

Fabrikasi pandu gelombang optik *y-double branch* berbasis material *tin oxide* dengan metode *doctor blade*.

Z T Reynaldi^{1,a} dan Asnawi^{1,b}

¹Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Surabaya
Jl Ketintang, Gd C3 Lt 1, Surabaya 60231, Indonesia

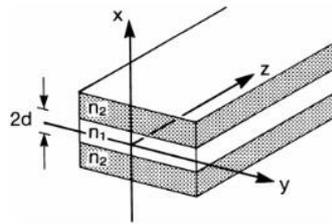
^areyna.tegar@gmail.com, ^basnawi_unesa@yahoo.co.id

Abstrak. Pekerjaan ini menunjukkan pembuatan *waveguides Y-double branch* dalam sampel *tin oxide* (SnO₂) nano dengan metode *doctor blade*. Pekerjaan pandu gelombang optik ini dengan substrat akrilik dengan inti SnO₂ nano dan *cladding* berupa *methyl methacrylate* (MMA.) Hasil pekerjaan pandu gelombang ini memiliki panjang daerah interaksi (L_c) 6 mm dengan gap (g) 0,35 mm. Laser He-Ne (632.8nm) digabungkan ke dalam *waveguides* optik buatan, besarnya intensitas output dari *waveguides* buatan dapat dilihat dari hasil distribusi intensitasnya. Distribusi intensitas masing-masing *port output* diolah dengan menggunakan *software* ImageJ. Persentase distribusi intensitas pandu gelombang yang dihasilkan dari masing – masing *output* sebesar 32,9% dan 19,1%. Persentase *output* yang kembali pada *waveguides* sebesar 29,6% dengan *losses* sebesar 21,5%. Besarnya nilai *losses* ini disebabkan saat pemanasan material *tin oxide*, dimana tingginya temperatur pemanasan menjadikan adanya pengumpulan material SnO₂ pada pandu gelombang akibat penguapan.

1. Pendahuluan

Pandu gelombang adalah sebuah medium yang digunakan untuk memandu gelombang, seperti gelombang elektromagnetik atau gelombang suara. Pandu gelombang memiliki bentuk geometri yang berbeda-beda dan dapat menahan energi. Selain itu, pandu gelombang yang berbeda digunakan untuk memandu gelombang dengan frekuensi yang berbeda pula; contohnya fiber optik digunakan untuk memandu cahaya (frekuensi tinggi) dan tidak memandu gelombang mikro yang memiliki frekuensi yang lebih rendah dibandingkan dengan cahaya tampak.

Suatu lapisan tipis yang dideposisikan pada suatu substrat transparan sebenarnya sudah bisa disebut sebagai pandu gelombang optik asalkan memenuhi syarat indeks biasnya lebih dari indeks bias substrat. Umumnya struktur pandu gelombang terlihat seperti pada gambar 1.1. Dimana terdiri 3 lapisan yaitu substrat, film dan *cover* dengan indeks bias n_s , n_f , dan n_c dengan daerah film sebagai tempat transmisi cahaya. Transmisi cahaya pada film hanya terjadi bila nilai $n_f > n_s > n_c$ dan ukuran filmnya lebih tebal dari ukuran kritis.



Gambar 1. Pandu gelombang optik *slab*.

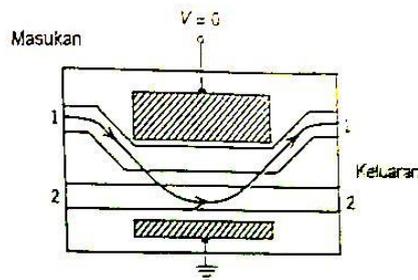
Struktur pada Gambar 1. menunjukkan bahwa tebal film jauh lebih kecil daripada lebarnya, sehingga pada pandu gelombang slab pemanduan cahaya hanya terjadi dalam arah sumbu z saja. Hal ini mengakibatkan cahaya yang terpandu dalam arah ini mengalami pelenturan muka gelombang pada arah z di sepanjang perambatannya. Untuk mengurangi efek difraksi, maka dalam aplikasinya selalu digunakan struktur tiga dimensi, sehingga *loss* cahaya yang terjadi pada sumbu transversal sesuai dengan penampang masukannya. Pandu gelombang ini biasa disebut dengan pandu gelombang kanal (*channel waveguide*).

