berada dalam medan magnet akan mengalami gaya yang disebut *gaya magnetik* atau *gaya Lorentz*. Arah gaya Lorentz selalu tegak lurus dengan arah kuat arus listrik (I) dan arah induksi magnetik (B).

Jadi gaya Lorentz (F) adalah gaya yang timbul pada muatan yang bergerak dalam medan magnet. Gaya Lorentz adalah besaran vektor dan arahnya ditentukan oleh kaidah tangan kanan.



Gambar 4. Arah gaya Lorentz

Gaya Lorentz pada berbagai keadaan

a. Gaya magnetik (gaya Lorentz) pada penghantar berarus dalam medan magnet

Apabila penghantar sepanjang l yang di aliri arus listrik I ditempatkan pada medan magnet B , maka penghantar tersebut akan mengalami gaya Lorentz yang besarnya dapat ditentukan oleh rumus:

Keterangan:

$$F_L = I l B \sin \alpha$$

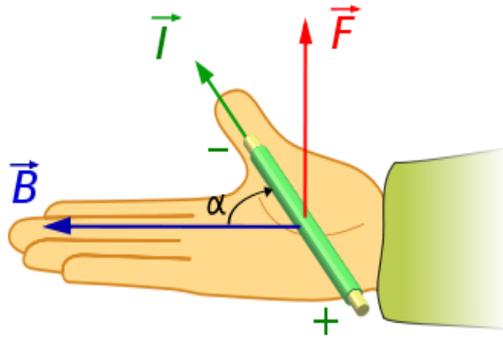
F_L = Gaya Lorentz (N)

B = Medan magnet (T)

I = Kuat arus listrik (A)

l = Panjang penghantar (m)

α = Sudut antara arus listrik dan medan magnet



Gambar 5. Gaya Lorentz dengan kaidah tangan kanan

Arah gaya Lorentz yang terjadi pada penghantar dapat ditentukan dengan menggunakan **kaidah tangan kanan** yang menyatakan:

Bila tangan kanan dibuka dengan ibu jari menunjukkan arah arus I dan keempat jari lain yang dirapatkan menunjukkan arah medan magnetik B , maka arah keluar dari telapak tangan menunjukkan arah gaya Lorentz.

Contoh Soal

Suatu kawat berarus listrik 10 A dengan arah ke atas berada dalam medan magnetik 0,5 T dengan membentuk sudut 30° terhadap kawat. Jika panjang kawat 5 meter, tentukan besarnya gaya Lorentz yang dialami kawat!

Penyelesaian:

Diketahui:

$$I = 10 \text{ A}$$

$$B = 0,5 \text{ T}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$l = 5 \text{ m}$$

Jawab

Ditanya:

$$F = \dots ?$$

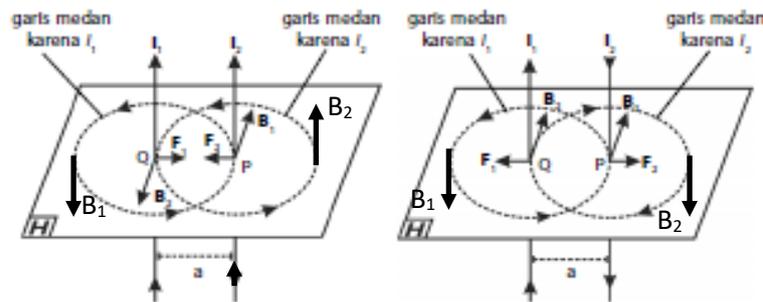
$$F = I.l.B \sin \alpha$$

$$= (0,5)(10)(5) \sin 30^\circ$$

$$F = 25(1/2) = 12,5 \text{ newton}$$

b. Gaya magnetik (gaya Lorentz) antara dua penghantar lurus sejajar berarus

Dua buah penghantar lurus berarus listrik yang diletakkan sejajar berdekatan akan mengalami gaya Lorentz berupa gaya tarik-menarik bila arus listrik pada kedua penghantar tersebut searah, dan berupa gaya tolak-menolak bila arus listrik pada kedua penghantar tersebut berlawanan arah.



