

## **Analisis Pola Interferensi Pada Interferometer Michelson Untuk Menentukan Indeks Bias Bahan Transparan Berbasis Image Processing**

Riza Amelia, Gurum Ahmad Pauzi, Warsito

*Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung*

*Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung*

*E-mail: rizaamelia1@gmail.com, gurum4in@yahoo.com, warsito@fmipa.unila.ac.id*

Diterima (15 Februari 2015), direvisi (10 Maret 2015)

**Abstract.** Interferometer Michelson has been designed to measure the refractive index of a transparent material with analysis of the interference pattern. Transparent material used in this study are glass and acrylic. Refractive index of transparent materials can be determined by analyzing the interference pattern is measured radius of the center of the interference pattern before and after the insertion of material. Interference pattern analysis performed using Delphi 7 programming language so that the measurement of refractive index of transparent materials can be displayed directly on programming with completing calculation parameters. The result of this study were obtained value average refractive index of glass with a thickness of 2 mm and 3 mm is 1,06375 and 1,09650 whereas value average refractive index of acrylic with a thickness of 2 mm and 3 mm is 1,24707 and 1,30917. Acrylic material has a refractive index greater than that of the glass.

**Keyword.** *Interference Pattern, Interferometer Michelson, Refractive Index, Transparent Material.*

**Abstrak.** Telah dilakukan perancangan Interferometer Michelson yang bertujuan untuk mengukur indeks bias bahan transparan dengan analisis pola interferensi. Bahan transparan yang digunakan pada penelitian ini yaitu kaca dan akrilik. Indeks bias bahan transparan dapat diketahui dengan cara menganalisis pola interferensi yaitu mengukur jari – jari pusat pola interferensi sebelum dan setelah penyisipan bahan. Analisis pola interferensi dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi 7 sehingga hasil pengukuran indeks bias bahan transparan dapat ditampilkan secara langsung pada pemrograman dengan melengkapi parameter – parameter perhitungan. Hasil penelitian ini diperoleh nilai rata - rata indeks bias kaca dengan ketebalan 2 mm dan 3 mm yaitu masing - masing 1,06375 dan 1,09650. Sedangkan nilai rata - rata indeks bias akrilik dengan ketebalan 2 mm dan 3 mm yaitu masing - masing 1,24707 dan 1,30917. Bahan akrilik memiliki indeks bias lebih besar dibandingkan dengan bahan kaca.

**Kata Kunci.** *Pola Interferensi, Interferometer Michelson, Indeks Bias, Bahan Transparan*

## PENDAHULUAN

Cahaya memiliki sifat dapat merambat. Apabila cahaya merambat melalui dua medium berbeda akan mengalami pembiasan. Pembiasan merupakan perubahan kecepatan cahaya akibat perbedaan medium yang menyebabkan perubahan lintasan cahaya (Hidayat dkk, 2011). Indeks bias dari sebuah material didefinisikan sebagai perbandingan (rasio) antara kecepatan cahaya dalam ruang hampa terhadap kecepatan cahaya dalam suatu zat (Apriyanto, 2012).

Pengukuran indeks bias dapat dilakukan dengan metode interferensi. Interferensi merupakan superposisi dua gelombang atau lebih yang bertemu pada satu titik ruang. Apabila perbedaan fase  $0^\circ$  atau bilangan bulat kelipatan  $360^\circ$ , gelombang akan sefase dan berinterferensi saling menguatkan atau disebut dengan interferensi konstruktif. Sedangkan jika perbedaan fasenya  $180^\circ$ , maka gelombang yang dihasilkan akan berbeda fase dan berinterferensi saling melemahkan disebut dengan interferensi destruktif. (Tipler, 1991). Interferensi menghasilkan pola – pola interferensi yang digunakan dalam penentuan indeks bias (Setyaningsih, 2007).

Pola interferensi tersebut dapat terbentuk dengan menggunakan interferometer. Interferometer memiliki berbagai macam susunan seperti interferometer Michelson, Fabry Perot dan Mach Zehnder (Falah, 2006). Interferometer Michelson memiliki susunan paling sederhana dan memiliki akurasi yang sangat tinggi diantara interferometer yang lain (Nugraheni, 2012).. Interferometer Michelson disusun oleh sumber cahaya yang koheren, dua cermin, *beam splitter* dan *detector*. (Nguyen & Kim, 2012).

