

APLIKASI SENSOR OPTIK INTERFEROMETER MACH-ZEHNDER UNTUK DETEKSI KANDUNGAN GLATIN BABI PADA MAKANAN

Dedi Irawan

*Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Suska Riau, Pekanbaru 28283 Indonesia
Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Pekanbaru 28283
Indonsia*

email:dedi.dawan@yahoo.com

ABSTRACT

This paper reported a design of optical sensor to detect hog's gelatin by using coupler and optical interferometer. This device have been fabricated by attaching a ring resonator on one of arm of Mach-zehnder Interferometer (MZI), therefore other arm was utilized as the reference waveguide signal. The experimental set up was conducted by launching 1 mW Diode Laser in to input terminal, and the output signals at two terminals was detected by optical power meter. Wave propagating equations have been determined based on coupling mode theory using a transfer matrix method. These equations were then used to determine the fabrication parameter such as coupling coefficient, coupling ratio, and sensor sensitivity. By applying various sample (hog-oil, ice cream magnum, cadbury chocolate and a set gravy) on the ring resonator waveguide as sensing area yielded various optical characteristic for each samples. Experimental results has shown that there was a similarity between hog-oil and cadbury chocolate optical birefringence with the hog's gelatin characteristic. This results informed the important information for muslim consumer that cadbury chocolate is categorized as a haram food as explained in quran (QS. Al Maidah: 3)

Keywords : Optical sensor, Mach-zehnder Interferometer, ring resonator and haram foods.

ABSTRAK

Paper ini melaporkan sebuah desain sensor optik untuk deteksi kandungan glatin babi menggunakan prinsip penggandeng dan interferometer optik. Peralatan ini difabrikasi dengan menggandengkan sebuah ring resonansi (ring resonator) pada salah satu lengan interferometer Mach-Zehnder, sedangkan satu lengan yang lain dijadikan sebagai referensi. Ekperimen set up dilakukan dengan menembakkan 1 mW laser diode ke terminal input dan signal keluaran di kedua terminal output dideteksi menggunakan pengukur daya optik. Persamaan propagasi gelombang cahaya pada konfigurasi pandu gelombang diturunkan berdasarkan teori mod kopling menggunakan metode transfer matrix. Persamaan-persamaan ini akan digunakan untuk menentukan parameter fabrikasi seperti koefisien penggandeng, rasio penggandeng dan sensitivitas sensor. Dengan meletakkan beberapa sampel (Es krim magnum, , coklat cadbury cair, dan saos kemasan) pada area sensing (pada pandu gelombang ring resonan) menghasilkan karakteristik gelombang masing-masing sampel. Telah didapati kemiripan fingerprint antara minyak babi dan coklat cadbury cair dengan karakteristik gelatin babi. Hal ini memberi informasi penting bagi konsumen bahwa cadbury cair menggandung gelatin babi dan dapat dikategorikan sebagai makanan haram sebagai mana yang telah ditetapkan dalam Alquran surat Al Maidah ayat 3.

Kata Kunci: Sensor optik, interferometer Mach-Zehnder, ring resonator, makanan haram

PENDAHULUAN

Pada era globalisasi dan pasar bebas sekarang ini, berbagai macam bentuk makanan kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Tidak ketinggalan, Negara kita Indonesia dimana terdiri atas mayoritas muslim juga menetapkan suatu pengukuran sehingga ada bahasa suatu makanan itu haram atau halal. Sehingga suatu produk halal yang berkemasan itu mendapat logo “halal”. Dengan kata lain, makanan berkemasan yang tidak berlogo “halal” itu adalah “haram”, walaupun tidak bisa kita nafikan sering kali kita orang muslim memakan produk yang tidak berlogo “halal” [1-4,6-11].

Yang menarik akhir akhir ini adalah banyaknya ditemukan makanan-makanan berlogo halal ternyata mengandung zat kimia “glatin” yang berasal dari babi yang digunakan sebagai pengawet makanan. Sehingga secara jelas makanan tersebut menjadi haram. Kita tidak bisa bayangkan jika makanan makanan yang lain dan sering kita konsumsi juga mengandung glatin babi walaupun pada kenyataannya memiliki logo “halal”. Hal ini terjadi karna banyaknya industry makanan di Indonesia tidak semuanya terkawal oleh pihak yang berwenang. Saat ini, metode yang digunakan untuk menentukan kandungan glatin babi pada makanan adalah dengan cara kimia, sudah pasti cara ini akan memerlukan waktu yang cukup lama disamping biaya campuran kimia cukup mahal [5].

