

ANALISIS PANDU GELOMBANG OPTIK MODEL Y-BRANCH DENGAN FILM TIN (IV) OXIDE NANO SEBAGAI DIVAIS OPTOELEKTRONIKA

Novita Dwi Rahayu¹⁾, Asnawi²⁾

¹⁾Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: novita.17030224001@mhs.unesa.ac.id

²⁾Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: asnawi@unesa.ac.id

Abstrak

Pandu gelombang optik adalah salah satu piranti pasif yang penting dalam sistem fotonika dan jaringan komunikasi optik. Piranti dalam pandu gelombang optik dapat mentransmisikan dan memodifikasi sinyal optik dari satu titik ke titik lain yang dapat berfungsi sebagai pembagi daya (*power divider*), *directional coupler*, *optical combiner*, dan *optical switch*. Tujuan penelitian ini adalah memfabrikasi pandu gelombang optik model Y-branch berbasis material Tin (IV) Oxide (SnO_2). Pandu gelombang optik model Y-branch dibuat dengan menggunakan metode laser *cutting*, dimana substrat pandu gelombang optik adalah akrilik dengan film/core pandu gelombang adalah SnO_2 dan PMMA sebagai *cladding*. Proses kerja laser *cutting* yaitu dengan memfokuskan sinar laser pada substrat akrilik yang ingin dipotong dengan ukuran $25 \times 15 \text{ mm}^2$. Setelah proses pemotongan akrilik kemudian material SnO_2 berupa gel dimasukkan ke dalam pandu gelombang Y-branch. Pengukuran *output* pandu gelombang Y-branch dilakukan dengan mengambil gambar laser dari penampang melintang (*cross section*) pada pandu gelombang kemudian diolah menggunakan perangkat lunak *Image-J*. Grafik pada perangkat lunak *Image-J* dapat digunakan untuk menganalisis hasil penelitian. Laser He-Ne dengan panjang gelombang sebesar 632,8 nm sebagai sumber cahaya masukan pada pandu gelombang optik Y-branch. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai intensitas *output* 1 dan *output* 2 yang optimum dari pandu gelombang optik model Y-branch terdapat pada sudut percabangan 50° yaitu sebesar 58,8% (kanal 1) dan 41,2% (kanal 2), hal ini menggambarkan bahwa pandu gelombang Y-branch dengan sudut 50° merupakan pandu gelombang optik yang memiliki nilai luaran yang optimum sebagai pembagi daya (*power divider*). Dengan demikian, pandu gelombang optik model Y-branch berbasis material Tin (IV) Oxide berpotensi untuk terus dikembangkan sebagai bahan utama pada divais optoelektronika.

Kata Kunci: pandu gelombang, pembagi daya, SnO_2 , laser *cutting*

Abstract

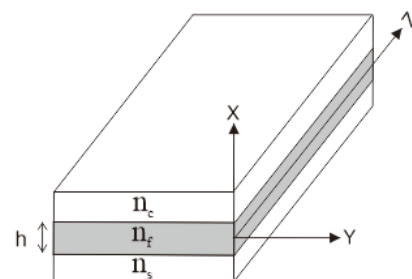
Optical waveguides are one of the most important passive devices in photonic systems and optical communication networks. Devices in optical waveguides can transmit and modify optical signals from one point to another which can function as a power divider, directional coupler, optical combiner, and optical switch. The purpose of this research is to fabricate a Y-branch model optical waveguide based on Tin (IV) Oxide (SnO_2) material. The Y-branch optical waveguide model is made using laser cutting method, where the optical waveguide substrate is acrylic with the film/core is SnO_2 and PMMA as cladding. The work process of laser cutting is by focusing the laser beam on the acrylic substrate to cut with a size of $25 \times 15 \text{ mm}^2$. After the acrylic cutting process, the SnO_2 material in the form of gel is injected into the Y-branch waveguide. Measurement of the Y-branch waveguide output is done by taking a laser image from the cross section of the waveguide and then processing it using Image-J software. Graphics in Image-J software can be used to analyze research results. He-Ne laser with a wavelength of 632.8 nm as an input light source on a Y-branch optical waveguide. The results showed that the optimum intensity value from the Y-branch optical waveguide model at a branching angle of 50° with 58.8% (channel 1) and 41.2% (channel 2), this illustrates that the Y-branch waveguide with an angle of 50° is an optical waveguide that has an optimum output value as a power divider. Thus, the Y-branch optical waveguide model based on Tin (IV) Oxide material has the potential to be developed as the main material in optoelectronic devices.

Keywords: waveguide, power divider, SnO_2 , laser cutting

PENDAHULUAN

Pandu gelombang merupakan medium untuk memandu gelombang dengan cara mentransmisikan gelombang, seperti gelombang suara atau gelombang elektromagnetik (Ismanto et al., 2013). Pandu gelombang tersusun atas tiga lapisan yaitu, *cladding*, *film*, dan substrat dengan indeks bias n_c , n_f , dan n_s seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1 (Grivas, 2011). Pandu gelombang memungkinkan cahaya merambat dengan refleksi internal total. Hal ini efektif dengan membuat bahan yang mengelilingi pandu gelombang memiliki indeks bias lebih rendah daripada akrilik dan *cladding* ($n_f > n_s > n_c$) (Ehsan et al., 2011). Pandu gelombang banyak digunakan sebagai

filter, pembagi daya, *directional coupler*, *duplexer*, *junction*, dan sirkulator (Bouchra et al., 2014).



