

PENGARUH GRAFIR LASER CO₂ TERHADAP KELUARAN KANAL PANDU GELOMBANG OPTIK MODEL Y-BRANCH

¹⁾Rizal Dwi Prasetyo, ²⁾Asnawi,

¹⁾Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: Rizalprasetyo16030224030@mhs.unesa.ac.id

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

Abstrak

Pemfabrikasian kanal mikro model *Y branch* dengan menggunakan metode laser *engraving* dengan bahan dasar PMMA (*Polymethyl methacrylate*) atau yang biasa disebut dengan akrilik telah berhasil dibuat pada pekerjaan penelitian ini. Tujuan penelitian ini yaitu membuat kanal pandu gelombang optik yang selanjutnya akan diaplikasikan menjadi pandu gelombang optik yang kemudian kanalnya dapat diisi dengan berbagai material inti dari pandu gelombang optik, dengan didopping dengan material tin oxide (SnO₂) sebagai pelapis covernya. Pemfabrikasian kanal mikro pandu gelombang optik yang dilakukan dengan metode laser *engraving* ini menghabiskan biaya yang rendah juga menghemat waktu pengerjaannya karena kemudahannya dibandingkan dengan metode yang lainnya. Pemfabrikasian kanal mikro pandu gelombang optik ini dimulai dengan membuat desain dengan software coreldraw kemudian dipotong dan digrafir menggunakan cutting laser CO₂ yang kemudian diamati dengan mikroskop optik serta perhitungan kedalaman dan lebarnya menggunakan mikrometer bergeser, dengan memanipulasi banyaknya nilai grafir sebanyak 6x dan mengontrol daya pada laser sebesar 3,8 watt pada laser menghasilkan lebar dan kedalaman untuk 1x grafir menghasilkan kedalaman 0,550 mm dan lebar 0,300 mm, untuk 2x grafir menghasilkan kedalaman 0,670 mm dan lebar 0,370 mm, selanjutnya 3x grafir menghasilkan kedalaman 0,875 mm lebar 0,395 mm, 4x grafir menghasilkan kedalaman 1,200 mm dan lebar 0,415 mm, 5x grafir menghasilkan kedalaman 1,650 dan lebar 0,465 dan yang terakhir 6x grafir menghasilkan kedalaman 2,00 mm dan lebar 0,520 mm. Keenam hasil yang paling sempurna diaplikasikan menjadi pandu gelombang optik yakni pada 5x grafir karena kedalaman dan bentuk dasarnya yang kotak cocok untuk diisi dengan fiber optik yang beroperasi dengan kecepatan tinggi dalam pengiriman data dan juga tahan terhadap interferensi elektromagnetik.

Kata Kunci: fabrikasi, kanal mikro, cutting laser CO₂

Abstract

The fabrication of the Y branch model micro canal using the laser engraving method with the basic material of PMMA (Polymethyl methacrylate) or commonly known as acrylic has been successfully made in this research work. The purpose of this research is to create an optical waveguide channel which will then be applied to an optical waveguide, which can then be filled with various core materials from optical waveguides, doped with tin oxide (SnO₂) material as the cover layer. The optical waveguide microchannel fabrication using the laser engraving method costs a low cost and saves processing time due to its simplicity compared to other methods. The fabrication of this optical waveguide micro-channel begins by making a design using CorelDraw software then cut and engraved using a CO₂ laser cutting which is then observed with an optical microscope and calculation of depth and width using a shifting micrometer, by manipulating the number of engraved values as much as 6x and controlling the power of the laser by as much as 6x. 3.8 watts on the laser produces a width and depth for 1x engraving produces a depth of 0.550 mm and a width of 0.300 mm, for 2x an engraving produces a depth of 0.670 mm and a width of 0.370 mm, then 3x engraving produces a depth of 0.875 mm, a width of 0.395 mm, 4x an engraving produces a depth of 1,200 mm and 0.415 mm wide, 5x engraving produces a depth of 1,650 and a width of 0.465 and the last 6x engraving produces a depth of 2.00 mm and a width of 0.520 mm. The six most perfect results were applied as optical waveguides, namely at 5x engraving because the depth and shape of the box base is suitable for filling with optical fiber that operates at high speed in data transmission and is also resistant to electromagnetic interference.

Keywords: fabrication, kanal microchannel, laser engraving

1. PENDAHULUAN

Di era modern penelitian alat berbasis optika terus dikembangkan dikarenakan memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan alat berbasis gelombang listrik maupun gelombang mikro karena kemampuannya mengirimkan data yang sangat cepat yaitu sampai 10 Gb/s dan juga bebas dari gangguan elektromagnetika. Perkembangan alat berbasis optika ini dimulai dengan penelitian di bidang material, pandu gelombang dan pembagi daya (Daniyati, 2015).

