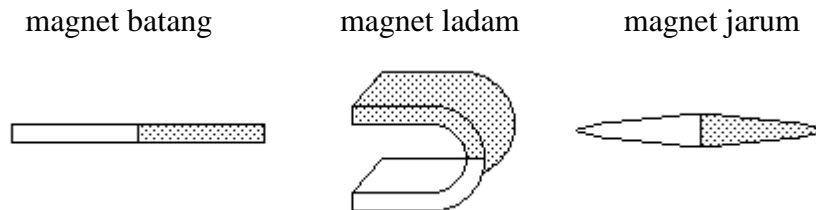


## MEDAN MAGNET

### KEMAGNETAN ( MAGNETOSTATIKA )

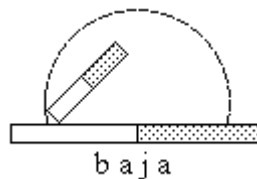
Benda yang dapat menarik besi disebut MAGNET.

Macam-macam bentuk magnet, antara lain :



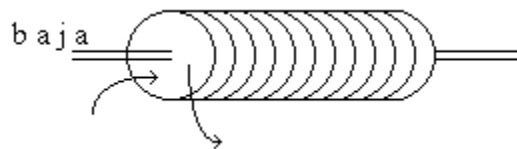
Magnet dapat diperoleh dengan cara buatan.

Jika baja di gosok dengan sebuah magnet, dan cara menggosoknya dalam arah yang tetap, maka baja itu akan menjadi magnet.



Baja atau besi dapat pula dimagneti oleh arus listrik.

Baja atau besi itu dimasukkan ke dalam kumparan kawat, kemudian ke dalam kumparan kawat dialiri arus listrik yang searah. Ujung-ujung sebuah magnet disebut *Kutub Magnet*. Garis yang menghubungkan kutub-kutub magnet disebut sumbu magnet dan garis tegak lurus sumbu magnet serta membagi dua sebuah magnet disebut garis sumbu.



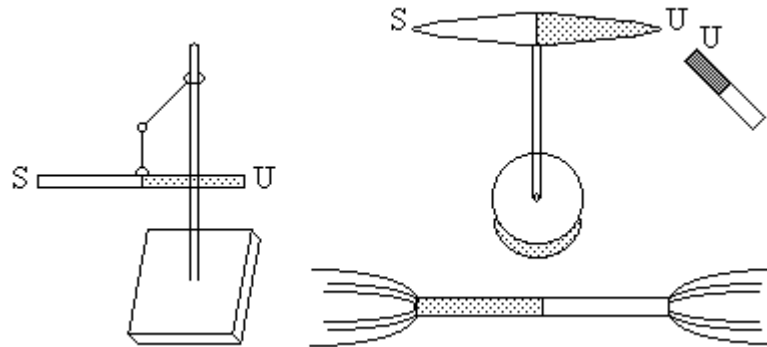
Sebuah magnet batang digantung pada titik beratnya. Sesudah keadaan setimbang tercapai, ternyata kutub-kutub batang magnet itu menghadap ke Utara dan Selatan.

Kutub magnet yang menghadap ke utara di sebut kutub Utara.

Kutub magnet yang menghadap ke Selatan disebut kutub Selatan.

Hal serupa dapat kita jumpai pada magnet jarum yang dapat berputar pada sumbu tegak ( jarum deklinasi ).

Kutub Utara jarum magnet deklinasi yang seimbang didekati kutub Utara magnet batang, ternyata kutub Utara magnet jarum bertolak. Bila yang didekatkan adalah kutub selatan magnet batang, kutub utara magnet jarum tertarik.



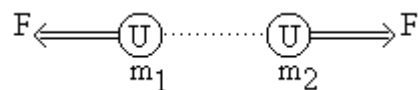
Kesimpulan : Kutub-kutub yang sejenis tolak-menolak dan kutub-kutub yang tidak sejenis tarik-menarik

Jika kita gantungkan beberapa paku pada ujung-ujung sebuah magnet batang ternyata jumlah paku yang dapat melekat di kedua kutub magnet sama banyak. Makin ke tengah, makin berkurang jumlah paku yang dapat melekat.

