STUDI AWAL FABRIKASI PANDU GELOMBANG *SYMETRIC* DENGAN *TIN OXIDA* SEBAGAI *DIRECTIONAL COUPLER*

Miftahul Jannah Wahidah [1], Asnawi [2]

[1] Mahasiswa Prodi S1-Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email : miftahul32@gmail.com

[2] Dosen Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

Abstrak

Pengembangan sistem dan teknologi komunikasi optik, terutama di *Optical Switching* (*OS*) memiliki peran penting dalam teknologi informasi. Makalah ini melaporjan pembuatan *symmetric waveguidse* optik berbasis *tin oxida*. S*ymmetric waveguides* sebagai *directional coupler* telah difabrikasi dengan memasukkan material *tin oxida* pada substrat akrilik yang ditutup dengan *methyl methacrylate* (*MMA*). *Directional coupler* hasil fabrikasi dikarakterisasi menggunakan laser *He-Ne* (λ=632,8 nm). Karakterisasi dilakukan dengan mengambil foto penampang melintang *directional coupler* ketika diberi input sinar laser. Distribusi intensitas masing-masing port dari *directional coupler* diolah dengan menggunakan *software ImageJ*. Hasil penelitian menunjukkan besarnya persantase intensitas output *directional coupler* dengan sudut kelengkungan 36^o adalah 25,2% pada port 1 dan pada port 2 sebesar 59,6%. Dengan *losses* sebesar 10,4% ditunjukkan pada *symmetric waveguides* dengan ukuran $2 \times 1{,}5\ cm^2$ dengan jarak *waveguide* 0,04 cm.

Kata Kunci: Pandu gelombang, directional coupler, dan SnO_2.

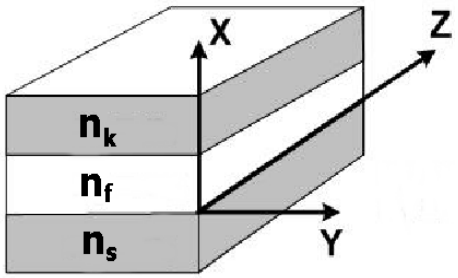
Abstract

The development of optical communication systems and technologies, especially in Optical Switching (OS) has an important role in information technology. This paper reports the manufacture of optical symmetric waveguide based on tin oxide. Symmetric waveguides as directional couplers have been fabricated by incorporating tin oxide material on an acrylic substrate and covered with methyl methacrylate (MMA). The directional coupler of the fabrication results is characterized using a He-Ne laser (λ=632,8 nm). Characterization is done by taking a cross-section of a directional coupler photograph when given a laser beam input. The distribution of the intensity of each port from directional coupler is processed using ImageJ software. The result showed that the intensity of directional coupler output intensity with curve angle 36^o is 25.2% at port 1 and at port 2 is 59,6%. With losses of 10.4% indicated on symmetric waveguides with size $\mathbf{2 \times 1{,}5}\ cm^2$ with a waveguide distance of 0.04 cm.

Keywords: waveguide, directional coupler, and SnO_2

PENDAHULUAN

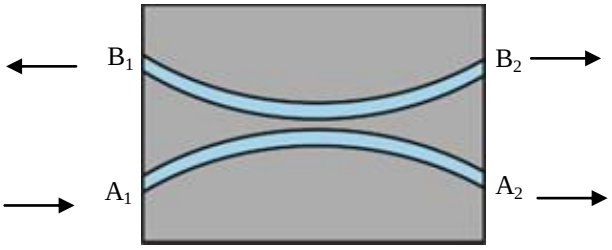
Pengembangan sistem dan teknologi komunikasi optik pada era modern saat ini telah banyak dikembangkan sehingga dapat menciptakan banyak teknologi canggih, terutama di *Optical Switching* (OS) yang memiliki peran penting dalam teknologi informasi. Struktur pandu gelombang optik terdiri dari dua lapisan yaitu lapisan inti dan lapisan luar dengan indeks bias lapisan inti lebih tinggi dari indeks bias lapisan luar (Sarkar, 2013). Lapisan inti terdiri dari lapisan *film* (n_f), sedangkan lapisan luar terdiri dari lapisan substrat (n_s) dan lapisan *cover* (n_c) (gambar 1). Pada prakteknya cahaya untuk pandu gelombang harus dimasukkan ke dalam lapisan inti sehingga cahaya yang masuk pada lapisan inti akan mengalami pemantulkan atau tercermin bolak-balik diantara lapisan luar. Gelombang tersebut akan tertahan karena adanya refleksi dari dinding lapisan seperti pola zig-zag.