Pada penelitian ini, peneliti sangat tertarik untuk mengembangkan suatu alat untuk mendeteksi kandungan haram glatin babi pada berbagai makanan. Alat yang akan dirancang adalah sebuah sensor optik menggunakan interferometer machzehnder (*Mach-Zehnder Interferometer* (MZI)). Sebagai mana yang dijelaskan pada Jurnal Halal LP POM MU glatin memiliki karakteristik optik dengan besar indeks bias tertentu [4]. Secara fisis, jika seberkas

cahaya melewati zat tersebut maka akan terjadi interferen. Jika signal optik masuk kedalam MZI signal tersebut akan dibagi dua, satu signal akan masuk dan berinteraksi dengan sampel, dan signal kedua akan diteruskan sebelum akhirnya menyatu kembali di port keluaran. Signal keluaran akan memperlihatkan perbandingan tingkat kekuatan daya optik dari kedua lengan MZI. Dengan menjadikan lengan kedua sebagai signal referensi, maka kita akan dapat menghitung karakteristik dari sampel. Dalam hal ini, jika karakteristik signal yang dihasilkan memperlihatkan nilai index bias sekitar, dapat disimpulkan sampel tersebut terdapat glatin

STUDI LITERATUR

Di Indonesia, gelatin masih merupakan barang impor, negara pengimpor utama adalah Eropa dan Amerika. Menurut data BPS 1997, secara umum terjadi pemanfaatan dalam industri pangan dan farmasi. Dalam industri farmasi, gelatin digunakan sebagai bahan pembuat kapsul. Dalam industri pangan, gelatin pun sekarang marak digunakan. Gelatin adalah produk alami yang diperoleh dari hidrolisis parsial kolagen. Gelatin merupakan protien yang larut yang bisa bersifat sebagai gelling agent (bahan pembuat gel) atau sebagai non gelling agent. Sumber bahan baku gelatin dapat berasal dari sapi (tulang dan kulit jangat), babi (hanya (kulit) dan ikan (kulit). Karena gelatin merupakan produk alami, maka diklasifikasikan sebagai bahan pangan bukan bahan tambahan pangan [4-6]

Menurut data dari SKW Biosystem suatu perusahaan gelatin multinasional bahwa produk gelatin dunia pada tahun 1999 sebanyak 254.000 ton terdiri dari sumber kulit jangat sapi sebanyak 28.7 %, kulit babi

sebanyak 41.4% serta kontribusi tulang sapi sebesar 29.8 %, dan sisanya dari ikan. Gelatin komersial yang ada di pasaran dikategorikan sebagai gelatin tipe A dan tipe B. pengelompokan ini berdasarkan jenis prosesnya, yaitu proses perendaman asam dan basa. Proses perendaman asam menghasilkan gelatin tipe A dan perendaman basa menghasilkan gelatin tipe B. gelatin tipe A umumnya berasal dari kulit babi yang memiliki titik isoelektrik (titik pengendapan protein) pada PH yang lebih tinggi (7.5 – 9.0) dari PH isoelektrik gelatin tipe b (4.8 – 5.0). Sedangkan gelatin tipe B biasanya bersumber dari kulit jangat sapi dan tulang sapi. Sedangkan gelatin ikan dikategorikan sebagai gelatin tipe A. dalam perkembangannya, proses pembuatan gelatin yang berasal dari tulang dapat dilakukan juga dengan menggunakan cara asam yang lebih sederhana yang akhirnya juga menggeser PH isoelektrik pada sekitar 5.5 – 6.0 (Jurnal Halal POM MU)

Secara ekonomis, proses asam lebih disukai dibandingkan dengan proses basa. Hal ini karena peresndaman yang dilakukan dalam proses asa relatif lebih singkat yaitu (3-4 minggu) dibanding dengan proses basa (sekitar 3 bulan). Setelah mengalami perendaman bahan dinetralkan untuk kemudian diekstraksi dan dipekatkan (evaporasi). Bahan yang telah mengalami pemekatan dikeringkan untuk kemudian mengalami proses penggilingan tau penghancuran menjadi partikel yang lebih kecil atau sesuai dengan standar tertentu.