Gambar 6. Gaya Lorentz pada dua penghantar lurus sejajar berarus

Besarnya gaya tarik-menarik atau tolak-menolak di antara dua penghantar sejajar berarus listrik yang terpisah sejauh a seperti gambar di atas, dapat ditentukan dengan rumus:

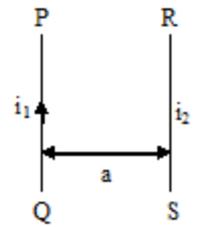
$$F_1 = F_2 = F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a} l$$

Keterangan:

- F = Gaya tarik-menarik atau tolak menolak (N)
- μ_0 = Permeabilitas ruang hampa ($4\pi \cdot 10^{-7} \text{Wb/Am}$)
- I_1 = Kuat arus pada penghantar pertama (A)
- I_2 = Kuat arus pada penghantar kedua (A)
- l = Panjang penghantar (m)
- a = Jarak kedua Penghantar (m)

Contoh soal

Jika kawat PQ sejajar kawat RS, $i_1 = 6 \text{ A}$, $a = 20 \text{ cm}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$ menghasilkan gaya tolak sebesar $4,8 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}$. Kuat arus i_2 dan arahnya adalah...



Pembahasan:

Diketahui:

$$i_1 = 6 \text{ A}$$

$$a = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$

$$F/L = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}$$

Ditanya: $i_2 = \dots$

Jawab:

$$F = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2 \pi a} L$$

$$i_2 = \frac{2 \pi a}{\mu_0 i_1} F/L$$

$$i_2 = \frac{2 \pi 0,2 \text{ m}}{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \cdot 6 \text{ A}} 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}$$

$$i_2 = 8 \text{ A dari R ke S}$$

c. Gaya magnetik (gaya Lorentz) pada muatan yang bergerak dalam medan magnetik

Apabila muatan listrik q bergerak dengan kecepatan v di dalam medan magnet B , maka muatan listrik tersebut akan mengalami gaya Lorentz yang besarnya ditentukan dengan rumus:

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

Keterangan:

F_L = Gaya Lorentz (N)

B = Kuat medan magnet (T)

q = Muatan listrik (C)

v = Kecepatan gerak benda (m/s)

α = Sudut yang dibentuk oleh v dan B

Arah gaya Lorentz yang dialami sebuah partikel bermuatan q yang bergerak dalam sebuah medan magnet adalah tegak lurus dengan arah kuat medan magnet dan arah dari kecepatan partikel bermuatan tersebut.

Catatan:

- Bila muatan q positif, maka arah v searah dengan I
- Bila muatan q negatif, maka arah v berlawanan dengan I

Apabila besarnya sudut antara v dan B adalah 90° (v tegak lurus dengan B), maka lintasan partikel bermuatan listrik akan berupa lingkaran, sehingga partikel akan mengalami gaya sentripetal yang besarnya sama dengan gaya Lorentz.

$$F_L = F_S$$

$$qvB \sin 90^\circ = m \frac{v^2}{R}$$

$$R = \frac{mv}{qB}$$

Dengan:

R = jari-jari lintasan partikel (m)

m = massa partikel (kg)

v = kecepatan partikel (m/s)

B = kuat medan magnet (T)

Contoh:

Sebuah partikel bermuatan $+5 \mu\text{C}$ bergerak membentuk sudut 30° terhadap medan magnet homogen $0,5 \text{ Wb/m}^2$ dan kecepatan partikel $4 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ maka tentukan gaya Lorentz yang bekerja pada partikel!

Penyelesaian:

$$q = +5 \mu\text{C} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$v = 4 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

$$\theta = 30^\circ$$

$$B = 0,5 \text{ Wb/m}^2$$

Besar gaya Lorentz pada muatan itu memenuhi :

$$F = q v B \sin \theta$$

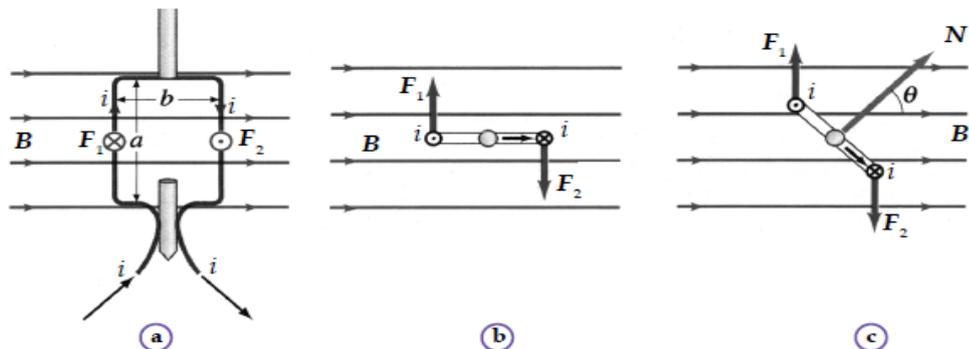
$$= 5 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 0,5 \cdot \sin 30^\circ = 0,5 \text{ N}$$

