

MATA KULIAH : FISIKA DASAR II  
KODE MK : EL-122  
Dosen : Dr. Budi Mulyanti, MSi

### **Pertemuan ke-11**

#### **CAKUPAN MATERI**

1. ARAH GGL INDUKSI; HUKUM LENZ
2. GENERATOR LISTRIK
3. GENERATOR AC
4. GGL BALIK PADA MOTOR LISTRIK

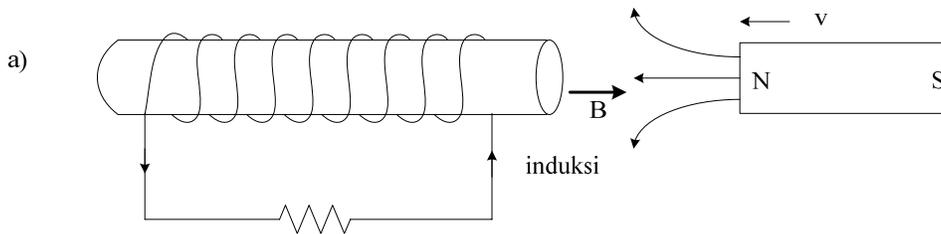
#### **SUMBER-SUMBER:**

1. Frederick Bueche & David L. Wallach, Technical Physics, 1994, New York, John Wiley & Sons, Inc
2. Tipler, Fisika Untuk sains dan Teknik (terjemah oleh Bambang Soegijono), Jakarta, Penerbit Erlangga, 1991
3. Gancoli Douglas C, Fisika 2 (terjemah), 2001, Penerbit Erlangga, Edisi 5.
4. Sears & Zemansky, Fisika Untuk Universitas 3 (Optika & Fisika Modern), 1991, Jakarta-New York, Yayasan Dana Buku Indonesia
5. Frederick J. Bueche, Seri Buku Schaum Fisika, 1989, Jakarta, Penerbit Erlangga
6. Halliday & Resnick, Fisika 2, 1990, Jakarta, Penerbit Erlangga
7. Sutrisno, Seri Fisika Dasar (Fisika Modern), 1989, Bandung, Penerbit ITB

#### **5.5. ARAH GGL INDUKSI; HUKUM LENZ**

- Aturan yang memberikan petunjuk kemana arah ggl induksi disebut hukum Lenz. Ketika flux yang melewati coil berubah, ada induksi ggl pada coil. Arus yang disebabkan oleh ggl induksi membangkitkan flux yang melalui coil. Flux induksi ini

dalam arah melawan asal perubahan fluks tersebut. Atau dengan kata lain ggl induksi berlawanan arah dengan perubahan flux. Jika  $\Phi$  bertambah, ggl induksi akan berkurang.



- Untuk menyatakan arah yang berlawanan ini dinyatakan dengan tanda minus pada rumus  $\mathcal{E}_{ind}$ . Jika  $\Phi$  bertambah ggl induksi mencoba menurunkan  $\Phi$ . Jika  $\Delta\Phi$  negatif, ggl induksi akan menaikkan  $\Phi$ .
- Aplikasi hukum Lenz pada ggl induksi yang disebabkan oleh sumber medan yang bergerak. Pada gambar a magnet bergerak ke kiri, sehingga  $B$  dan flux bertambah ke kiri melewati coil. Ggl induksi akan melawan perubahan ini. Ini menyebabkan arus mengalir pada arah yang ditunjuk oleh gambar. Arus ini akan membangkitkan flux ke kanan, sehingga flux induksi memiliki arah melawan perubahan yang disebabkan oleh gerakan magnet.
- Ggl induksi menyebabkan coil berperan sebagai magnet. Ujung kanan adalah kutub utara sehingga akan melawan magnet batang yang didekatkannya. Diperlukan usaha untuk mendorong magnet ke kiri. Usaha ini menyebabkan resistor menjadi panas oleh adanya arus induksi.

