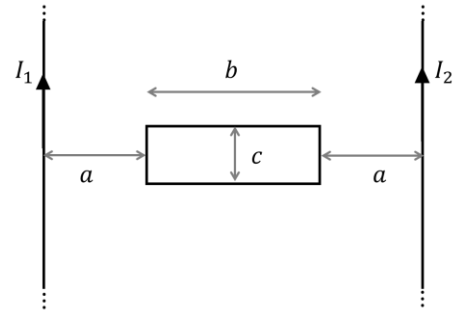




UJIAN 2 FI-1201 FISIKA DASAR IIA (4 SKS)
Semester II, Tahun Akademik 2017/2018
Rabu, 2 Mei 2018; Pukul 09:30 – 11:30 WIB (120 menit)

1. Dua kawat lurus panjang sejajar dialiri arus tersusun seperti pada gambar. Sebuah loop konduktor berbentuk segiempat berada di antara kedua kawat tersebut. Besar medan magnet pada titik yang berjarak r dari kawat lurus panjang berarus I adalah $B = \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi r}\right)$. Jika diketahui $I_1 = I_m \cos(\omega t)$ dan $I_2 = I_m \sin(\omega t + \theta)$ tentukanlah:
- fluks magnet yang menembus loop oleh arus I_1 ,
 - total fluks magnet yang menembus loop oleh arus I_1 dan I_2 ,
 - ggl induksi ($\varepsilon_{\text{induksi}}$) pada loop akibat arus I_1 dan I_2 ,
 - nilai fase awal (θ) pada I_2 agar tak terjadi ggl induksi pada loop.



Jawab:

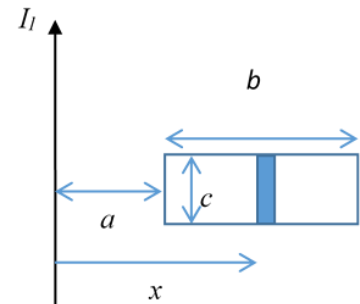
- a) besar medan magnet pada jarak x dari kawat 1: $B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x}$ dengan arah menembus bidang gambar ke belakang (arah \times)

Nilai Maks
= 5

Fluks yang menembus luasan $c \cdot dx$ (terarsir pada gambar): $\phi = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} c dx$

Fluks oleh I_1 yang menembus loop:

$$\phi_{\text{loop}, I_1} = \int_a^{a+b} \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} c dx = \frac{\mu_0 I_m \cos \omega t}{2\pi} c \ln \frac{b+a}{a}$$



- b) Arus I_2 menimbulkan medan magnet di area loop dengan arah menembus bidang gambar ke depan (arah \odot). Dengan cara yang sama dengan langkah a, dapat ditentukan fluks pada loop yang diakibatkan oleh arus I_2 saja:

Nilai Maks
= 5

$$\phi_{\text{loop}, I_2} = \int_a^{a+b} \frac{\mu_0 I_2}{2\pi x} c dx = \frac{\mu_0 I_m \sin(\omega t + \theta)}{2\pi} c \ln \frac{b+a}{a}$$

Sehingga total fluks yang menembus loop:

$$|\phi_{\text{loop}}| = \frac{\mu_0}{2\pi} c \ln \frac{b+a}{a} I_m (\cos \omega t - \sin(\omega t + \theta))$$

- c) $\varepsilon_{\text{ggl}} = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{\mu_0}{2\pi} c \ln \frac{b+a}{a} I_m \omega (-\sin \omega t - \cos(\omega t + \theta))$