Kesimpulan : Kekuatan kutub sebuah magnet sama besarnya semakin ke tengah kekuatannya makin berkurang.

## HUKUM COULOMB.

Definisi : Besarnya gaya tolak-menolak atau gaya tarik menarik antara kutub-kutub magnet, sebanding dengan kuat kutubnya masing-masing dan berbanding terbalik dengan kwadrat jaraknya.



$$F = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$$

F = gaya tarik menarik/gaya tolak menolak dalam newton.

R = jarak dalam meter.

$m_1$  dan  $m_2$  kuat kutub magnet dalam Ampere-meter.

$\mu_0$  = permeabilitas hampa.

$$\text{Nilai } \frac{4\pi}{\mu_0} = 10^7 \text{ Weber/A.m}$$

Nilai permeabilitas benda-benda, ternyata tidak sama dengan permeabilitas hampa.

Perbandingan antara permeabilitas suatu zat dengan permeabilitas hampa disebut permeabilitas relatif zat itu.

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

$\mu_r$  = Permeabilitas relatif suatu zat.

$\mu$  = permeabilitas zat itu

$\mu_0$  = permeabilitas hampa.

### PENGERTIAN MEDAN MAGNET.

Medan magnet adalah ruangan di sekitar kutub magnet, yang gaya tarik/tolakannya masih dirasakan oleh magnet lain.

### Kuat Medan ( H ) = INTENSITY.

Kuat medan magnet di suatu titik di dalam medan magnet ialah besar gaya pada suatu satuan kuat kutub di titik itu di dalam medan magnet  $m$  adalah kuat kutub yang menimbulkan medan magnet dalam Ampere-meter.  $R$  jarak dari kutub magnet sampai titik yang bersangkutan dalam meter. dan  $H =$  kuat medan titik itu dalam :  $\frac{N}{A.m}$  atau

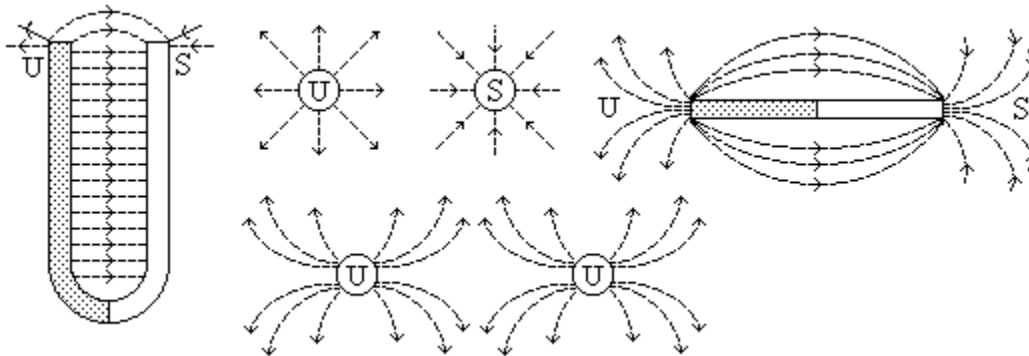
dalam  $\frac{\text{Weber}}{m^2}$

### Garis Gaya.

Garis gaya adalah : Lintasan kutub Utara dalam medan magnet atau garis yang bentuknya demikian hingga kuat medan di tiap titik dinyatakan oleh garis singgungnya.

Sejalan dengan faham ini, garis-garis gaya keluar dari kutub-kutub dan masuk ke dalam kutub Selatan. Untuk membuat pola garis-garis gaya dapat dengan jalan menaburkan serbuk besi disekitar sebuah magnet.

Gambar pola garis-garis gaya.



### Rapat Garis-Garis Gaya ( FLUX DENSITY ) = B

Definisi : Jumlah garis gaya tiap satuan luas yang tegak lurus kuat medan.

$$B = \frac{\phi}{A}$$

Kuat medan magnet di suatu titik sebanding dengan rapat garis-garis gaya dan berbanding terbalik dengan permeabilitasnya.

$$H = \frac{B}{\mu}$$

$$B = \mu H = \mu r. \mu o. H$$

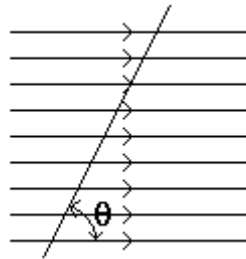
B = rapat garis-garis gaya.

