

FISIKA 2

Pertemuan 1 - Minggu 10 (Presensi myITS kacau)
May 24, 2021

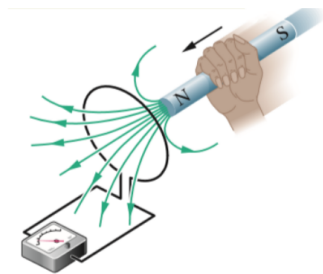
1 Gaya Gerak Listrik Induksi

Inti dari pokok bahasan ini adalah menghasilkan **tegangan listrik** dari medan magnet.

1.1 Hukum Faraday

Hukum Faraday bermula dari 2 eksperimen

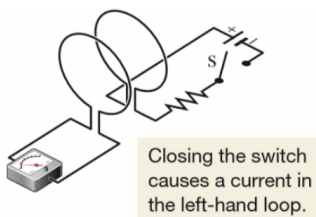
1.1.1 Eksperimen Pertama



<https://youtu.be/3HyORmBip-w>

Galvanometer (pengukur arus listrik kecil) mendeteksi arus listrik pada loop kabel bila magnet digerakkan dengan cara tertentu di sekitar kumparan.

1.1.2 Eksperimen Kedua



Galvanometer mendeteksi arus listrik pada loop sebelah kiri, pada saat saklar S disambungkan (yang menyebabkan arus mengalir pada loop sebelah kanan) atau pada saat saklar tersebut dibuka (memutus arus pada loop kanan). Kumparan tidak digerakkan sama sekali.

1.1.3 Perumusan

Faraday's Law. Dengan notasi dari flux magnetik, kita bisa menjabarkan Hukum Faraday dengan lebih kuantitatif, seperti berikut:

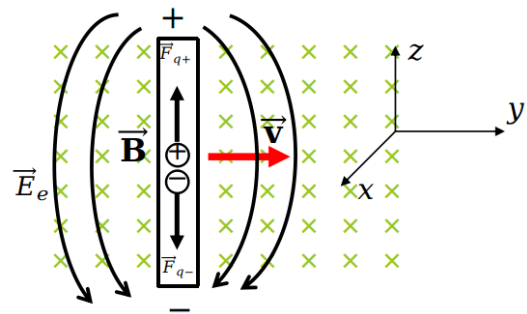
Besar harga GGL (EMF) ϵ yang terinduksi pada loop konduktor sama dengan banyaknya perubahan flux magnetik Φ yang melewati loop tersebut dengan satuan waktu.

$$\epsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\epsilon = -\frac{d(\vec{B} \cdot \vec{A})}{dt}$$

$$\epsilon = -\vec{A} \cdot \frac{d(\vec{B})}{dt}$$

Tanda negatif (-) menunjukkan GGL yang timbul melawan penyebabnya (Gaya Lorentz)



Pada kasus batang konduktor yang bergerak melintasi medan magnet yang arahnya masuk bidang (\times) dan bergerak ke samping dengan kecepatan \vec{v} . Maka

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

Maka muatan positif pada batang logam tersebut akan bergerak ke atas sesuai dengan rumus sebagai berikut:

$$\vec{F}_{q+} = qvB(\hat{j} \times -\hat{i})$$

$$\vec{F}_{q+} = qvB(\hat{k})$$

Lalu muatan negatif pada batang logam tersebut akan bergerak ke bawah sesuai dengan rumus sebagai berikut:

$$\vec{F}_{q-} = -qvB(\hat{j} \times -\hat{i})$$

$$\vec{F}_{q-} = qvB(-\hat{k})$$

Sehingga ujung atas batang menjadi kutub positif (+), sedangkan ujung bawah menjadi kutub negatif (-), yang menimbulkan medan elektrostatis (\vec{E}_e) yang arahnya melawan medan non elektrostatis (\vec{E}_n).

Example:

The long solenoid S shown (in crosssection) in Fig. 1 has 220 turns/cm and carries a current $i = 1.5$ A; its diameter D is 3.2 cm. At its center we place a 130-turn closely packed coil C of diameter $d = 2.1$ cm. The current in the solenoid is reduced to zero at a steady rate in 25 ms. What is the magnitude of the emf that is induced in coil C while the current in the solenoid is changing?