Penelitian menggunakan metode Interferometer Michelson telah dilakukan sebelumnya oleh Siagian (2004) untuk menentukan parameter fisis zat cair yaitu karbon tetraklorida. Salah satu parameter yang ditentukan dalam penelitian tersebut yaitu indeks bias. Nilai indeks bias dipengaruhi oleh panjang gelombang cahaya dan keadaan suatu medium seperti temperatur dan kerapatan. Pada penelitian ini Interferometer Michelson digunakan untuk menganalisa hasil interferensi berupa cincin – cincin terang gelap konsentris, kemudian menghitung jumlah perubahan frinji ( $\Delta m$ ) yang terjadi setiap perubahan temperatur ( $\Delta T$ ) pada sampel. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh indeks bias karbon tetraklorida pada temperatur kamar yaitu 1,45663. Perhitungan perubahan frinji pada penelitian ini dilakukan secara manual, sehingga dimungkinkan terjadi kekeliruan yang cukup besar.

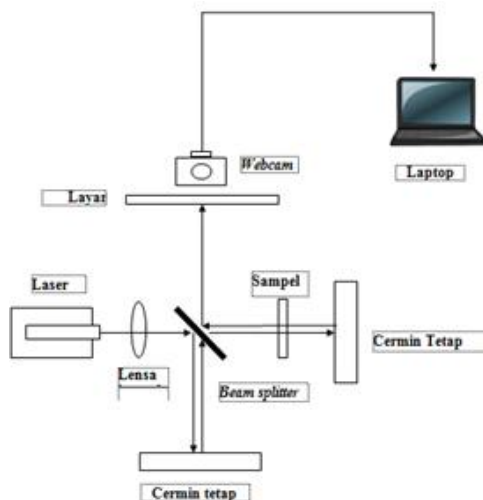
Metode Interferometer Michelson juga digunakan pada penelitian Apsari dkk (2008) untuk menentukan nilai koefisien difusi larutan transparan ammonium dihidrogen phosphate  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  dengan berbagai konsentrasi berdasarkan pengamatan pergeseran fase. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, pergeseran fase diamati dengan menggunakan sensor CCD. Perbedaan lintasan optis dapat dilihat dari selisih jarak pergeseran rumbai antara pusat dua rumbai pada waktu-waktu tertentu selama terjadinya proses difusi berdasarkan hasil foto yang diperoleh. Foto dengan format JPEG dibuka dalam *microsoft word*, kemudian dilakukan konversi dari luasan gambar dalam skala *pixel* diubah ke luasan cm, agar didapatkan besar gambar sesuai ukuran aslinya. Setelah proses konversi, selanjutnya setiap gambar rumbai dianalisis untuk mendapatkan jarak pusat dua rumbai pada setiap gambarnya. Analisis dilakukan dengan cara

menarik garis lurus pada pusat dua rumbai dengan memanfaatkan fasilitas *line* yang ada di *Microsoft Word*, hasilnya dicetak dan diukur dengan jangka sarong. Pada penelitian ini, diperlukan bahasa pemrograman seperti Delphi untuk menganalisa perbedaan lintasan optis sehingga memudahkan dalam analisis hasil.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, maka mendorong peneliti untuk melakukan penelitian tentang penentuan indeks bias bahan transparan menggunakan Interferometer Michelson dengan cara menganalisis pola interferensi yang terbentuk. Peneliti menggunakan bahasa pemrograman Delphi 7.0 untuk menganalisis pola interferensi agar hasil indeks bias dapat ditampilkan secara langsung.

## METODE

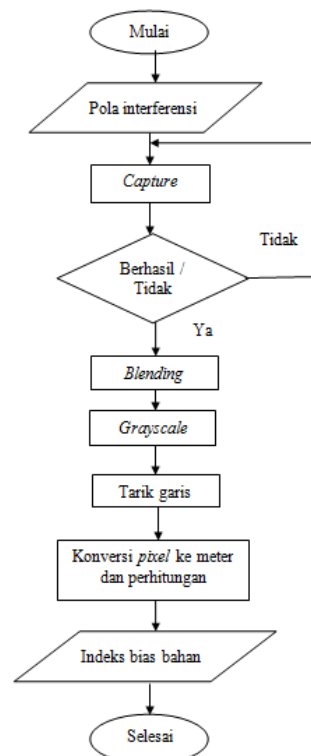
Cara kerja alat yaitu cahaya yang berasal dari laser jatuh pada pemisah berkas (*beam splitter*), *beam splitter* merupakan cermin setengah yang memiliki sifat mentransmisikan sebagian cahaya datang dan memantulkan yang sebagian lagi.