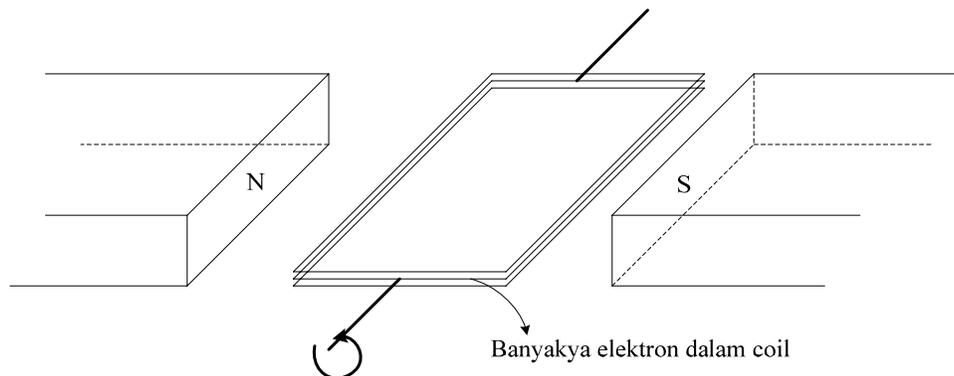
Kesimpulan:

- Batang magnet yang didekatkan menyebabkan ggl induksi dalam coil
- Ggl induksi menyebabkan arus
- Arus induksi menyebabkan medan magnet, yang melawan medan magnet batangan
- Usaha harus dilakukan untuk menggerakkan magnet
- Arus induksi dalam coil dan resistor menyebabkan energi panas
- Energi panas yang ditimbulkan sama dengan usaha yang dilakukan untuk menggerakkan magnet.

Dengan demikian Hukum Lenz ini sesuai dengan hukum kekekalan energi. Misalkan ggl induksi tidak melawan perubahan flux, maka flux induksi akan menginduksi ggl yang lain, dan seterusnya, sehingga terjadi ggl induksi tak berhingga banyaknya.

## 5.6. GENERATOR LISTRIK

- Aplikasi Hukum Faraday yang terpenting adalah generator ac dan transformator.
- Generator adalah suatu divais yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator listrik yang paling sederhana berisi coil yang dirotasikan dalam medan magnet.

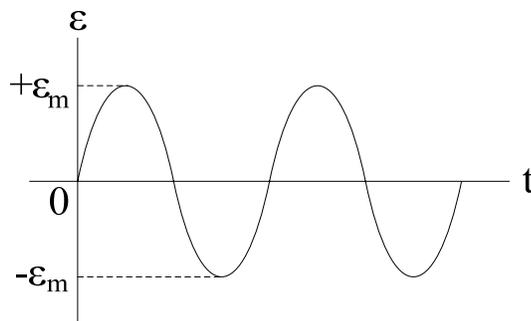


- Dalam prakteknya coil (kumparan kawat) ini dililitkan pada a silinder besi, dan system, ini disebut armatur. Terminal generator berupa cincin C1 dan C2. Hubungan dengan beban R terjadi melalui *bushing* dari tembaga lunak yang melakukan kontak dengan cincin terminal yang berputar. Medan magnet bisa berupa magnet permanen maupun elektromagnet (pada dinamo mobil). Suatu sumber energi luar, misalnya orang (dinamo sepeda), pembakaran (motor diesel, PLTU) atau energi potensial air (PLTA) dapat memutar / merotasikan armatur dalam medan magnet B. Flux yang menembus amatur berubah ketika berotasi.
  - Jika permukaan coil tersebut horisontal, artinya sudut antara garis-garis magnetik dan garis normal bidang kumparan saling tegak lurus, maka flux menjadi nol dan akan berharga maximum jika perinukalannya vertikal, atau:  $\Phi = AB \sin \theta$
  - Karena kumparan berotasi dengan kecepatan sudut  $\omega$  atau  $2\pi f$ , maka  $\Phi$  berubah terhadap waktu sebagai:  $\Phi = AB \cos \omega t$
- Jika N adalah jumlah lilitan (*loop*) dalam kumparan (*coil*), inaka menurut Hukum Faraday perubahan flux ini menyebabkan ggl induksi dalam coil sebagai berikut:

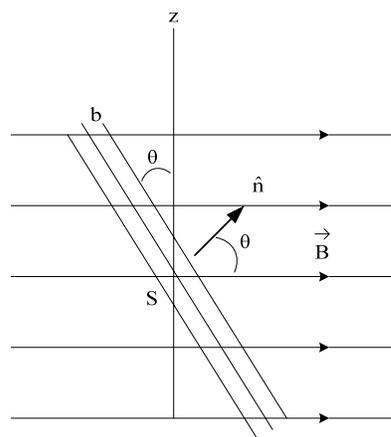
$$\varepsilon_{ind} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = NBA\omega \sin \omega t = \varepsilon_{max} \sin \omega t$$

- Nyatalah bahwa ggl yang dihasilkan berubah pula terhadap waktu, tiap periode  $T = 2\pi/\omega$  berubah tanda, sehingga menghasilkan tegangan bolak-balik atau tegangan ac. Amplitudo harga ggl induksi adalah:  $\varepsilon_{max} = NBA\omega$
- Umumnya pada generator kehilangan energi dalam bentuk friksi atau panas tidaklah terlalu besar. Oleh sebab itu generator listrik merupakan metode yang efisien untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Namun demikian tidak mungkin menghasilkan efisiensi mendekati 100%. Kesulitannya terutama dalam pembentukan energi mekanik, misalnya energi mekanik dari batubara dengan menggunakan uap memiliki efisiensi yang sangat rendah.

Kesimpulan: Energi mekanik input = energi listrik output + energi hilang (friksi)

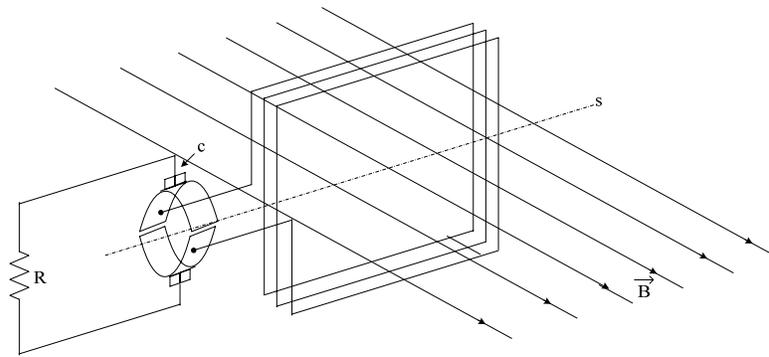


Grafik ggl imbas  $\varepsilon(t)$  pada dinamo ac

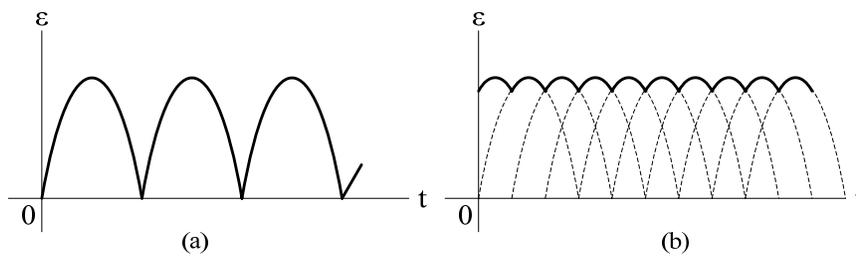


Kumparan dilihat dari samping

## 5.7. GENERATOR DC (ARUS SEARAH)



Dasar kerja generator arus searah. Perhatikan bentuk komutator c

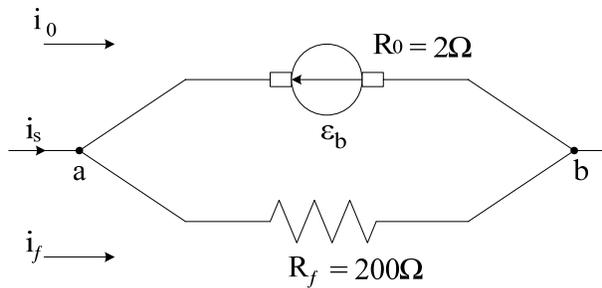


(a) Tegangan keluaran generator dc dengan satu kumparan  
 (b) Tegangan keluaran untuk 6 kumparan dengan komutator terdiri dari 12 segmen