Gambar 1. Struktur pandu gelombang (Grivas, 2011)

Pembagi daya (*power divider*) pada pandu gelombang digunakan untuk membagi daya *input* dan mengirimkan sinyal dalam suatu sistem terutama pada dua tipe pandu gelombang yaitu tipe T dan Y (Wirawan, 2016). Salah satu tipe pembagi daya yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Y-branch*. *Y-branch* adalah elemen penting untuk membangun banyak perangkat dalam *chip* untuk komputasi optik, sistem komunikasi dan penginderaan, seperti pemecah berkas cahaya, pembagi daya optik, modulator, sakelar optik, *mode (de) multiplexer*, dan sebagainya. *Insertion loss*, rasio pemecah, *polarization dependent loss* (PDL) dari sebuah *Y-branch* sangat penting karena hal tersebut yang menentukan kinerja perangkat *on-chip* (Jiang, 2019). Selain digunakan pada bidang elektronik pandu gelombang juga dapat digunakan pada bidang kesehatan yaitu untuk mengukur konsentrasi glukosa pada air liur penderita diabetes (Siddiq et al., 2020). Pandu gelombang *Y-branch* merupakan komponen optik yang mendistribusikan sinyal daya dari satu *input* ke dua *output* (Mohamed-Kassim et al., 2016). *Y-branch* memiliki kinerja yang sangat baik pada rentang panjang gelombang yang sangat lebar, yang berarti pembagi daya pada pandu gelombang *Y-branch* dapat diintegrasikan ke dalam sistem pengukuran rasio panjang gelombang (Wang et al., 2011).

Pemilihan bahan yang tepat untuk memandu pandu gelombang diperlukan karena berhubungan dengan hilangnya daya yang ditransmisikan dalam pandu gelombang optik. Salah satunya dengan menggunakan Tin (IV) Oxide (SnO_2) karena material ini berpotensi dalam pandu gelombang mikrofabrikasi yang memiliki indeks bias tinggi dan transparansi yang optimum dari rentang panjang gelombang inframerah hingga cahaya tampak (Rahayu et al., 2016). SnO_2 merupakan jenis non-stoikiometri semikonduktor oksida logam celah pita lebar tipe-n yang mempunyai energi gap ($E_g \geq 3,6 \text{ eV}$) pada temperatur ruang dengan struktur tetragonal (Rahal et al., 2015). SnO_2 mempunyai karakteristik yang unik yaitu daya transmisi yang tinggi, reflektifitas yang tinggi di daerah inframerah, resistivitas rendah, relatif murah, dan memiliki stabilitas termal yang baik dan banyak diaplikasikan sebagai sensor gas, bahan baku untuk *film* transparan, *photocatalysis*, *solar enery collectors*, *heat mirror coating*, dan pada perangkat elektronik lainnya (Marikannan et al., 2015; Rahal et al., 2015).

Polymethyl Methacrylate (PMMA) (nama IUPAC: *poly [1- (methoxy carbonyl) -1-methyl ethylene]*) adalah polimer sintetik yang dibuat dengan penambahan radikal bebas dan polimerisasi *methyl methacrylate* ($\text{C}_5\text{O}_2\text{H}_8$) menjadi *polymethyl methacrylate* (MMA) (Ali et al., 2015). PMMA merupakan polimer transparan yang mempunyai densitas rendah dan resistansi yang tinggi, tidak berwarna, dan dapat tembus cahaya, sehingga polimer ini dapat diaplikasikan dalam transmisi cahaya (Dastyar et al., 2020). PMMA memiliki beberapa keunggulan

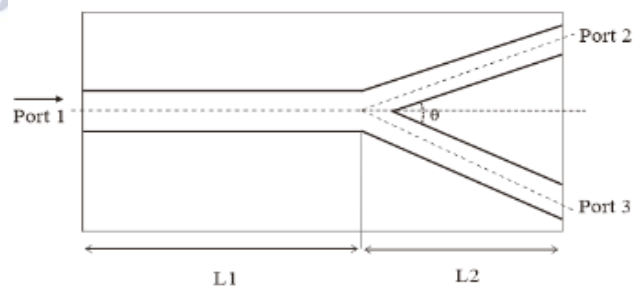
dibandingkan dengan kaca. Densitas PMMA lebih kecil dari kaca, yaitu sebesar 1170-1200 kg/m^3 , PMMA mampu mentransmisikan sinar *ultraviolet* (UV) pada intensitas terbaik karena memiliki struktur bahan yang lebih lunak daripada kaca dan mudah membaurkan cahaya (Sen et al., 2016).