$\mu$  = Permeabilitas zat itu.

H = Kuat medan magnet.

catatan : rapat garis-garis gaya menyatakan kebesaran induksi magnetik.

Medan magnet yang rapat garis-garis gayanya sama disebut : medan magnet serba sama ( homogen )



Bila rapat garis-garis gaya dalam medan yang serba sama B, maka banyaknya garis-garis gaya (  $\phi$  ) yang menembus bidang seluar A m<sup>2</sup> dan mengapit sudut  $\theta$  dengan kuat medan adalah :  $\phi = B.A \sin \theta$       Satuannya : Weber.

### Diamagnetik Dan Para Magnetik.

Sehubungan dengan sifat-sifat kemagnetan benda dibedakan atas Diamagnetik dan Para magnetik.

Benda magnetik : bila ditempatkan dalam medan magnet yang tidak homogen, ujung-ujung benda itu mengalami gaya tolak sehingga benda akan mengambil posisi yang tegak lurus pada kuat medan. Benda-benda yang demikian mempunyai nilai permeabilitas relatif lebih kecil dari satu. Contoh : Bismuth, tembaga, emas, antimon, kaca flinta.

Benda paramagnetik : bila ditempatkan dalam medan magnet yang tidak homogen, akan mengambil posisi sejajar dengan arah kuat medan. Benda-benda yang demikian

mempunyai permeabilitas relatif lebih besar dari pada satu. Contoh : Aluminium, platina, oksigen, sulfat tembaga dan banyak lagi garam-garam logam adalah zat paramagnetik.

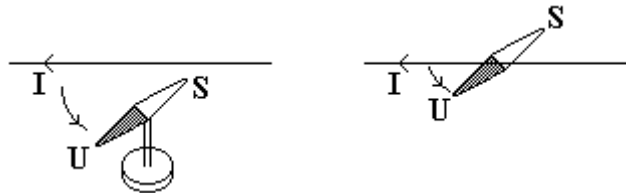
Benda feromagnetik : Benda-benda yang mempunyai efek magnet yang sangat besar, sangat kuat ditarik oleh magnet dan mempunyai permeabilitas relatif sampai beberapa ribu. Contoh : Besi, baja, nikel, cobalt dan campuran logam tertentu ( alnico )

## **MEDAN MAGNET DI SEKITAR ARUS LISTRIK.**

### Percobaan OERSTED

Di atas jarum kompas yang seimbang dibentangkan seutas kawat, sehingga kawat itu sejajar dengan jarum kompas. jika kedalam kawat dialiri arus listrik, ternyata jarum kompas berkisar dari keseimbangannya.

Kesimpulan : Disekitar arus listrik ada medan magnet.

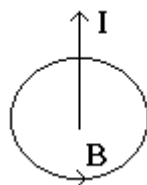


### Cara menentukan arah perkisaran jarum.

- Bila arus listrik yang berada anatara telapak tangan kanan dan jarum magnet mengalir dengan arah dari pergelangan tangan menuju ujung-ujung jari, kutub utara jarum berkisar ke arah ibu jari.
- Bila arus listrik arahnya dari pergelangan tangan kanan menuju ibu jari, arah melingkarnya jari tangan menyatakan perkisaran kutub Utara.

### Pola garis-garis gaya di sekitar arus lurus.

Pada sebidang karton datar ditembuskan sepotong kawat tegak lurus, di atas karton ditaburkan serbuk besi menempatkan diri berupa lingkaran-lingkaran yang titik pusatnya pada titik tembus kawat.



Kesimpulan : Garis-garis gaya di sekitar arus lurus berupa lingkaran-lingkaran yang berpusatkan pada arus tersebut.