- Dinamo dc berbeda dengan dinamo ac hanya dari bentuk cincin terminalnya saja. Pada dinamo dc cincin terminal terdiri dari setengah cincin-cincin C1 dan C2, yang berhadapan dan terpisahkan oleh isolator. Cincin dalam bentuk ini disebut cincin belah atau komutator. Tepat pada saat ggl induksi berubah tanda, kontak dengan rangkaian beban R berganti terminal, akibatnya tegangan keluaran hanya mempunyai satu tanda. Tegangan yang dihasilkan dikatakan searah atau dc (direct current).
- Dasar kerja generator arus searah. Perhatikan bentuk komutator C

### 5.8. GGL BALIK PADA MOTOR LISTRIK

- Pada motor listrik energi listrik diubah menjadi perputaran armatur. Jadi motor listrik merupakan kebalikan generator listrik. Energi masukan berupa energi listrik, energi keluaran berupa energi kinetik armatur. Perputaran armatur ini akan menimbulkan ggl induksi pada terminalnya.



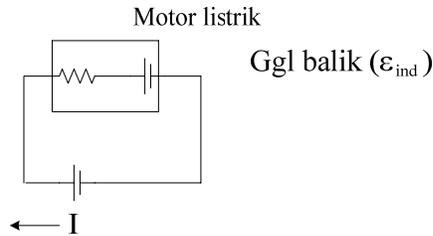
Motor Listrik Paralel

- Dari hukum Lenz, ggl induksi haruslah melawan penyebabnya, yaitu arus kumparan atau juga putaran motor. Jadi ggl induksi berlawanan tanda dengan ggl sumber tegangan motor. Ggl induksi pada motor listrik disebut ggl balik (*back emf*), karena mempunyai arah berlawanan dengan tegangan yang menjalankan motor.
- Karena kontak antara kumparan dengan sumber tegangan berbentuk komutator, maka ggl balik berubah dengan waktu seperti halnya dinamo dc. Harga ggl balik tersebut adalah:  $\varepsilon_{ind} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = NBA\omega \sin \omega t = \varepsilon_{max} \sin \omega t$
- Seperti halnya generator listrik, ggl balik juga sebanding dengan kecepatan sudut putar. Bila motor sudah berjalan cepat, harga ggl balik tinggi, tetapi pada awal gerak motor atau bila beban mekanik motor berat, maka motor berputar pelan, ggl balikpun kecil, sehingga daya yang diambil dari sumber luarpun menjadi besar. Dari peristiwa ini maka kita dapat memahami mengapa terjadi tarikan daya yang besar sewaktu kita mulai menjalankan motor listrik, misalnya pada mesin jahit atau lemari es.
- Dapat disimpulkan bahwa setiap motor adalah generator dimana ggl balik yang ditimbulkannya berlawanan tanda dengan tegangan sumber yang menggerakkan motor. Efek ggl balik adalah menurunkan arus pada rangkaian. Jika resistansi motor adalah  $r$ , maka arus yang mengalir adalah:

$$I = \frac{\text{tegangan (sumber)} - \text{ggl (balik)}}{r} = \frac{V - \varepsilon_{ind}}{r}$$

Pada umumnya  $r$  hanyalah beberapa ohm.

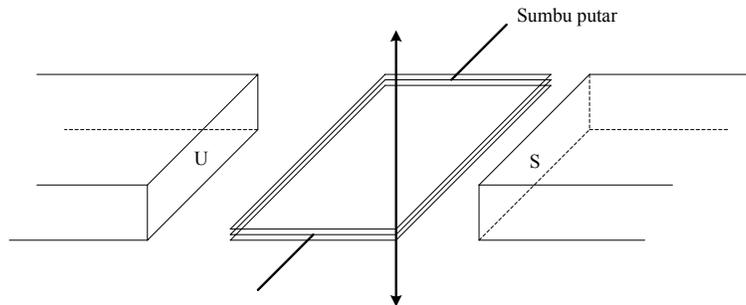
Karena tegangan sumber pada umumnya 120V. maka ggl balik pada motor mendekati harga tegangan sumber.