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Directional coupler

Coupler adalah piranti optik pasif yang berfungsi sebagai penggabungan dua atau lebih panjang gelombang ke dalam fiber optik tunggal serta membagi sinyal menjadi dua atau lebih. Ada berbagai macam jenis *coupler*, salah satunya *directional coupler*. *Directional coupler* merupakan jenis *coupler* yang paling dikembangkan. *Directional coupler* tersusun atas dua pandu gelombang sejajar dengan salah satu fungsinya sebagai pembagi daya.

Directional coupler tersusun atas dua pandu gelombang sejajar dengan salah satu fungsinya sebagai pembagi daya. Karena sifat medan listrik dan adanya penetrasi energi diluar pandu gelombang dari moda gelombang yang merambat, maka cahaya yang merambat dalam kanal satu dapat mentransfer energi ke kanal yang lain.



Gambar 2. *Directional coupler*.

2.2. SnO₂ (Stannit Dioxide)

SnO₂ merupakan suatu senyawa ionik, non-stoikiometri dengan celah energi yang lebar ($E_g \geq 3.6 \text{ eV}$) pada temperatur ruangan dengan struktur tetragonal. Lapisan tipis SnO₂ mempunyai transmitansi tinggi pada area panjang gelombang tampak, resistivitas rendah, mempunyai stabilitas kimia dan termal yang tinggi dibandingkan kaca konduktif transparan lainnya. SnO₂ disebut juga *timah (IV) oksida*, juga dikenal dengan nama sistematis *Stannic oksida* dalam notasi tua. Bentuk mineral SnO₂ disebut kasiterit yang merupakan bijih utama timah.

2.3. PMMA (*Polymethyl Methacrylate*)

PMMA merupakan polimer sintesis dari MMA (*Methyl Methacrylate*) yang dapat berupa plastik bening, yang lebih umum disebut *acrylic* atau *acrylic glass*. PMMA merupakan bahan polimer sejenis plastik dan kaca. Dibandingkan kaca, PMMA memiliki densitas yang sebesar 1150-1190 kg/ m³ atau setengah dari kaca (2400-2800 kg/ m³). PMMA lebih lunak dari kaca dan mudah memantulkan cahaya. PMMA mampu mentransmisikan sinar Ultra Violet (UV) pada intensitas terbaik. PMMA meneruskan sinar Infra Merah dengan panjang gelombang diatas 2800 nm dan memiliki panjang gelombang sampai lebih dari 25000 nm akan di halangi. Dalam bentuk cairan PMMA dapat bertahan di bawah suhu -100°C. Dengan keunggulan tersebut, maka bahan ini merupakan salah satu bahan yang tepat untuk digunakan sebagai bahan pemandu gelombang. Dalam hal ini digunakan sebagai bahan film tipis pada pandu gelombang slab. A subsection.

2.4. Metode *doctor blade*

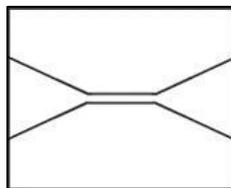
Doctor blade atau *blade coating* merupakan metode pengolahan untuk pembuatan film pada substrat yang kaku maupun fleksibel. Ketebalan film dapat dikontrol oleh lebar gap atau jarak antara pisau dan substrat sehingga menghasilkan ketebalan lapisan yang bervariasi. Parameter yang memengaruhi proses pelapisan antara lain, tegangan permukaan fluida (larutan dari material yang digunakan sebagai film), kecepatan pelapisan, viskositas dan suhu permukaan. Keuntungan dari metode *doctor blade* adalah limbah dari larutan dapat diminimalisir selama proses pelapisan dan hampir semua larutan dapat dideposisikan. Jadi, hanya ada sebagian kecil dari larutan yang menjadi limbah.