Pandu gelombang optik adalah struktur yang membatasi dan mengarahkan tenaga optik di wilayah yang mempunyai indeks pembiasan yang lebih tinggi daripada media sekitarnya. Pandu gelombang optik dapat digolongkan menurut bahannya seperti polimer, kaca dan semikonduktor. Di mulai dari pandu gelombang optik sederhana, sirkuit optik kompleks dapat dibuat (Gang, 2005). Fabrikasi pandu gelombang optik dapat dibuat dengan berbagai metode seperti halnya UV lithography, spin coating, doctor blade dan masih banyak lagi metode lainnya (Asnawi, et al, 2018)

Banyak penelitian yang telah dilakukan mengenai pemfabrikasian kanal mikro ini dikarenakan manfaatnya yang sangat banyak dalam pandu gelombang optik, baik di bidang analisis biomedis, kimia, otomotif dan masih banyak lagi (Prakash et al, 2017). Dari sekian banyak bahan yang digunakan dalam pembentukan pandu gelombang, polimer lebih menarik sebagai substrat untuk diteliti lebih lanjut dikarenakan memiliki banyak keunggulan antara lain memiliki densitas yang lebih kecil dari kaca yakni sebesar 1150-1190 kg/m atau setengah dari kaca (2400-2800 kg/m). Polimer juga lebih lunak daripada kaca dan juga mudah membaurkan cahaya, mampu mentransmisikan sinar ultra violet pada intensitas terbaik begitu pula bahan produksinya yang relatif murah (Reynaldi, 2018).

Dalam pembuatan fabrikasi pandu gelombang dalam pemodelannya laser sangat berperan penting dalam fabrikasi ini. Kehadiran alat cutting laser CO₂ dapat memudahkan dalam pemotongan dan grafir pada beberapa material seperti polimer, akrilik, kaca dan bahan material lainnya. Dengan cutting laser CO₂ microcannel pada pandu gelombang dapat dibuat, dengan dikontrol oleh komputer baik kecepatan maupun daya dari laser dari desain atau model yang diinginkan (Sudarsono et al., 2018).

Sebagian besar teknologi untuk fabrikasi mikro pada material polimer telah dikembangkan beberapa tahun terakhir, demikian halnya untuk kanal pandu gelombang optik. Teknologi ini dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu teknik replikasi dan teknik ablasi laser. Teknik replikasi seperti *hot embossing* dan *injection molding* tidak hanya rumit tetapi juga mahal dibandingkan dengan tehnik ablasi laser. Laser ablasi merupakan teknik yang sangat tepat untuk membuat kanal pandu gelombang optik (Yual et al, 2007). Karena kemudahan pemanfaatan aplikasi dari cutting laser CO₂ ini banyak peneliti lakukan seperti halnya

yang dilakukan oleh Gamal A. Nasser dalam penelitiannya mengenai fabrikasi laser pembuatan channel pandu gelombang pada material PMMA (Nasser et al., 2019) dan juga eksperimen dari Zakriyah juga mengenai dari pemanfaatan cutting laser CO₂ pada material PMMA (Zakariyah et al, 2012).

Polymethyl Methacrylate (PMMA), biasa juga disebut akrilik dapat dibuat dengan cara polimerisasi rantai dan reaksi adiksi, proses ini dapat berlangsung dalam radikal bebas peroksida dan mudah terjadi dalam pengaruh cahaya. PMMA ini pemanfaatannya sebagai bahan pencampur pada gelas dan juga logam dan paling mudah dikenali adalah sebagai bahan untuk lampu belakang mobil ataupun kaca jendela pesawat (Wahyuni & Rukmini Dewi, 2010). Polimerisasi suspensi digunakan untuk polimer yang akan dicetak sedangkan untuk lembaran atau batangan diperoleh melalui polimerisasi dalam bejana yang bentuknya sesuai dengan yang dikehendaki. PMMA merupakan polimer transparan, bahan yang keras, kaku dan bening. *Polymethyl Methacrylate* (PMMA) adalah material yang memiliki struktur molekul bentuk monomer, material ini sangat mudah dan murah untuk dibuat sebagai komponen optik, hal ini terkait dengan sifat transparan yang tinggi seperti halnya dengan serat optik