Gelatin disebut miracle food. Hal ini disebabkan karena gelatin memiliki fungsi yang masih sulit digantikan dalam industri pangan maupun obat-obatan. Salah satu keunggulan yang paling terkenal adalah bisa memiliki sifat melting in the mouth. Ini sifat yang paling disukai oleh hampir semua pengusaha industri pangan. Namun demikian, tidak berarti gelatin sama sekali tidak bisa digantikan dalam industri pangan

maupun farmasi. Penggunaan hidrokoloid yang bersumber dari tanaman sudah banyak dikembangkan dalam rangka menggantikan peran gelatin. Sungguhpun sejauh ini hasilnya tidak sesempurna gelatin, tapi sudah cukup memadai. Misalnya ada sebuah perusahaan permen *chewy* yang dulunya menggunakan gelatin, sekarang telah mendapat sertifikat Halal MUI setelah menggantikan gelatin dengan beberapa sumber hidrokoloid. Jadi, walaupun hasil akhirnya tidak mirip, peran gelatin dapat digantikan dengan mengkombinasikan beberapa sumber hidrokoloid. Dan penggunaannya bersifat aman dalam konteks kehalalan karena bersumber dari tanaman. Selain itu alternatif lain yang saat ini masih terus dikembangkan adalah gelatin yang bersumber dari ikan [11].

Determinasi Persamaan Mode Penggandeng

Untuk penggandeng optik yang memiliki penampang melintang yang seragam, persamaan diferensial mode penggandeng dapat di tulis sebagai berikut,

$$\frac{d}{dz} \begin{bmatrix} A_1(z) \\ A_2(z) \end{bmatrix} = -j \begin{bmatrix} \beta_1 & k_1 \\ k_2 & \beta_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1(z) \\ A_2(z) \end{bmatrix} \quad (1)$$

dimana

$$\begin{bmatrix} A_1(z) \\ A_2(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{s1} a_{s0} e^{-j\beta_s z} + v_{a1} a_{a0} e^{-j\beta_a z} \\ v_{s2} a_{s0} e^{-j\beta_s z} + v_{a2} a_{a0} e^{-j\beta_a z} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Disini persamaan (2) adalah solusi dari persamaan (1) and dan memperlihatkan mod normal untuk dua buah pemandu gelombang pada penggandeng optik. Eigenvalue di berikan sebagai $[v_{s1} \ v_{s2}]^t$ dan $[v_{a1} \ v_{a2}]^t$ dimana a_{s0} dan a_{a0} adalah amplitude daya [9]. β_s dan β_a adalah konstanta penjalaran gelombang cahaya. Persamaan (2) memperlihatkan propagasi

dari dua mod cahaya. Untuk penggandeng yang memiliki pemandu gelombang yang serupa, solusi dari matrik yang berhubungan dengan eigenvector adalah $[1 \ 1]^T$ dan $[1 \ -1]^T$ [10-14]

$$\begin{bmatrix} A_1(z) \\ A_2(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{s0}e^{-j\beta_s z} + a_{a0}e^{-j\beta_a z} \\ a_{s0}e^{-j\beta_s z} + a_{a0}e^{-j\beta_a z} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Persamaan (3) adalah simtris dan antisimetris dari mod normal yang secara periodic mentrasfer daya diantara kedua pemandu gelombang. Matriks 2X2 di jelaskan sebagai pemindahan daya, dimana amplitude awal $A_1(0)$ dimasukkan ke terminal 1. Untuk pemandu gelombang 2, dengan amplitude awal $A_2(0)$ dan amplitude sesaat pada setiap posisi z pada pemandu gelombang 1 $A_1(z)$ dan pemandu gelombang 2, $A_2(z)$ dapat ditulis sebagai berikut [14]

$$\begin{bmatrix} A_1(z) \\ A_2(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \sigma z - \frac{j\delta}{\sigma} \sin \sigma z & -\frac{j\kappa_2}{\sigma} \sin \sigma z \\ -\frac{j\kappa_1}{\sigma} \sin \sigma z & \cos \sigma z - \frac{j\delta}{\sigma} \sin \sigma z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1(0) \\ A_2(0) \end{bmatrix} \quad (4)$$