Gambar 1. Skema Perancangan Hardware

Cahaya pada *beam splitter* akan dibagi menjadi dua gelombang, satu bagian ditransmisikan menuju cermin tetap  $M_1$  dan satu bagian lain ditransmisikan menuju cermin tetap  $M_2$ . Gelombang – gelombang tersebut dipantulkan kembali oleh masing – masing cermin ke arah datangnya (*beam splitter*) dan akhirnya gelombang tersebut ditransmisikan ke layar yang menghasilkan pola interferensi (Halliday dkk, 2012). Agar pola interferensi dapat terlihat dengan jelas pada layar, maka diperlukan lensa konveks yang berfungsi untuk memperbesar pola. Terdapat lima perlakuan dalam pengambilan data pola interferensi yaitu tanpa sampel, kaca 2 mm, kaca 3mm, akrilik 2 mm dan akrilik 3 mm.

Program *capture* berfungsi untuk mengambil pola interferensi yang terdapat pada layar menjadi sebuah citra atau gambar dengan menggunakan *webcam*.



Gambar 2. Diagram alir perancangan software

Proses pengambilan gambar dilakukan sebanyak lima kali pada setiap perlakuan, kemudian gambar disimpan setiap proses pengambilan gambar telah selesai dilakukan.

Proses selanjutnya yaitu penggabungan citra (*blending*) kelima gambar untuk mendapatkan satu gambar. Pada penelitian ini, proses *blending* dilakukan dengan cara menggabungkan gambar pertama dan kedua, kemudian hasilnya digabungkan dengan gambar ketiga, begitu seterusnya sampai gambar kelima. Setelah proses *blending* selesai pada setiap perlakuan, maka dilakukan penyimpanan kembali.

Setelah proses *blending* maka proses berikutnya yaitu *grayscale*, pada proses ini citra RGB hasil *blending* dirubah menjadi citra *grayscale* (keabuan), hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam manipulasi bit.

Proses tarik garis dilakukan untuk mendapatkan panjang *pixel* sebagai representasi dari jari – jari pusat pola interferensi sampel yang digunakan sebagai salah satu parameter perhitungan indeks bias.

Tarik garis dilakukan pada titik pusat pola interferensi, kemudian tarik garis hingga tepi pusat pola interferensi. Konversi panjang piksel menjadi satuan meter diperoleh dari proses kalibrasi. Proses ini dilakukan dengan cara mengambil gambar mistar dari jarak 4 cm, 5 cm, 6 cm dan 7 cm. Jarak tersebut adalah jarak pengambilan gambar dari mistar terhadap *webcam*. Gambar yang diperoleh selanjutnya ditarik garis setiap 1 milimeter, maka akan terukur panjang *pixel* yang dihasilkan. Hubungan antara panjang milimeter yang didapatkan terhadap nilai panjang *pixel* digambarkan pada grafik sehingga diperoleh persamaan linieritas, dimana persamaan tersebut digunakan sebagai konversi pada pemrograman.

Indeks bias dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut

$$n = \frac{N_m - N_a \lambda}{2L} + 1 \quad (1)$$

Persamaan tersebut akan digunakan pada program untuk menghitung indeks bias bahan yang diuji. Parameter – parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan indeks bias bahan ( $n_2$ ), diantaranya yaitu jari-jari pusat pola interferensi tanpa sampel ( $x_1$ ), selisih jari-jari pusat pola interferensi tanpa sampel dengan sampel ( $\Delta x$ ), dalam hal ini sampel yang diuji yaitu kaca dan akrilik. Ketebalan bahan ( $L$ ) yang digunakan pada penelitian ini adalah 2 mm dan 3 mm dan indeks bias udara ( $n_1$ ) yang memiliki nilai = 1. Panjang gelombang laser ( $\lambda$ ) diperoleh dengan persamaan berikut

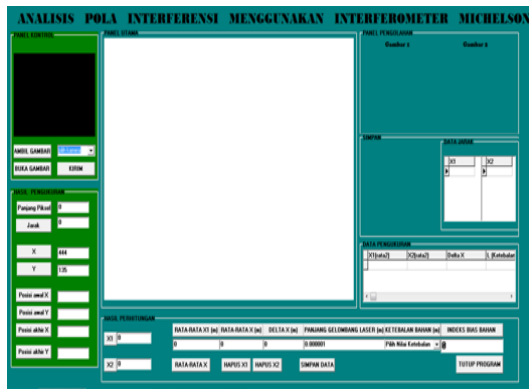
$$\Delta d = \frac{\Delta N \lambda}{2} \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{2\Delta d}{\Delta N} \quad (3)$$

$\Delta d$  adalah perubahan lintasan optik,  $\Delta N$  adalah perubahan jumlah frinji, dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang laser yang digunakan. Untuk memperoleh panjang gelombang laser perlu dilakukan percobaan Interferometer Michelson yaitu dengan mencari perubahan lintasan optis yang terjadi saat perubahan frinji sebanyak 20 kali. Perhitungan indeks bias bahan dapat ditentukan dan hasil perhitungan akan tampil pada *form* tampilan.