Nilai Maks = 5

- d) $\varepsilon_{\text{ggl}} = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{\mu_0}{2\pi} c \ln \frac{b+a}{a} I_m \omega (-\sin \omega t - \cos(\omega t + \theta)) = 0$

$$-\sin \omega t = \cos(\omega t + \theta)$$

$$-\sin \omega t = \sin(-\omega t) = \cos\left(\frac{\pi}{2} + \omega t\right)$$

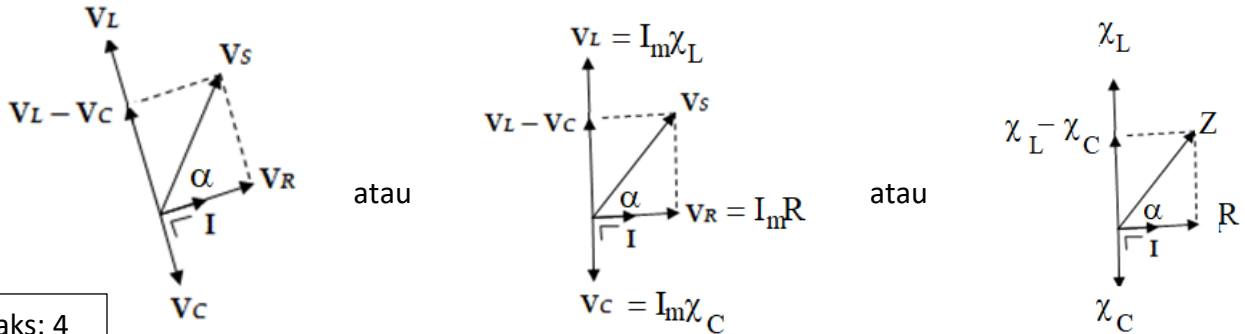
$$\text{jadi } \theta = \frac{\pi}{2}$$

Nilai Maks = 5

2. Generator *ac* dengan fungsi tegangan $V_s(t) = 50 \sin(10^4 t)$ volt dengan t dalam detik, dihubungkan seri dengan resistor 300 ohm, induktor 60 mH, dan kapasitor 0,5 μ F.
- Gunakan diagram fasor untuk menentukan impedansi rangkaian.
 - Jika beda fase antara tegangan sumber dan arus adalah α , carilah nilai $\tan \alpha$.
 - Tentukan nilai amplitudo arus I_m .
 - Tentukan tegangan listrik yang mengapit kapasitor sebagai fungsi t .

Jawab

- a. Diagram fasor lengkap tegangan dan arus adalah sebagai berikut



Nilai fasor maks: 4

Dengan menggunakan kaitan $V_{0s} = I_0 Z$, $V_{0R} = I_0 R$, $V_{0L} = I_0 X_L$, $V_{0C} = I_0 X_C$ pada diagram fasor di jawaban atas, diperoleh impedansi rangkaian

$$\begin{aligned}
 Z &= \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \\
 &= \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \\
 &= \sqrt{(300)^2 + \left\{ (10^4 \cdot 60 \cdot 10^{-3}) - \left(\frac{1}{10^4 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}} \right) \right\}^2} \\
 &= \sqrt{(300)^2 + (600 - 200)^2} = \sqrt{(300)^2 + (400)^2} = 500 \Omega.
 \end{aligned}$$

Nilai impedansi maks: 4

- b. Dalam rangkaian RLC seri, beda fasa antara arus dan tegangan sumber dapat dilihat dari diagram fasor. Pada diagram fasor di atas terlihat bahwa fase tegangan sumber mendahului fase arus, sehingga fungsi arus menjadi $I(t) = I_m \sin(10^4 t - \alpha)$ A
Sudut fase α dapat dicari dari:

$$\tan \alpha = \frac{V_{0L} - V_{0C}}{V_{0R}} = \left(\frac{X_L - X_C}{R} \right) = \left(\frac{600 - 200}{300} \right) = \left(\frac{4}{3} \right)$$

- c. Nilai maksimum dari arus listrik pada rangkaian dapat ditentukan dari: $I_m = \frac{V_{0s}}{Z} = \frac{50}{500} = 0,1$ A

Nilai maks: 4

- d. $V_c(t) = (0,1)(200) \sin \left(\omega t - \arctan \left(\frac{4}{3} \right) - \frac{\pi}{2} \right)$ V

Nilai maks: 4

3. Komponen medan listrik dari gelombang elektromagnetik (EM) yang merambat dalam vakum adalah $\vec{E}(x, t) = (60\pi \text{ V/m}) \cos(\omega t - kx) \hat{j}$ dengan x dalam meter dan t dalam detik. Diketahui frekuensi gelombang EM tersebut adalah $f = 5 \text{ MHz}$ dan lajunya dalam vakum adalah $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ dan $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$. Tentukan:
- panjang gelombang dan arah rambat gelombang EM tersebut,
 - komponen medan magnet dari gelombang EM tersebut,
 - intensitas dari gelombang EM tersebut,
 - daya rata-rata yang diberikan oleh gelombang EM tersebut pada permukaan seluas 2 m^2 , yang tegak lurus arah datang sinar.