7. Aplikasi Konsep Induksi Magnet dan Gaya Magnet dalam Produksi Teknologi

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering menggunakan peralatan-peralatan listrik yang didukung oleh motor listrik, antara lain pompa air, mesin cuci, kipas angin, mesin jahit, dan sebagainya. Sedangkan untuk mengukur arus listrik digunakan amperemeter, untuk mengukur tegangan listrik digunakan voltmeter. Selain itu kita juga mengenal komputer, televisi, loudspeaker, kereta maglev, tabung sinar katoda, detektor logam, spektrograf massa, siklotron, mikroskop elektron, dan sebagainya. Alat - alat tersebut berkerja menggunakan prinsip gaya Magnetik. Prinsip kerja alat tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Motor Listrik

Pernahkah Anda bertanya mengapa kipas angin dapat berputar atau mengapa mobil mainan dapat bergerak ketika diberi baterai? Di antara Anda pasti ada yang sudah mengenal motor listrik, bukan? Nah, motor listriklah yang menyebabkan kipas angin dan roda mobil mainan dapat berputar. Sebenarnya, masih banyak penggunaan motor listrik dalam kehidupan sehari hari, misalnya bor listrik, pengering rambut, dan pemutar antenna televisi.



Gambar :Momen gaya magnet pada kumparan:(a) tampak atas, (b) tampak depan, dan (c) ketika garis normal bidang kumparan membentuk sudut terhadap medan magnet.

Sebelum memahami lebih jauh tentang motor listrik, terlebih dahulu Anda tinjau momen gaya magnet yang merupakan prinsip dasar dari kerja motor listrik. Untuk itu, perhatikanlah **Gambar diatas** . Kumputaran kawat persegi panjang yang memiliki panjang a dan lebar b diletakkan di dalam medan magnet \mathbf{B} , dengan \mathbf{B} sejajar bidang kawat persegi panjang. Ketika kumputaran dialiri arus listrik, seperti **Gambar (a)**, panjang kawat a mendapat gaya magnet F_1 ke atas, sedangkan lebar kawat b mendapat gaya magnet F_2 ke bawah (gunakan aturan tangan kanan). Kedua gaya ini menghasilkan resultan momen gaya magnet untuk memutar kumputaran sekitar sumbu rotasi, yang besarnya :

$$\tau = \left(F_1 \frac{1}{2} l_1 \right) + \left(F_2 \frac{1}{2} l_1 \right) = \frac{1}{2} (F_1 + F_2) l_1$$

Besar gaya magnet $F_1 = F_2 = BIl_2$, maka :

$$\tau = \frac{1}{2} (F_1 + F_2) l_1 = \frac{1}{2} (BIl_1 + BIl_2) l_1 = BIl_1 l_2$$

Jika kumputaran terdiri dari N lilitan, besar momen gaya magnet yang dihasilkan adalah :

$$\tau = NABI$$

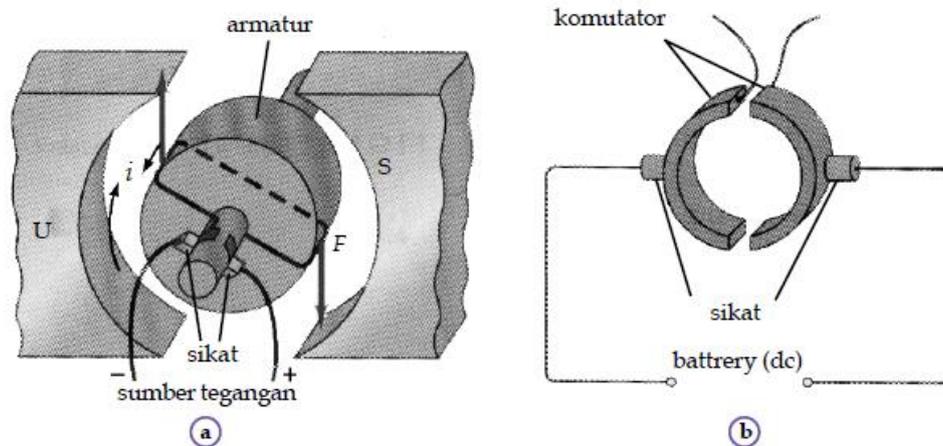
Dengan A adalah luas penampang kumputaran.