Fabrikasi *Y-branch* pada penelitian ini dibentuk oleh pandu gelombang dengan menggabungkan dua buah akrilik. Akrilik dibentuk dan dipotong menggunakan metode *laser cutting*. Sudut yang digunakan pada cabang pandu gelombang optik *Y-branch* dibuat bervariasi antara 20° , 30° , 40° , 50° dan 60° . Material inti yang digunakan dalam pandu gelombang optik *Y-branch* adalah nanopartikel SnO_2 yang dideposisikan ke dalam kanal pandu gelombang optik model *Y-branch* dengan substrat akrilik dan ditutup dengan jaket (*cladding*) PMMA.

Penelitian ini bertujuan untuk memfabrikasi pandu gelombang optik model *Y-branch* berbasis material Tin (IV) Oxide (SnO_2) dengan metode *laser cutting* dan menganalisis pengaruh besar sudut pandu gelombang tipe *Y-branch* terhadap *output* dari propagasi gelombang cahaya sebagai implementasi divais optoelektronika.

METODE

Penelitian dilakukan di Lab Optoelektronika ITS Surabaya dan Lab Material Universitas Negeri Surabaya. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *laser cutting*. Desain *Y-branch* yang ditunjukkan pada Gambar 2 dibuat dengan menggunakan aplikasi *CorelDRAW*. Substrat berbahan dasar akrilik dengan indeks bias 1,49 (n_s) digunakan karena mempunyai beberapa keuntungan yaitu, bahan relatif kuat, transparansi tinggi, dan biaya yang rendah. *Film* pada pandu gelombang *Y-branch* menggunakan nanopartikel SnO_2 yang memiliki indeks bias 2,006 (n_f) dan dilapisi dengan PMMA dengan indeks bias 1,415 (n_c). Pemilihan material ini memenuhi syarat untuk terjadinya refleksi internal total dimana $n_f > n_s > n_c$. Panjang L_1 adalah 1,5 cm sedangkan L_2 adalah 1cm. Sudut percabangan *Y-branch* dibuat bervariasi yaitu 20° , 30° , 40° , 50° dan 60° .



Gambar 2. Pembagi daya *Y-branch* (Skryabin et al., 2018)

Tabel 1. Parameter Pandu Gelombang *Y-branch*

Parameter	Nilai
Panjang L_1	15 mm

Panjang lengan Y-branch (L_2)	10 mm
Kedalaman kanal	2 mm
Lebar celah	0,35 mm
Sudut Y-branch (θ)	20°, 30°, 40°, 50°, 60°
Indeks bias SnO_2 (n_f)	2,006
Indeks bias <i>cladding</i> (n_c)	1,4900
Indeks bias PMMA (n_s)	1,4908
Panjang gelombang laser He-Ne (λ)	632,8 nm

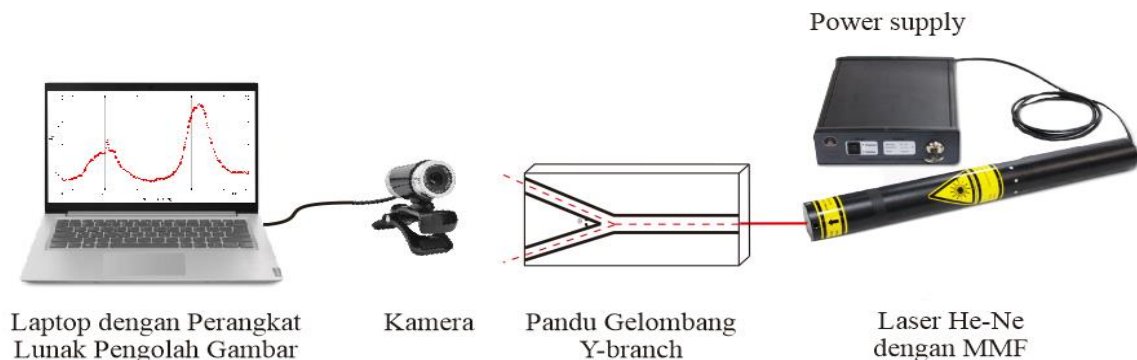
Preparasi substrat dimulai dengan memotong akrilik berukuran 25 x 15 mm². Instrumen (Gambar 3) untuk membentuk Y-branch pada substrat akrilik adalah mesin laser *cutting* merek Baisheng tipe BS-4030 dengan kecepatan 50 mm/sec, daya 8,75 W, akuransi posisi 0,01 mm, panjang gelombang laser *cutting* 10,6 μm , dan rasio resolusi sebesar 0,025 mm. Substrat akrilik diukir menggunakan metode laser *cutting* menjadi berukuran 25x15 mm². Selanjutnya substrat akrilik dipoles dengan amplas agar permukaan akrilik rata dan halus lalu akrilik dicuci dengan menggunakan air sabun dan dibilas dengan *aquades* untuk menghilangkan residu bekas pemotongan akrilik. Untuk menghilangkan kotoran lainnya, akrilik direndam dalam gelas beker yang sudah terisi 96% alkohol da



Gambar 3. Proses Pengukiran Y-branch oleh Laser *Cutting* (Dokumen pribadi)

