

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

Pertemuan ke-12

CAKUPAN MATERI

1. TRANSFORMATOR
2. TRANSMISI DAYA
3. ARUS EDDY DAN PANAS INDUKSI
4. GGL INDUKSI KARENA GERAK

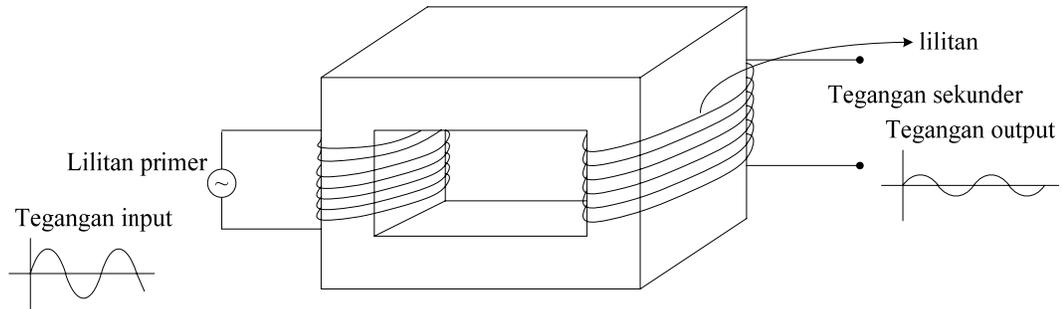
SUMBER-SUMBER:

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

5.9. TRANFORMATOR

- Kita sering mengubah tegangan listrik ac dari satu harga ke harga yang lain. Sebagai contoh, tegangan radio transistor atau kalkulator adalah sekitar 6 - 12 V dc dan ini memerlukan tegangan ac sebesar itu pula. Akan tetapi tegangan PLN adalah 110 atau

220 V ac. Untuk itu diperlukan transformator untuk mengubah tegangan ac tersebut. Tegangan PLN 220 V sendiri sudah diturunkan dari 20000 V ac oleh gardu transformator.



- Transmisi daya listrik dari pembangkit listrik ke kota-kota dilakukan dengan tegangan tinggi, agar daya tinggi dapat dikirimkan dengan arus yang rendah.
- Transformator terdiri dari kumparan (coil) primer dan kumparan sekunder yang dililitkan pada inti besi. Misalkan pada kumparan primer dipasang suatu tegangan yang berubah terhadap waktu, dan kumparan sekunder dibiarkan terbuka.
- Kumparan primer memiliki N_p lilitan yang dihubungkan dengan sumber daya ac. Simbol (\sim) digunakan sebagai lambang sumber tegangan ac. Gelombang dalam lingkaran mengingatkan kita bahwa tegangan bolak-balik.
- Arus ac yang mengalir pada kumparan primer disebabkan karena adanya sumber daya ac. Kumparan sekunder tidak memiliki sumber daya dalam rangkaian. Jumlah loop di dalamnya adalah N_s .
- Flux oleh tegangan pada kumparan primer sama besar dengan flux yang menyebabkan tegangan pada kumparan sekunder. Flux pada kumparan primer disebabkan oleh sumber tegangan ac. Dan medan magnet yang searah dengan jarum jam sepanjang inti besi menernbus kedua kumparan. Jumlah garis-garis flux yang menembus kumparan primer sama dengan yang menembus kumparan sekunder. Pada saat tegangan tegangan sinusoidal berubah, flux juga berubah. Flux yang berubah ini mengalir melalul kumparan kedua, sehingga menginduksi ggl pada kumparan sekunder.
- Ggl induksi tersebut menurut Hukum Faraday adalah:

$$(\mathcal{E}_{ind})_s = -N_s \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (\text{ggl pada kumparan sekunder})$$

Karena garis-garis flux dan waktu adalah sama pada kumparan primer dan sekunder, maka ggl yang membangkitkan kumparan primer adalah:

$$(\mathcal{E}_{ind})_p = -N_p \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (\text{ggl pada kumparan primer})$$

dimana pada kumparan primer im bambatannya kecil.