Jawab:

- a. Karena gelombang merambat di vakum, maka panjang gelombang dari gelombang elektromagnetik adalah

Nilai Panjang gelombang maks: 4

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^6} = 60 \text{ m}$$

Karena sudut fase pada medan listrik adalah $(\omega t - kx)$, maka gelombang elektromagnetik merambat pada arah x positif.

Nilai arah rambat maks: 4

- b. Medan listrik dan medan magnetik sefase, maka

Nilai maks: 4

$$\vec{B}(x, t) = \frac{1}{c} (\hat{i} \times \vec{E}) = (2\pi \times 10^{-7} \text{ T}) \cos(\omega t - kx) \hat{k}$$

- c. Intensitas dari gelombang EM adalah rata-rata terhadap waktu dari vektor Poynting:

$$I = \frac{1}{2\mu_0} E_{maks} \cdot B_{maks}$$

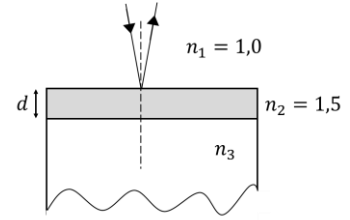
$$I = \frac{1}{2\mu_0} (60\pi)(2\pi \times 10^{-7}) = \frac{1,2\pi^2 \times 10^{-5}}{2(4\pi \times 10^{-7})} = 15\pi \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} = 47,1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Nilai maks: 4

- d. Daya rata-rata adalah $\langle P \rangle = IA = (15\pi)(2) = 30\pi \text{ W}$

Nilai maks: 4

4. Sebuah lapisan tipis gelas yang memiliki tebal d dan indeks bias $n_2 = 1,5$ diletakkan pada permukaan sebuah bahan yang memiliki indeks bias $n_3 = 2,0$ seperti pada gambar. Seberkas sinar dari udara ($n_1 = 1,0$) datang hampir tegak lurus mengenai permukaan atas gelas. Sinar yang datang adalah gabungan dari dua warna, yaitu biru dengan panjang gelombang di udara 450 nm dan oranye dengan panjang gelombang di udara 600 nm ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$).



- Apabila fase sinar datang di permukaan gelas adalah $(\omega t + \phi)$ radian, tentukanlah fase gelombang sinar pantul di permukaan atas gelas akibat: (i) pantulan oleh permukaan atas gelas dan (ii) pantulan permukaan bawah gelas.
- Tentukan tebal minimum lapisan gelas yang menghasilkan interferensi konstruktif gelombang pantul dari masing-masing sinar biru dan sinar oranye.
- Apabila bahan diganti dengan bahan lain yang berindeks bias $n_3 = 1,25$, maka berapakah tebal minimum lapisan gelas yang menghasilkan interferensi konstruktif gelombang pantul dari sinar biru?

Jawab:

- Karena sinar datang dari medium yang memiliki indeks bias kecil dan dipantulkan oleh medium dengan indeks bias besar, maka
 - fase dari gelombang pantul akibat permukaan atas kaca menjadi $(\omega t + \phi \pm \pi)$,
 - fase sinar pantul dari bahan n_2 akibat beda panjang lintasan dan pemantulan

