

## BAB X

**Pokok Bahasan** : Gaya Gerak Listrik Induksi  
**Pertemuan** : 13  
**TIU** : Mahasiswa dapat menjelaskan pengertian Gaya Gerak Listrik Induksi

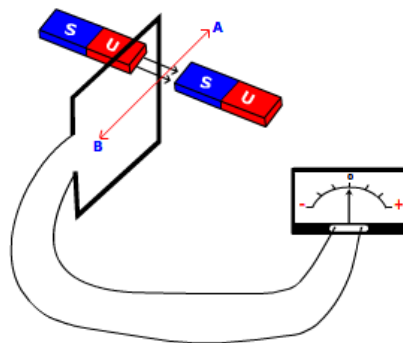
**Tujuan Instruksional Khusus** :

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa dapat :

1. Menerangkan pengertian fluks magnetik
2. Memahami dan menentukan Hk. Farady dan Lentz.
3. Memahami terjadinya GGL Induksi akibat gerakan

### PENGERTIAN

Sebuah kawat berbentuk loop berada didalam medan magnet dan ujung-ujungnya dihubungkan dengan galvanometer seperti pada gambar disamping, ketika kawat digerakkan dalam medan magnet dengan arah keluar masuk, jarum galvanometer akan menyimpang ke kanan dan ke kiri. Bergeraknya jarum galvanometer menunjukkan adanya arus listrik yang mengalir pada loop tersebut. Gejala ini disebut *induksi elektromagnetik*. Arus listrik yang dihasilkan dengan cara demikian disebut dengan arus listrik induksi



Pada saat kawat digerakkan didalam medan magnet atau sebaliknya magnet digerakkan disekitar kawat, elektron yang terdapat pada penghantar akan bergerak. Usaha yang dilakukan pada muatan listrik akan menambah energi potensial listrik. Sehingga menghasilkan perbedaan potensial diantara kedua ujung kawat. Beda potensial ini disebut sebagai gaya gerak listrik (GGL) induksi.

Jadi perubahan garis gaya magnet yang dilingkupi kawat penghantar akan menyebabkan timbulnya *gaya gerak listrik induksi*.

Pada penerapan induksi elektromagnet, kawat penghantar dibuat membentuk kumparan dengan jumlah lilitan tertentu hal ini bertujuan untuk menghasilkan GGL induksi yang lebih besar.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya GGL induksi adalah:

- jumlah lilitan kumparan
- kecepatan perubahan garis gaya magnet

Menurut Faraday besarnya gaya gerak listrik dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

$\varepsilon$  = GGL induksi

$N$  = Jumlah lilitan

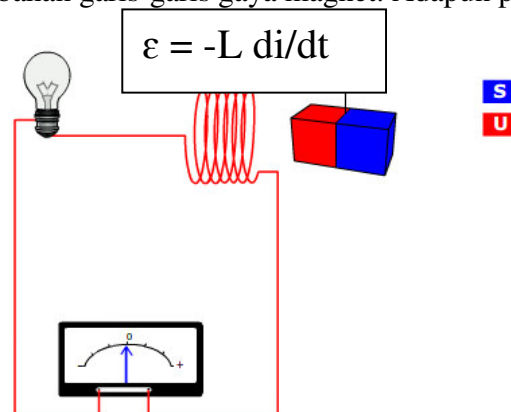
$\Delta \Phi / \Delta t$  = laju perubahan garis gaya magnet

$\Phi = B.A$  ;  $A = l.l$

Maka

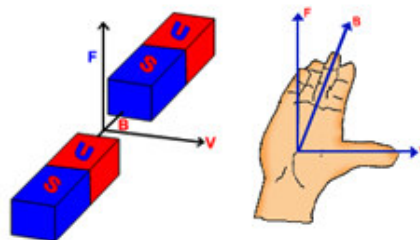
$$\varepsilon = -Blv$$

Menurut persamaan besar GGL induksi dinyatakan dengan besarnya arus induksi yang arahnya menentang perubahan garis-garis gaya magnet. Adapun persamaanya adalah :



