

**Pengaruh Suhu Terhadap Perubahan Pola Interferensi Pada Fiber Optik****Nur Hanifah Fitriana[✉], Sri Yuliatun, Tira Maulani 'Adhimah, Widowati Mustika Sholih**

Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Sebelas Maret

Gedung D, Kampus FKIP, Surakarta 57126

Info Artikel

Diterima Desember 2017

Disetujui Januari 2018

Dipublikasikan Februari
2018*Keywords:*Fiber Optik, Interferensi,
Suhu**Abstrak**

Penulisan makalah ini bertujuan untuk menjelaskan pengaruh variasi suhu terhadap pola interferensi pada fiber optik dan menjelaskan aplikasi dari perubahan pola interferensi fiber optik akibat dari perubahan suhu. Metode yang digunakan pada makalah ini adalah kajian pustaka dari berbagai sumber atau referensi yang relevan. Dalam makalah ini, sumber pustaka yang digunakan berupa: buku, jurnal nasional, jurnal internasional, *electronic book*, dll. Hasil dari kajian ini adalah pemanasan pada fiber optik menyebabkan cahaya melintasi panjang lintasan yang berbeda sehingga terjadi perubahan fluks magnetik yang menyebabkan perubahan pola interferensi. Variasi suhu mempengaruhi variasi indeks bias dan pemanjangan serat. Hal ini menyebabkan perubahan pada konstanta propagasi dan panjang serat. Bila dirangsang dengan cahaya yang koheren pada salah satu ujung, serat menghasilkan pola intermodal interferensi pada ujung serat yang lain. Berdasarkan pembahasan dapat ditarik kesimpulan: Perubahan panjang fiber optik berbanding lurus dengan perubahan suhu. Besar radiasi yang datang pada daerah fotodetektor membentuk pola gelap terang adalah sebagai berikut, dimana Δd merupakan perbedaan panjang pada fiber optik. Semakin kecil perbedaan panjang pada fiber optik maka semakin besar nilai I . Aplikasi dari pengaruh suhu pada pola interferensi fiber optik dimanfaatkan untuk pembuatan sensor suhu.

© 2017 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:
Jalan Ir. Sutami No. 36 A Kentingan Surakarta 57126 Indonesia
E-mail: hani.fitriana@gmail.com

ISSN 2252-6978

PENDAHULUAN

Pada dasarnya kehidupan manusia selama ini tidak bisa terlepas dari suhu dan kalor. Perubahan suhu yang terjadi pada suatu benda dapat merubah bentuk atau ukuran benda, peristiwa tersebut merupakan fenomena pemuaian.

Serat optik terbuat dari bahan dielektrik yang berbentuk seperti kaca (*glass*). Prinsip dasar dari sistem komunikasi serat optik adalah pengiriman sinyal informasi dalam bentuk sinyal cahaya. Pemuaian pada Fiber Optik menyebabkan pertambahan panjang pada core (inti) fiber optik.

Interferometer Michelson merupakan susunan alat optik paling umum yang digunakan untuk interferometer. Pada Michelson Interferometer, sinar datang dibagi menjadi dua bagian oleh *beam splitter* atau sepasang fiber optik (salah satu bagian menjadi acuan). Penggunaan fiber optik yang telah meluas pada aplikasi teknologi dalam kehidupan sehari – hari membuat peristiwa yang terjadi pada bahan ini menarik untuk diamati.

Interferometer merupakan suatu alat yang digunakan untuk menghasilkan suatu pola interferensi. Interferometer dibagi menjadi 2 jenis, yaitu interferometer pembagi muka gelombang dan interferometer pembagi amplitudo.

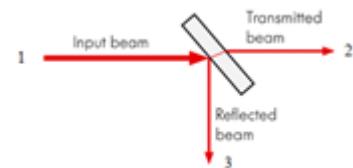
Interferometer Michelson adalah termasuk interferometer pembelah amplitudo dimana interferometer ini sangat berguna dalam pengukuran indeks bias, pengukuran panjang, pengukuran getaran (vibrasi) dan dapat juga digunakan untuk pengukuran simpangan permukaan.

Interferensi Pada Fiber Optik

Interferensi pada fiber optik dapat diamati dengan Interferometer Michelson. Pada interferometer ini menggunakan *beam splitter* yang merupakan bagian penting dari sebagian besar interferometer termasuk Interferometer Michelson.