3. Metode penelitian

3.1. Preparasi substrat kaca akrilik

Tahap persiapan meliputi pembuatan substrat. Untuk *channel directional coupler* model *Y-double branch*, diperlukan dua lapis kaca akrilik dengan rincian bagian bawah untuk akrilik polos dan bagian atas untuk akrilik yang dipotong sesuai desain. *Channel* pandu gelombang bagian atas dibuat dengan memotong akrilik dengan ketebalan 2 mm panjang 20 mm, dan lebar 15 mm dipotong sesuai desain. Sedangkan akrilik bagian bawah dengan ketebalan 2 mm dipotong dengan ukuran panjang 20 mm, dan lebar 15 mm.

Desain *channel Y-double branch* bagian atas, dibuat menggunakan *software CorelDraw* seperti gambar 3. Pola dari setiap pandu gelombang yang akan difabrikasi dibentuk melalui proses pemotongan laser (*laser cutting*). Desain *y-double branch* tersebut digunakan sebagai *channel* pandu gelombang.



Gambar 3. Desain *channel Y-double branch* dengan panjang daerah interaksi (L_c) 6 mm dengan gap (g) 0,35 mm.

Akrilik yang telah digrafir, kemudian dihaluskan pada bagian-bagian tepi bekas grafir menggunakan kertas ampelas pada tingkat kehalusan 180, 360, 600, 1200 dan 5000 mess. Proses penghalusan dilakukan sampai bagian akrilik terlihat rata dan halus. Setelah itu, akrilik dibersihkan dengan air sabun. Selanjutnya, dicuci menggunakan aquades kemudian dikeringkan.

Selanjutnya akrilik dimasukkan pada gelas beker yang berisi alkohol 96 % sebanyak 100 ml kemudian dibersihkan menggunakan *ultrasonic cleaner* selama 60 menit. Setelah 60 menit akrilik

dikeringkan menggunakan *drayer*. Pembersihan substrat akrilik bertujuan agar akrilik terbebas dari material-material yang tidak mampu dibersihkan dengan air saja.

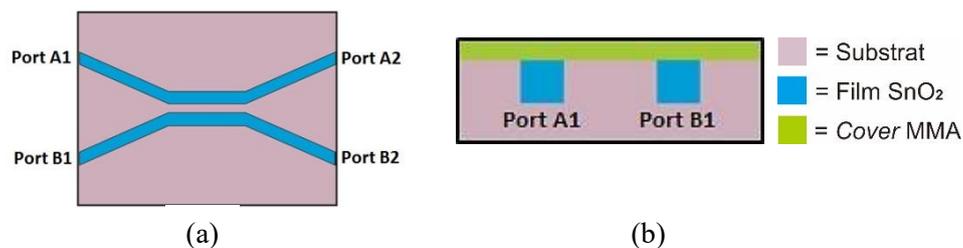
3.2. Pembuatan larutan SnO₂

Pembuatan larutan SnO₂ dilakukan dengan melakukan pencampuran antara 0,13 gram *ethyl cellulose* ([C₆H₇O₂(OH)_{3-x}(OC₂H₅)_x]_n) sebagai binder dan 3 ml isopropanol (CH₃)₂CH(OH) sebagai pelarut dari SnO₂. Kemudian dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer hotplate* dengan suhu pemanasan 50° C selama 1 jam. Suhu yang digunakan untuk pemanasan dibawah titik lebur dari *ethyl cellulose* (160°-210° C) dan isopropanol (82,2° C). Setelah pembuatan larutan dari pencampuran antara binder SnO₂ dan pelarut tercampur sempurna, selanjutnya ditambahkan serbuk SnO₂ nano sebanyak 0,25 gram. Kemudian dilakukan pengadukan selama 2 jam dengan suhu pemanasan 50° C menggunakan magnetik *stirrer hotplate*. Larutan SnO₂ ditutup dengan aluminium foil dan didinginkan selama 24 jam. Jika larutan SnO₂ sudah menjadi gel, maka larutan SnO₂ tersebut siap dideposisikan pada substrat akrilik.