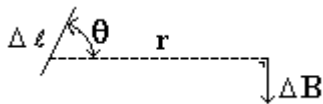
#### Cara menentukan arah medan magnet

Bila arah dari pergelangan tangan menuju ibu jari, arah melingkar jari tangan menyatakan arah medan magnet.

#### HUKUM BIOT SAVART.

Definisi : Besar induksi magnetik di satu titik di sekitar elemen arus, sebanding dengan panjang elemen arus, besar kuat arus, sinus sudut yang diapit arah arus dengan jaraknya sampai titik tersebut dan berbanding terbalik dengan kwadrat jaraknya.

$$\Delta B = k \cdot \frac{I \cdot \Delta \ell \sin \theta}{r^2}$$



k adalah tetapan, di dalam sistem Internasional

$$k = \frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} \frac{\text{Weber}}{\text{A.m}}$$

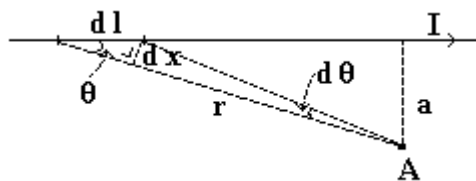
Vektor B tegak lurus pada l dan r, arahnya dapat ditentukan dengan tangan kanan. Jika l sangat kecil, dapat diganti dengan dl.

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

Persamaan ini disebut hukum Ampere.

#### INDUKSI MAGNETIK

##### *Induksi magnetik di sekitar arus lurus.*



Besar induksi magnetik di titik A yang jaraknya a dari kawat sebanding dengan kuat arus dalam kawat dan berbanding terbalik dengan jarak titik ke kawat.

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

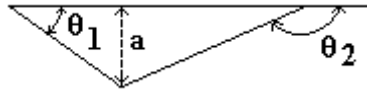
B dalam  $W/m^2$

I dalam Ampere

a dalam meter

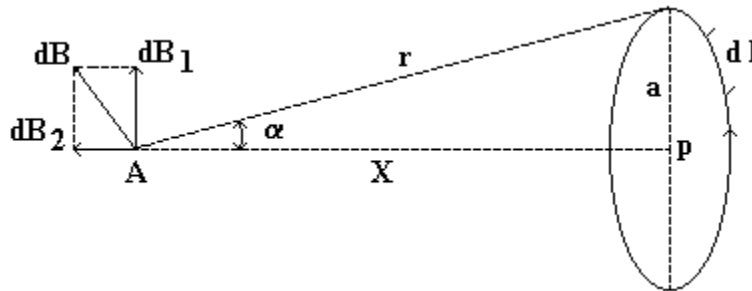
$$\text{Kuat medan dititik H} = \frac{B}{\mu} = \frac{B}{\mu_r \cdot \mu_0} = \frac{I}{2\pi \cdot a}$$

$\mu_r$  udara = 1



Jika kawat tidak panjang maka harus digunakan Rumus :  $B = \frac{\mu_0 i}{4 \pi a} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$

**Induksi Induksi magnetik di pusat arus lingkaran.**



Titik A berjarak x dari pusat kawat melingkar besarnya induksi magnetik di A dirumuskan :

Jika kawat itu terdiri atas N lilitan maka :

$$B = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{a \cdot I \cdot N}{r^2} \cdot \sin \alpha_1 \quad \text{atau} \quad B = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{a^2 \cdot I \cdot N}{r^3}$$

**Induksi magnetik di pusat lingkaran.**

Dalam hal ini  $r = a$  dan  $\alpha = 90^\circ$

Besar induksi magnetik di pusat lingkaran.

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

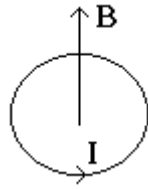
B dalam  $W/m^2$ .

I dalam ampere.

N jumlah lilitan.

a jari-jari lilitan dalam meter.

Arah medan magnetik dapat ditentukan dengan aturan tangan kanan.