Untuk menentukan arah arus induksi yang dihasilkan pada penghantar yang digerakkan dalam medan magnet, bisa digunakan aturan atau kaidah tangan kanan (menyerupai cara menentukan arah gaya Lorentz) yaitu sebagai berikut :

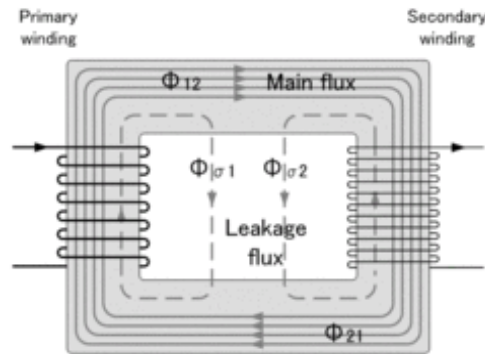
- ibu jari menunjukkan arah gerakan kawat penghantar
- jari-jari menunjukkan arah medan magnet
- arah arus ditunjukkan oleh arah telapak tangan



Transformator

**Transformator** atau transformer atau trafo adalah komponen [elektromagnet](#) yang dapat mengubah taraf suatu tegangan [AC](#) ke taraf yang lain. Transformator bekerja berdasarkan prinsip [induksi elektromagnetik](#). Tegangan masukan bolak-balik yang membentangi primer menimbulkan [fluks magnet](#) yang idealnya semua bersambung dengan lilitan

sekunder. **Fluks** bolak-balik ini menginduksikan **GGL** dalam lilitan sekunder. Jika efisiensi sempurna, semua daya pada lilitan primer akan dilimpahkan ke lilitan sekunder.



Rumus untuk fluks magnet yang ditimbulkan lilitan primer adalah  $\delta\phi = \epsilon \times \delta t$  dan

rumus untuk GGL induksi yang terjadi di lilitan sekunder adalah  $\epsilon = N \frac{\delta\phi}{\delta t}$ .

Karena kedua kumparan dihubungkan dengan fluks yang sama, maka  $\frac{\delta\phi}{\delta t} = \frac{V_p}{N_p} = \frac{V_s}{N_s}$

dimana dengan menyusun ulang persamaan akan didapat  $\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$  sedemikian

hingga  $V_p I_p = V_s I_s$ . Dengan kata lain, hubungan antara tegangan primer dengan tegangan sekunder ditentukan oleh perbandingan jumlah lilitan primer dengan lilitan sekunder.

## BAB XI

**Pokok Bahasan : Arus Bolak Balik**

**Pertemuan : 14**

**TIU : Mahasiswa dapat menjelaskan Arus Bolak balik**

**Tujuan Instruksional Khusus :**

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa dapat :

1. Memahami rangkaian seri area bolak balik
2. Memahami dan menentukan diagram vektor impedansi.
3. Memahami perbedaan harga efektif dan rata-rata
4. Memahami rangkaian paralel area bolak-balik

Telah diketahui bahwa generator arus bolak-balik sebagai sumber tenaga listrik yang mempunyai GGL :

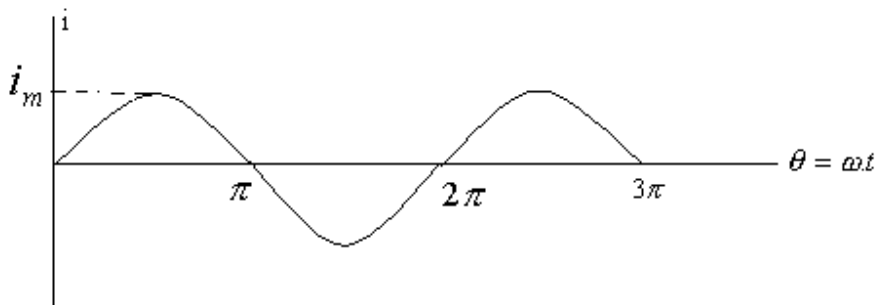
$$E = E_{\max} \sin \omega t$$

Persamaan di atas jelas-jelas menunjukkan bahwa GGL arus bolak-balik berubah secara sinusoidal. Suatu sifat yang menjadi ciri khas arus bolak-balik.