Demikian halnya dengan material inti yang digunakan adalah SnO_2 . Pembuatan larutan SnO_2 dilakukan dengan mencampurkan 3 ml isopropanol (pelarut) dan 0,13 g *ethyl cellulose* (*binder*) yang diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam pada temperatur 50°C. Waktu pengadukan yang relatif lama diperlukan untuk membuat pengikat dan pelarut tercampur secara homogen tanpa adanya gumpalan pengikat kecil di dalam larutan. Setelah larutan homogen dan pelarut diperoleh, dilakukan proses pengadukan dengan ditambahkan 0,3 g serbuk nano SnO_2 menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam pada temperatur 50°C sampai larutan SnO_2 berubah menjadi gel. Selanjutnya SnO_2 dideposisikan ke dalam kanal Y-branch sebagai inti/film pandu gelombang.

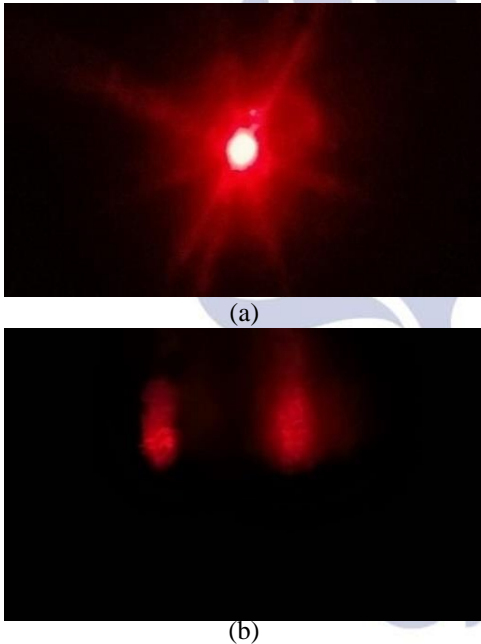
Pendeposisian SnO_2 dilakukan dengan memasukkan gel SnO_2 pada pandu gelombang Y-branch. Selama proses ini berlangsung *input* pandu gelombang dari *multimode fiber* (MMF) digunakan untuk mengarahkan sinar laser agar dapat dilakukan proses karakterisasi. Setelah deposisi SnO_2 selesai, substrat akrilik dipanaskan pada temperatur 100°C menggunakan hotplate selama 15 menit. Proses pemanasan dilakukan bertujuan untuk menghilangkan pelarut yang digunakan dalam larutan SnO_2 . Larutan isopropanol yang digunakan untuk membersihkan akrilik mempunyai titik didih sebesar 82,5°C. Setelah SnO_2 kering, pandu gelombang dilapisi dengan PMMA (polymethyl methacrylate) dengan temperatur pemanasan 70°C selama 15 menit. Selama proses pemanasan ini, PMMA berpolimerisasi menjadi MMA yang menutupi *film* SnO_2 .



Gambar 4. Skema Pengaturan Eksperimental Pandu Gelombang Y-branch

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses karakterisasi pandu gelombang Y-branch dilakukan menggunakan laser He-Ne dengan panjang gelombang 632,8 nm yang memiliki sinar keluaran berwarna merah. Pengamatan pandu gelombang Y-branch untuk proses karakterisasi dilakukan pada ruangan gelap agar meminimalkan pengaruh sinar selain dari sumber laser He-Ne. Sinar luaran dari pandu gelombang (*output*) diperoleh dari sinar laser He-Ne yang masuk ke dalam pandu gelombang Y-branch dan melihat pada *cross section* dari penampang luaran yang ditangkap oleh kamera kemudian ditangkap oleh komputer. Gambar 5 (a) menunjukkan proses karakterisasi yang dimulai dengan mengambil gambar *input* yang telah disinari oleh laser He-Ne. Cahaya pada *input* mengalami penjalaran di dalam kanal pandu gelombang hingga di percabangan sinar/cahaya laser terbagi menjadi dua (*output 1* dan *output 2*), seperti ditunjukkan pada Gambar 5 (b) yang menunjukkan *output* dari kedua sisi pandu gelombang Y-branch yaitu *output* pada sisi kiri dan kanan (*output 1* dan *output 2*).

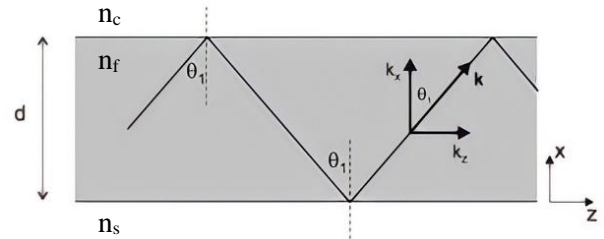


Gambar 5. (a) *Input* laser He-Ne. (b) *Output* kanal 1 dan kanal 2 dari pandu gelombang Y-branch

