

Induksi Elektromagnetik

A. INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

- Induksi elektromagnetik** adalah besar arus listrik yang ditimbulkan oleh perubahan medan magnet (fluks magnet).

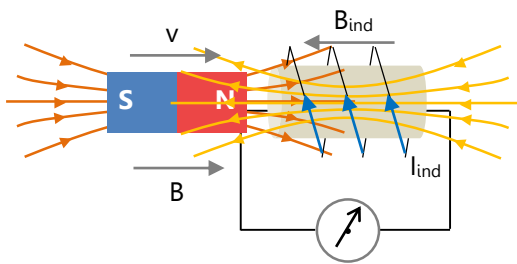
B. GAYA GERAK LISTRIK INDUKSI

- Arus induksi** adalah arus listrik yang dihasilkan induksi elektromagnetik.
- Gaya gerak listrik induksi** (ggl induksi) adalah tegangan yang dihasilkan oleh arus induksi.
- Hukum Lenz** menjelaskan arus induksi.

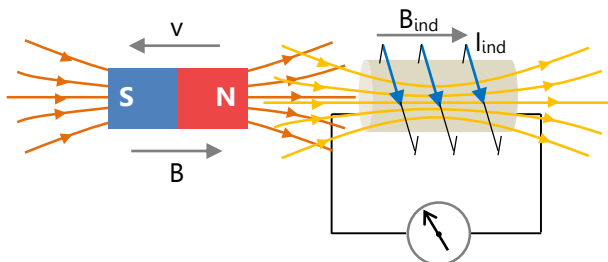
Arus induksi yang timbul dalam kumparan menghasilkan medan magnet yang berlawanan arah dengan medan magnet yang menghasilkan arus induksi tersebut.

- Percobaan Faraday** menjelaskan bahwa menggerakkan magnet keluar-masuk kumparan menyebabkan penyimpangan pada jarum galvanometer.

Masuk kumparan



Keluar kumparan



- Hukum Faraday** menjelaskan ggl induksi berhubungan dengan laju perubahan fluks magnet.

Besar ggl induksi yang timbul dalam suatu rangkaian sama dengan laju perubahan fluks magnet yang terjadi pada rangkaian tersebut.

- Hukum Faraday** dapat dirumuskan:

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

ε = ggl induksi (V)

N = jumlah lilitan

$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ = perubahan fluks magnet (Wb)

$\Delta t = t_2 - t_1$ = perubahan waktu (s)

- Ggl induksi** dapat dihasilkan dengan cara:

- 1) Menggerakkan magnet keluar-masuk kumparan.
- 2) Memutar magnet di depan kumparan.
- 3) Memutus-hubungkan arus listrik pada kumparan primer yang di dekatnya terdapat kumparan sekunder.
- 4) Mengalirkan arus listrik AC pada kumparan primer yang di dekatnya terdapat kumparan sekunder.

- Ggl induksi** dipengaruhi oleh perubahan laju fluks magnet, oleh karena itu, ggl induksi juga dipengaruhi:

- 1) Perubahan luas bidang kumparan.

$$\varepsilon = -N \cdot B \cdot \cos\theta \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

- 2) Perubahan induksi magnet (medan magnet).

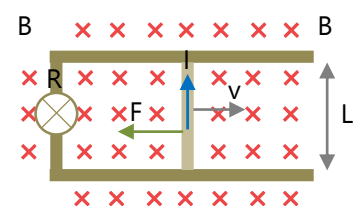
$$\varepsilon = -N \cdot A \cdot \cos\theta \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

- 3) Perubahan orientasi sudut kumparan terhadap medan magnet.

$$\varepsilon = -N \cdot B \cdot A \frac{(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)}{\Delta t}$$

- Ggl induksi** dipengaruhi oleh kawat yang bergerak dalam medan magnet (mengakibatkan perubahan luas bidang kumparan).

- 1) **Pada kawat bergerak lurus**



Ggl induksi

$$\varepsilon = B \cdot L \cdot v \cdot \sin\theta$$

B = medan magnet (T)

L = panjang penghantar (m)

v = kecepatan gerak penghantar (m/s)

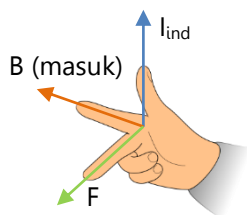
θ = sudut antara medan magnet dengan arah kecepatan (m/s)

Arus induksi

$$I_{ind} = \frac{B \cdot L \cdot v \cdot \sin\theta}{R}$$

Arah arus induksi ditentukan dengan kaidah tangan kanan, dimana:

- Gaya Lorentz berlawanan arah dengan arah kecepatan,
- Arus induksi tegak lurus dengan arah medan magnet.



2) Pada kawat berputar

Ggl induksi

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

B = medan magnet (T)

ω = kecepatan sudut penghantar (rad/s)

L = panjang penghantar (m)

Arus induksi

$$I_{\text{ind}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{B \cdot \omega \cdot L^2}{R}$$

C. INDUKTOR

- Induktor** adalah alat penghasil medan magnet yang dapat digunakan untuk menghasilkan ggl induksi.
- Induktor** biasanya merupakan kawat penghantar, kawat melingkar, solenoida, atau toroida.
- Hukum Henry** menjelaskan tentang ggl induksi terhadap arus listrik.

Besar ggl induksi yang timbul sebanding dengan laju perubahan arus terhadap waktu.