Dengan mengasumsikan kedua serat adalah identik, maka konstanta penggandeng diantara mereka juga akan sama, $\kappa_1 = \kappa_2 = \kappa$. Dari persamaan (4), dengan memasukkan signal hanya ke terminal $A_1(0)=1$ and $A_2(0)=0$, Maka akan diperoleh persamaan mod penggandeng sebagai berikut [14]

$$A_1(z) = \cos \sigma z - \frac{j\delta}{\sigma} \sin \sigma z \quad (5)$$

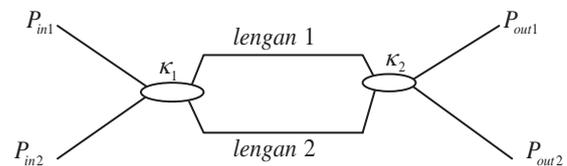
$$A_2(z) = -\frac{j\kappa_1}{\sigma} \sin \sigma z \quad (6)$$

Untuk Penggandeng Serat Optik dengan Jumlah pemandu gelombang lebih dari 2, dapat di selesaikan dengan metode transfer matrik dengan asumsi bahwa interaksi gelombang elektromagnetik hanya

boleh terjadi diantara pemandu gelombang yang berdekatan.

Interferometer Mach-zehnder Untuk Aplikasi Sensor

Interferometer Mach-Zehnder (*Mach-Zehnder Interferometer*) (MZI) merupakan suatu device serat optic yang terdiri atas dua buah penggandeng optic. Standar MZI juga terdiri atas dua buah lengan, 2 input terminal dan 2 output terminal seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut.



Gambar 1. Skematik diagram Interferometer Mach-Zehnder

Ketika signal input dimasukkan kedalam terminal input 1 signal akan di bagi dua oleh kopling κ_1 . Kedua signal tersebut akan merambat di dalam kedua buah lengan MZI lalu kembali memasuki kopling κ_2 dan akhirnya keluar di kedua terminal 1 dan terminal 2. Pada saat signal berpropagasi di lengan MZI, signal akan mengalami interferen, sehingga dengan mengganggu karakteristik dari salah satu lengan, MZI sangat bagus untuk digunakan untuk aplikasi sensor.

Parameter-parameter Interferometer Mach-zehnder

Parameter-parameter yang mempengaruhi karakteristik dari MZI antara lain adalah koefisien kompling κ_1 dan κ_2 . Selain itu index bias serat optik, frekuensi

normalisasi serta diameter core dan kleding serat optik. Koefisien kopling menjadi faktor utama pada MZI, hal ini disebabkan karena banyaknya signal atau rasio signal yang merambat ke lengan 1 dan lengan 2 ditentukan oleh koefisien kopling.

METODE PENELITIAN

Determinasi Parameter Sensor

Interferometer mach-zehnder terdiri atas dua lengan serta dua terminal input dan output. Besarnya daya signal pada kedua lengan interferometer sangat bergantung kepada koefisien kopling κ_1 dan κ_2 . Jika signal dimasukkan kedalam terminal 1 dengan amplitudo E_1 , ia akan terbagi sehingga sebagian masuk ke lengan atas dan satunya lagi ke lengan bawah. Kedua signal ini kemudian menyatu kembali pada kopling ke-dua κ_2 dan pada akhirnya keluar pada kedua terminal output dengan amplitudo P_{out1} dan P_{out2} . Secara matematis, propagasi cahaya pada interferometer diekspresikan sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} E_{out1} \\ E_{out2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -s^2 + c_1^2 z^{-1} & -jcs(1 + z^{-1}) \\ -jcs(1 + z^{-1}) & c_2^2 - s^2 z^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_{in1} \\ E_{in2} \end{bmatrix} \quad (7)$$

dimana $c_1 = \sqrt{1 - \kappa_1}$ dan $c_2 = \sqrt{1 - \kappa_2}$ adalah konstanta koefisien kopling interferometer,

sedangkan $js = -j\sin(\theta) = -j\sqrt{\kappa}$. Dari nilai-nilai amplitudo-amplitudo ini akan diperoleh besaran daya optik sebesar $P_{out1} = |E_{out1}|^2$ and $P_{out2} = |E_{out2}|^2$.