Dalam menyatakan harga tegangan AC ada beberapa besaran yang digunakan, yaitu :

1. Tegangan sesaat : Yaitu tegangan pada suatu saat  $t$  yang dapat dihitung dari persamaan  $E = E_{\max} \sin 2\pi ft$  jika kita tahu  $E_{\max}$ ,  $f$  dan  $t$ .
2. Amplitudo tegangan  $E_{\max}$  : Yaitu harga maksimum tegangan. Dalam persamaan :  $E = E_{\max} \sin 2\pi ft$ , amplitudo tegangan adalah  $E_{\max}$ .
3. Tegangan puncak-kepuncak (Peak-to-peak) yang dinyatakan dengan  $E_{pp}$  ialah beda antara tegangan minimum dan tegangan maksimum. Jadi  $E_{pp} = 2 E_{\max}$ .
4. Tegangan rata-rata (Average Value).
5. Tegangan efektif atau tegangan rms (root-mean-square) yaitu harga tegangan yang dapat diamati langsung dalam skala alat ukurnya.

Gambar arus dan tegangan bolak-balik.



### Arus dan tegangan sinusoidal.

Dalam generator, kumparan persegi panjang yang diputar dalam medan magnetik akan membangkitkan Gaya Gerak Listrik (GGL) sebesar :

$$E = E_m \sin \omega t$$

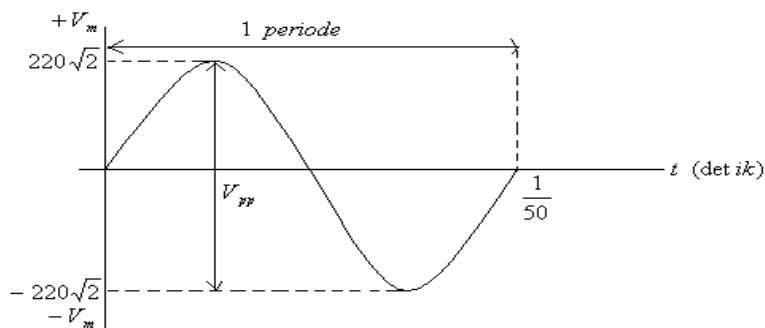
Dengan demikian bentuk arus dan tegangan bolak-balik seperti persamaan di atas yaitu :

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$v = v_m \sin \omega t$$

$i_m$  dan  $v_m$  adalah arus maksimum dan tegangan maksimum.

Bentuk kurva yang dihasilkan persamaan ini dapat kita lihat di layar Osiloskop. Bentuk kurva ini disebut bentuk sinusoidal gambar.



### Harga Efektif Arus Bolak-balik.

Harga efektif arus bolak-balik ialah harga arus bolak-balik yang dapat menghasilkan panas yang sama dalam penghantar yang sama dan dalam waktu yang seperti arus searah.

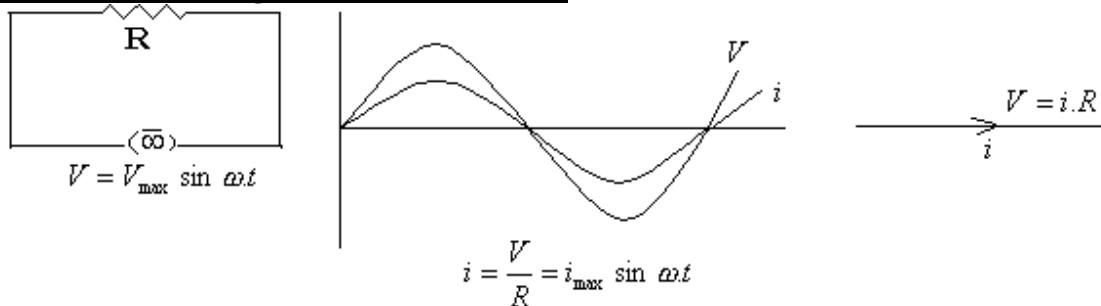
$$I_{\text{eff}} = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T (I_m \sin \omega t)^2 dt \right]^{1/2}$$