Polimer PMMA juga memiliki peranan yang bagus untuk pembuatan pandu gelombang optik, demikian halnya dengan akrilik, *polycarbonat* dan *benzocyclobutene* (BCB) (Yuan, 2008). Dalam penelitian bahan oksida anorganik PMMA, *Polymethyl Methacrylate* ini memiliki sifat menembuskan cahaya dan juga tidak berwarna, sehingga polimer ini memungkinkan bisa digunakan dalam aplikasi transmisi cahaya (Ferreira, 2014). Saat MMA dalam fase larutan, nilai indeks biasanya 1,48904. Setelah diberi perlakuan panas maka terjadi kenaikan indeks bias yang bervariasi. Nilai indeks bias MMA yang dipolimerisasi menjadi PMMA menggunakan perlakuan panas masing-masing adalah 1,4908 pada suhu 70° C, 1,4910 pada suhu 80°C, dan 1,4914 pada suhu 90° C pada panjang gelombang laser He-Ne (Tanio, 2006).

Demikian halnya dengan PMMA dalam bentuk lembaran padat biasa disebut juga sebagai akrilik yang saat ini banyak dikembangkan oleh industri sebagai kaca organik dengan sifat transparansi yang sangat baik dan kemampuan untuk diolah dengan berbagai bentuk dengan mudah serta murah. Selain itu penggunaan akrilik untuk berbagai aplikasi perangkat optika, salah satunya untuk aplikasi kanal pandu gelombang optik yang berukuran mikro dibantu dengan SnO₂ sebagai bahan pelapis pada akrilik (Asnawi et al, 2019).

Tin oxide (SnO₂) merupakan material semikonduktor biasa berupa padat juga cair yang biasa digunakan dalam pembuatan kaca yang memiliki celah pita lebar tipe-N (3,6 eV). SnO₂ memiliki banyak kelebihan yakni pemakain lama, resistansi baik, juga biaya produksinya murah dan

ketersediannya di alam yang sangat melimpah menjadikan SnO₂ sangat cocok sebagai bahan pelapis cover kanal pandu gelombang optik (Kahl, 2015).

Kanal pandu gelombang optik dari lembaran akrilik transparan diketahui dapat menyerap 95% dari total radiasi sinar laser CO₂. Hal ini yang menjadikan akrilik sebagai bahan yang utama dalam fabrikasi kanal pandu gelombang optik untuk dibuat. Kanal pandu gelombang optik yang dibuat dengan menggunakan cutting laser CO₂ juga menjadikan adanya ablasi termal dari laser CO₂ terjadi dalam fabrikasi. Proses ablasi termal dapat di hilangkan dengan proses pemanasan, peleburan dan penguapan. Hasil ablasi laser CO₂ ini membuat kanal akrilik pandu gelombang menjadi lebih bersih dan rata. Beberapa faktor lain yang mempengaruhi dalam pembuatan kanal mikro pandu gelombang optik antara lain adalah intensitas laser, daya laser, kecepatan pemindaian dan ketepatan saat mencutting akrilik dan waktu (Prakash & Kumar, 2016)

2. METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

1. Alat cutting laser CO₂
2. komputer
3. mikroskop
4. kamera
5. power supply
6. lampu hidrogen
7. mikrometer bergeser
8. akrilik
9. SnO₂
10. Alkohol

Proses Pembuatan kanal

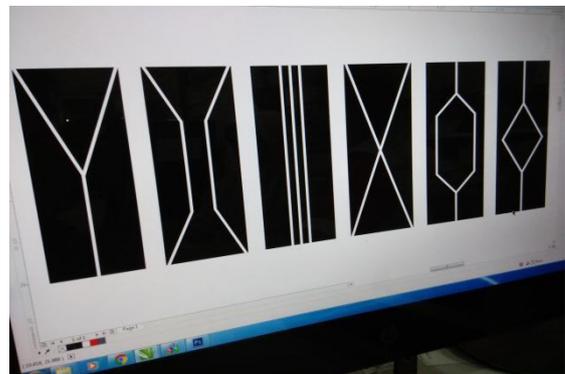
Proses pembuatan microchannel pada substrat akrilik ini dilakukan dengan menggunakan laser CO₂ CNC (*Computer Numerical Controlled*) dengan panjang gelombang sebesar 10,6 μm dengan pengoperasiannya scanning dengan waktu interaksi dapat ditulis sebagai mode gelombang CW (*Continuous Wave*). Detail dari mesin cutting laser CO₂ yang di gunakan untuk membuat kanal pandu gelombang optik seperti tampak pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Data karakteristik laser cutting CO₂

Karakteristik	Nilai	Unit
Power supply	220	ACV
Panjang Gelombang	10,6	Mm
Daya laser	80	Watt
Kecepatan	0-24.000	mm/menit
Ketepatan	0.1	Mm