- Perbandingan tegangan output terhadap tegangan input pada transformator adalah sebagai berikut:

$$\frac{(\mathcal{E}_{ind})_s}{(\mathcal{E}_{ind})_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

yaitu sama dengan perbandingan jumlah lilitan pada kumparan sekunder terhadap kumparan primer.

- Kesimpulan: Transformator dapat digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan.

5.10. TRANSMISI DAYA

- Fungsi transformator yang lain yaitu dapat mentransmisikan energi listrik pada jarak yang jauh. Untuk membawa arus listrik yang sangat besar tanpa melelehkan kabel, diperlukan diameter kabel yang amat besar. Meskipun ini bisa dilakukan, namun tentu saja sangat tidak efisien.
- Jika daya (misalkan $4 \times 10^7 \text{ W}$) ditransmisikan pada tegangan tinggi (misalkan $5 \times 10^5 \text{ V}$) hanya diperlukan arus yang kecil sebesar 80 A. Ini jauh lebih mudah dilakukan daripada jika digunakan tegangan 120 V, maka arus yang mengalir melalui kabel adalah sebesar $3,3 \times 10^5 \text{ A}$. Namun demikian tegangan dalam orde 10^5 sangatlah berbahaya, sehingga harus diturunkan untuk transmisi daya dari satu wilayah ke wilayah lainnya. Sehingga PLN harus menyediakan transformator yang berfungsi untuk menurunkan tegangan.
- Tegangan rendah ini kemudian dibawa ke suatu wilayah, dan sebelum digunakan oleh perumahan dan perkantoran tegangan masih harus diturunkan lagi. Jelaslah bahwa transformator sangat bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari. Sistem yang sangat efisien dalam pendistribusian energi ini hanya bekerja pada sistem ac.

5.11. ARUS EDDY & PANAS INDUKSI

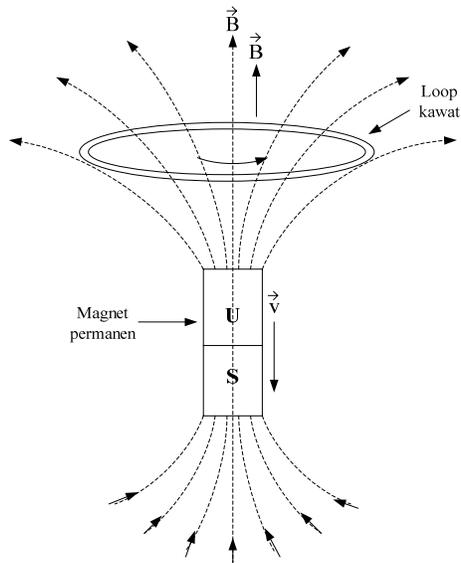
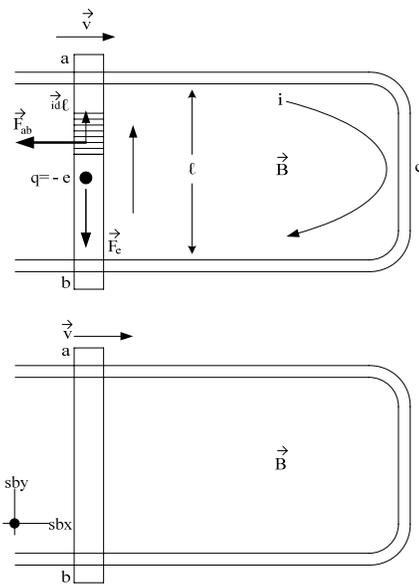
- Inti besi elektromagnet memiliki flux magnetik yang berubah-ubah terhadap waktu yang menyebabkan induksi arus pada inti besi tersebut. Semua perangkat (device) ac dikelilingi oleh medan magnet yang berubah. Arus yang mengalir ke device dan

dalam device tersebut adalah arus bolak-balik. Sebagai hasilnya medan magnet Yang disebabkan oleh arus Yang mengalir, juga berubah. Perubahan medan magnet ini kemudian menginduksi ggl di dalam logam Yang ditempatkan dalam daerah tersebut. Ggl ini menyebabkan arus mengalir dalam logam.