Penjalaran gelombang cahaya (laser) berulang kali dipantulkan dari dinding pemandu yang berlawanan dan dibawa dari satu ujung ke ujung lainnya dengan jalur *zigzag* dalam pandu gelombang (Balaji, 2020). Pandu gelombang yang ditunjukkan pada Gambar 6 dengan indeks bias n_f diapit di antara dua media dengan indeks bias n_c dan n_s , jika $n_c < n_f$ maka sinar yang merambat di media akan mengalami refleksi internal total di batas atas dengan syarat sudut datang pada batas lebih besar dari sudut kritis θ_c . Dalam penelitian ini indeks bias n_f adalah 2,006 dan indeks bias *cladding* adalah 1,4900. Persyaratan gelombang terpandu yang baik terkait dengan sudut kritis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\theta_c = \sin^{-1} \left(\frac{n_c}{n_f} \right)$$

Hal ini akan menyebabkan pada saat terjadi refleksi, sinar akan mengenai batas bawah pada sudut datang yang sama sehingga sinar dengan arah awal yang teratur akan terus merambat menuruni pandu gelombang di jalur *zigzag* tanpa kehilangan pantulan sehingga akan terbentuk refleksi sempurna oleh batas pandu gelombang yang menjadikan cahaya merambat dengan baik dalam pandu gelombang (Quimby, 2006).



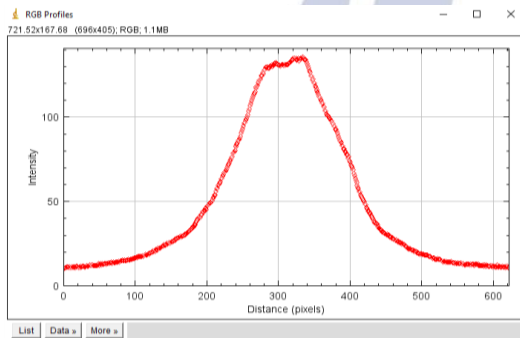
Gambar 6. Sinar tunggal merambat pada pandu gelombang planar (Quimby, 2006)

Perambatan cahaya pada komponen arah sumbu x dan sumbu y dituliskan dalam bentuk pemanduan modus TE, yaitu ke arah sumbu y adalah E_y , sedangkan ke dua arah sumbu lainnya adalah E_x dan E_z dengan nilai nol. Karena E_y selalu sama di sepanjang sumbu y maka $\frac{\partial}{\partial y} = 0$, sehingga persamaan dapat ditulis menjadi $\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) E_y - \frac{n^2}{c^2} \frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2} = 0$, karena cahaya merambat sepanjang arah sumbu z, maka fungsi gelombang yang sesuai dengan komponen medan listrik E_y adalah $\exp[j(\omega t - \beta z)]$, yang mana ω adalah frekuensi cahaya dan β adalah tetapan propagasi ke arah sumbu z. Dengan demikian E_y dapat ditulis menjadi $E_y(x, z) = E_y(x) \exp[j(\omega t - \beta z)]$. Dari persamaan tersebut didapatkan dua operator yaitu $\frac{\partial}{\partial t} = j\omega$ dan $\frac{\partial}{\partial z} = -j\beta$ kemudian setelah mendapatkan kedua operator tersebut maka persamaan yang menyatakan pemanduan cahaya modus TE dapat ditulis $\frac{d^2 E_y}{dx^2} + [k_0^2 n^2(x) - \beta^2] E_y = 0$.

Demikian halnya dengan persamaan Helmholtz pada pandu gelombang *step-index* modus TE menyatakan bahwa selama proses penjalaran cahaya di dalam pandu gelombang tidak ada cahaya yang hilang ke daerah substrat dan *cladding*. Hal ini hanya terjadi jika osilasi medan listrik terpandu $E_y(x)$ membentuk gelombang stasioner. Persamaan gelombang stasioner dalam pandu gelombang dapat ditulis $\frac{d^2 E_y}{dx^2} + k_{jx}^2 E_y = 0$. *Evanescent* pandu gelombang merupakan medan yang menembus daerah substrat dan *cladding*. Media *evanescent* menyerap

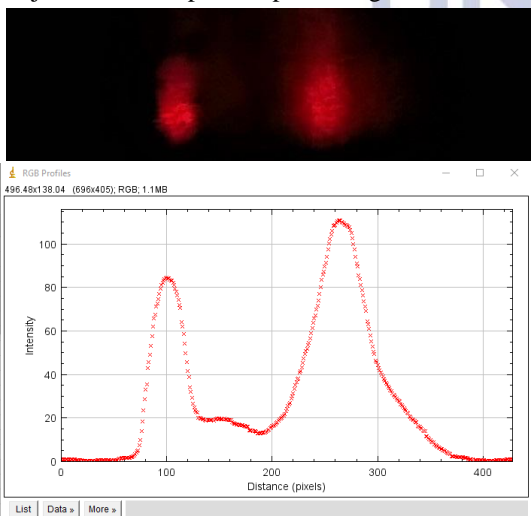
gelombang *evanescent* pada batas *film* dan *cladding* pandu gelombang (Majjid, 2018). Medan listrik yang berosilasi pada daerah *film* dan yang mengalami *evanescent* ke arah substrat dan *cladding* dapat dibedakan melalui nilai gelombang, yaitu pada gelombang stasioner bernilai riil sedangkan pada daerah yang mengalami *evanescent* bernilai imajiner (Bertolotti et al., 2017). Oleh karenanya, cahaya yang masuk melalui *input* akan melewati *film* dan menjalar melewati sudut percabangan pandu gelombang Y-branch.