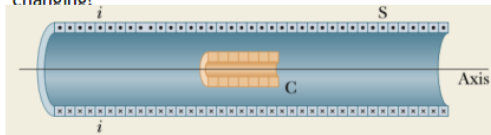


Figure 1. A coil C is located inside a solenoid S, which carries current i .

JAWABAN:

$$\Phi = B \cdot A$$

$$\Phi = \frac{\mu_0 i N A}{L}$$

dengan

$$n = \frac{N}{L} = 220 \text{ turns/cm} = 22000 \text{ turns/m}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times 3.14 \times (2.1 \times 10^{-2})^2$$

$$A = 3.462 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\Phi = \mu_0 i n A$$

$$\Phi = 4\pi \times 10^{-7} \times 1.5 \times 22000 \times 3.462 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

now we can write:

$$\epsilon = -N \frac{d\Phi}{dt} = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\epsilon = -N \frac{\Phi_f - \Phi_i}{\Delta t}$$

$$\epsilon = -130 \frac{(0 - 1.44 \times 10^{-5})}{25 \times 10^{-3}}$$

$$\epsilon = -130 \frac{(0 - 1.44 \times 10^{-5})}{25 \times 10^{-3}}$$

$$\epsilon = 75 \text{ mV}$$

1.1.4 GGL Induksi Pada Konduktor Bergerak

Batang konduktor AD dengan Panjang l bergerak ke kanan dengan kecepatan \vec{v} , fluks awal yang dilingkupinya adalah:

$$\Phi_1 = B \cdot \text{Luas ABCD}$$

Setelah bergerak selama dt maka batang konduktor berpindah sejauh $s = \vec{v} dt$, maka flux yang dilingkupinya menjadi:

$$\Phi_2 = B \cdot \text{Luas A'BCD'}$$

Maka perubahan flux yang terjadi adalah:

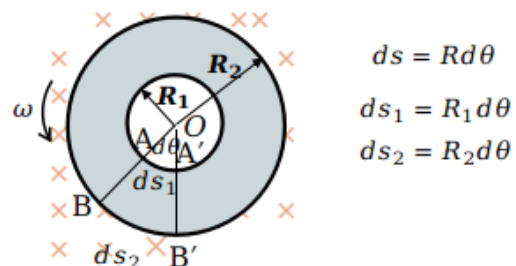
$$\begin{aligned} d\Phi &= \Phi_2 - \Phi_1 \\ &= B(\Delta \text{Luas A'BCD}' - \Delta \text{Luas ABCD}) \\ &= B(\Delta AA'DD') \\ &= B(l \cdot s) \\ &= B(l \cdot v \cdot dt) \end{aligned}$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = -Blv$$

Jadi, jika rumus di atas dimasukkan ke dalam hukum Faraday

$$\epsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = Blv$$

1.2 Dinamo Faraday



Misalkan besarnya simpangan sudut yang ditempuh cakram dalam selang waktu dt , maka berkurangnya flux magnet:

$$d\Phi = -B(\text{ABB'A'})$$

$$d\Phi = -B(\Delta \text{OBB}' - \Delta \text{OAA'})$$

$$d\Phi = -B\left(\frac{1}{2}R_2 \cdot ds_2 - \frac{1}{2}R_1 \cdot ds_1\right)$$

$$d\Phi = -B\left(\frac{1}{2}R_2^2 \cdot d\theta - \frac{1}{2}R_1^2 \cdot d\theta\right)$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{B}{2} \frac{d\theta}{dt} (R_2^2 - R_1^2)$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{B}{2} \omega (R_2^2 - R_1^2)$$