Perhatikan bahwa **Persamaan tersebut** berlaku ketika garis normal (garis yang tegak lurus bidang kumputaran) dan medan magnetik saling tegak lurus.

Jika garis normal bidang membentuk sudut θ terhadap medan magnet, arah gaya \mathbf{F} pada masing-masing kawat tidak berubah, tetapi lengan gayanya berubah dari $\frac{1}{2} l_1$ menjadi $\frac{1}{2} l_2$ (lihat kembali konsep momen gaya di Kelas XI). Dengan demikian, besar momen gayanya menjadi :

$$\tau = NABI \sin \theta$$

Meskipun **ini** diturunkan dari kumputaran Persegi panjang, persamaan tersebut berlaku untuk semua bentuk kumputaran.



Gambar : Motor listrik: (a) skema sederhana, dan (b) motor DC.

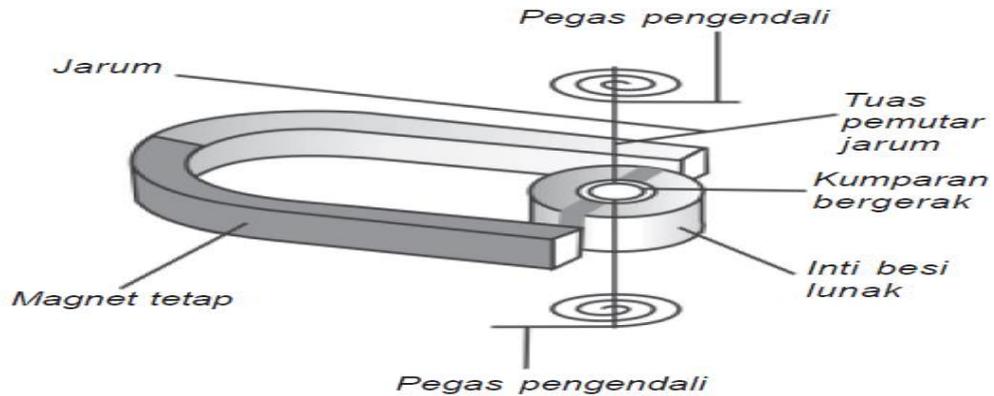
Motor listrik mengubah energi listrik menjadi energi gerak rotasi (mekanik). **Gambar (a)** memperlihatkan diagram dari motor listrik sederhana. Kumparan kawat dililitkan pada sebuah silinder yang disebut *rotor* atau *armatur*. Rotor dilekatkan pada sumbu putar. Sumber medan magnetnya adalah dua magnet tetap dengan kutub-kutub yang saling berhadapan, U dan S, seperti diperlihatkan pada **Gambar (a)**. Ketika arus dialirkan melalui kumparan, timbullah momen gaya magnet pada kumparan yang akan menyebabkan kumparan berputar. Akan tetapi, ketika kumparan melewati posisi vertikal, gaya pada setiap bagian kumparan berbalik arah apabila arah arus tetap sehingga putaran kumparan akan berbalik arah pula.

Agar putarannya kontinu ke satu arah, arah arus harus dibalik saat kumparan mencapai posisi kritis. Pada motor arus bolak-balik, keadaan tersebut bukanlah masalah karena arusnya sendiri bolak-balik. Pada motor arus searah, agar arusnya berbalik arah, digunakan komutator dan sikat-sikat, seperti diperlihatkan pada **Gambar (b)**. Setiap setengah putaran, komutator mengubah sambungannya dari satu sikat ke sikat lainnya. Dengan demikian, arus listrik pada kumparan berubah arah setiap setengah putaran.