Cahaya *input* dan *ouput* pada pandu gelombang Y-branch diolah menggunakan perangkat lunak *Image-J* yang menghasilkan data berupa grafik RGB (*red, green, blue*) dan kemudian dapat diperoleh data intensitas dari *input* dan *output* (kanal 1 dan kanal 2). Setelah pengolahan data dilakukan pengambilan nilai *output* 1 dan *output* 2 yang diperoleh dari nilai tertinggi pada grafik RGB. Nilai dari data komponen warna merah merupakan nilai *output* dari masing-masing kanal pada pandu gelombang Y-branch.

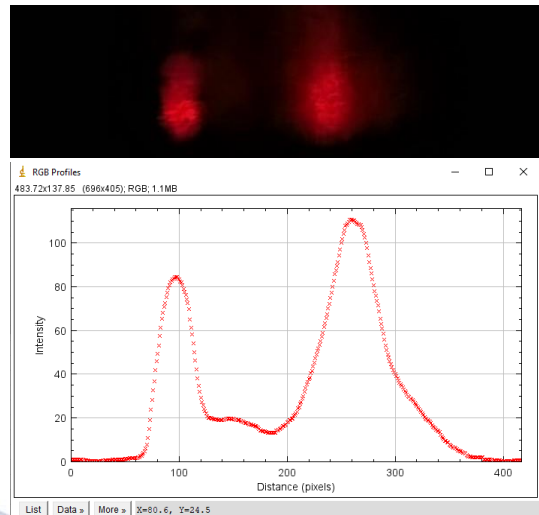


Gambar 7. Hasil pengolahan data *input* dari program *Image-J*

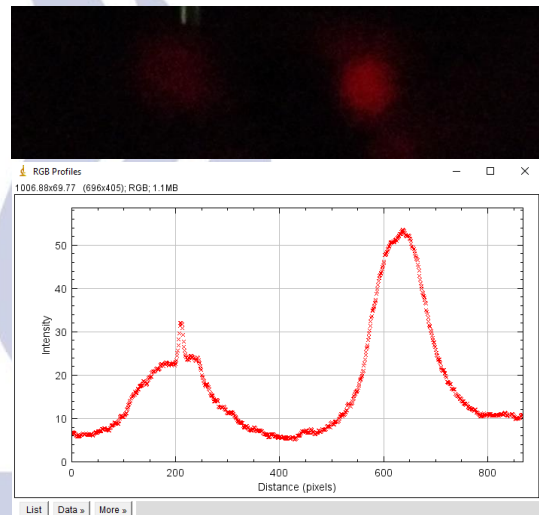
Hasil pengambilan data dari nilai intensitas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 di atas merupakan grafik dari pengolahan data dengan program *Image-J* dengan nilai puncak gelombang yang diperoleh adalah 135,768. Sampel diambil dari sudut percabangan 20° sampai 60° dengan jarak 10° setiap sudut percabangan.



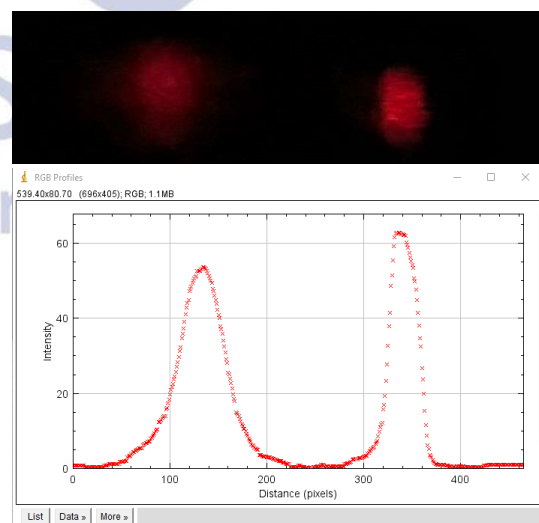
(a)



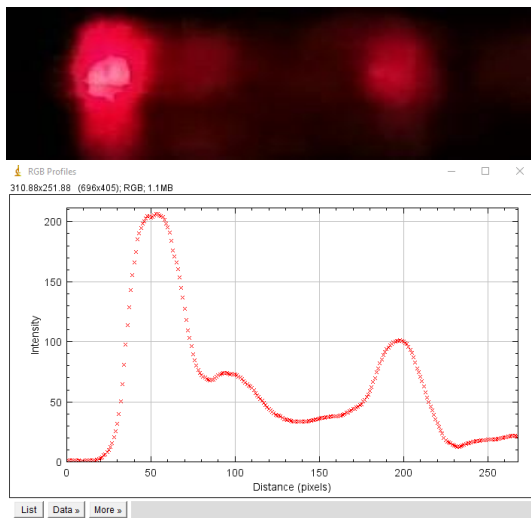
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 8. Y-branch dengan sudut percabangan (a) 20°, (b) 30°, (c) 40°, (d) 50°, (e) 60°