$$I_{\text{ef}} = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}} = 0,707 I_{\text{max}}$$

$$V_{\text{ef}} = \frac{V_{\text{max}}}{\sqrt{2}} = 0,707 V_{\text{max}}$$

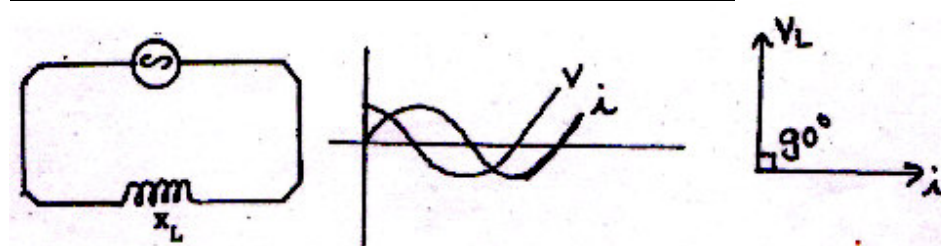
Kuat arus dan tegangan yang terukur oleh alat ukur listrik menyatakan harga efektifnya.

### Resistor dalam rangkaian arus bolak-balik.



Bila hambatan murni sebesar  $R$  berada dalam rangkaian arus bolak-balik, besar tegangan pada hambatan berubah-ubah secara sinusoidal, demikian juga kuat arusnya. Antara kuat arus dan tegangan tidak ada perbedaan fase, artinya pada saat tegangan maksimum, kuat arusnya mencapai harga maksimum pula.

### Kumparan induktif dalam rangkaian arus bolak-balik.



Andaikan kuat arus yang melewati kumparan adalah  $I = I_{\text{max}} \sin \omega t$ . Karena hambatan kumparan diabaikan  $I.R = 0$

Besar GGL induksi yang terjadi pada kumparan  $E_1 = -L \frac{dI}{dt}$

Bila tegangan antara AB adalah  $V$ , kuat arus akan mengalir bila :

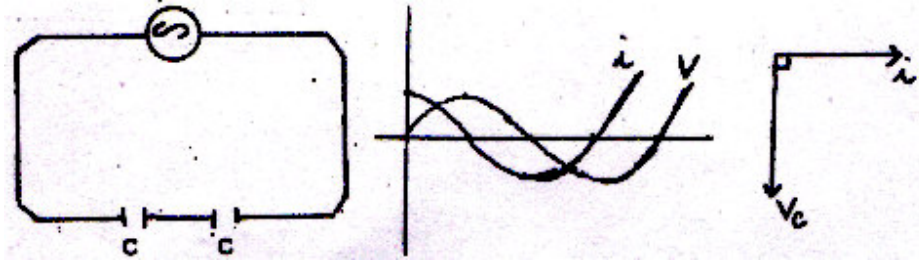
$$V = L \frac{dI}{dt}$$

$$V = L \frac{d(I_{\max} \sin \omega t)}{dt}$$

$$V = \omega L I_{\max} \cos \omega t$$

Jadi antara tegangan pada kumparan dengan kuat arusnya terdapat perbedaan fase  $\frac{\pi}{2}$ , dalam hal ini tegangan mendahului kuat arus.

### Capasitor Dalam Rangkaian Arus Bolak-balik.



Andaikan tegangan antara keping-keping kapasitor oada suatu saat  $V = V_{\max} \sin \omega t$ , muatan kapasitor saat itu :

$$Q = C.V$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{d(C.V_{\max} \sin \omega t)}{dt}$$

$$I = \omega C.V_{\max} \cos \omega t$$

Jadi antara tegangan dan kuat arus terdapat perbedaan fase  $\frac{\pi}{2}$  dalam hal ini kuat arus lebih dahulu  $\frac{\pi}{2}$  daripada tegangan.

### Impedansi (Z)

Kita tinjau rangkaian arus bolak-balik yang didalamnya tersusun resistor R, kumparan R, kumparan induktif L dan kapasitor C.