Gambar 1. Struktur pandu gelombang

Directional coupler merupakan salah satu variasi sistem dari pandu gelombang dimana terdapat dua pandu gelombang yang saling berdekatan, sehingga daya yang dibawa akan saling dipertukarkan secara periodik (Ramza, 2012). Directional coupler mampu menjalankan berbagai

fungsi pada perangkat optik kovensional termasuk pemisahan, penggabungan dan pemindahan daya (Viviwen, 2006). Struktur pandu gelombang *directional coupler* terdiri dari empat *port* lubang dengan satu port sebagai input dan tiga port lainnya sebagai output.



Gambar 2. Desain pandu gelombang *directional coupler*

Proses perpindahan daya gelombang optik antar jalur dapat dijelaskan menggunakan teori moda tergandeng (*couple mode theory*). Berdasarkan teori ini apabila lebar gap cukup besar maka gelombang *evanescent* moda dasar dari kedua jalur (dilambangkan dengan A dan B) di sepanjang daerah gap tidak menimbulkan kopling, sehingga pada masing-masing jalur gelombang optik pada moda dasar tersebut dapat merambat secara individu. Sebaliknya bila lebar gap kedua jalur sangat kecil maka gelombang *evanescent* moda dasar di sepanjang daerah gap tersebut saling memberikan gangguan (*perturbation*), kopling antar keduanya menyebabkan amplitudo gelombang optik merambat pada kedua jalur transmisi.

Jika ke dalam jalur A ditransmisikan gelombang optik, maka sebagian berkasnya ter-*evanescent* ke jalur B. Berkas pada jalur ke tersebut terpandu dan sebagian berkasnya akan ter-*evanescent* ke jalur A lagi sehingga membentuk pola zig-zag. *Overlaping* antar gelombang *evanescent* yang saling berinterferensi mengakibatkan terjadinya proses perpindahan daya pada pandu gelombang *directional coupler*. Dalam proses perambatannya kedua moda tersebut saling bersuperposisi. Sampai pada jarak Lc (panjang kopling) puncak superposisi pola medannya terletak pada jalur kedua dan semua dayanya dipindahkan ke jalur kedua dan ketika jaraknya dua kali panjang kopling (z = 2 Lc) semua dayanya terkopel kembali ke jalur pertama, demikian seterusnya.

Tin oxida (SnO_2) merupakan paduan antara dua unsur logam dan non logam yang berikatan ionik atau kovalen. SnO_2 juga merupakan senyawa ionik nonstoikiometri akibat adanya cacat titik kelebihan atom logam Sn pada suhu ruang dengan struktur tetragonal. Lapisan SnO_2 dapat diaplikasikan pada peralatan opto-elektronika seperti pelapisan kaca film, fotokatalis, LED organik, sensor gas, solar cell. Lapisan SnO_2 termasuk dalam material keramik karena memiliki titik leleh yang tinggi, lebih keras, tahan terhadap perubahan kimia dibanding logam atau bahan organik lainnya, dan biaya pendeposisiannya relatif lebih murah. Berikut ini merupakan karakterisasi dari material SnO_2 :

Tabel 1. Karakteristik SnO_2

Properties	
IUPAC Name	Tin (IV) Oxide
Chemical Formula	SnO_2
Molar Mass	150.71g.mol^{-1}
Appearance	White or light grey powder
Density	6.95 g/cm^3 (20^{o}C) 6.85 g/cm^3 (24^{o}C)
Melting Point	1,630 ^{o}C (2,970 ^{o}F; 1,900K)
Boiling Point	1,800-1,900 ^{o}C

(Sumber:https://en.wikipedia.org/wiki/Tin_dioxide)