Area kerja	1300x2500	Mm
Resolusi	0.025	Mm
Suhu	0-45	°C

Microchannel pandu gelombang optik ini dibuat pada lembaran akrilik transparan (produk PT Jaya Alam Persada) dengan ketebalan 2 mm. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Instrumentasi dan material Universitas Negeri Surabaya. Tahapan pembuatan microchannel di mulai dari desain pandu gelombang optik dengan menggunakan aplikasi software Corel-Draw seperti yang tampak pada gambar 1 berikut ini. Proses pembuatan kanal pandu gelombang optik pada lembaran akrilik yang telah di desain dengan menggunakan mesin cutting laser CO₂ produk G.Wieke Laser Type LC1325-D dengan spesifikasi dari mesin seperti tampak pada Tabel 1. Setiap material akrilik dengan ukuran 2.5 x 3.0 cm² digraving dengan menggunakan laser CO₂. Kanal pandu gelombang optik yang digraving dengan daya pancaran sebesar 3,8 W dan pengaturan kecepatan sebesar 10 mm / detik. Dalam penelitian ini dilakukan 6x variasi penggraviran, yaitu 1 kali grafir hingga 6x grafir.



Gambar 1. Proses pembuatan desain kanaal pandu gelombang optik menggunakan Corel-Draw

Serangkaian penggraviran ini dilakukan untuk menentukan efek parameter input dari laser CO₂ yang digunakan untuk membuat kanal pandu gelombang optik ini pada parameter output yaitu kedalaman dan lebar kanal dari pandu gelombang optik tersebut.

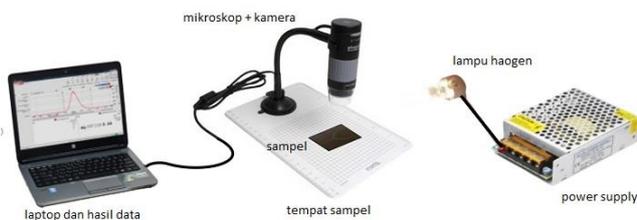


Gambar 2. Proses grafing pada akrilik

Setelah grafir kanal akrilik dari pandu gelombang dibuat, kemudian dibersihkan bagian-bagian yang kasar pada tepi akrilik bekas potongan dengan menggunakan kertas ampelas dengan tingkat kehalusan yang berbeda (180 s/d 5000 mess). Proses penghalusan dilakukan sampai bagian akrilik yang dipotong terlihat rapi dan halus. Setelah bagian tepi akrilik rapi, akrilik dibersihkan dengan menggunakan air sabun kemudian dicuci menggunakan aquades dan dibersihkan ulang dengan memasukkan akrilik di dalam gelas beker yang berisi alkohol 96 % sebanyak 100 ml kemudian dibersihkan menggunakan *ultrasonic cleaner* selama kurang lebih 1 jam. Setelah di bersihkan dengan alkohol akrilik di keringkan dengan menggunakan *drayer* dan selanjutnya bisa dilakukan karakterisasi.

Proses Pengambilan Data

Karakterisasi kanal pandu gelombang optik ini diamati dengan menggunakan mikroskop optik yang sudah dilengkapi dengan logitech HD webcam yang terhubung bersama Personal Computer (PC) yang memiliki pembesaran mikroskop sampai 60x. Pada tahap ini selain mengamati bagian kanal pandu gelombang optik yang telah di grafir juga mengamati kerataan bagian dasar dari kanal pandu gelombang optik dari hasil fabrikasi, seperti tampak pada gambar 3