b. Galvanometer

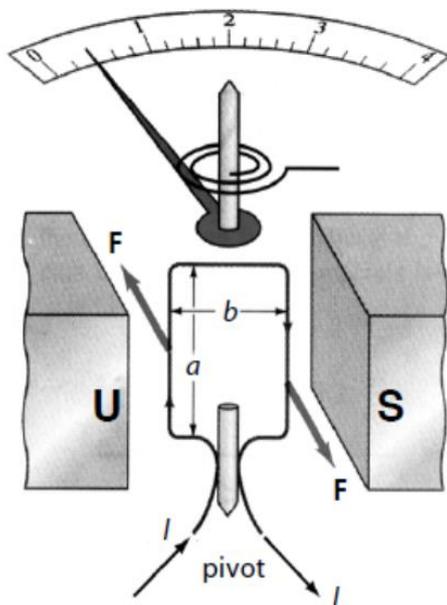
Pada prinsipnya cara kerja antara alat ukur listrik dengan motor listrik sama, yaitu. pemanfaatan dari gaya magnet. Perbedaannya pada ampermeter dan voltmeter, jangkar tempat kumparan dibelitkan ditaruh sebuah pegas yang berfungsi untuk meredam putaran dari kumparan, sehingga kumparan hanya akan terpuntir saja, di mana sudut puntiran kumparan akan sebanding dengan besarnya

kuat arus yang mengalir pada kumparan tersebut. Besarnya sudut puntiran inilah yang dikalibrasikan untuk menentukan besaran yang akan diukur yang kemudian dibuatkan jarum penunjuk dan skala untuk hasil pengukuran.



Gambar : Bagian-bagian alat ukur listrik

Galvanometer adalah komponen dasar dari amperemeter, voltmeter, dan ohmmeter. Dalam mengukur kuat arus listrik, galvanometer berkerja berdasarkan prinsip bahwa sebuah kumparan yang dialiri arus listrik dapat berputar ketika diletakkan dalam suatu medan magnetik. Pada dasarnya, kumparan terdiri dari banyak lilitan kawat.



Pada gambar di tunjukkan kumparan (hanya satu gelung dengan satu lilitan) sebuah galvanometer yang digantung diantara kutub utara-selatan sebuah magnet U dan berputar bebas terhadap poros vertikal. Pada poros terpasang sebuah jarum penunjuk sebuah pegas.

Ketika arus listrik dialirkan pada kumparan, kopel magnetik akan memutar kumparan. Karena kumparan hanya dapat berputar maksimum seperempat putaran sampai kedudukan kumparan tegak lurus terhadap magnetik, maka skala penuh galvanometer didesain pada kedudukan ini.

Ketika kumparan berputar, jarum penunjuk ikut berputar. Tetapi begitu

kumparan berputar, pegas tegang dan menghasilkan suatu kopel lawan. Kumparan dan jarum penunjuk berhenti berputar ketika kopel magnetik seimbang dengan kopel pegas. Pada saat itu jarum berhenti bergerak dan menunjuk angka tertentu pada skala. Makin besar arus listrik, makin besar kopel magnetik, dan makin jauh kumparan berputar. Simpangan kumparan dan juga jarum penunjuk

didesain langsung sebanding dengan kuat arus sehingga skala pengukuran dapat dikalibrasi untuk besar kuat arus listrik.

c. Pengeras Suara (*Loudspeaker*)

Hampir semua orang mengenal pengeras suara. Pengeras suara bekerja berdasarkan prinsip induksi magnetik yang memberikan gaya magnetik pada kawat berarus listrik, arus listrik bersumber dari generator AC dikirimkan melalui pesawat radio atau TV yang dihubungkan ke ujung kabel *loudspeaker*.

Kabel pada *loudspeaker* dihubungkan pada sebuah kumparan kawat yang terpasang pada lorong *loudspeaker*. Selaput *loudspeaker* biasanya terbuat dari bahan elastis yang dapat bergerak maju mundur dengan bebas. Ketika arus bolak-balik dari penerima mengalir melalui kumparan kawat, kumparan dan selaput *loudspeaker* mengalami gaya yang disebabkan induksi magnetik oleh medan magnetik permanen.