Methyl methacrylate (MMA) adalah monomer untuk skala besar pembuatan *Polymethyl pethacrylate* (PMMA) yang merupakan bahan polimer sejenis plastik. *Methyl methacrylate* (MMA) merupakan bahan yang transparan yang dapat mentransmisikan panjang gelombang tampak (*visible*), absorbsi ultravioletnya kecil sampai panjang gelombang 260 nm. Dengan sifat-sifat tersebut, maka bahan ini merupakan salah satu bahan yang tepat untuk digunakan sebagai bahan pemandu gelombang (Rinawati, 2009). Pada keadaan larutan MMA memiliki indeks bias 1,48904, setelah diberikan perlakuan panas maka akan terjadi kenaikan indeks bias yang bervariasi. Nilai indeks bias MMA yang dipolimerisasi menjadi PMMA menggunakan perlakuan panas masing-masing 1,4914 pada suhu 70^{o}C, 1,4910 pada suhu 80^{o}C, dan 1,4914 pada suhu 90^{o}C panjang gelombang laser *HeNe*.

Pada penelitian ini substrat yang digunakan adalah akrilik (n_s=1,490), film SnO_2 (n_f = 2,006) dan *cover* (n_c=1,415) dengan sumber input laser HeNe (λ = 632Å). Desain jalur cahaya dibuat melengkung dengan sudut 36^o (gambar 2). Proses fabrikasi film tipis dilakukan dengan metode *doctor blade* dan proses karakterisasi dilakukan dengan memasukkan cahaya laser kedalam film. Hasil karakterisasi selanjutnya dianalisis dengan software imageJ untuk mengetahui distribusi intensitas cahayanya.

METODE

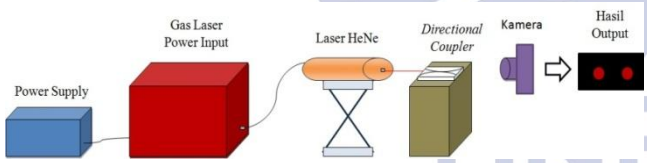
Langkah awal dalam penelitian ini adalah mendesain pola substrat yang terdiri dari dua bagian atas dan bawah. Bagian atas berupa pola jalur dan bagian bawah didesain polos tanpa pola. Substrat selanjutnya dipotong dengan menggunakan teknik *cutting laser*. Setelah dipotong bagian tepi substrat dihaluskan dengan menggunakan kertas ampelas dan dicuci dengan menggunakan air sabun dan aquades. Selanjutnya substrat direndam dalam alkohol dan dibersihkan menggunakan *ultarasonic cleaner* selama 60 menit dan dikeringkan. Substrat yang

sudah bersih dan kering selanjutnya bagian atas dan bawahnya ditempel dengan menggunakan lem akrilik.

Proses selanjutnya adalah pembuatan larutan SnO_2 sebagai *film*. Material SnO_2 sendiri merupakan salah satu material oksida transparan yang memiliki resistivitas listrik yang rendah dan transparansi yang tinggi pada panjang gelombang cahaya tampak. Awal pembuatan larutan SnO_2 ini adalah dengan mencampurkan pelarut yaitu isopropanol ($(CH_3)_2CH(OH)$) dengan binder ethyl cellulose ($[C_6H_7O_2(OH)_{3-X}\ (OC_2H_5)_X]n$)(Kowel, 1987). Dan setelah pelarut dan binder tercampur, serbuk SnO_2 nano ditambahkan. Pemilihan isopropanol sebagai pelarut dikarenakan titik didih isopropanol yang rendah yaitu 82,2^oC dan dibawah titik lebur substrat akrilik yaitu 160^oC. Sehingga pada saat proses penghilangan pelarut dengan pemanasan 100^oC akrilik tidak leleh. Pada pembuatan larutan SnO_2 ini akan diperoleh larutan yang berbentuk gel, hal ini bertujuan agar pada saat pelapisan pola akrilik dapat terisi penuh.

Larutan SnO_2 selanjutnya dimasukkan kedalam lubang pola substrat dengan metode *doctor blade*. Setelah lubang terisi penuh, susbtrat dipanaskan menggunakan *magnetic stirrer hotplate* selama 1 jam dengan suhu 100^oC. Selanjutnya substrat dilapisi dengan MMA dan dipanaskan menggunakan *magnetic stirrer hotplate* selama 15 menit dengan suhu 70^oC.