Panjangnya lengan MZI juga memainkan kunci penting dalam aplikasi sensing. Dalam hal ini, lengan atas dijadikan

sebagai tempat wilayah sampel, sedangkan lengan kedua diteruskan sebagai signal referensi. Pada umumnya aplikasi sensor pada MZI memanfaatkan karakteristik dari kedua lengan ini, berbagai sampel yang berinteraksi dengan lengan atas akan membuat rasio dari daya keluaran akan berbeda-beda. Secara spesifik fase kedua lengan MZI akan tidak sama. Jika panjang lengan atas adalah L_1 dan panjang lengan kedua adalah L_2 , maka rasio daya keluaran pada kedua terminal dirumuskan sebagai berikut,

$$\frac{P_{max}}{P_{min}} = \frac{\exp(-\alpha L_1) + \exp(-\alpha L_2) + 2\exp(-\alpha(L_1 + L_2)/2)}{\exp(-\alpha L_1) + \exp(-\alpha L_2) - 2\exp(-\alpha(L_1 + L_2)/2)} \quad (8)$$

$$= \left(\frac{1 + \exp(\alpha \Delta L / 2)}{1 - \exp(\alpha \Delta L / 2)} \right)^2 \approx \left(\frac{4}{\alpha \Delta L} \right)^2$$

dimana $\Delta L = L_1 - L_2$ beda panjang kedua lengan MZI.

Perhitungan Sensitivitas

Sensitivitas dari sensor optik interferometer mach-zehnder (MZI) dapat ditentukan dengan berbagai cara seperti menganalisa perbedaan frekuensi pada terminal output. Pada penelitian ini, sensitivitas juga akan diperhitungkan berdasarkan perbedaan daya output di kedua output terminal. Pertama-tama, anggaplah perbedaan daya output sebagai $P_{diff} = P_{out2} - P_{out1}$, dimana $P_{out1} = |E_{out1}|^2$ and $P_{out2} = |E_{out2}|^2$.

Dengan mendefinisikan sensitivitas sebagai perubahan serat karena kehadiran sampel solusi pada wilayah sampel Ω , maka sensitivitas dapat ditulis sebagai,

$$S = \frac{P_{diff}}{d\Omega} \Rightarrow S = \frac{P_{diff}}{d\phi} \cdot \frac{d\phi}{d\Omega} \quad (9)$$

Persamaan diatas menjelaskan bahwa sensitivitas diturunkan oleh perbedaan daya yang dikeluarkan MZI di output terminal, dimana rasio dari perubahan daya ini akan dipengaruhi oleh beda fase ϕ

yang dikontribusikan oleh Ω . Secara eksperimen tidak mudah untuk menentukan nilai $P_{diff}/d\phi$. Secara matematis perubahan daya output di terminal keluaran diekspresikan sebagai fungsi koefisien kopling κ_1 and κ_2 , fase sampel (ϕ) dan fase referensi (θ_{ref}).

$$\frac{dP_{diff}}{d\phi} = \left\{ - \left[(4A \cos(\theta_{ref} - \theta(\phi)) + 2BT(\phi)) T'(\phi) - 4A \sin(\theta_{ref} - \theta(\phi)) T(\phi) \theta'(\phi) \right] \right\} |E_{in}| \quad (10)$$

dimana $A = \sqrt{\kappa_1 \kappa_2 c_1 c_2}$ dan $B = \kappa_1 + \kappa_2 - 2\kappa_1 \kappa_2 - 1$. Ketika signal berpropagasi di dalam lengan wilayah sampel, amplitude daya yang di deteksi adalah $T(\phi) = |E_{out}|$ dengan besar fase $\theta(\phi) = \arg(E_{out})$ sedangkan T' dan θ' adalah turun pertama.