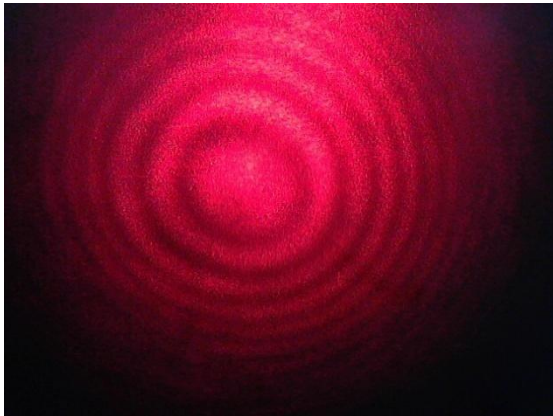
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada program tersebut dilakukan pengolahan citra pola interferensi sehingga nilai indeks bias bahan transparan dapat ditampilkan langsung pada *form* tampilan.



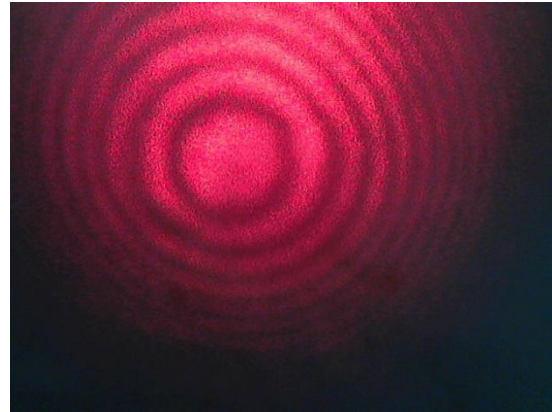
**Gambar 3.** *Form tampilan analisis pola interferensi*

Pola interferensi tanpa sampel dapat ditunjukkan pada Gambar 4.

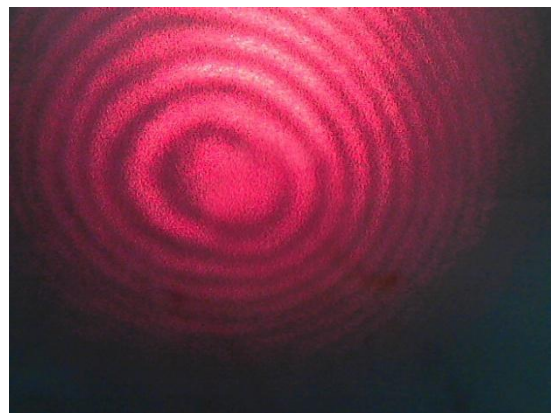


**Gambar 4.** Pola interferensi tanpa sampel

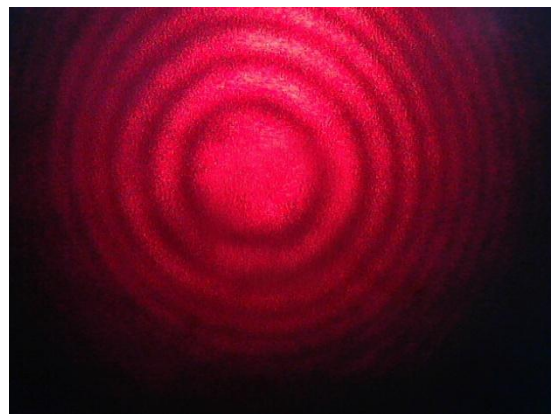
Pola interferensi tanpa sampel merupakan pola yang dihasilkan pada saat interferometer Michelson tidak diberikan sampel yang digunakan sebagai variabel tetap dalam perhitungan. Pola interferensi setelah diberikan sampel berupa kaca dan akrilik dengan ketebalan 2 mm ditunjukkan pada Gambar 5.