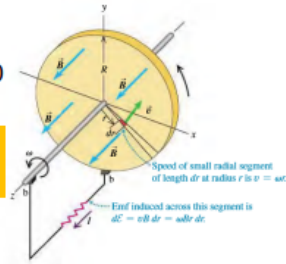
Dengan memasukkan persamaan terakhir ke dalam hukum Faraday, maka

$$\epsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = \frac{B}{2}\omega(R_2^2 - R_1^2)$$

untuk cakram pejal

$$R_2 = R \text{ dan } R_1 = 0$$

$$\epsilon = \frac{1}{2} B \omega R^2$$

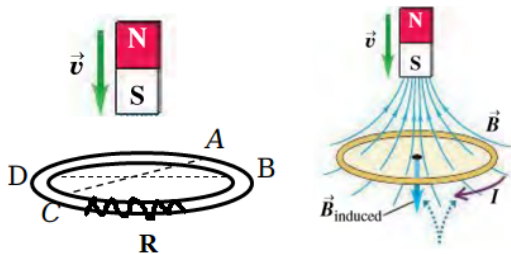


1.3 Cara Menentukan Arah Arus Induksi

https://youtu.be/1-aoGz5X_j0

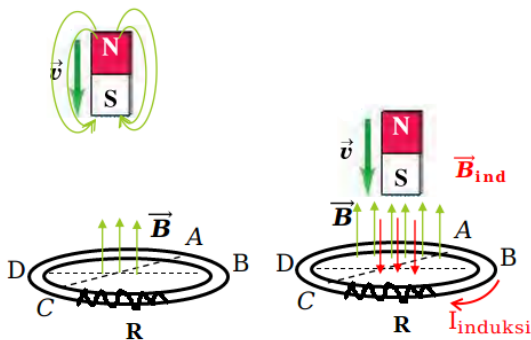
Sebuah batang magnet dipegang vertical di atas suatu loop horizontal ditunjukkan pada gambar. Kutub selatan magnet batang menghadap loop kawat, kemudian batang magnet dijatuhkan ke arah loop. Carilah arah arus yang lewat resistor,

- Ketika batang magnet jatuh ke loop
- Setelah batang magnet melewati loop dan menjauhinya



PENYELESAIAN

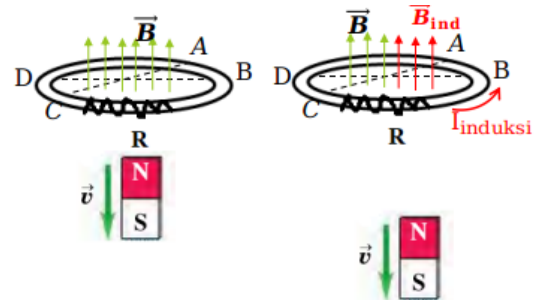
- Ketika batang magnet jatuh ke loop



Saat awal (posisi magnet masih jauh), maka medan magnet yang menembus cincin masih kecil dimisalkan 3 buah anak panah berwarna

biru dengan arah ke atas. Semakin mendekat, maka medan magnet semakin besar dimisalkan menjadi 6 buah anak panah warna biru dengan arah ke atas. Prinsipnya jumlah medan magnet awal dan akhir harus sama, sehingga agar tetap sama dengan awal maka timbul 3 medan magnet induksi dengan arah ke bawah (berwarna merah) yang dinamakan sebagai B_{induksi} sehingga arah arus induksinya dari B ke C.

- Setelah batang magnet melewati loop dan menjauhinya



Saat awal (posisi magnet dekat), maka medan magnet yang menembus cincin nilainya besar memisalkan 6 buah anak panah berwarna biru yang arahnya ke atas. Semakin menjauh, maka medan magnet semakin kecil dimisalkan menjadi 3 buah anak panah warna biru dengan arah ke atas. Prinsipnya jumlah medan magnet awal dan akhir harus sama, sehingga untuk mengimbangnya timbul medan magnet induksi dengan arah ke atas (3 anak panah berwarna merah) yang dinamakan sebagai B_{induksi} sehingga arah arus induksinya dari C ke B.

Problem:

Two closed loops A and C are close to a long wire carrying a current I (Fig. 2).