Melalui arus bolak-balik dengan frekuensi sinyal audio berkisar 1.000 Hz selaput *loudspeaker* bergerak maju mundur pada frekuensi yang sama. Partikel-partikel udara yang terdorong keluar oleh selaput *loudspeaker* menimbulkan rapatan dan regangan pada udara sekitarnya sehingga *loudspeaker* dapat mengubah energi listrik menjadi energi bunyi.



d. Detektor Logam

Detektor logam berkerja berdasarkan konsep induksi magnet, yaitu fluks magnet. Peningkatan fluks magnet biasanya disertai peningkatan tegangan didalam arus yang mengalir lewat kumparan penerima yang memicu alarm.. Detektor logam atau magnet pengangkut menggunakan prinsip elektromagnetik dengan mengalirkan listrik pada inti besi yang telah dibentuk seperti magnet U sehingga memberikan daya tarik yang lebih besar. Alat dirancang dengan memberikan lilitan yang banyak dan mengalirkan arus yang lebih besar pada kumparan sehingga menjadikan inti besi sebagai magnet dan mampu menarik logam-logam. Alat ini berfungsi memisahkan antara bahan logam dan bukan logam pada tumpukan barang-barang bekas

e. Kereta Maglev

Jenis kereta api terbang, Maglev Train (*Magnetically Levitation*), menggunakan prinsip gaya magnetik dalam pergerakannya. Kereta api ini bergerak tanpa menyentuh lintasan dan melayang setinggi beberapa centimeter di atas rel.



Sumber: *Science Discovery 1, 2004*

Kemampuan gaya magnetik untuk menyangga gaya berat kereta api hingga dapat melayang di atas

lintasan rel dan bergerak dengan kecepatan di atas 400 km/jam adalah akibat dinding rel yang terpasang pada kedua sisi lintasan di sepanjang rel kereta api dilengkapi dengan kumparan kumparan kawat. Berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, kumparan-kumparan tersebut dapat menjadi magnet dan kereta api dapat bergerak karena adanya interaksi antara magnet-magnet pada dinding dan magnet-magnet pada kereta. Semakin cepat laju kereta, semakin besar induksi magnetik yang diperolehnya. Ketika posisi kereta berada beberapa centimeter di bawah pusat magnet dinding, baik kutub utara dan kutub selatan dinding keduanya akan mendorong kereta ke atas yang menyebabkan kereta melayang beberapa centimeter.

f. Spektrometer massa



Spektrometer massa adalah alat yang digunakan untuk menentukan massa atom atau molekul, yang ditemukan oleh Franci William Aston pada tahun 1919. Prinsip kerja alat ini adalah pembelokan partikel bermuatan dalam medan magnet.

Sampel dalam bentuk gas mula-mula ditembaki dengan berkas elektron berenergi tinggi. Perlakuan ini menyebabkan atom atau molekul sampel berionisasi (melepas elektron sehingga menjadi ion positif). Ion-ion positif ini kemudian dipercepat oleh suatu beda potensial dan diarahkan ke dalam suatu medan magnet melalui suatu celah sempit.

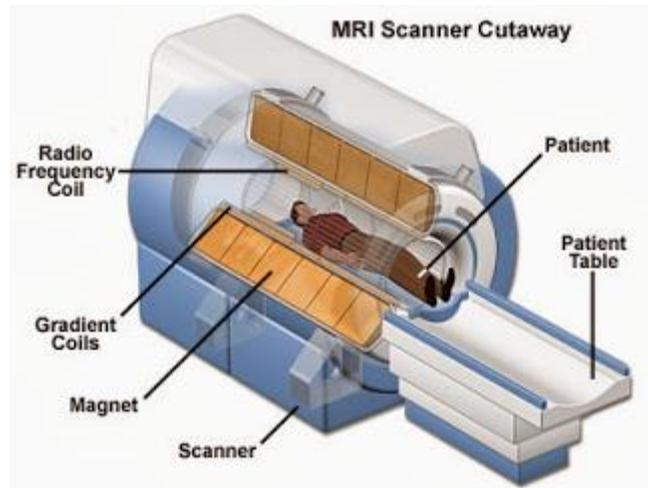
Di dalam medan magnet, ion-ion tersebut akan mengalami pembelokan yang bergantung kepada:

- a. Kuat medan listrik yang mempercepat aliran ion. Makin besar potensial listrik yang digunakan, makin besar kecepatan ion dan makin kecil pembelokan.