SOAL

1. Sebuah generator yang terdiri dari 50 lilitan pada kumparan segi empatnya (  $A = 4,5 \times 10^{-4} m^2$  ) diputar dengan kecepatan sudut  $\omega = 0,7 rad/s$  dalam medan magnet  $= 0,5 T$  .
  - a. Buatlah grafik antara  $\epsilon_{ind}$  dengan  $\theta$  ,dimana  $\theta = \omega t$  dan t berubah dari 0 – 50 s.
  - b. Berapa  $\epsilon_{in}$  maksimum dan minimum yang terjadi?
  
2. Sebuah loop kumparan segi-empat dengan luas 3 x 4 cm mempunyai 50 lilitan. Jika kumparan tersebut berotasi dengan sumbu tegak lurus medan magnet 0,60 T. Berapa besar (putaran/s) kumparan tersebut harus diputar jika GGL induksi maksimum yang terjadi adalah 100 V ?

Jawab :



$$A = 3 \text{ cm} \times 4 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2 = 12 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\epsilon = NBA\omega$$

$$\omega = \frac{\epsilon}{NBA} = \frac{100}{(50)(0,60)(12 \times 10^{-4})} = 2,7 \times 10^{-4} \text{ rad/s} = \frac{2700}{2\pi} = 44 \text{ put/s}$$

3. Sebuah pemanas listrik dibuat untuk menghasilkan panas 12000 cal panas per-detik. Pada tegangan berapa dioperasikan jika mengalir arus sebesar 300 A ?

Jawab :

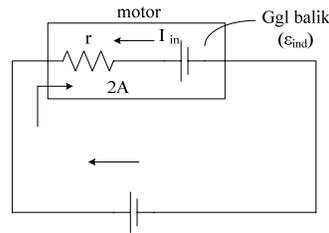
$$E = Pt \rightarrow \frac{E}{t} = P = 12000 \text{ cal} = 50160 \text{ J}$$

$$P = VI$$

$$V = \frac{P}{I} = \frac{50160}{300} = 167,2 \text{ V}$$

4. Jika hambatan DC pada sebuah motor sebesar  $5,7 \Omega$  dihubungkan dengan tegangan DC 120 V, dan mengalir arus sebesar 2,0 A.
- Berapa GGL balik pada motor ?
  - Berapa besar arus induksi yang mengalir pada motor pada saat dinyalakan dengan tegangan 120 V ?

Jawab :



- $$I = \frac{V - \epsilon_{ind}}{r}$$
  

$$Ir = V - \epsilon_{ind}$$
  

$$\epsilon_{ind} = V - Ir = 120 - (2)(5,7) = 108,6 \text{ V}$$
- $$I_{in} = \frac{108,6}{5,7} = 19 \text{ A}$$
 berlawanan arah jarum jam

5. Hambatan DC sebuah motor adalah sebesar  $7,5 \Omega$ . Jika dioperasikan pada tegangan 110 V, arus yang mengalir adalah sebesar 1,2 A.
- Berapa besar GGL induksi pada tegangan tersebut ?
  - Jika motor tiba-tiba diberi beban sehingga tidak bisa bergerak lagi, berapa besar arus yang mengalir ?

Jawab :

- $$\epsilon_{ind} = V - Ir = 110 - (1,2)(7,5) = 101 \text{ V}$$
- $$I_{in} = \frac{\epsilon_{ind}}{r} = \frac{101}{7,5} = 13,466 \text{ A}$$

- (32) Sebuah motor dengan daya  $\frac{1}{4}$  hp dan hambatan  $0,50 \Omega$  mempunyai efisiensi 100%.
- Berapa besar arus mengalir pada tegangan 110 V dan berapa daya output sebesar  $\frac{1}{4}$  hp ?
  - Berapa GGL balik yang terjadi ?

Jawab :

a.  $P = \frac{1}{4} \text{hp} = \frac{1}{4}(746) = 186,5 \text{ W}$

$$P = IV$$

$$I = \frac{186,5}{110} = 1,695 \text{ A}$$

b.  $\varepsilon_{ind} = V - Ir = 110 - (1,695)(0,5) = 110 - 0,85 = 109,15 \text{ V}$