3.3. Fabrikasi pandu gelombang Y-double branch

Fabrikasi pandu gelombang *Y-double branch* dilakukan dengan melapiskan larutan SnO₂ pada substrat akrilik. Proses pelapisan SnO₂ pada substrat akrilik dilakukan dengan mendeposisikan larutan SnO₂ yang sudah menjadi gel kedalam lubang pada *channel* akrilik. Sebelum larutan SnO₂ dideposisikan pada *channel Y-double branch*, salah satu port *Y-double branch* diberi sebuah fiber optik *multimode*. Pemberian fiber optik pada *channel Y-double branch* bertujuan untuk memudahkan meluruskan berkas cahaya laser pada saat dilakukan proses karakterisasi. Setelah terlapisi, substrat akrilik dipanaskan dengan suhu 100 °C diatas *stirrer hotplate* untuk menghilangkan pelarut yang digunakan pada larutan SnO₂, dimana titik lebur untuk isopropanol yaitu 82,2 °C.

Film SnO₂ yang sudah terbentuk, selanjutnya dilapisi dengan lapisan MMA (*methyl methacrylate*) menggunakan metode *spin coating*. Pelapisan MMA dilakukan sebanyak dua kali, agar lapisan MMA benar-benar menutup film SnO₂. Pelapisan MMA berfungsi sebagai *cover* pada pandu gelombang SnO₂. Selanjutnya dilakukan proses pemanasan pada suhu 70° C selama 15 menit. Pemanasan pada suhu 70° C bertujuan untuk polimerisasi MMA menjadi PMMA.



Gambar 4. (a) Permukaan *channel Y-double branch* setelah dilapisi SnO₂. (b) *Channel Y-double branch* setelah dilapisi SnO₂ dan MMA, jika dilihat dari samping.

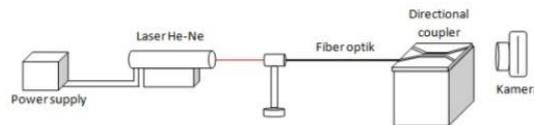
3.4. Pengukuran output pada masing-masing port

Karakterisasi pandu gelombang *Y-double branch* dilakukan dengan mengukur output pada masing masing port dari pandu gelombang *Y-double branch* diperlihatkan pada Gambar 2.3, dimana berkas sinar laser *He-Ne* dimasukkan kedalam fiber optik untuk selanjutnya berpropagasi/ menjalar kedalam pandu gelombang *Y-double branch*. Kemudian diambil foto penampang melintang *Y-double branch* yang telah difabrikasi.

Proses selanjutnya yaitu analisa gambar, dilakukan dengan menggunakan *software ImageJ* sehingga diperoleh pola distribusi intensitasnya. Dari distribusi intensitas hasil pengolahan dengan *software ImageJ* didapatkan juga data nilai komponen RGB (*Red Green Blue*) dari foto penampang melintang *Y-double branch*. Karena sumber cahaya yang digunakan laser HeNe yang mempunyai

panjang gelombang 632,8 nm dengan keluaran berwarna merah, maka komponen warna merah pada nilai RGB tersebut diambil dan diolah.

Pengolahan data komponen warna merah pada nilai RGB dilakukan dengan membagi data komponen warna merah tersebut menjadi dua yaitu bagian kanan dan bagian kiri (port A2 dan B2). Hal tersebut dilakukan karena pandu gelombang yang difabrikasi memiliki dua port keluaran (port A2 dan B2). Setelah data komponen warna merah dibagi menjadi dua menjadi kanan dan kiri, data komponen warna merah tersebut dirata-rata. Nilai rata-rata data komponen warna merah untuk bagian kanan dan kiri merupakan nilai keluaran masing-masing port pandu gelombang yang difabrikasi.



Gambar 5. Set up karakterisasi *directional coupler*.