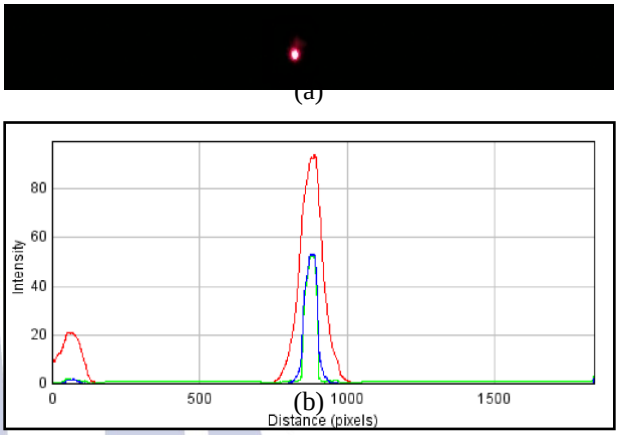
Substrat yang telah dilapisi dengan MMA selanjutnya dapat digunakan untuk melakukan proses karakterisasi. Proses karakterisasi ini dilakukan dengan merangkai alat seperti gambar 3 berikut. Cahaya laser dimasukka kedalam port input (A_1). Selanjutnya diambil foto penampang melintang cahaya input dan ouputnya yang selanjutnya masing-masing distribusi intensitas cahayanya di anslisis dengan menggunakan software imageJ untuk memperoleh grafik intensitas cahaya RGB.



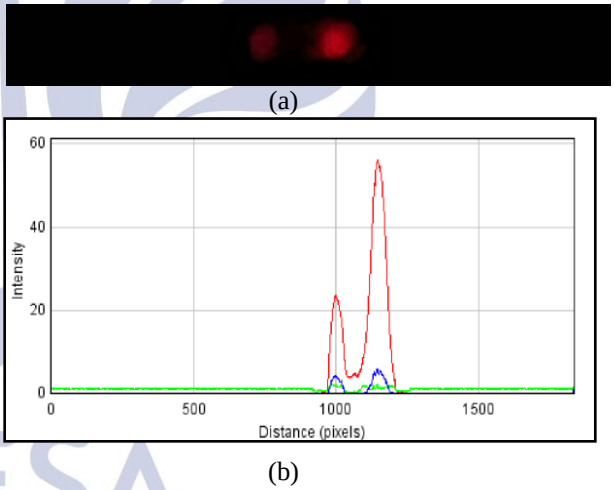
Gambar 3. Rangkaian karakterisasi pandu gelombang *directional coupler*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil karakterisasi *directional coupler* dengan material SnO_2 dapat dilihat pada gambar 4 - 6. Gambar 4 (a) merupakan intensitas sumber cahaya laser*HeNe* sebelum dimasukkan ke dalam *film*. Gambar tersebut selanjutnya diolah dengan menggunakan *software ImageJ* untuk mengetahui berapa nilai intensitas cahaya tersebut sehingga diperoleh grafik nilai intensitas cahaya seperti gambar 4 (b). Dari grafik nilai intensitas cahaya tersebut diambil nilai tertinggi untuk digunakan dalam perhitungan persentase cahaya yang terpandu. Nilai grafik tertinggi yang digunakan adalah grafik yang berwarna merah, karena sumber cahaya yang digunakan adalah laser *HeNe* dengan cahaya merah. Grafik dengan garis berwarna biru dan hijau menunjukkan bahwa terdapat cahaya lain berwarna biru dan hijau yang tertangkap dalam gambar tersebut. Dari grafik tersebut diperoleh nilai intensitas cahaya input adalah 94,4929 a.u. Cahaya tersebut selanjutnya dimasukkan kedalam *film* melalui salah satu port yang disebut dengan A_1, sehingga cahaya dapat mengalami proses pemanduan gelombang.