Dengan menurunkan persamaan 10 sebagai fungsi dari besaran kopling, maka daya output dapat disimpulkan sebagai

$$E_{outR} = \frac{1 - \kappa_{normalized} - 2i\phi_{normalized}}{1 + \kappa_{normalized} - 2i\phi_{normalized}} E_{in} \quad (11)$$

Persamaan di atas terlihat jelas bahwa sensitivitas adalah fungsi dari koefisien kopling. Dimana nilainya akan dikonteribusikan oleh fraksional refraktif index yang akan berubah oleh sampel yang dalam hal ini keberadaan material glatin [14].

$$\kappa = \frac{\pi \sqrt{\delta}}{2 R} e^{[-A+B\delta+C\delta^2]} \quad (12)$$

dimana

$$A = 5.2789 - (3.663V) + (0.3841V^2)$$

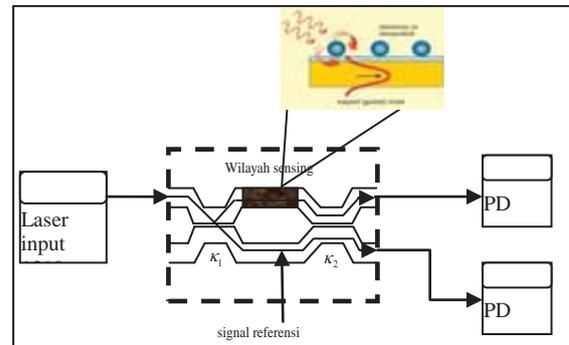
$$B = -0.7769 - (1.2252V) + (0.0152V^2)$$

$$C = -0.0175 - (0.0064V) + (0.0009V^2)$$

$$\delta = d/\delta$$

Perancangan Sensor Optik Interferometer Mach-Zehnder untuk Deteksi Glatin Babi

Perancangan sensor optic Mach-Zehnder (MZI) adalah menggunakan serat optic mod tunggal dengan indeks bias core 1,46447 dan indek bias cladding 1,4677. Serat optic akan disusun dengan konfigurasi MZI menggunakan dua buah penggandeng optic. Dalam hal ini penggandeng optic yang akan digunakan keduanya memiliki koefisien kopling sebesar 0.5. Sinar laser dengan panjang gelombang 1310 atau 1550 akan ditembakkan kedalam terminal input MZI. Sedangkan sinar keluaran di kedua terminal output akan dideteksi menggunakan dua buah pengukur daya optic (Optical power meter) seperti tersusun pada gambar 3.2. Kladding Lengan bagian atas MZI akan di buka agar dapat berinteraksi dengan material luar dalam hal ini glatin babi.



Gambar 1. Skematik diagram sensor interferometer mach-zehnder untuk deteksi glatin babi (PD=Pengukur Daya)

Pengujian pengukuran kadar glatin babi pada makanan.

Pengujian dan pengukuran kandungan glatin akan dilakukan dengan prosedur sebagai berikut

1. Instalasi sensor beserta peralatan seperti gambar 3.2.

2. Mengaktifkan sumber laser dan pengukur daya optik
3. Meletakkan sampel pada wilayah sensing
4. Mengukur daya output di kedua terminal dan hasilnya akan dicatat pada tabel dibawah ini.
5. Mengulangi langkah 1 s.d 4 untuk berbagai sampel, yang dalam hal ini akan divariasikan sampel yang mengandung glatin babi dan yang tidak mengandung glatin babi.

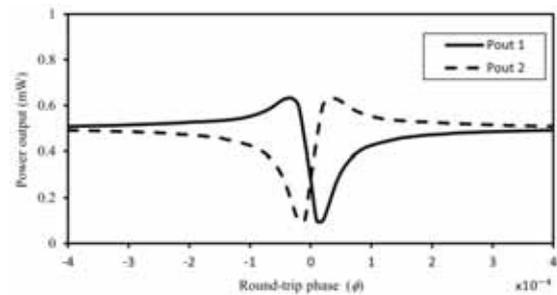
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sensor Karakteristik