- Arus induksi tersebut disebut arus Eddy, yang mengalir dalam logam yang ditempatkan dalam medan magnet yang berubah.
- Misalkan kumparan kawat pada inti logam. Kumparan ini dapat berupa transformator. Tegangan ac sumber menyebabkan flux ke atas dan ke bawah. Perubahan flux ini menyebabkan ggl induksi yang berubah-ubah searah dan berlawanan arah jarum jam, yang menyebabkan arus, yaitu arus Eddy melingkar ke depan dan ke belakang dalam inti logam.
- Arus Eddy dapat direduksi dengan melaminasi inti logam. Pada umumnya arus Eddy tidaklah diinginkan, karena menyebabkan pemanasan inti logam sehingga menyebabkan energi terbuang. Pada transformator untuk mereduksi arus Eddy, inti transformator dibuat menjadi berlapis-lapis dimana satu sama lainnya terinsulasi dengan menggunakan *varnish* atau plastik. Karena ada pembatas insulator inilah maka arus tidak dapat lagi mengalir melingkar.
- Namun demikian kadang-kadang arus Eddy diperlukan, misalnya pada peristiwa panas induksi. Logam dapat meleleh dengan menempatkannya di dalam medan magnet yang berubah dengan cepat. Arus Eddy yang ditimbulkannya menyebabkan panas yang diperlukan untuk melelehkan logam tersebut.

5.12. GGL INDUKSI KARENA GERAK

Terjadinya ggl induksi karena 2 hal yaitu dalam medan magnet konstan dengan luas kumparan arus berubah atau luas kumparan tetap namun medan magnet berubah. Misalkan kita melakukan eksperimen dengan menggunakan kawat yang dilengkungkan seperti huruf U dan sebatang logam yang dipasang tegak lurus dan menempel pada kedua kaki kawat lengkungan. Sistem ini diletakkan dalam medan magnet dimana bidang kawat tegak lurus induksi magnet \mathbf{B} . Selanjutnya batangan logam tersebut **kita** gerakkan ke kanan.



Bila magnet permanen digerakkan ke bawah, pada loop muncul arus induksi I dengan arah seperti gambar. B adalah induksi medan magnet oleh arus i .

SOAL:

1. Sebuah transformator digunakan untuk mengubah tegangan 120 V menjadi 9,0 V.

- Berapa harga perbandingan N_P/N_S ?
- Jika ada kesalahan dihubungkan terbalik, berapa besar tegangan output sampai trafo tersebut terbakar ?

Jawab:

$$a. \frac{\varepsilon_P}{\varepsilon_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

$$\frac{N_P}{N_S} = \frac{\varepsilon_P}{\varepsilon_S} = \frac{120}{9}$$

$$\frac{N_P}{N_S} = 13,3$$

$$b. \varepsilon_S = \frac{N_P}{N_S} \varepsilon_P$$

$$= (13,3)(120) = 1600 \text{ V}$$

2. Sebuah trafo “neon sign” didisain/dirancang untuk mengubah tegangan 130 V menjadi 14000 V ac.

- Berapa rasio N_P/N_S pada trafo tersebut ?
- Jika trafo dihubungkan terbalik (130 V untuk kumparan sekunder), berapa tegangan yang nampak pada kumparan primer ?

Jawab :

a. $\frac{N_P}{N_S} = \frac{\varepsilon_P}{\varepsilon_S} = \frac{130}{14000} = 0,00928$

b. $\varepsilon_P = \frac{N_P}{N_S} \varepsilon_S \rightarrow$ karena terbalik $\varepsilon_P = \frac{N_S}{N_P} \varepsilon_S$, maka $\varepsilon_P = \frac{N_S}{N_P} \varepsilon_S = \frac{14000}{130} \times 130 = 14000V$

3. Sebuah trafo dibuat dengan cara memutarakan 100 lilitan pada solenioda dengan inti besi sebagai kumparan primer. Diatas nya ada lilitan kawat sebanyak 2000 lilitan, sebagai kumparan sekunder.