Gambar 4. (a) Intensitas cahaya input A_1 (b) grafik RGB A_1



Gambar 5. (a) Intensitas cahaya output A_2 dan B_2 (b) grafik RGB output A_2 dan B_2

Hasil dari pemanduan ditunjukkan pada gambar 5 (a). Gambar tersebut menunjukkan bahwa intensitas cahaya pada output B_2 lebih terang dari pada intensitas cahaya pada output A_2. Hal ini menunjukkan terjadi proses pemindahan cahaya dari input A_1 ke output B_2. Proses pemindahan daya ini terjadi pada titik coupler dimana kedua jalur berada pada posisi yang saling berdekatan. Sehingga cahaya yang dari input A_1 akan berpindah ke output B_2 dan dapat berpindah kembali ke output A_2 begitu seterusnya disepanjang titik coupler. Gambar hasil pemanduan tersebut selanjutnya diolah dengan menggunakan *software ImageJ* sehingga dapat diperoleh grafik intensitas cahaya pada output A_2 dan B_2 yang ditunjukkan pada gambar 5 (b). Grafik tersebut menunjukkan bahwa intensitas tertinggi pada port A_2

UNESA Universitas Negeri Surabaya

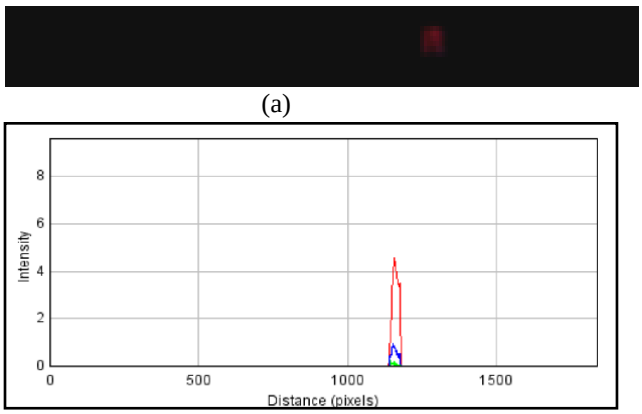
sebesar 23,7723 a.u dan pada port B_2 intensitas tertingginya adalah 56,3125 a.u.

Pada output B_1 terdapat pula cahaya yang keluar yang ditunjukkan pada gambar 6 (a). Cahaya yang keluar pada output B_1 tidak saterang cahaya yang keluar pada output A_2 dan B_2. Hal ini disebabkan karena material film yang digunakan adalah SnO_2 yang termasuk dalam bahan non-linier. Gambar 6 (b) adalah hasil analisis grafik RGB dengan *software ImageJ* yang menunjukkan bahwa intensitas cahaya tertinggi adalah 4,5951 a.u

Setelah memperoleh nilai intensitas cahaya dari masing-masing port langkah selanjutnya adalah perhitungan prosentase output terhadap input. Dengan menggunakan persamaan beriku:

$$\text{Persentase terhadap input} = \frac{\text{output}}{\text{total output}} \times 100\%$$

Dari hasil perhitungan nilai intensitas cahaya input yang dimasukkan kedalam *film* memiliki persentase 100%, pada output A_2 memiliki persentase sebesar 25,2%, pada output B_2 sebesar 59,6 dan pada output B_1 adalah 4,9%. Hal ini menunjukkan bahwa pandu gelombang dengan sudut persilangan antara 25^o – 45^o akan mengalami proses pemindah daya(Lu, 2006). Berdasarkan hasil perhitungan total prosentase output dikurangi prosentase input. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada pemanduan gelombang ini terdapat loss cahaya sebesar 10,4%. Hal ini menunjukkan bahwa pandu gelombang dengan sudut lengkungan memiliki nilai *loss* yang lebih rendah dari pada pandu gelombang dengan sudut tikungan (Sakar, 2013).