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1. Fabrikasi pandu gelombang *Y-double branch*

Struktur pandu gelombang *Y-double branch* pada penelitian ini terdiri dari substrat akrilik, film SnO_2 dan cover MMA, Pemilihan substrat, film dan cover yang digunakan dengan mempertimbangkan syarat gelombang elektromagnetik dapat terpandu yaitu terjadi pemantulan dalam total (total internal reflection) dimana $n_f > n_s \geq n_k$ (Rubiyanto dkk., 2006), dimana indeks bias film SnO_2 yaitu 2,48 dan indeks bias substrat akrilik 1,490 serta cover MMA berindeks bias 1,4908 (pemanasan pada suhu 70°C). Penggunaan substrat akrilik dalam proses fabrikasi bertujuan agar pandu gelombang berstruktur simetri, yaitu pandu gelombang dengan indeks bias substrat dan cover yang sama. Substrat akrilik merupakan polimer berbentuk padat yang sebagian besar komposisinya terdiri dari PMMA. Pada cover digunakan PMMA yang dipolimerisasi melalui pemanasan dengan suhu 70°C menjadi MMA yang memiliki indeks bias hampir sama dengan akrilik sehingga memungkinkan dapat membentuk struktur pandu gelombang yang simetri.

Fabrikasi pandu gelombang *Y-double branch* dilakukan dengan melapiskan larutan SnO_2 pada substrat akrilik. Larutan SnO_2 terlebih dahulu diaduk menggunakan *stirrer* selama 15 menit, agar larutan tersebut dapat tercampur. Proses pelapisan SnO_2 pada substrat akrilik dilakukan dengan metode *doctor blade (blade coating)*. Larutan SnO_2 yang sudah menjadi gel dideposisikan ke dalam lubang *channel y-double branch* hingga memenuhi lubang. Setelah terlapsi, substrat akrilik dipanaskan dengan suhu 100°C diatas *stirrer hotplate* selama 1 jam untuk menghilangkan pelarut (isopropanol) dan *blider (ethyl cellulose)* yang digunakan pada larutan SnO_2 , dimana titik lebur isopropanol yaitu $82,2^\circ\text{C}$.

Film SnO_2 yang sudah terbentuk, selanjutnya dilapsi dengan lapisan PMMA (*polymethyl methacrylate*) secara manual. Pelapisan PMMA dilakukan sebanyak dua kali, agar lapisan PMMA benar-benar menutup film SnO_2 . Pelapisan PMMA berfungsi sebagai *cover* pada pandu gelombang SnO_2 . Selanjutnya dilakukan proses pemanasan pada suhu 70°C selama 15 menit. Pemanasan pada suhu 70°C bertujuan untuk polimerisasi PMMA menjadi MMA.



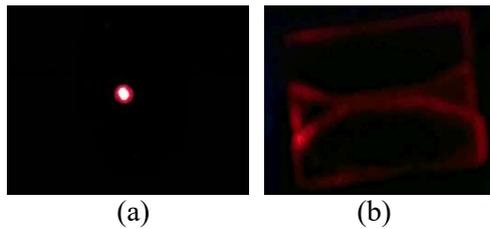
(a) (b)

Gambar 6. (a) Permukaan *y-double branch* (b) *channel y-double branch* dengan perbesaran 60 kali.