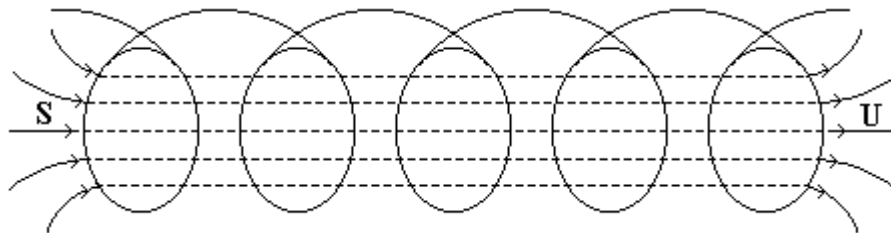
Jika arah arus sesuai dengan arah melingkar jari tangan kanan arah ibu jari menyatakan arah medan magnet.

### ***Solenoid***

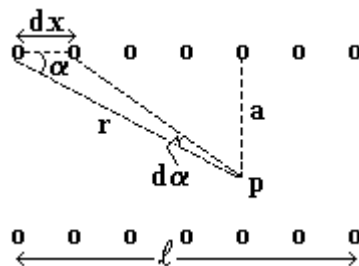
Solenoid adalah gulungan kawat yang di gulung seperti spiral.

Bila kedalam solenoid dialirkan arus listrik, di dalam solenoid terjadi medan magnet dapat ditentukan dengan tangan.

Gambar :



Besar induksi magnetik dalam solenoid.



Jari-jari penampang solenoid  $a$ , banyaknya lilitan  $N$  dan panjang solenoid  $l$ . Banyaknya

lilitan pada  $dx$  adalah :  $\frac{N}{l} \cdot dx$  atau  $n \cdot dx$ ,  $n$  banyaknya lilitan tiap satuan panjang di titik

P.

Bila  $l$  sangat besar dibandingkan dengan  $a$ , dan  $p$  berada di tengah-tengah maka  $\alpha_1 = 0^\circ$  dan  $\alpha_2 = 180^\circ$

Induksi magnetik di tengah-tengah solenoid :



$$B = \frac{\mu_0}{2} n I \cdot 2$$

$$B = \mu_0 n I$$

Bila p tepat di ujung-ujung solenoide  $\alpha_1 = 0^\circ$  dan  $\alpha_2 = 90^\circ$

$$B = \frac{\mu_0}{2} n I \cdot 1$$

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

### ***Toroida***

Sebuah solenoide yang dilengkungkan sehingga sumbunya membentuk lingkaran di sebut *Toroida*.

Bila keliling sumbu toroida 1 dan lilitannya berdekatan, maka induksi magnetik pada sumbu toroida.

$$B = \mu n I$$

n dapat diganti dengan  $\frac{N}{2\pi R}$

N banyaknya lilitan dan R jari-jari toroida.

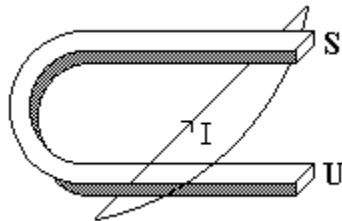
## GAYA LORENTZ

Pada percobaan *oersted* telah dibuktikan pengaruh arus listrik terhadap kutub magnet, bagaimana pengaruh kutub magnet terhadap arus listrik akan dibuktikan dari percobaan berikut :

Seutas kawat PQ ditempatkan diantara kutub-kutub magnet ladam kedalam kawat dialirkan arus listrik ternyata kawat melengkung kekiri.

Gejala ini menunjukkan bahwa medan magnet mengerjakan gaya pada arus listrik, disebut *Gaya Lorentz*. Vektor gaya Lorentz tegak lurus pada I dan B. Arah gaya Lorentz dapat ditentukan dengan tangan kanan. Bila arah melingkar jari-jari tangan kanan sesuai dengan putaran dari I ke B, maka arah ibu jari menyatakan arah gaya Lorents.

gambar :



### ***Besar Gaya Lorentz.***

Hasil-hasil yang diperoleh dari percobaan menyatakan bahwa besar gaya Lorentz dapat dirumuskan sebagai :

$$F = B I \ell \sin \alpha$$

F = gaya Lorentz.

B = induksi magnetik medan magnet.

I = kuat arus.