- b. Kuat medan magnet. Makin kuat magnet, makin besar pembelokan.
- c. Massa partikel (ion). Makin besar massa partikel, makin kecil pembelokan.
- d. Muatan partikel. Makin besar muatan, makin besar pembelokan.

g. MRI (*Magnetic Resonance Imaging*)

Magnetic Resonance Imaging (MRI) atau Pencitraan resonansi magnetik ialah gambaran pencitraan bagian badan yang diambil dengan menggunakan daya magnet yang kuat mengelilingi anggota badan tersebut. Berbeda dengan "CT scan", MRI tidak menggunakan radiasi Sinar-X dan cocok untuk mendeteksi Jaringan Lunak, misalnya Kista ataupun Tumor yang masih sedikit, tetapi pencitraan dengan MRI lebih mahal daripada menggunakan CT scan.



Magnetic Resonance Imaging (MRI) merupakan suatu teknik yang digunakan untuk menghasilkan gambar organ dalam pada organisme hidup dan juga untuk menemukan jumlah kandungan air dalam struktur geologi. Biasa digunakan untuk menggambarkan secara patologi atau perubahan fisiologi otot hidup dan juga memperkirakan ketelusan batu kepada hidrokarbon

Prinsip dasar dari cara kerja suatu MRI adalah Inti atom Hidrogen yang ada pada tubuh manusia (yang merupakan kandungan inti terbanyak dalam tubuh manusia) berada pada posisi acak (random), ketika masuk ke dalam daerah medan magnet yang cukup besar posisi inti atom ini akan menjadi sejajar dengan medan magnet yang ada. Kemudian inti atom Hidrogen tadi dapat berpindah dari tingkat energi rendah kepada tingkat energi tinggi jika mendapatkan energi yang tepat yang disebut sebagai energi Larmor. Ketika terjadi perpindahan inti atom Hidrogen dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi akan terjadi pelepasan energi yang kemudian ini menjadi unsur dalam pembentukan citra atau dikenal dengan istilah Free Induction Decay (FID)

A. INFORMASI PENDUKUNG



Sumber: <http://www.google.co.id>

Tahukah anda?

Kereta uji coba Maglev (Magnetic Levitation) yang menggunakan sifat gaya magnetik untuk mengangkat dan mendorong ini mampu mencapai kecepatan lebih dari 300 km/jam

B. SOAL LATIHAN

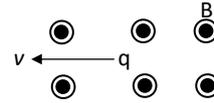
1. Bacalah soal dibawah ini dengan cermat!
2. Kerjakan pada kolom dengan benar!
3. Hasilnya dikirimkan ke guru untuk dinilai

1. Jelaskan yang dimaksud dengan medan magnet?
2. Fluks magnet 80 weber menembus bidang seluas $0,4 \text{ m}^2$. Tentukan Induksi magnet pada bidang tersebut apabila garis normal bidang dengan garis gaya magnet membentuk sudut 60° ! PR IPA 1 09 Oktober
3. Jelaskan 4 faktor yang mempengaruhi induksi magnet pada kawat berarus!
4. Sebuah kawat lurus panjang dialiri arus listrik sebesar 40 A. Tentukan besarnya induksi magnetik pada sebuah titik yang jaraknya 10 cm dari pusat kawat tersebut?
5. Sebuah kawat penghantar berbentuk lingkaran dengan jari-jari 8 cm dan terdiri atas 20 lilitan yang dialiri arus listrik sebesar 10 A. Tentukan besar induksi magnet di titik pusat lingkaran dan di titik yang terletak pada garis sumbu dan berjarak 6 cm dari pusat lingkaran! PR IPA 1 09 Oktober
6. Sebuah solenoida yang panjangnya $l = 2 \text{ m}$ dan jari-jari $r = 2 \text{ m}$ memiliki 800 lilitan, solenoida tersebut dialiri arus sebesar 0,5 A.
 - a. Tentukan induksi magnetik di ujung solenoida.
 - b. Jika solenoida diregangkan sehingga panjangnya dua kali semula, berapakah besarnya induksi magnetik di ujung solenoida tersebut?
7. Sebuah toroida berjari-jari 20 cm dialiri arus sebesar 0,8 A. Jika toroida mempunyai 50 lilitan, tentukan induksi magnetik pada toroida!