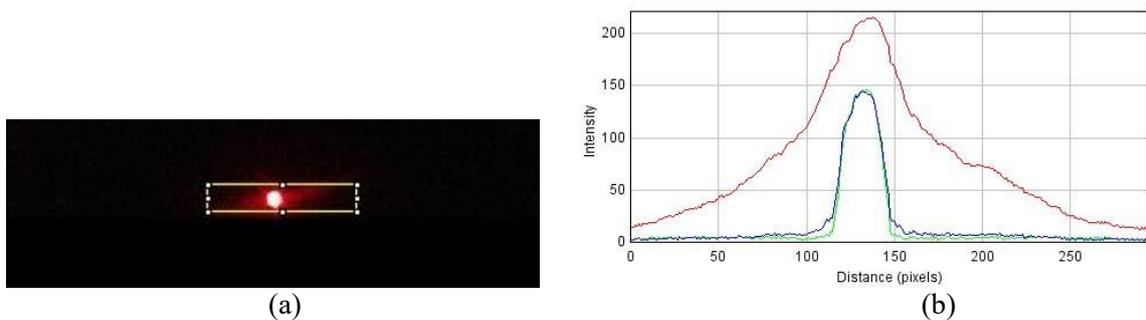
Gambar 6. (a) menunjukkan permukaan *channel Y-double branch* yang telah dilapisi SnO₂ dan PMMA dengan panjang daerah interaksi (Lc) 6 mm dengan gap (g) 0,35 mm. Gambar 6. (b) merupakan *channel y-double branch* dengan perbesaran 60 kali. Dari gambar tersebut terlihat masih ada lubang atau pori pada *channel Y-double branch*. Hal ini terjadi akibat tingginya temperatur pemanasan menjadikan adanya pengumpulan material SnO₂ yang menyebabkan lubang pada pandu gelombang akibat penguapan yang dapat mengakibatkan nilai *losses* yang besar.

4.2. Pengukuran output pada masing-masing port

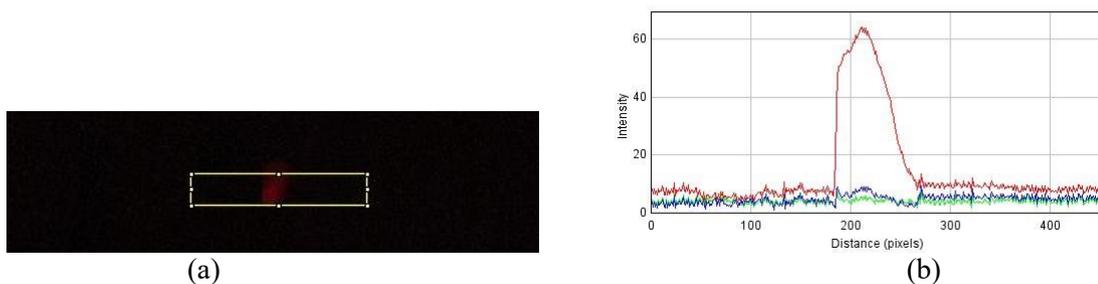
Pandu gelombang hasil fabrikasi dikarakterisasi dengan menggunakan laser HeNe yang memiliki panjang gelombang 632,8 nm dengan keluaran berwarna merah. Proses karakterisasi pandu gelombang dimulai dengan mengambil gambar (foto) penampang melintang *channel Y-double branch* yang telah difabrikasi seperti gambar 7. (b) menunjukkan adanya penjalaran laser HeNe pada *channel Y-double branch*. Cahaya dari input mengalami penjalaran hingga ke percabangan. Dalam setiap pengambilan data untuk setiap sampel harus dilakukan pengambilan data input, hal ini dilakukan untuk menghindari perubahan intensitas keluaran laser dioda.



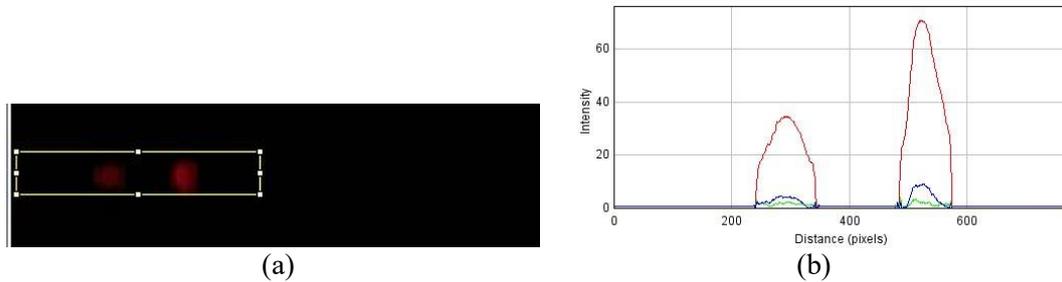
Gambar 7. (a) Input laser HeNe. (b) *Channel y-double branch* ketika diberi input.