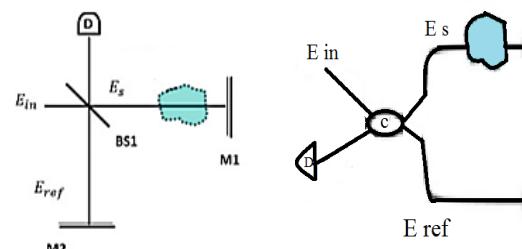
Beam splitter berbentuk kubus yang terdiri dari dua buah prisma segitiga. Pada prisma tersebut, dipakai lapisan resin. Ketebalan

lapisan resin disesuaikan sedemikian rupa sehingga (untuk panjang gelombang tertentu) setengah dari cahaya optik melewatinnya dan juga sebagian lagi ditransmisikan.



Gambar 1. Skema Pembagi Sinar

Keterangan: 1. Sinar optik, 2. 50 % Sinar yang ditransmisikan, 3. 50 % Sinar yang direfleksikan.

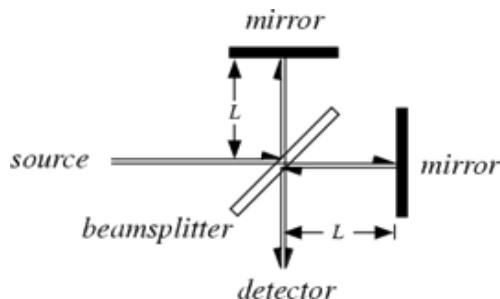


Gambar 2. Rancangan Fiber Optik Interferometer Michelson

E_{in} adalah medan listrik yang datang, E_s adalah medan listrik pada jalur percobaan, E_{ref} adalah medan listrik pada acuan, BS_1 adalah *beam splitter*, M_1 dan M_2 adalah cermin, C adalah fiber optik berpasangan, dan D adalah detektor.

Pada Interferometer Michelson, sinar datang dibagi menjadi dua bagian oleh beam splitter atau sepasang fiber optik (salah satu bagian menjadi acuan). Cahaya pada jalur acuan dan percobaan dipantulkan kembali dan digabungkan menggunakan splitter yang sama kemudian pola interferensi diukur menggunakan detektor. Cahaya pada jalur percobaan menyebabkan pergeseran fasa dan dapat diukur melalui interferensi dengan cahaya pada jalur acuan.

Pengukuran pola interferensi menggunakan konsep seperti pada Interferometer Michelson Morley, namun dengan perubahan arah cahaya yang direfleksikan dan letak fotodetektor seperti yang ditunjukkan **Gambar 3**.



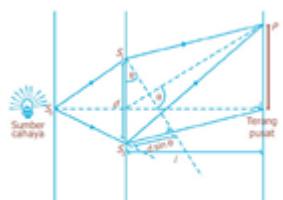
Gambar 3. Interferometer Michelson

Fotodetektor dan sensor bayangan digunakan untuk mendeteksi pola gelap terang yang dihasilkan. Fluks pancaran dari pola gelap terang pada daerah yang tersedia secara matematis diperoleh melalui $\int f'(x) dx$ dengan f adalah fungsi intensitas sorotan sinar pada celah sumber cahaya, diatas celah interferogram. Daerah fotodetektor menunjukkan fungsi yang sama pada sorotan dan memberikan keluaran sebanding terhadap fluks pancaran.

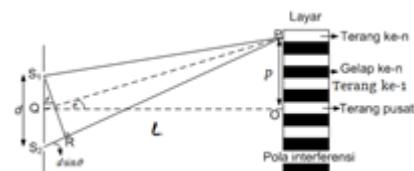
HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Terbentuknya Pola Interferensi

Jika berkas cahaya melalui S_1 dan S_2 , maka celah tersebut (S_1 dan S_2) akan berfungsi sebagai sumber cahaya baru dan menyebarkan sinarnya ke segala arah. Apabila cahaya dari celah S_1 dan S_2 berinterferensi, maka akan terbentuk suatu pola interferensi. Pola interferensi tersebut dapat ditangkap pada layar berupa pola garis terang dan gelap [6].



Gambar 4. Diagram Percobaan Celah Ganda Young



Gambar 5. Pola Gelap-terang Fiber Optik

Pada **Gambar 4**, sebuah bidang gelombang r_1 cahaya monokromatik yang pada celah S_1 dan S_2 pada layar B; cahaya tersebut terdifraksi melalui celah – celah tersebut dan menghasilkan pola interferensi pada layar. Garis sumbu dibuat di titik tengah antara kedua celah terhadap layar sebagai acuan. Titik P pada sumbu θ memotong gelombang dari sinar r_1 dari celah bagian bawah dan sinar r_2 dari bagian atas celah tersebut. Gelombang ini memiliki fase sama ketika melintasi kedua celah karena keduanya adalah bagian dari gelombang yang sama. Begitu keduanya melintasi celah, kedua gelombang harus berjalan dengan jarak berbeda untuk sampai di titik P. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan fase di antara kedua gelombang cahaya dapat berubah bila gelombang berjalan melalui jarak yang berbeda.

Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Indeks Bias

Variasi suhu mempengaruhi variasi indeks bias dan pemanjangan serat. Hal ini menyebabkan perubahan pada konstanta propagasi dan panjang serat. Bila dirangsang dengan cahaya yang koheren pada salah satu ujung, serat menghasilkan pola intermodal interferensi ujung serat yang lain seperti yang diilustrasikan pada **Gambar 6**.

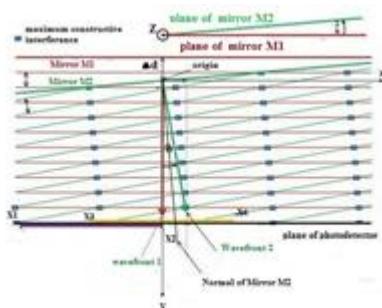


Gambar 6. Pola Interferensi Fiber Optik

Pengaruh Fluks Radian Terhadap Pola Gelap Terang

Perilaku fluks pancaran dengan variasi sudut depan gelombang terpengaruh oleh variasi jarak fotodetektor dari poros tengah interferometer dan memvariasikan jarak dari aslinya. Analisis mengenai fluks pancaran dengan variasi gelombang depan bersamaan dengan daerah fotodetektor, jarak dari pusat pancaran, jarak dari titik asal dan panjang gelombang memiliki dampak terhadap sensor aplikasi.

Pada **Gambar 7**. kedua gelombang muka yang diorientasikan. dan semua perhitungan didasarkan pada hal berikut: 1.Sumbu Y adalah normal terhadap muka gelombang 1, 2.Titik asal sistem koordinat kartesian adalah titik yang mana pusat sinar optik dipantulkan oleh M2, 3.Kemiringan cermin M2 adalah pada sumbu Z, 4.Cermin M2 meneruskan sinar sepanjang sumbu Y, 5.Bidang fotodetektor tegak lurus terhadap sumbu Y, 6.Bentuk daerah aktif fotodetektor adalah persegi dengan panjang sisi s pada arah x dan sisi lain z pada arah z, 7.Keluaran dari fotodetektor diasumsikan 1:1 sebanding dengan fluks pancaran yang datang, 8.Pola gelap terang meradiasi seluruh daerah aktif fotodetektor, 9.Jarak antara fotodetektor dan M₂ merupakan variabel.



Gambar 7. Muka Gelombang 1 dan 2 dengan Kemiringan Cermin M2 dengan Sudut $\Theta/2$ pada Sumbu z

Medan listrik gelombang datar ditulis sebagai persamaan sebagai berikut:

$$E(r, t) = E_0 e^{i(k \cdot r - \omega t)} \quad (1)$$

di mana E adalah waktu (t) terhadap medan listrik, r adalah vector satuan medan listrik pada ruang 3 dimensi, E₀ adalah vektor amplitudo gelombang, k adalah bilangan gelombang, dan $|k| = k = 2\pi/\lambda$, λ adalah panjang gelombang sumber cahaya, k adalah angka gelombang dan ω adalah frekuensi sudut gelombang. [Smith]

Gambar 6. dengan mempertimbangkan titik asal, muka gelombang 1 dan 2 yang direfleksikan dari cermin memiliki bilangan gelombang k₁ dan k₂.

$$k_1 = k\hat{y} \quad (2)$$

$$k_2 = k\sin\theta\hat{x} + k\cos\theta\hat{y} \quad (3)$$

Jumlah medan listrik muka gelombang 1 dan 2 adalah

$$E_{\text{sum}}(r, t) = E_0 e^{i(k_1 r - k_2 \Delta d - \omega t)} + E_0 e^{i(k_1 r - \omega t)} \quad (4)$$

$$E_{\text{sum}}(x, y, z, t) = E_0 e^{i\omega\omega} \left(e^{ik(y - k_2 \Delta d)} + e^{i(k(y\cos\theta + x\sin\theta))} \right) \quad (5)$$

Radiasi gelombang elektromagnetik yang datang ke permukaan objek atau besar fluks radiasi medan listrik per satuan luas terhadap permukaan yang telah diketahui dengan satuan $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$

$$I = \left(\frac{n_{RI} \epsilon_0 c}{2} \right) E_{\text{sum}} \cdot E_{\text{sum}}^* \quad (6)$$

di mana n_{RI} adalah indeks bias medium, c adalah kecepatan cahaya pada ruang hampa, ϵ_0 adalah permitivitas ruang hampa dan E_{sum}^{*} adalah konjugasi kompleks dari E_{sum}.