Gambar 3. Setup Peralatan Untuk Mengamati Kanal Pandu Gelombang Optik

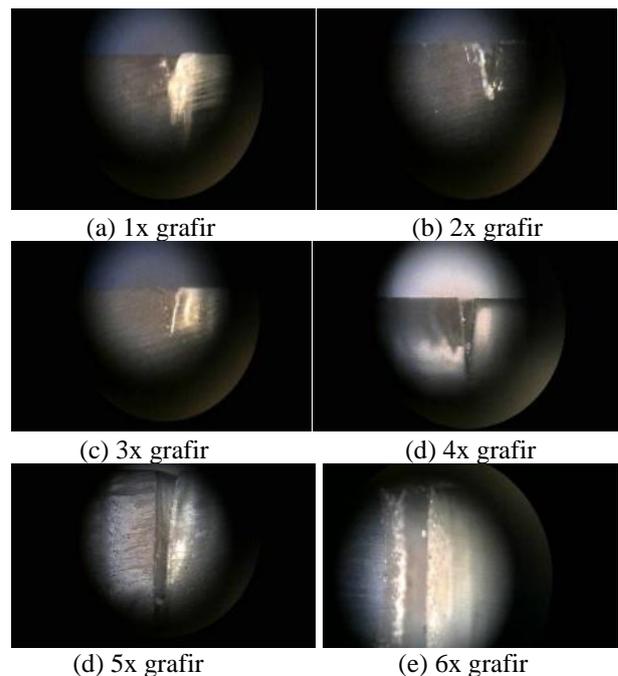
Hasil dimensi keluaran kanal pandu gelombang tersebut selanjutnya diukur lebar dan kedalaman kanal dari pandu gelombang menggunakan mikrometer bergeser. Selanjutnya dilakukan analisisnya. Optimalisasi dari kanal pandu gelombang ini selanjutnya digunakan sebagai

tempat untuk meletakkan larutan Tin Oksida (SnO₂) yang berfungsi sebagai core dari pandu gelombang tersebut.

Setelah kanal pandu gelombang optik dianalisis dan dengan melakukan nilai optimasi dari dimensi kanal pandu gelombang, maka dilakukan proses pelapisan larutan SnO₂ pada kanal pandu gelombang yang berfungsi sebagai substrat. Proses pelapisan SnO₂ pada substrat pandu gelombang dilakukan dengan mendeposisikan larutan SnO₂ yang sudah menjadi gel kedalam kanal pandu gelombang akrilik. Pada saat larutan SnO₂ dideposisikan pada kanal pandu gelombang, salah satu port masukan diberi sebuah serat optik *multimode*. Setelah terlapisi dengan baik, substrat pandu gelombang selanjutnya dilapisi dengan lapisan MMA. Pelapisan MMA ini berfungsi sebagai jaket pada pandu gelombang. Setelah kanal pandu gelombang optik jadi, dilakukan pengujian terhadap input dan output dari pandu gelombang yang di lihat dari kanal permukaan pandu gelombang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

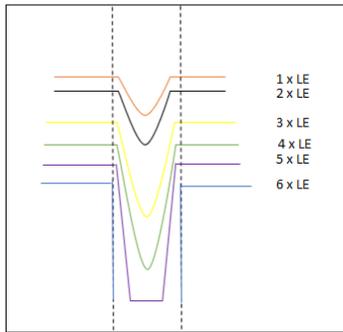
Eksperimen ini difokuskan pada pembuatan kanal pandu gelombang Y-branch dengan menggunakan laser *engraving* dengan kekuatan laser rendah dan kecepatan pemindaian rendah. Parameter / rentang karakteristik dari laser *engraving* yang digunakan seperti yang dilaporkan diatas (Tabel.1) kedalaman kanal yang dihasilkan berkisar antara 0,550 hingga 2,000 mm, sedangkan lebar saluran berkisar dari 0.300 menjadi 0.520 mm, dimana desain dan pengukuran kanal pandu gelombang Y-branch seperti tampak pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil kanal pandu gelombang

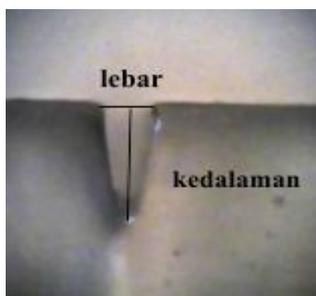
Gambar 4 di atas merupakan kanal pandu gelombang hasil penelitian dengan variasi pengulangan laser *engraving* yang diukur menggunakan mikroskop optik. Semua kanal pandu gelombang tersebut dibuat dengan

menggunakan daya yang rendah. Dari hasil fabrikasi kanal pandu gelombang menunjukkan adanya perubahan lebar dan kedalaman kanal, dimana semakin pengulangan laser *engraving* dilakukan akan menambah lebar dan kedalaman kanal pandu gelombang. Bentuk profil kanal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Shashi Prakash dan Subrata Kumar di tahun 2017, gambar kanal diperjelas dengan gambar 5 (grafik) di bawah ini.