Gambar 8. (a) Input (port A1) laser HeNe (b) Hasil pengolahan program *ImageJ* berupa intensitas cahaya.



Gambar 9. (a) *Output (port B1)* laser HeNe (b) Hasil pengolahan program *ImageJ* berupa data intensitas cahaya.



Gambar 10. (a) *Output (Port A2 dan B2)* laser HeNe (b) Hasil pengolahan program *ImageJ* berupa intensitas cahaya

Hasil pengambilan data dari nilai intensitas seperti pada gambar Gambar 8. (a) *Input (port A1)* laser HeNe (b) Hasil pengolahan program *ImageJ* berupa intensitas cahaya dalam pengambilan data RGB. Nilai tertinggi pada grafik tersebut sebesar 216.072. Pada gambar 9. (b) nilai tertinggi intensitas *output (port B1)* sebesar 63,941. Gambar 10 (b) menunjukkan nilai tertinggi intensitas *output (port A2 dan port B2)* sebesar 71,000 dan 34,768. Data yang berupa intensitas pada penelitian ini memiliki satuan *arbitrary unit (a.u)*.

Dari nilai intensitas yang, maka akan didapatkan nilai *losses* menggunakan persamaan sederhana berikut:

$$\text{loss} = \frac{\text{daya input} - \text{jumlah daya output}}{\text{daya input}} \times 100\% \quad (1)$$

Dari hasil perhitungan menggunakan persamaan 1 diperoleh nilai persentase *output port A2 dan port B2* sebesar 32,9% dan 19,1%. Persentase *output* yang kembali pada *waveguides* sebesar 29,6% dengan *losses* sebesar 21,5%. Besarnya nilai *losses* ini disebabkan saat pemanasan material *tin oxide*, dimana tingginya temperatur pemanasan menjadikan adanya pengumpulan material SnO_2 menyebabkan lubang pada pandu gelombang akibat penguapan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *channel Y-double branch* berhasil di fabrikasi menggunakan metode *doctor blade*. Fabrikasi *channel Y-double branch* mampu memandu cahaya laser HeNe dengan panjang gelombang 632,8 nm. Pada *channel* pandu gelombang *Y-double branch* distribusi intensitas pandu gelombang yang dihasilkan dari masing – masing *output* sebesar 32,9% dan 19,1%. Persentase *output* yang kembali pada *waveguides* sebesar 29,6% dengan *losses* sebesar 21,5%.

Referensi

- [1] Hidayati Y N, Yudoyono G, dan Rohedi A Y 2013 Sensor Temperatur menggunakan Pandu Gelombang Slab Berbahan Polymethyl Methacrylate (PMMA) Sebagai Hasil Fabrikasi dengan Metode Spin Coating *J. Sains Seni ITS* **2** (2) B59
- [2] Rahal A, Benhaoua A, Jlassi M, dan Benhaoua B 2015 Structural, Optical and Electrical Properties Studies of Ultrasonically Deposited Tin Oxide (SnO_2) Thin Films with Different Substrate Temperatures *Superlattices Microstruct.* **86** 403
- [3] Rofianingrum M Y, Yudoyono G, dan Rohedi A Y 2013 Studi tentang Pemanfaatan Pandu Gelombang Slab berbasis Polymethyl Methacrylate (PMMA) Hasil Fabrikasi dengan Teknik Spin Coating sebagai Alat Ukur Massa *J. Sains Seni ITS* **2** (1) B50



SEMINAR NASIONAL FISIKA (SNF) 2017
“Menghilirkan Penelitian-Penelitian Fisika dan Pembelajarannya”
Surabaya, 25 November 2017



- [4] Rubiyanto A, Waluyo A, Prajitno G, dan Rohedi A Y 2006 Analisis Directional Coupler Sebagai Pembagi Daya untuk Mode TE *J. Fis. Apl.* **2 (1)** 060105-1
- [5] Uysal B Ö dan Arier Ü Ö A 2015 Structural and Optical Properties of SnO₂ Nano Films by Spin-Coating Method *Appl. Surf. Sci.* **350** 74