(a)

(b)

Gambar 6. (a) Intensitas cahaya output B_1 (b) grafik RGB output B_1

Tabel 2. Prosentase hasil karakterisasi nilai output tiap port terhadap input

Input A_1 (a.u)	Output (a.u)			Prosentase Terhadap Input (%)			Loss (%)
	A_2	B_2	B_1	A_2	B_2	B_1	
94,4929	23,7723	56,3125	4,5951	25,2	59,6	4,9	10,4

PENUTUP

Simpulan

Fabrikasi symmetric waveguide dengan material tin oxida sebagai *directional coupler* telah berhasil dilakukan dengan prosentase output terhadap input sebesar 25,2% pada port output 1 dan pada port output 2 sebesar 59,6%. Hal ini terjadi akibat adanya proses pemindahan daya ini terjadi pada titik coupler dimana kedua jalur berada pada posisi yang saling berdekatan. Sehingga cahaya yang dari input A_1 akan berpindah ke output B_2 dan dapat berpindah kembali ke output A_2 begitu seterusnya disepanjang titik coupler. Pada proses pemanduan ini terjadi proses pembelokan cahaya sehingga terdapat cahaya output yang keluar melalui port output 3 sebesar 4,9%. Proses pemanduan cahaya sebagai directional coupler dengan sudut lengkungan diperoleh nilai loss yang cukup rendah yaitu 4,9%.

Saran

Dalam penelitian ini masih banyak kekurangan sehingga belum sempurna, untuk penlitian selanjutnya yaitu perlu dilakukan lebih banyak variasi sudut persilangan dan variasi daya masukan untuk mengoptimalisasi pemanduan gelombang *directional coupler*.

DAFTAR PUSTAKA

Bahtiar, Ayi, dkk. 2006. *Fabrikasi dan Karakterisasi Pandu Gelombang Planar Polimer Terkonjungasi*. Laporan Penelitian, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran. Bandung.

Chopra, K. N dan Maini, A.K. 2010. *Thin Films And Their Applications in Military and Civil Sectors*. New York, Marcel Deker.

Daniyati, Rizqa. 2015. *Fabrikasi Pandu Gelombang TiO_2 Nano Y-Branch dengan Metode Lithography sebagai Power Divider*. Tesis tidak diterbitkan, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

Hidayati, Y. N., Yudoyono, G. dan A. Y. Rohedi. 2013. *Sensor Temperatur menggunakan Pandu Gelombang Slab Berbahan Polymethyl Methacrylate (PMMA) sebagai Hasil Fabrikasi dengan Metode Spin Coating*. Jurnal Sains dan Seni POMITS. Vol. 2, No. 2, pp 2337-3520.

Kowel, S.T., et. al. 1987. *Future Application of Ordered Polymeric Thin Films*. Thin Solid Films. Vol. 152, pp 377-403.

Lu, Fan, Z. Wang, Z. Tian, A. Xu. 2016. *An Efficient and ultrabroadband unidirectional optical coupler for wide incidence angels*. Optics Communications. Vol. 379, pp 1-5.

Pigeon, F., Jourlin, Y., Parriaux, O. 2001. *Slab Wavegiude Resonance Monitoring by Free Space Waves*. Thin Solid Films. Vol. 394 , pp 237-241.

Rahayu, Lucky P. 2015. *Fabrikasi Pandu Gelombang X-cross dengan Film SnO2 Nano Sebagai Pembagi Daya*. Tesis tidak diterbitkan. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

Rahayu, Lucky P. dan Yudoyono G. 2013. *Fabrikasi dan Karakterisasi Directional Coupler dan Double Coupler dengan Bahan Serat Optik Plastik Step Index Multimode Tipe Fd-620-10*. Jurnal Sains dan Seni POMITS. Vol. 2, No. 2, pp 2337-3520.

Ramza, H., Nasimi, F., Ishak, K.A., dan M. S. Ab-Rahman. 2012. *Analysis of TE (Transverse Electric) Modes of Symmetric Slab Waveguide*. Adv. Studies Theor. Phys. Vol. 6, no. 27, 1323-1336.

Sarkar, Dibyo, Iqbal Jamal, dan Sushanta K. Mitra. 2013. *Analysis, design and fabrication of optical waveguides for mach-zender interferometry*. Optics Communications. Vol. 311, pp 338-345.

Viviwen L., X. Le Roux, and S. Laval. 2006. *Design, Realization, and characterization of 3-D taper for fiber/micro-waveguide-coupling*. IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. Vol. 12, pp 1354-1358.

Yang M., W. M. J. Green, and S. Assefa. 2011. *Non-Blocking 4x4 electro-optic silicon switch for on-chip photonic networks*. Opt, Express Vol 19, pp 47-54.

UNESA
Universitas Negeri Surabaya