- Find the direction (clockwise or counter clockwise) of the current induced in each loop if I is steadily decreasing.
- While I is decreasing, what is the direction of the net force that the wire exerts on each loop? Explain how you obtain your answer

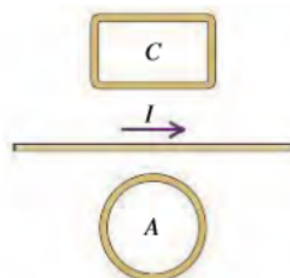
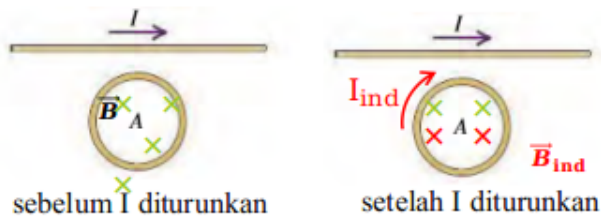


Fig. 2

SOLUTION

(a) direction of the current induced

Ketika I di turunkan maka pada loop A.



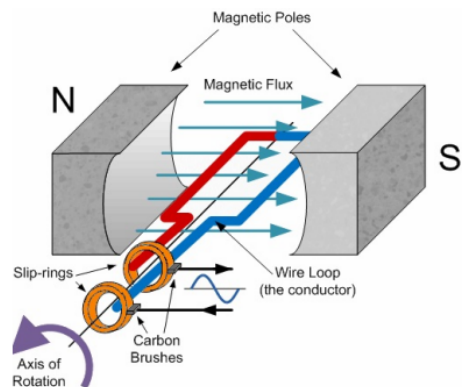
Pada saat arus I belum diturunkan maka medan magnet yang menembus loop A masih besar dengan arah masuk bidang dimisalkan ada 4 buah medan magnet. Setelah I diturunkan maka ada pengurangan induksi magnet yang menembus loop dimisalkan tinggal 2 buah, sehingga timbul induksi magnet (B_{induksi}) arah masuk bidang untuk melawan pengurangan medan magnet tersebut (jumlah sama dg awal), sehingga arah arus induksi pada loop A searah jarum jam.

Ketika I di turunkan maka pada loop C.

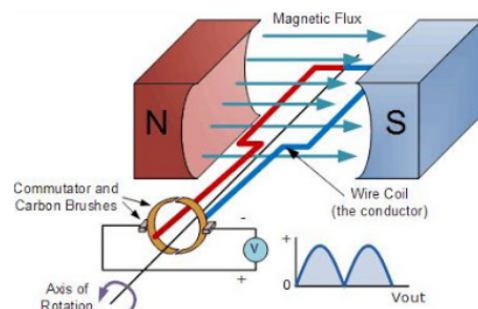


Pada saat arus I belum diturunkan maka medan magnet yang menembus loop A masih besar dengan arah keluar bidang dimisalkan ada 4 buah medan magnet. Setelah I diturunkan maka ada pengurangan induksi magnet yang menembus loop dimisalkan tinggal 2 buah, sehingga timbul induksi magnet (B_{induksi}) arah keluar bidang untuk melawan pengurangan medan magnet tersebut (jumlah sama dg awal), sehingga arah arus induksi pada loop A berlawanan jarum jam.

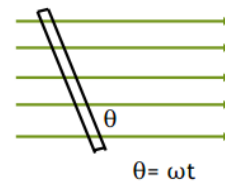
1.4.1 Generator AC



1.4.2 Generator DC



1.4.3 Hukum Faraday Pada Generator



$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A}$$

$$\Phi = BA \cos \theta$$

Maka

$$\begin{aligned} \epsilon &= -N \frac{d\Phi}{dt} \\ \epsilon &= -N \frac{d(\vec{B} \cdot \vec{A})}{dt} \\ \epsilon &= -N \frac{d(BA \cos \theta)}{dt} \\ \epsilon &= -NBA \frac{d(\cos \omega t)}{dt} \\ \epsilon &= -NBA(-\sin \omega t)\omega \\ \epsilon &= NBA\omega \sin \omega t \\ \epsilon &= \epsilon_{\max} \sin \omega t \end{aligned}$$

1.4 Generator

Jadi

$$\epsilon_{\max} = NBA\omega$$

<https://youtu.be/Ylgb8FFMgd4>