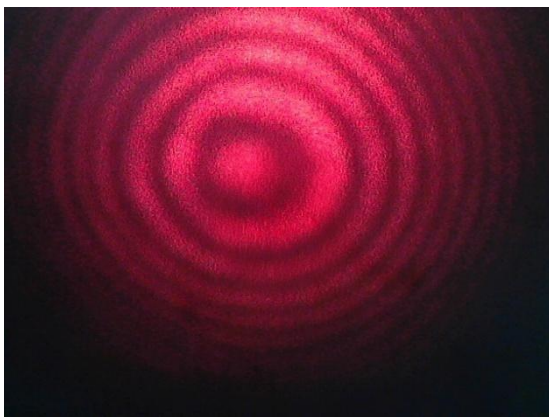
**Gambar 5.** Pola interferensi kaca 2 mm



**Gambar 6.** Pola interferensi kaca 3 mm



**Gambar 7.** Pola interferensi akrilik 2 mm



**Gambar 8.** Pola interferensi akrilik 3 mm

Analisis pola interferensi dilakukan pada pusat pola interferensi dengan mengukur jari – jari pusat pola interferensi pada setiap perlakuan. Setelah dilakukan pengukuran pada empat arah pusat pola interferensi yaitu kanan, kiri, atas dan bawah hanya pola interferensi akrilik 2 mm yang memiliki pusat pola interferensi berbentuk lingkaran.

Pada kaca 2 mm dan akrilik 2 mm menghasilkan pusat pola interferensi lebih besar dari pola tanpa sampel sedangkan pada kaca 3 mm dan akrilik 3 mm menghasilkan pusat pola interferensi lebih kecil dari pola tanpa sampel sehingga selisih jarak jari – jari pola interferensi semakin besar, dengan demikian indeks bias yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan ketebalan 2 mm pada masing - masing sampel.

**Tabel 1.** Pengukuran indeks bias bahan dengan Interferometer Michelson

| Sampel       | Indeks bias |
|--------------|-------------|
| Kaca 2 mm    | 1,06375     |
| Kaca 3 mm    | 1,09650     |
| Akrilik 2 mm | 1,24707     |
| Akrilik 3 mm | 1,30917     |

Berdasarkan tabel 1 yang diperoleh, menunjukkan perubahan nilai indeks bias

pada sampel yang berbeda dengan perlakuan dan variasi ketebalan yang sama. Akan tetapi perbedaan ketebalan dari sampel yang sama tidak mempengaruhi perubahan nilai indeks bias. Adapun perubahan yang dihasilkan pada penelitian tidak terlalu signifikan untuk sampel yang sama dengan ketebalan yang berbeda. Bahan akrilik memiliki indeks bias lebih besar daripada bahan kaca.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini diperoleh indeks bias kaca 2 mm dan 3 mm yaitu 1,06375 dan 1,09650. Sedangkan indeks bias akrilik 2 mm dan 3 mm yaitu 1,24707 dan 1,30917. Pengambilan gambar sebaiknya menggunakan sistem perekaman (*video*) dan pengukuran jari – jari pusat pola interferensi sebaiknya dilakukan secara otomatis untuk mengurangi kesalahan dalam pengukuran

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriyanto, D. K. (2012). *Alat Pengukur Indeks Bias Dan Viskositas Cairan Dengan Menerapkan Hukum Snellius Berbasis Mikrokontroler AVR ATMEGA 8535*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Apsari, Retna, Trismaningsih, & Salamah, Umi. (2008). *Pemanfaatan Sensor CCD dan Interferometer Michelson Untuk Menentukan Koefisien Difusi Larutan Transparan*. Jurnal Fisika dan Aplikasinya. Vol.4 No 1.

- Falah, Masrofatul. (2006). Analisis Pola Interferensi Pada Interferometer Michelson Untuk Menentukan Panjang Gelombang Sumber Cahaya. Undip
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2012). *Dasar-Dasar Fisika*. Jakarta: BINARUPA AKSARA.
- Hidayat, W., Drajat, & Setiyono, B. (2011). *Simulasi Fenomena Difraksi Cahaya Pada Celah Tunggal dan Celah Ganda*. Semarang: Tugas Akhir. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Nguyen, C., & Kim, S. (2012). *Theory, Analysis and Design of RF Interferometric Sensors*. London: Springer.
- Nugraheni, F. A. (2012). *Perancangan Sistem Pengukuran Konsentrasi Larutan Gula Dengan Menggunakan Interferometer Michelson*. Skripsi. Surabaya: ITS.
- Setyaningsih, Agustina. (2007). *Penentuan Nilai Panjang Koherensi Laser Menggunakan Interferometer Michelson*. Skripsi. Semarang: Undip.
- Siagian, Henok. (2004). *Pemanfaatan Interferometer Michelson Dalam Menentukan Karakteristik Parameter Fisis Zat Cair*. Jurnal Penelitian "SAINTIKA" Vol. 4 No 2, 127-132.
- Tipler, P. A. (1991). *FISIKA Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.