- a. *Step-up* atau *step-down* transformator tersebut ?
- b. jika tegangan input 120 V, berapa tegangan output nya ?

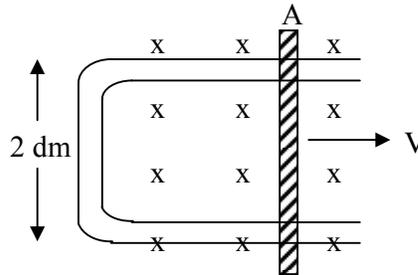
Jawab :

a. *Step-up*

b. $V_o = \frac{N_S}{N_P} V_{in} = \frac{2000}{100} \times 120 = 2400 V$

4. Jika diketahui medan magnet masuk menembus bidang gambar sebesar $B = 0,2 T$. Kawat A digerakkan dengan $v = 2,5 m/s$. Hitung :

- a. ε in yang terjadi !
- b. arah arus I_{in} !



2. $\varepsilon_{in} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

$\varepsilon_{in} = B l v$

$\varepsilon_{in} = (0,2)(0,2)(2,5)$

$\varepsilon_{in} = 0,1 \text{ volt}$

Arah arus $\varepsilon_{in} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

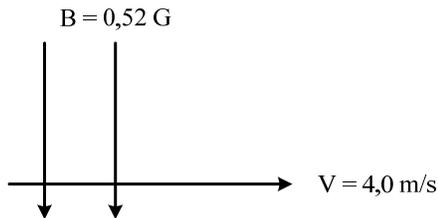
$\Delta\phi = B \Delta A$

$\Delta A > 0$, berarti $\Delta\phi > 0$

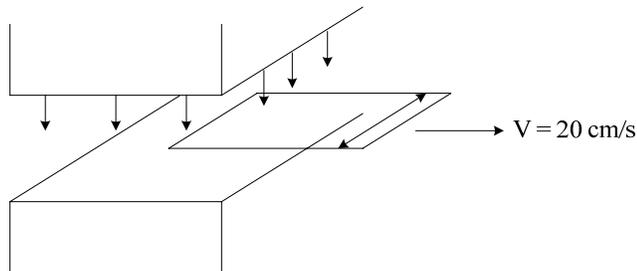
Maka $\Rightarrow \varepsilon_{in} = -$, maka B_{in} berlawanan dengan B yang telah ada.

Berarti I berlawanan arah jarum jam.

5. Untuk mengukur medan magnet bumi, seorang anak menghubungkan kedua ujung kumparan horizontal (luas = $0,40 \text{ m}^2$) dengan voltmeter. Sambil membawa kumparan dan voltmeter anak tersebut lari sepanjang garis lurus datar dengan laju $4,0 \text{ m/s}$. Jika komponen vertikal medan bumi adalah $0,52 \text{ G}$. Berapakah besar tegangan yang terbaca pada voltmeter ?



6. Nampak pada gambar kumparan kawat ditarik keluar dari medan magnet uniform ($B = 0,25 \text{ T}$)



- Pada laju berapa fluks berubah melalui kumparan ?
- Berapa harga GGL induksi dalam kumparan searah atau berlawanan arah jarum jam ?
- Berapa besar arus dalam kumparan, jika $R = 0,020 \Omega$?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{a. } \frac{\Delta \phi}{\Delta t} &= Bvd \\ &= (0,25)(0,2)(0,045) = 2,25 \times 10^{-3} \text{ Wb/s} \end{aligned}$$

- b. $\varepsilon = 2,25 \text{ mV}$ searah jarum jam, karena $\varepsilon \oplus$ maka searah medan magnet yang telah ada

$$\text{c. } I = \frac{2,25 \times 10^{-3}}{0,020} = 0,1125 \text{ A}$$

Keterangan : ΔA berkurang, maka $\Delta \Phi < 0$, sehingga $\varepsilon > 0 \rightarrow$ searah dengan medan magnet yang telah ada \rightarrow arah searah jarum jam