Gambar 5. Grafik hasil grafir pada akrilik

Gambar grafik 5 di atas memperjelas hasil gambar kanal berukuran mikro yang telah dibuat, dapat dilihat dari 1x grafir bentuk kanalnya seperti halnya gigi yang dicabut, lebar dan kedalaman semakin besar juga namun setelah beberapa penggrafiran kanal semakin runcing dan sampai yang terakhir 6x grafir kanalnya terputus ini dikarenakan penyinaran yang dilakukan terus menerus. Pada penelitian ini yang dimaksud lebar adalah jarak dari tepi ke tepi kanal mikro pada permukaan, sedangkan yang dimaksud kedalaman yakni jarak antar permukaan dan dasar pada permukaan kanal pandu gelombang optik berbasis material akrilik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



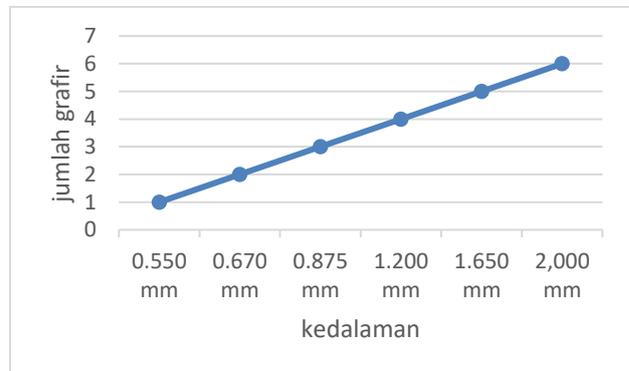
Gambar 6. Lebar dan kedalaman kanal

Hasil pengukuran lebar dan kedalaman kanal ditunjukkan pada gambar grafik kedalaman dan lebar terhadap pengulangan laser engraving CO₂ seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Dari hasil perhitungan terlihat bahwa lebar kanal dan kedalaman mengalami perubahan yang signifikan, hal ini disebabkan pada proses fabrikasi daya yang digunakan juga sama hanya pengulangan laser engraving yang berbeda. Hasil kanal berukuran mikro diamati dan dicatat kedalaman dan lebaranya. Hasil dari pembuatan kanal microchannel ini mendapatkan data seperti halnya yang ada di tabel 2 yang ada di bawah ini, dari data yang telah di dapatkan dianalisis untuk dijadikan sebagai pandu gelombang optik.

Tabel 2. Data lebar dan kedalaman mikro kanal dari pandu gelombang optik

Grafir	Kedalaman	Lebar
1x	0,550 mm	0,300 mm
2x	0,670 mm	0,370 mm
3x	0,875 mm	0,395 mm
4x	1,200 mm	0,415 mm
5x	1,650 mm	0,465 mm
6x	2,000 mm	0,520 mm

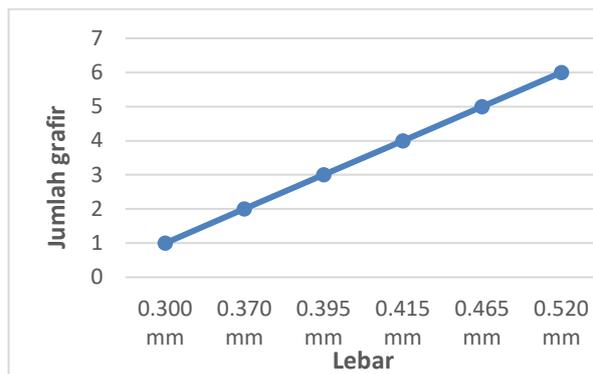
Faktor utama dalam pembuatan kanal pandu gelombang yaitu lebar dan kedalaman pada saluran mikro channel begitu juga dari bahan utamanya, Maka dari itu dalam penelitian ini lebar dan kedalaman sangat diperhatikan agar saat diaplikasikan menjadi pandu gelombang optik dengan hasil yang maksimal. Dapat dilihat dari Tabel 2, data yang kami peroleh yaitu kedalaman paling kecil sebesar 0.550 mm dan yang paling besar yaitu 2,000 mm (sampai putus) akriliknya, sedangkan untuk lebar yang paling kecil sebesar 0,300 mm dan lebar yang paling besar 0,520 mm. Dapat di lihat dari gambar grafik di bawah perbandingan antara banyaknya pengulangan grafir dan besar kedalaman yang didapatkan.