$\ell$  = panjang kawat dalam medan magnet.

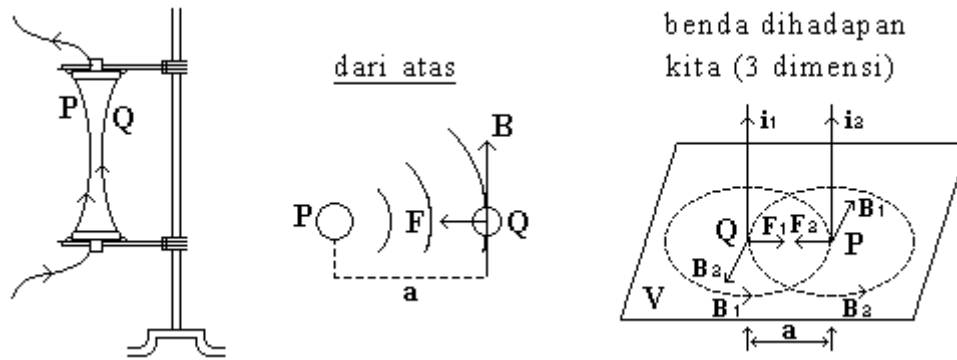
$\alpha$  = sudut yang diapit I dan B.

### ***Satuan Kuat Arus.***

Kedalam kawat P dan Q yang sejajar dialirkan arus listrik. Bila arah arus dalam kedua kawat sama, kawat itu saling menarik.

Penjelasannya sebagai berikut :

Dilihat dari atas arus listrik P menuju kita digambarkan sebagai arus listrik dalam kawat P menimbulkan medan magnet. Medan magnet ini mengerjakan gaya Lorentz pada arus Q arahnya seperti dinyatakan anak panah F. Dengan cara yang sama dapat dijelaskan gaya Lorentz yang bekerja pada arus listrik dalam kawat P.



Kesimpulan :

*Arus listrik yang sejajar dan searah tarik-menarik dan yang berlawanan arah tolak-menolak.*

Bila jarak kawat P dan Q adalah a, maka besar induksi magnetik arus P pada jarak a :

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

Besar gaya Lorentz pada arus dalam kawat Q

$$F = B \cdot I_Q \cdot \ell_Q$$

Besar gaya Lorentz tiap satuan panjang

$$F = B \cdot I_Q$$

$$= \frac{\mu_0}{2} \frac{I_P}{\pi a} I_Q$$

$$F = \frac{\mu_0}{2} \frac{I_P I_Q}{\pi a}$$

F tiap satuan panjang dalam N/m.

$I_P$  dan  $I_Q$  dalam Ampere dan a dalam meter.

Bila kuat arus dikedua kawat sama besarnya, maka :

$$F = \frac{\mu_0}{2 \pi} \frac{I^2}{a} = \frac{\mu_0}{4 \pi} \frac{2I^2}{a} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I^2}{a}$$

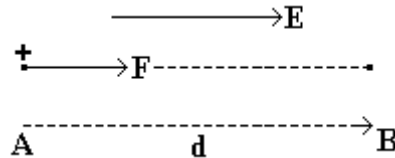
Untuk  $I = 1$  Ampere dan  $a = 1$  m maka  $F = 2 \cdot 10^{-7}$  N/m

Kesimpulan :

*1 Ampere adalah kuat arus dalam kawat sejajar yang jaraknya 1 meter dan menimbulkan gaya Lorentz sebesar  $2 \cdot 10^{-7}$  N tiap meter.*

### Gerak Partikel Bermuatan Dalam Medan Listrik.

Pertambahan energi kinetik.