Menurut hukum ohm, tegangan antara ujung-ujung rangkaian :

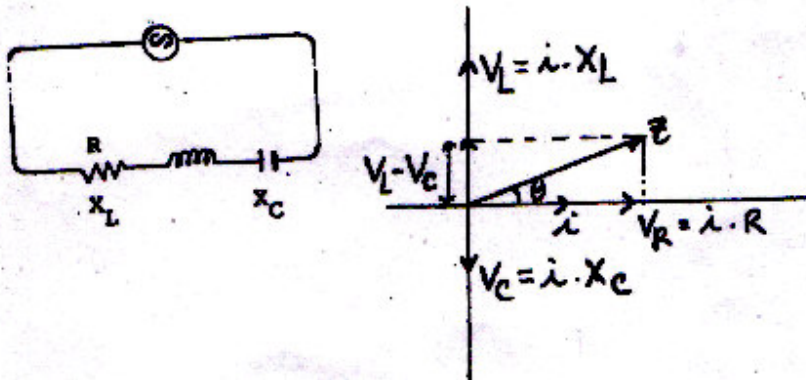
$$V = V_R + V_L + V_C$$

Dengan penjumlahan vektor diperoleh :

$$I_Z = \sqrt{(I X_L - I X_C)^2 + (I R)^2}$$

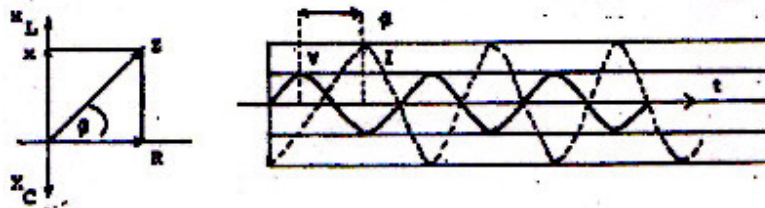
$$Z = \sqrt{(X_L - X_C)^2 + R^2}$$

Z disebut Impedansi



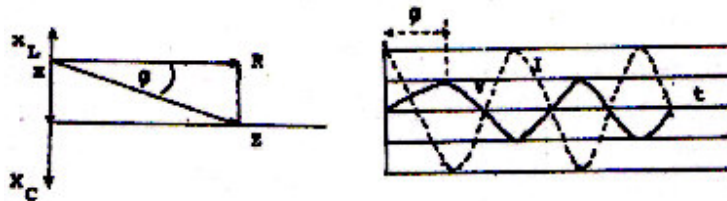
Ada tiga kemungkinan yang bersangkutan dengan rangkaian RLC seri yaitu :

1. Bila  $X_L > X_C$  atau  $V_L > V_C$ , maka rangkaian bersifat induktif.  $\tan \theta$  positif, demikian juga  $\theta$  positif. Ini berarti tegangan mendahului kuat arus.



2. Bila  $X_L < X_C$  atau  $V_L < V_C$ ,

maka rangkaian bersifat Kapasitif.  $\tan \theta$  negatif, nilai  $\theta$  negatif. Ini berarti kuat arus mendahului tegangan.

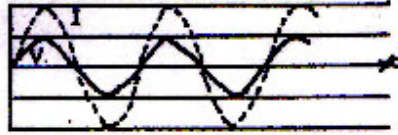
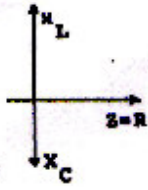


Demikian juga untuk harga  $V = \sqrt{(V_L - V_C)^2 + V_R^2}$

3. Bila  $X_L = X_C$  atau  $V_L = V_C$ , maka rangkaian bersifat resonansi.  $\tan \theta = 0$  dan  $\theta = 0$ , ini berarti tegangan dan kuat arus fasenya sama.

### Resonansi

Jika tercapai keadaan yang demikian, nilai  $Z = R$ , amplitudo kuat arus mempunyai nilai terbesar, frekuensi arusnya disebut frekuensi resonansi seri. Besarnya frekuensi resonansi dapat dicari sebagai berikut :



$$X_L = X_C$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$4\pi^2 f^2 = \frac{1}{LC}$$