Tabel 2. Persentase Intensitas *Output* Pandu Gelombang Y-branch

Nama Sampel	Sudut Percabangan	Intensitas (%)	
		<i>Output</i> 1	<i>Output</i> 2
a	Sudut 20°	36,3	63,7
b	Sudut 30°	37,1	62,9
c	Sudut 40°	37,8	62,2
d	Sudut 50°	58,8	41,2
e	Sudut 60°	64,7	35,3

Tabel 2 menunjukkan besaran intensitas yang dikeluarkan oleh *ouput* 1 dan *ouput* 2 dalam bentuk persen. Pada sudut 20° rasio distribusi intensitas *output* sebesar 36,3% dan 63,7% menunjukkan bahwa pembagian cahaya yang dikeluarkan oleh sumber laser He-Ne tidak sama rata saat melalui daerah percabangan. Begitu pula pada sudut 30° dan 40° dengan nilai *output* berturut-turut yaitu 37,1% dan 62,9%, 37,8% dan 62,2%. Terlihat bahwa persentase pada *output* 1 lebih kecil daripada *output* 2, hal ini dikarenakan nilai lebar pada *output* 1 lebih kecil dibandingkan dengan *output* 2. Berbeda dengan sudut 60° yang mana nilai *output* 1 lebih besar dari *output* 2, yaitu 64,7% dan 35,3%. Hal ini dikarenakan nilai lebar pada *output* 1 lebih besar dibandingkan dengan *output* 2. Pada sudut 50° menunjukkan nilai selisih perbandingan *ouput* 1 dan 2 paling kecil di antara sudut yang digunakan sebelumnya yaitu 58,8% dan 41,2%. Dari hasil yang didapatkan pada Tabel 2 sudut pada Y-branch yang efektif digunakan untuk pembagi daya adalah sudut 50° karena dengan perbandingan nilai *output* pada kedua keluaran hampir sama, maka efektif untuk diaplikasikan sebagai pembagi daya. Desain dari pandu gelombang Y-branch juga efektif digunakan sebagai pembagi daya karena dengan bentuk percabangan seperti ini

akan meminimalkan *loss* atau kerugian cahaya yang keluar dari pandu gelombang. Pada penelitian ini tidak ditemukan cahaya yang keluar pada pandu gelombang karena tidak ada nilai *loss*.

Penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh N. Syafiqah Mohamed-Kassim, 2010 yang mendapatkan hasil perbandingan *output* yang optimum pada percobaan pandu gelombang Y-branch adalah 47:47 pada sudut 10° dengan bahan yang digunakan adalah serat optik dan panjang gelombang laser He-ne sebesar 650 nm. A. A. Ehsan melakukan penelitian yang sama pada tahun 2011 dengan menggunakan bahan *plastic optical fiber* dihasilkan perbandingan *output* 50:50 pada sudut 18° dimana akrilik sebagai bahan utama pandu gelombang sedangkan penelitian lain menggunakan NOA63 sebagai bahan utama pandu gelombang dihasilkan perbandingan *output* sebesar 57:43 pada sudut 17°. Kedua bahan tersebut menggunakan laser dengan panjang gelombang yang sama yaitu 650 nm. Perbandingan lain yaitu dengan penelitian yang dilakukan oleh N. N. Skryabin, 2018 dengan menggunakan bahan Lithium Niobate (LiNbO₃) dihasilkan perbandingan *output* sebesar 48,5:51,5 pada sudut 1,9° dengan panjang gelombang 1500 – 1580 nm. Pada penelitian ini perbandingan *output* yang optimum sebesar 58,8:41,2 pada sudut 50° dengan bahan yang digunakan adalah Tin (IV) Oxide atau SnO₂ dan panjang gelombang laser He-ne sebesar 632,8 nm. Sudut percabangan yang digunakan pada penelitian ini lebih besar dibandingkan dengan penelitian lain karena dapat memuat lebih banyak komponen optik jika diaplikasikan pada sirkuit divais optoelektronika (Asnawi, 2019).

PENUTUP

Simpulan

Penelitian ini menganalisis pandu gelombang Y-branch berbasis SnO₂ sebagai pembagi daya dengan menggunakan metode laser *cutting*. Sudut percabangan pada pandu gelombang Y-branch bervariasi mulai dari 20°, 30°, 40°, 50° dan 60°. Hal ini bertujuan untuk mencari nilai perbandingan *output* 1 dan *output* 2 yang paling efektif jika diaplikasikan sebagai pembagi daya. Pengaruh besar sudut pada pandu gelombang mempengaruhi perbandingan nilai *output* yang dihasilkan. Pada penelitian ini semakin besar sudut percabangan, maka semakin besar nilai *output* 1 yang dihasilkan. Nilai perbandingan yang paling efektif untuk digunakan sebagai pembagi daya adalah 58,8:41,2 pada sudut percabangan 50°. Desain pandu gelombang Y-branch dapat meminimalkan *loss* daya karena pada penelitian ini *loss* daya bernilai nol. Oleh karena itu, perangkat ini dapat digunakan pada divais optoelektronika yang berfungsi sebagai pembagi daya.