Partikel A yang massanya  $m$  dan muatannya  $q$  berada dalam medan listrik serba sama, kuat medannya  $E$  arah vektor  $E$  kekanan. Pada partikel bekerja gaya sebesar  $F = qE$ , oleh

sebab itu partikel memperoleh percepatan :  $a = \frac{q \cdot E}{m}$

Usaha yang dilakukan gaya medan listrik setelah partikel berpindah  $d$  adalah :

$$W = F \cdot d = q \cdot E \cdot d$$

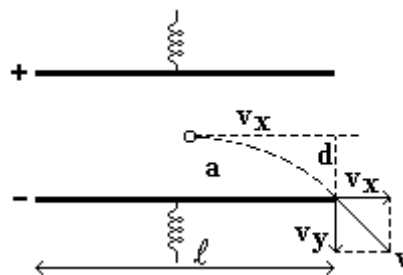
Usaha yang dilakukan gaya sama dengan perubahan energi kinetik

$$E_k = q \cdot E \cdot d$$

$$\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = q \cdot E \cdot d$$

$v_1$  kecepatan awal partikel dan  $v_2$  kecepatannya setelah menempuh medan listrik sejauh  $d$ .

Lintasan partikel jika  $v$  tegak lurus  $E$ .



Didalam medan listrik serba sama yang kuat medannya  $E$ , bergerak partikel bermuatan positif dengan kecepatan  $v_x$ .

Dalam hal ini partikel mengalami dua gerakan sekaligus, yakni gerak lurus beraturan sepanjang sumbu  $x$  dan gerak lurus berubah beraturan sepanjang sumbu  $y$ .

Oleh sebab itu lintasannya berupa parabola. Setelah melintasi medan listrik, lintasannya menyimpang dari lintasannya semula.

$$t = \frac{\ell}{v}$$

$$d = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{q \cdot E}{m} \cdot \frac{\ell^2}{v_x^2}$$

Kecepatan pada saat meninggalkan medan listrik.

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$v_y = a \cdot t = \frac{q \cdot E}{m} \cdot \frac{\ell}{v_x}$$

Arah kecepatan dengan bidang horisontal  $\theta$  :

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{v_y}{v_x}$$

### **Gerak Partikel Bermuatan Dalam Medan Magnet**

Besar gaya Lorentz pada partikel.



Pada arus listrik yang berada dalam medan magnet bekerja gaya Lorentz.

$$F = B \cdot I \cdot \ell \sin \alpha$$

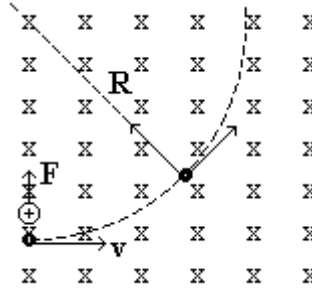
Arus listrik adalah gerakan partikel-partikel yang kecepatannya tertentu, oleh sebab itu rumus di atas dapat diubah menjadi :

$$F = B \cdot \frac{q}{t} \cdot v \cdot t \sin \alpha$$

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

F adalah gaya Lorentz pada partikel yang muatannya  $q$  dan kecepatannya  $v$ ,  $B$  besar induksi magnetik medan magnet,  $\alpha$  sudut yang diapit vektor  $v$  dan  $B$ .

Lintasan partikel bermuatan dalam medan magnet.



Tanda x menyatakan titik tembus garis-garis gaya kemagnetan yang arah induksi magnetiknya (  $B$  ) meninggalkan kita. Pada partikel yang kecepatannya  $v$ , bekerja gaya Lorentz.

$$F = B \cdot q \cdot v \sin 90^\circ$$

$$F = B \cdot q \cdot v$$

Vektor  $F$  selalu tegak lurus pada  $v$ , akibatnya partikel bergerak didalam medan magnet dengan lintasan bentuk : LINGKARAN.

Gaya centripetalnya yang mengendalikan gerak ini adalah gaya Lorentz.

$$F_c = F \text{ Lorentz}$$

$$\frac{m v^2}{R} = B \cdot q \cdot v$$

$$R = \frac{m v}{B q}$$

$R$  jari-jari lintasan partikel dalam magnet.

$m$  massa partikel.

$v$  kecepatan partikel.

$q$  muatan partikel.

Arah gaya Lorentz dapat ditentukan dengan kadal tangan kanan bila tangan kanan di buka : Ibu jari menunjukkan (  $v$  ), keempat jari menunjukkan (  $B$  ) dan arah telapak tangan menunjukkan (  $F$  )