8. Sebuah kawat lurus sepanjang 25 cm berada dalam medan magnet 0,10 T, seperti ditunjukkan pada gambar di samping. Kawat dialiri arus listrik 10 A. Tentukan besar dan arah gaya yang dialami kawat
 9. Suatu muatan bermassa $9,2 \times 10^{-38}$ kg bergerak memotong secara tegak lurus medan magnetik 2 T. Jika muatan sebesar $3,2 \times 10^{-19}$ C dan jari-jari lintasannya 2 cm, tentukan kecepatan muatan tersebut!
 10. Sebuah partikel α ($m = 6,4 \times 10^{-27}$ kg, $q = 3,2 \times 10^{-19}$ C) bergerak tegak lurus medan magnet B yang arahnya masuk bidang gambar. Jika $B = 0,2$ T dan kecepatan partikel 3×10^5 m/s, maka jari-jari lintasannya adalah m
 11. Dua kawat sejajar yang satu sama lain berjarak 20 cm dialiri arus listrik sama besar. Jika antara keduanya timbul gaya timbal-balik per satuan panjang sebesar $2,5 \times 10^{-3}$ N/m, hitunglah kuat arus pada masing-masing kawat?
- The diagram shows a wire with current i flowing upwards and to the right. It is placed in a uniform magnetic field B represented by four horizontal arrows pointing to the right. The angle between the wire and the magnetic field lines is labeled θ .
12. Partikel bermuatan q bergerak dengan laju tetap memasuki medan magnet dan medan listrik secara tegak lurus (medan magnet tegak lurus medan listrik). Apabila besar induksi magnet 0,2T dan kuat medan listrik 6×10^4 V/m, maka laju gerak partikel adalah....
 13. Jelaskan prinsip kerja dari sebuah motor listrik dan sebutkan contoh produk yang menggunakan motor listrik yang menjadi mesinnya!
 14. Jelaskan perbedaan sistem kerja antara alata pemeriksaan MRI dan CT Scan!
 15. Jelaskan prinsip kerja gaya Lorentz pada sebuah amplifier !
 16. Mengapa galvanometer termasuk salah satu alat yang menggunakan gaya Lorentz? Jelaskan prinsip kerjanya!

17. Dapatkah penerapan gaya Lorentz dimanfaatkan untuk pembangkit listrik terbarukan? Jelaskan!
18. Sebuah elektron bermuatan $1,6 \times 10^{-19} \text{C}$ bergerak searah v dengan kecepatan 50 m/s . Jika medan magnet 10^{-4} T , gaya magnetik yang dialami elektron adalah....

- a. $3,2 \times 10^{-22} \text{ N}$ ke bawah
- b. $3,2 \times 10^{-23} \text{ N}$ ke atas
- c. $8,0 \times 10^{-22} \text{ N}$ ke bawah
- d. $8,0 \times 10^{-23} \text{ N}$ ke atas
- e. $9,0 \times 10^{-23} \text{ N}$ ke bawah



19. Sebuah partikel dengan muatan sebesar $1 \mu\text{C}$ bergerak membentuk sudut 30° terhadap medan magnet homogen $B = 10^{-4} \text{ tesla}$ yang mempengaruhinya. Kecepatan partikel tersebut 2000 m/s , maka gaya Lorentz yang dialaminya adalah

- A. nol
- B. $2 \times 10^{-6} \text{ N}$
- C. $4 \times 10^{-6} \text{ N}$
- D. 10^{-7} N
- E. 10^{-8} N

20. Partikel α_2^4 bergerak dengan kecepatan $v \text{ m/s}$ tegak lurus arah medan magnet B , lintasan yang dilalui berjari-jari $R \text{ m}$. Partikel ${}_1\text{H}^1$ bergerak dalam medan magnet yang sama dengan kecepatan dan arah yang sama pula, maka jari-jari lintasannya adalah

- A. $4 R \text{ m}$
- B. $2 R \text{ m}$
- C. $R \text{ m}$
- D. $\frac{1}{4} R \text{ m}$
- E. $\frac{1}{2} R \text{ m}$

Daftar pustaka

- Kanginan , Marthen. 2007. Fisika SMA Kelas X. Jakarta: Erlangga.
- Sri Handayani, Damari Ari. 2009. Fisika Untuk SMA/MA Kelas XII. Jakarta . Pusat Perbukuan Depdiknas
- Supiyanto. 2006. Fisika SMA Untuk Kelas XII. Jakarta. Erlangga
- www.idsalim.com