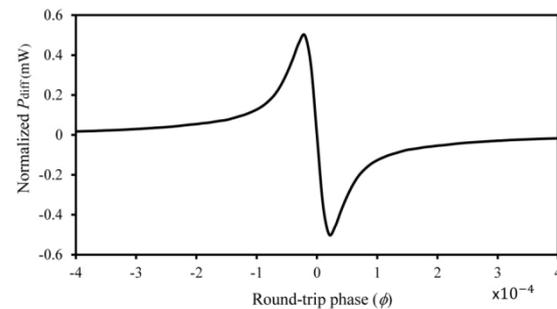
Perhitungan parameter-parameter sensor menghasilkan satu set konfigurasi yang merupakan nilai-nilai optimal untuk memfabrikasi peralatan. Hasil perhitungan secara numerik menghasilkan bahwa nilai koefisien kopling 1 adalah 0.5/mm dan nilai koefisien yang kedua juga 0.5/mm. Sedangkan nilai sensitivitas optimal diperoleh untuk nilai kopling diantara lengan MZI dan Ring Resonansi adalah 0.1/mm yang menyatakan hanya 1% cahaya pada lengan pertama diizinkan masuk beresonansi kedalam ring sebagai area sampel.

Kehadiran sampel pada area sensing (ring resonator) secara fisis telah mengganggu karakteristik optik dari pandu gelombang. Sehingga hal ini berpengaruh kepada indeks bias, efektif index dan akhirnya merubah fasa perjalanan putaran (round trip phase) dari cahaya. Gambar 2a memperlihatkan bahwa sangat beralasan nilai sensitivitas maksimum dapat dicapai untuk daya referensi $P_{ref} = 1$. Hasil permodelan juga memperlihatkan bahwa daya pada terminal output akan berubah secara simetris oleh keberadaan sampel sebagai mana yang diperlihatkan oleh gambar 2b.

Sebaliknya, nilai minimum sensitivitas secara numerik diperoleh untuk fasa referensi $\theta_{ref} \approx 0$ untuk daya input $P_{ref} = 1$. Slop dari profil Fanoresonansi akan sangat dipengaruhi oleh koefisien kopling diantara lengan dan ring resonansi κ_R .



(a)



(b)

Gambar 2. Karakteristik daya output sensor, a) Fano resonansi P_1 dan P_2 , b) normalisasi perbedaan daya

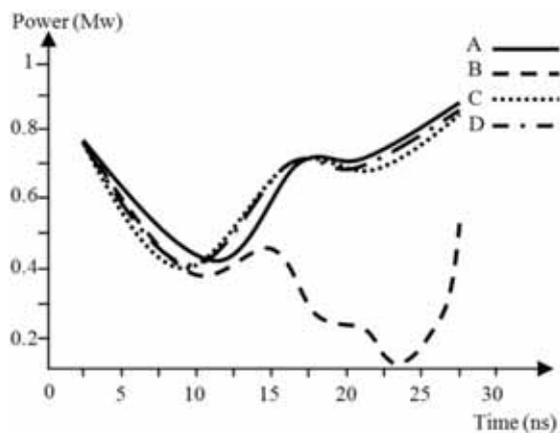
Gambar 2b memperlihatkan normalisasi perbedaan daya output sebagai fungsi dari fasa perjalanan putaran yang dalam hal ini dirubah oleh sampel di area sensing. Secara normal, perubahan fasa ini oleh sampel signifikan pada interval -10^{-5} to 10^{-5} . Sedangkan perubahan index bias (refractive index) adalah kira kira $\approx 10^{-7}$ RIU (refractive index unit).

Karakteristik dari Fanoresonansi sangatlah dipengaruhi oleh factor $2\pi R\alpha$ yaitu jari-jari ring dan koefisien atenuasi pandu gelombang optik. Sebagai mana yang diberikan oleh persamaan 5. Ini berarti bahwa untuk meningkatkan gradient

Fanoresonan kita perlu mengurangi jari-jari ring resonan. Tetapi pada kenyataannya kita tidak dapat melakukan hal tersebut karena akan munculnya efek Kerr. Sehingga, sistem dapat di optimasi dengan meminimalisir atenuasi pada pandu gelombang.