Gambar 7. Grafik perbandingan banyaknya grafir dan kedalaman kanal pandu gelombang

Dari grafik di atas (gambar 7) dapat diartikan bahwa semakin banyak pengulangan nilai grafir maka semakin besar pula nilai kedalamannya ini artinya dari banyaknya pengulangan grafir dan kedalaman kanal microchannel berbanding lurus, kedalaman yang dihasilkan ini dipengaruhi oleh kecepatan laser, semakin kecil kecepatan laser maka kedalaman yang dihasilkan semakin besar dapat dilihat perbandingan nilai kedalaman yang didapat dari 1x grafir sampe 6x grafir peningkatan kedalaman kanal sangat jelas terlihat, ini dikarenakan penyinaran yang berulang dan kecepatan laser yang kecil sehingga pada saat laser membakar pada substrat akrilik energi laser yang mengenai substrat akrilik semakin besar sehingga pembakaran pada substrat akrilik semakin banyak, ini mengakibatkan kedalaman semakin besar dan semakin dalam dalam kanal mikro pandu gelombang maka semakin baik pula apabila digunakan sebagai pandu gelombang optik daripada kanal mikro yang hanya 1x grafir atau 2x grafir karena hasilnya tak akan maksimal apabila diisi dengan

fiber optik. Untuk grafik nilai perbandingan pengulangan grafir dan nilai lebar dapat di lihat di bawah.



Gambar 8. Grafik perbandingan banyaknya grafir dan lebar yang didapatkan

Dari grafik di atas (gambar 8) dapat di lihat bahwa, banyak nilai grafir yang dilakukan semakin besar pula lebar kanal yang dihasilkan. Sehingga perbandingan pengulangan grafir yang dilakukan mempengaruhi lebar dan kedalaman dari kanal pandu gelombang. Dengan kata lain, semakin pengulangan grafir dilakukan akan mempengaruhi kedalaman dan lebar kanal pandu gelombang semakin besar, hal ini dikarenakan penyinaran laser CO₂ difokuskan pada titik kedalaman dan desain pandu gelombang optik yang telah dibuat pada software coreldraw.

Hasil kanal pandu gelombang optik pada penelitian ini nantinya akan dimanfaatkan menjadi kanal, sebagai tempat inti (*core*) pandu gelombang optik. Akhir fabrikasi kanal pandu gelombang optik ini sebagai tempat berbagai material inti dari pandu gelombang. Untuk penelitian lebih lanjut, diharapkan kanal pandu gelombang optik ini akan dilapisi dengan material tin oxide (SnO₂) yang memiliki indeks bias yang telah diketahui bahwa indeks biasnya lebih besar daripada akrilik, yang akhirnya bisa terjadi pemantulan sempurna yang menjadi syarat supaya menjadi pandu gelombang optik. dari 6x percobaan penggrafiran kanal mikro yang paling cocok diaplikasikan menjadi pandu gelombang optik yaitu pada 5x grafir dengan lebar sebesar 0,645 mm dan kedalaman 1,650 mm karena menghasilkan model kanal yang kotak dan tidak curam, hasil ini cocok apabila disisi dengan fiber optik. Sebenarnya banyak fungsi dari pandu gelombang optik ini bila dikembangkan misalnya sebagai sensor pergeseran mikro seperti penelitiannya (Mubasiroh et al., 2013), sebagai alat ukur massa (Rofianingrum et al, 2013) dan masih banyak lagi aplikasi dari pandu gelombang apabila dikembangkan.

4. KESIMPULAN

Pembuatan kanal pandu gelombang optik dalam ukuran mikro ini akan banyak dimanfaatkan sebagai saluran cahaya pandu gelombang optik microchannel yang akan dimanfaatkan menjadi pandu gelombang optik yang

telah kami lakukan ini dengan memanipulasi nilai grafir sebanyak 6x dan mengontrol daya pada laser sebesar 3,8 watt menghasilkan lebar paling kecil sebesar 0,300 mm dan paling besar 0,520 mm juga menghasilkan kedalaman paling kecil sebesar 0,550 mm dan yang paling besar 2,000 mm atau sampai putus. Pembuatan microchannel dengan metode laser engraving merupakan metode paling tepat dibandingkan dengan metode yang lainnya, dikarenakan kemudahannya dan biaya yang relatif murah dengan hasil yang sangat baik. Dari penelitian ini kanal yang paling cocok diaplikasikan menjadi pandu gelombang optik yaitu pada 5x grafir dengan hasil lebar sebesar 0,465 mm dan juga kedalaman 1,650 mm karena hasil kanal yang datar dan tidak curam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Dr. Asnawi., M.Si selaku dosen pembimbing skripsi yang telah sabar membimbing, membina dan berbagi ilmunya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini sebagai syarat kelulusan dan artikel ini siap di review dan di terbitkan pada jurnal terindeks IFI.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Daniyati, R. 2015. Fabrikasi Pandu Gelombang Fabrikasi Pandu Gelombang TiO₂ Nano Y-Branch dengan Metode Lithography sebagai Power Divider, Tesis, Jurusan Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Gang, S.Y, 2005. Silicon Based Optical Waveguides. Thesis. Faculty of Electrical Engineering Universiti Teknologi Malaysia
- Asnawi., Melania Suweni Muntini., Yono Hadi Pramono. 2018. Low-cost fabrication of optical waveguide as directional coupler using CO₂ laser cutting, *International Conference on Science and Technology*. pp. 793-796. <https://www.atlantispress.com/proceedings/icst-18>
- Asnawi., N.A. Siddiq., M.S. Muntini., Y.H. Pramono. (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*, (Q3). Vol. 14 No.6, pp. 468-474
- Klank, H., Kutter, J. P., & Geschke, O. (2002). CO₂-laser micromachining and back-end processing for rapid production of PMMA-based microfluidic systems. *Lab on a Chip*, 2(4), 242–246. <https://doi.org/10.1039/b206409j>
- Nasser, G. A., El-Bab, A. M. R. F., Abdel-Mawgood, A. L., Mohamed, H., & Saleh, A. M. 2019. CO₂ Laser Fabrication of PMMA Microfluidic Double T-Junction device with Modified Inlet-Angle for Cost-Effective PCR Application. *Micromachines*, Vol.10, No.10, pp.1-15.
- Prakash, S., Kumar, S. 2017. Experimental Investigations and Analytical Modeling of Multi-pass CO₂ laser processing on PMMA. *Precision Engineering*, 49, 220–234.