Saran

Penelitian ini perlu ditindaklanjuti untuk bentuk kanal pandu gelombang yang persegi, hal ini diharapkan dapat mengoptimalkan propagasi cahaya yang terpandu dalam pandu gelombang optik model Y-branch. Selain itu perlu juga diperhatikan variasi sudut percabangan dari pandu gelombang optik agar mendapatkan hasil keluaran yang sama antara kanal 1 dan kanal 2 dari pandu gelombang optik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, U., Karim, K. J. B. A., & Buang, N. A. 2015. A review of the properties and applications of poly (Methyl Methacrylate) (PMMA). *Polymer Reviews*, 55(4), 678–705.
- Annuar Ehsan, A., & Shaari, S. 2011. Asymmetric Y-branch plastic optical fiber coupler. *Optica Applicata*, XLI (4).
- Asnawi, A., Siddiq, N., Muntini, M., & Pramono, Y. 2019. Fabrication of low-cost planar waveguide power splitter based on Tin (IV) Oxide nanoparticles using laser engraving method. *International Journal of Microwave and Optical Technology*, Vol. 14, No. 6.
- Balaji, S. 2020. *Electromagnetics made easy*. Singapore: Springer.
- Bertolotti, M., Sibilia, C., & Guzman, A. 2017. *Evanescent waves in optical waveguides*. Springer Series in Optical Sciences (Vol. 206).
- Bouchra, R., Feham, M., and Tao, J. 2014. Analysis of S band substrate integrated waveguide power divider, circulator and coupler. *International Journal of Computer Science, Engineering and Applications (IJCSEA)*, Vol.4, No. 2.
- Dastyar, Y., Zerafat, M. M., & Jamekhorshid, A. 2021. Fabrication of PMMA-SiO₂ transparent nanocomposite films as energy storage barriers. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 31(2), 599–613.
- Grivas, C. 2011. Optically pumped planar waveguide lasers, Part I: Fundamentals and fabrication techniques. *Progress in Quantum Electronics*, 35(6), 159–239.
- Ismanto, T., Alaydras, M. 2013. Perancangan transisi koaxial ke waveguide WG8. *Jurnal Teknologi Elektro*, Vol. 4, No. 2.
- Jiang, W. 2019. Highly uniform and polarization-independent Y-branch with mode filter based on deeply etched silica-on-silicon waveguide. *Optics and Laser Technology*, 111, 20–24.
- Majjid, A, H, N., Purwanto, H., dan Suryanti, V. 2018. Sensor fiber optik pendeteksi gas dengan prinsip medan evanescent. Surakarta: Fisika FMIPA UNS.
- Marikkannan, M., Vishnukanthan, V., Vijayshankar, A., Mayandi, J., & Pearce, J. M. 2015. A novel synthesis of tin oxide thin films by the sol-gel process for optoelectronic applications. *AIP Advances*, 5(2).
- Mohamed-Kassim, N. S., Ehsan, A. A., Yusoff, M. H. M., & Abd-Rahman, M. K. 2010. New design of Y-junction coupler based on highly multimode polymer waveguide. *AIP Conference Proceedings*, 1250.
- Putri, R. L., Pramono, Y. H., Asnawi, A., & Gatut, Y. 2016. Fabrication of SnO₂ nanoparticles straight waveguide with isopropanol solvent. *Second International Seminar on Photonics, Optics, and Its Applications (ISPhOA 2016)*, 10150.
- Quimby, R. S. 2006. Photonics and lasers: An introduction. *Photonics and Lasers: An Introduction*, 1–519.
- Rahal, A., Benhaoua, A., Jlassi, M., & Benhaoua, B. 2015. Structural, optical and electrical properties studies of ultrasonically deposited tin oxide (SnO₂) thin films with different substrate temperatures. *Superlattices and Microstructures*, 86, 403–411.
- Sen, A., Doloi, B., & Bhattacharyya, B. 2016. Fibre laser microchanneling of polymethyl methacrylate (PMMA). *Lasers in Engineering*, 35(1–4), 123–138.
- Siddiq, N. A., Asnawi, A., Goshals, S. K., & Pramono, Y. H. 2020. Optical spectrum of uncladded fiber bragg grating for glucose concentration measurement. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569(3).
- Skryabin, N. N., Bukharin, M. A., Kostitskii, S. M., Korkishko, Y. N., Fedorov, V. A., & Khudyakov, D. V. 2018. Correction of Y-branches on proton-exchanged waveguides in Lithium Niobate by femtosecond writing technology. *KnE Energy*, 3(3), 103.
- Wang, P., Brambilla, G., Semenova, Y., & Wu, Q. 2011. Design of an extra-low-loss broadband Y-branch waveguide splitter based on a tapered MMI structure. *PIERS Proceedings*, Suzhou, China.
- Wirawan, A, P. 2016. Perancangan power divider ultra wideband berbasis substrate integrated waveguide (SIW) untuk aplikasi radar penetrasi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.