$$I = 2 \left(\frac{n_{RI} \epsilon_0 c}{2} \right) E_0^2 \left(1 + \cos \left(k \left(\begin{array}{c} y - 2\Delta d \\ -y\cos\theta \\ -x\sin\theta \end{array} \right) \right) \right) \quad (7)$$

Jika Persamaan (7) diintegrasikan di sepanjang sumbu x antara titik acak x₁ dan x₂ dan kemudian dikalikan dengan sisi panjang z di arah z untuk membuat area di seluruh fotodetektor. Penyelesaiannya adalah

$$\varphi_e = z \int_{x_1}^{x_2} I d\theta \quad (8)$$

Pada $\theta = 0$, $\Phi_e = 0/0$ yang tidak pasti, maka diterapkan peraturan L'Hospital pada integral persamaan (8) untuk $\theta = 0$, sehingga diperoleh.

$$x(1 + \cos(k2\Delta d)) \quad (9)$$

Sehingga persamaan fluks radiasi sebagai berikut:

$$\varphi_{e(\theta \rightarrow 0)} = 2 \left(\frac{n \cdot RI \cdot \epsilon_0 \cdot c}{2} \right) E_0^2 z \cdot s (1 + \cos(k2\Delta2)) \quad (10)$$

Ketika beda fase merupakan perkalian integrasi dari panjang gelombang, dua muka gelombang berada dalam fase dengan menghasilkan fluks pancaran maksimum yaitu [8]

$$\varphi_{e(\theta \rightarrow 0, 2\Delta, =nf\lambda)} = 2 \left(\frac{n \cdot RI \cdot \epsilon_0 \cdot c}{2} \right) E_0^2 z \cdot 2s \quad (11)$$

Pemanfaatan Pengaruh Suhu terhadap Pola Interferensi Fiber Optik

Aplikasi dari studi mengenai pengaruh suhu terhadap pola interferensi Fiber – Optik adalah Sensor Suhu.

Pemanfaatan Fiber Optic Sensor (FOS) memiliki berbagai kelebihan dibandingkan dengan sensor elektrik yang telah dimanfaatkan selama ini. Fiber Optik memiliki beberapa kelebihan, termasuk diameter kecil, ringan, tahan terhadap interferensi elektromagnetik, dapat digunakan di lingkungan yang kurang ramah (seperti diletakkan di suhu tinggi dan tegangan tinggi), sensitivitas tinggi dan kemampuan merasakan serta mengirimkan informasi.

SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Perubahan panjang fiber optik berbanding lurus dengan perubahan suhu. Serta aplikasi dari Pengaruh suhu pada pola interferensi Fiber Optik dimanfaatkan untuk pembuatan sensor suhu

DAFTAR PUSTAKA

Giancoli, D.G. (1998). *Fisika*. Diterjemahkan oleh: Yuhilza Hanum. Jakarta: Erlangga.

- Ha Lee, Byeong, *et all.* (2012). Interferometric Fiber Optic Sensors. *Sensors*, Volume 12: 2467-2486.
- Hecht, Eugene. (2003). *Optics*. San Francisco: Addison Wesley.
- Huang, Yi Wen, *et all.* (2016). Research Progress on F-P Interference-Based Fiber-Optic Sensors. *Sensors*, Volume 16 (9): 1424.
- Islam, Md. Rajibul, *et all.* (2014). Chronology of Fabric Perot Interferometer afaiber-Optic Sensors and Their Application: A Review. *Sensors*, 14:7451-7488.
- Jewett, Serway. (2009). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Diterjemahkan oleh: Chriswan. Jakarta: Salemba Teknika.
- Li, Enbang, *et all.* (2006). Fiber-Optic Temperature Sensors Based On Intrference of Selective Higher Order Modes. *Applied Physics Letters*, Volume 89:091119.
- Smith, Robert dan Franz K.F. (2013). Theoretical Analysis of Interferometer Wave Front Tilt and Fringe Radiant Flux on a Rectangular Photodetector. *Sensors*, Volume 13:11861-11898.
- Yunifar, Rahmi Intan. (2015). Analisi Pegaruh Perubahan Suhu dan perubahan Panjang Kupasan Cladding serta Coating Terhadap Rugi Daya yang Dihasilkan Oleh Fiber Optik Multimode Silika Tipe G-651 Jurnal Sains dan Seni ITS, Volume 4, No 2.