- Reynaldi, Z. T. 2018. Fabrikasi pandu Gelombang Model Y- Branch Berbasis Material SnO₂ Sebagai Pembagi Daya. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)* Vol.07 No.01, pp 15 - 18
- Sudarsono, Gatut, Y., Hasto, S., Gontjang, P., Dicky, A., Nurrisma, P., Susilo, I., Iim, F., Yunus, A. R., Yono, H. P. 2019. Design and Fabrication of Optical Waveguide As Directional Coupler Using Laser Cutting CO₂ on Acrylic Substrate. *Journal of Physics:Conference Series*, 1153, pp.1-6, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1153/1/012100>
- Sudarsono, S., Yudoyono, G., Faridawati, F., Sunarno, H., Puspitasari, N., & Pramono, Y. H. (2018). Fabrikasi Kanal Mikro pada Substrat Akrilik menggunakan Laser Cutting CO₂. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 14(3), 78. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v14i3.3867>
- Suder, W. J., & Williams, S. W. (2012). Investigation of the effects of basic laser material interaction parameters in laser welding. *Journal of Laser Applications*, 24 (3), 032009. <https://doi.org/10.2351/1.4728136>
- Yuan, D., & Das, S. (2007). Experimental and theoretical analysis of direct-write laser micromachining of polymethyl methacrylate by CO₂ laser ablation. *Journal of Applied Physics*, 101(2). <https://doi.org/10.1063/1.2409621>
- Zakariyah, S. S., Conway, P. P., Hutt, D. A., Wang, K., & Selviah, D. R. (2012). CO₂ laser micromachining of optical waveguides for interconnection on circuit boards. *Optics and Lasers in Engineering*, 50(12), 1752–1756. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2012.07.005>
- Helmy, M. O., Fath El-Bab, A. M., & El-Hofy, H. (2015). Elimination of Clogging in PMMA Microchannels Using Water Assisted CO₂ Laser Micromachining. *Applied Mechanics and Materials*, 799–800(September), 407–412. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.799-800.407>
- Yuan, D., & Das, S. (2007). Experimental and theoretical analysis of direct-write laser micromachining of polymethyl methacrylate by CO₂ laser ablation. *Journal of Applied Physics*, 101(2). <https://doi.org/10.1063/1.2409621>
- Mubasiroh, A., Mubasiroh, A., & Yudoyono, G. (2013). Aplikasi Directional Coupler dan Double Coupler sebagai Sensor Pergeseran Mikro. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 2(2), B42–B45. http://ejournal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/3417
- Rofianingrum, M. Y., Yudoyono, G., & Rohedi, A. Y. (2013). *Studi tentang Pemanfaatan Pandu Gelombang Slab berbasis Polymethyl Methacrylate (PMMA) Hasil Fabrikasi dengan Teknik Spin Coating sebagai Alat Ukur Massa*. 1(1), 1–3.
- Wahyuni, D., & Rukmini Dewi, S. (2010). Penelitian Pembuatan Poli Metil Metakrilat. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 1(2). <https://doi.org/10.30536/j.jtd.2003.v1.a781>
- Kahl, G. (2015). Indium tin oxide sensor (ITO) . *The Dictionary of Genomics, Transcriptomics and Proteomics*, 1–1. <https://doi.org/10.1002/9783527678679.dg06035>