Pengujian Sensor pada berbagai makanan

Pengujian sensor optik interferometer Mach-Zehnder telah dilakukan pada berbagai sampel makanan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel dalam bentuk cair lalu menempatkan pada pandu gelombang ring resonator. Gambar 3 adalah karakteristik optik dari beberapa sampel dengan metode pengujian dan cara yang sama. Gambar 3 dengan jelas menginformasikan karakteristik dari beberapa sampel yang diplotkan dalam daya output sebagai fungsi dari waktu (dalam nano second). Grafik tersebut memperlihatkan bahwa sampel C dan D memiliki fingerprint yang menyerupai karakteristik optik glatin babi yang diberikan oleh grafik A.



Gambar 3. Karakteristik optik dari beberapa sampel (A=Glatin babi, B=Saos Kemasan, C=Coklat cadbury dan D= Es krim Magnum)

Dalam hal ini dapat dikatan bahwa sampel C dan D mengandung gelatin babi dan dapat dikategorikan sebagai makanan haram. Sedangkan grafik B tidak memiliki tingkat kesamaan yang signifikan, sehingga dalam hal ini makanan tersebut dikategorikan kedalam makanan halal (berdasarkan ada tidaknya kandungan glatin babi pada makanan tersebut).

KESIMPULAN

Perhitungan numerik parameter sensor optik interferometer mach-zehnder menghasilkan nilai koefisien penggandeng optik optimal $k_1=0.5/\text{mm}$, $k_2=0.5/\text{mm}$ dan koefisien kopling antara lengan MZI dan ring adalah $0.1/\text{mm}$. Fanoresonan telah dihasilkan sebagai fungsi dari fasa perjalanan putaran cahaya di dalam ring. Daya berubah secara simetris pada kedua terminal output sebagai fungsi dari keberadaan sampel. Pengujian sensor pada berbagai sampel telah memperlihatkan sensitivitas yang sangat bagus. Hal ini terlihat jelas untuk sampel yang mengandung glatin babi seperti coklat cadbury dan es krim magnum memiliki karakteristik optik yang hampir mirip dengan glatin babi. Dan untuk sampel yang tidak mengandung glatin babi, maka karakteristik optiknya jauh dideteksi jauh berbeda dengan glatin babi. Sensor ini diharapkan sangat berguna dalam penentuan dan deteksi ada tidaknya kandungan glatin babi pada makanan khususnya yang telah berlogo halal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian (LPPM) UIN Suska Riau atas dukungan dalam bentuk materil dan pendanaan sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad. M, Larry L. Hench, *Biosensors & Bioelectronics* 20 (2005) 1312.
- [2] Bearzotti, A. Bianco, G. Montesperelli, E. Travesa, *Sensors and Actuators B*, 18-19 (1994) 525.
- [3] Chaplin.C, Gelatin. www.wikipedia.org, 2003
- [4] FAnggraini. F.D, Skripsi Sarjana, Departemen Fisika, FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Indonesia, 2002.
- [5] Gaikwad, PhD Thesis, Department of Electrical and Computer Engineering, Mississippi State Engineering, USA, 2003.
- [6]. Jurnal Halal LP POM MU
- [7] Khijwania, Kirthi L. Srinivasan, Jagdish P. Singh, *Sensors and Actuators B* 104 (2005) 217.
- [8] Khare, R. P. (2004). *Fiber optics and optoelectronics*. Oxford University Press.
- [9] McAtamney, C., Cronin, A., Sherlock, R., O'Connor, G. M., & Glynn, T. J. (2005). Reproducible Method for Fabricating Fused Biconical Tapered Couplers Using a CO₂ Laser Based Process. *Proceedings of the Third International WLT-Conference on Lasers in Manufacturing*.
- [10] Otsuki, K. Adachi, J. of *Applied Polym. Sci.* 48 (1993) 1557.
- [11] PAnggraini. P.W.K, Skripsi Sarjana, Departemen Fisika, FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Indonesia, 2003.
- [12] Ralston.A.R.K, J.A. Tobin, S.S. Bajikar, D.D. Denton, *Sensor and Actuators B* 22 (1994) 139.
- [13] Rooney, W.R. Seitz, *Analyt. Commun.* 36 (1999) 267.
- [14] Snyder, A. W., & Love, J. D. (1983). *Optical Waveguide Theory*. Chapman and Hall.
- [15] Tay, K.M. Tan, S.C. Tjin. C.C. Chan, H. Rahardjo, *Microwave and Optical Technology Letters* 43 (2004) 387.