Nilai maks: 4

$$\left(\omega t + \phi \pm \pi + \frac{2dn_2}{\lambda} \times 2\pi \right)$$

Nilai maks: 4

- Karena dua sinar datang ke pengamat memiliki loncatan fase yang sama yaitu (π) , maka syarat interferensi maksimum adalah $2d = \frac{m\lambda}{n_2}$, sehingga tebal untuk orde bukan nol untuk sinar biru menjadi:

$$d = \frac{(1)(450 \text{ nm})}{(2)(1,5)} = 150 \text{ nm}$$

Nilai maks: 4

sehingga tebal untuk orde bukan nol untuk sinar oranye menjadi:

$$d = \frac{(1)(600 \text{ nm})}{(2)(1,5)} = 200 \text{ nm}$$

Nilai maks: 4

- Karena sinar datang dari medium yang memiliki indeks bias kecil dan dipantulkan oleh medium dengan indeks bias besar, maka fase dari gelombang pantul akibat permukaan atas lapisan tipis gelas menjadi $(\omega t + \phi \pm \pi)$, tetapi untuk sinar hasil pemantulan permukaan bawah lapisan tipis gelas, karena n_3 lebih kecil dari n_2 maka fase gelombang pantul 2 tidak terjadi pembalikan fase sehingga menjadi $(\omega t + \phi + \frac{2dn_2}{\lambda} \times 2\pi)$.

Sinar yang datang ke pengamat mengalami loncatan fase yaitu sinar pantul 1 (π) dan sinar pantul 2 tidak mengalami loncatan fase, maka syarat interferensi maksimumnya menjadi

$$2d + \frac{\lambda}{2n_2} = \frac{m\lambda}{n_2} \rightarrow 2dn_2 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

sehingga tebal lapisan tipis gelas minimum untuk interferensi konstruktif dari sinar biru:

$$d = \frac{\lambda}{(2)(1,5)(2)} = \frac{450 \text{ nm}}{(6)} = 75 \text{ nm}$$

Nilai maks: 4

5. Sinar-X dengan panjang gelombang $\lambda = 1,0 \times 10^{-11}$ m ditembakkan pada satu elektron yang diam. Diketahui $\frac{h}{(m_e c)} = 2,42 \times 10^{-12}$ m.
- Tentukan panjang gelombang dari sinar-X yang terhambur dengan sudut hamburan 60° .
 - Tentukan panjang gelombang maksimum dari sinar-X yang terhambur.
 - Gunakan hukum kekekalan energi untuk mendapatkan energi kinetik elektron yang dinyatakan dalam panjang gelombang sinar-X yang datang (λ) dan yang terhambur (λ').

Jawab:

- a. Formulasi hamburan Compton:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \left(\frac{h}{m_e c}\right) (1 - \cos \phi) = (2,42 \times 10^{-12} \text{ m}) (1 - \cos 60^\circ)$$

Nilai maks: 7

$$= (2,42 \times 10^{-12} \text{ m}) \left(1 - \frac{1}{2}\right)$$

$$\lambda' - \lambda = (2,42 \times 10^{-12} \text{ m}) \left(\frac{1}{2}\right) = 1,21 \times 10^{-12} \text{ m}$$

$$\lambda' = \lambda + 1,21 \times 10^{-12} \text{ m} = 10^{-11} \text{ m} + 1,21 \times 10^{-12} \text{ m} = (10 + 1,21) \times 10^{-12} \text{ m}$$

$$\lambda' = 11,21 \times 10^{-12} \text{ m} \text{ atau } 11,21 \text{ pm.}$$

- b. Diketahui

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \phi)$$

Nilai maks: 7

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \phi)$$

$$\lambda'_{\text{maks}} \text{ hanya jika } \cos \phi = -1 \text{ sehingga } (1 - \cos \phi) = 1 - (-1) = 2$$

$$\lambda'_{\text{maks}} = \lambda + \frac{h}{m_e c} (2) = 10^{-11} \text{ m} + (2,42 \times 10^{-12} \text{ m})(2)$$

$$= (10 + 4,84) \times 10^{-12} \text{ m} = 14,84 \times 10^{-12} \text{ m} \text{ atau } 14,84 \text{ pm}$$

- c. Dari hukum kekekalan energi diperoleh

Nilai maks: 6

$$E = E'$$

$$E_{\text{elektron}} + E_{\text{foton}} = E'_{\text{elektron}} + E'_{\text{foton}}$$

$$mc^2 + h \frac{c}{\lambda} = mc^2 + K_{\text{elektron}} + h \frac{c}{\lambda'}$$

$$K_{\text{elektron}} = hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'}\right)$$