- Ggl induksi induktor (ggl induktansi diri)** menurut hukum Henry dapat dirumuskan:

$$\epsilon = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\epsilon = -L \cdot \frac{dI}{dt}$$

ϵ_i = ggl induksi induktor (V)

L = induktansi diri (Henry atau V.s/A atau T.m²/A)

$\Delta I = I_2 - I_1$ = perubahan kuat arus listrik (A)

$\Delta t = t_2 - t_1$ = perubahan waktu (s)

- Induktansi diri (L)** adalah kemampuan suatu induktor dalam menghasilkan ggl induktansi diri dari laju perubahan arus listrik yang terjadi.
- Induktansi diri** pada berbagai keadaan:

Pada kumparan

$$L = \frac{N\Phi}{I}$$

L = induktansi diri (Henry atau H)

N = jumlah lilitan

Φ = fluks magnet (Wb)

I = kuat arus listrik (A)

Pada solenoida dan toroida

Berisi udara/vakum

$$L = \frac{\mu_0 \cdot N^2 \cdot A}{\ell}$$

Berisi bahan

$$L = \frac{\mu_r \cdot \mu_0 \cdot N^2 \cdot A}{\ell}$$

L = induktansi diri (Henry atau H)

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

N = jumlah lilitan

A = luas penampang (m²)

ℓ = panjang solenoida (m)

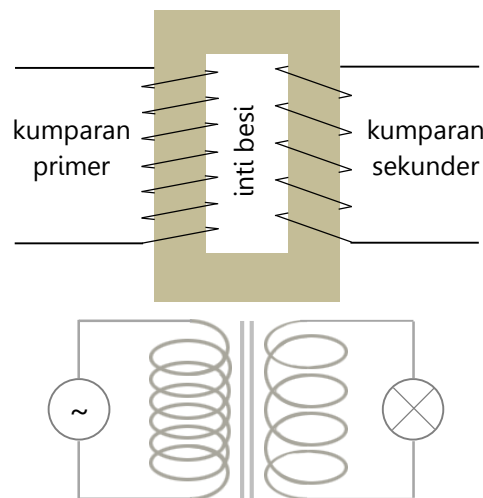
= keliling toroida = $2\pi r$ (m)

- Energi induktor** yang tersimpan di dalamnya yang berupa medan magnet dapat dihitung:

$$E = \frac{1}{2} L I^2$$

D. APLIKASI INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

- Aplikasi induksi elektromagnetik** yang utama adalah transformator dan generator.
- Transformator (trafo)** adalah alat yang digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tegangan listrik arus AC.
- Komponen trafo** terdiri atas kumparan primer, kumparan sekunder, dan inti besi.




Cara kerja trafo:


- Pada kumparan primer mengalir arus listrik AC yang berubah-ubah besar dan arahnya.
- Karena perubahan arus listrik pada kumparan primer, maka fluks magnet pada kumparan sekunder juga berubah-ubah.
- Perubahan fluks magnet pada kumparan sekunder menghasilkan ggl induksi dan arus induksi.
- Terjadi perpindahan daya dari kumparan primer ke kumparan sekunder.

 **Persamaan trafo** dapat dirumuskan:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

V_p dan V_s = tegangan primer dan sekunder (V)
 N_p dan N_s = jumlah lilitan primer dan sekunder
 I_p dan I_s = arus listrik primer dan sekunder (A)

 **Efisiensi trafo** adalah presentase keidealan suatu trafo dalam menaik-turunkan tegangan, yaitu berdasarkan jumlah daya yang tidak hilang.

 **Efisiensi trafo** dapat dirumuskan:

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100\%$$


$$\eta = \frac{V_s \cdot I_s}{V_p \cdot I_p} \times 100\%$$


η = efisiensi trafo (%)


P_p dan P_s = daya primer dan sekunder (W)

 **Jenis-jenis trafo:**

Trafo step-up	Trafo step-down
penaik tegangan	penurun tegangan
$V_s > V_p$	$V_s < V_p$
$N_s > N_p$	$N_s < N_p$
$I_s < I_p$	$I_s > I_p$

 **Generator (dinamo)** adalah alat yang mengubah energi gerak menjadi energi listrik.


 **Komponen generator** terdiri atas kumparan berarus (rotor/berputar), magnet (stator/diam) dan cincin.

 **Berdasarkan jenis arus listrik** yang dihasilkan, generator terdiri dari:

- 1) **Generator DC**, menghasilkan arus listrik DC, dan dilengkapi satu buah cincin belah (komutator).
- 2) **Generator AC**, menghasilkan arus listrik AC, dan dilengkapi dua buah cincin luncur.

 **Cara kerja generator:**

- 1) Usaha luar berupa energi gerak (misalnya gerakan air, udara, atau panas) memutar kumparan.
- 2) Berputarnya kumparan menyebabkan perubahan fluks magnet, dan menghasilkan ggl induksi serta arus induksi.
- 3) Komutator berfungsi mengubah arus listrik AC menjadi DC pada generator DC, sedangkan cincin luncur berfungsi menghasilkan arus listrik AC pada generator AC.

 **Ggl induksi** yang dihasilkan generator:

$$\varepsilon = N \cdot B \cdot A \cdot \omega \cdot \sin \omega t$$

ε = ggl induksi generator (V)


N = jumlah lilitan

B = medan magnet (T)

A = luas bidang kumparan (m^2)

ω = kecepatan sudut kumparan (rad/s)

t = waktu lama perputaran (s)

 **Ggl induksi maksimum** yang dihasilkan generator terjadi ketika $\sin \omega t = 1$.

$$\varepsilon_{\text{maks}} = N \cdot B \cdot A \cdot \omega$$