

PENGEMBANGAN SENSOR KETINGGIAN FLUIDA BERBASIS *POLYMER OPTICAL FIBER (POF)* BERBENTUK *NON-BENDED*

DEVELOPING FLUID LEVEL SENSOR BASED ON NON-BEND SHAPED *POLYMER OPTICAL FIBER (POF)*

Oleh: Iis Mulyana^{1)*}, Dr. Heru Kuswanto²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Fisika FMIPA UNY

²⁾Dosen Program Studi Fisika FMIPA UNY

Email: iis.mulyana2412@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh panjang *sensing* terhadap ketinggian fluida, pengaruh pelapisan pada *cladding* terhadap keluaran daya optik, dan untuk mengetahui sensitivitas dan linearitas terbaik pada sensor ketinggian fluida. Fiber optik yang digunakan adalah *Polymer Optical Fiber (POF)* tipe SH-4001-1.3. *Polymer Optical Fiber* ini memiliki indeks bias *core* sebesar 1,49 dan indeks bias *cladding* sebesar 1,41. Perlakuan pengupasan jaket pelindung dengan panjang 1,5 cm, 3 cm, 4 cm, dan melapisi *cladding* dengan alumunium atau tembaga mempengaruhi daya optik keluaran. Daya optik keluaran daya optik dari POF dideteksi menggunakan *Optical Power Meter (OPM)*. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser helium neon dengan panjang gelombang 632,8 nm dan daya keluaran 5 mW. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang *sensing* mempengaruhi daya optik keluaran POF saat ketinggian fluida diubah-ubah meskipun perubahannya sangat kecil. Pelapisan *cladding* menggunakan alumunium atau tembaga dapat menyebabkan pelemahan daya optik POF, namun ketika *cladding* dilapisi dengan tembaga memiliki pelemahan lebih rendah dibandingkan dilapisi alumunium. Nilai sensitivitas terbaik terdapat pada *sensing* yang dilapisi tembaga dengan lebar *sensing* 1,5 cm. Linearitas terbaik adalah *sensing* dilapisi alumunium dengan panjang *sensing* 2 cm.

Kata kunci: *Polymer Optical Fiber (POF)*, sensor fiber optik, ketinggian fluida

Abstract

This study aims to determine the effect of the height of the fluid sensing length , the effect of coating on the cladding of the optical power output , and to determine the best sensitivity and linearity in the fluid level sensor . Optical fiber used was Polymer Optical Fiber (POF) Type SH - 4001-1.3 . Polymer Optical Fiber core has a refractive index of 1.49 and the cladding refractive index of 1,41. Treatment stripping the protective jacket with a length of 1.5 cm , 3 cm , 4 cm , and coated with aluminum or copper cladding affects the optical power output. Optical power output optical power of POF detected using Optical Power Meter (OPM) . The light source used was helium neon laser with a wavelength of 632.8 nm and output power of 5 mW . The results showed that the long sensing POF affects optical power output when the height of the fluid be changed even though the changes are very small . Coating cladding using aluminum or copper can cause weakening of POF optical power , but when coated with copper cladding has a lower attenuation than aluminum. Best sensitivity values contained in the coated copper sensing with sensing width of 1.5 cm . Best linearity is sensing sensing coated aluminum with 2 cm length .

Keywords : *Polymer Optical Fiber (POF) , optical fiber sensors , fluid height*

PENDAHULUAN

Teknologi, terutama dalam bidang komunikasi, saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Untuk mengirim informasi tersebut dibutuhkan komponen utama dan komponen pendukung yang memadai. Komponen utama meliputi pesawat pengirim sinyal-sinyal informasi dan pesawat penerima yang berfungsi untuk mengkonversikan sinyal ke dalam bentuk informasi sehingga dapat diindra oleh manusia.

Polimer optical fiber (POF) merupakan fiber optik berbahan plastik polimer, dimana lapisan teras (*core*) dibuat dari *polymethyl methacrylate (PMMA)* sedangkan lapisan *coating* dibuat dari *perfluoropolimer*. PPMA dikembangkan mulai tahun 1960-an karena pelemahan dari PPMA yang tinggi maka pengembangan fiber optik ini sempat berhenti, namun sejak tahun 1990-an teknologi POF ini kembali diminati, setelah ditemukan bahan polimer terfluorinasi dengan atenuasi rendah. Tingkat atenuasi POF juga sudah dapat direduksi secara signifikan, yaitu di bawah 30 dB/km (Ahmad Mulia Rambe, 2003: 4).

POF kurang banyak digunakan sebagai media transmisi jarak jauh karena memiliki atenuasi yang besar. POF banyak digunakan sebagai sensor karena bentuknya yang mudah diubah-ubah dan mudah diberi perlakuan, sedangkan fiber optik kaca terlalu rapuh dan ukurannya yang kecil sehingga sulit untuk diberi perlakuan (David, 2012: 5). Sensor fiber optik adalah jenis sensor optik yang menggunakan fiber optik dalam mekanisme penginderaan atau pendeteksian, baik sebagai komponen aktif sensor maupun sekedar sebagai pemandu gelombang saja.

Sensor ketinggian yang saat ini banyak berkembang di pasaran adalah memanfaatkan gelombang ultrasonik sampai gelombang radio. Sensor yang memanfaatkan gelombang ultrasonik memerlukan tambahan alat lainnya seperti mikrokontroler ATMega 8535 dan membutuhkan instruksi-instruksi yang harus dimasukkan ke dalam mikrokontroler ATMega 8535 agar sensor dapat bekerja secara maksimal. Jika dibandingkan dengan sensor yang memanfaatkan fiber optik sebagai sensor ketinggian, sensor ketinggian yang menggunakan mikrokontroler lebih rumit dan membutuhkan biaya yang cukup besar dibandingkan sensor yang menggunakan fiber optik.

Pada penelitian ini bagian *sensing* atau *transducing* adalah panjang pengupasan jaket pelindung, dengan mengupas jaket pelindung dan melapisi *cladding* dengan alumunium atau tembaga. Pelapisan alumunium atau tembaga akan mempengaruhi keluaran daya optik POF, keluaran daya optik ini yang digunakan untuk pengembangan sensor ketinggian fluida.

KAJIAN TEORI

Fiber optik plastik

FOP merupakan alternatif dari fiber optik berbasis silika untuk tujuan pengurangan biaya pada sistem komunikasi fiber optik karena harganya lebih murah. Disamping itu FOP mudah dipreparasi dan diterminasikan, mudah dikopel dengan detektor dan emiter, serta fleksibel dan *robust*.

FOP terdiri dari teras (*core*), selongsong (*cladding*), dan jaket pelindung. *Core* dan *cladding* dibuat berbeda indeks bias, agar bisa terjadi pemantulan internal total. Pemantulan internal total inilah yang menyebabkan cahaya tetap berada di dalam fiber optik. Sementara jaket digunakan untuk melindungi fiber optik dari kondisi lingkungan yang merusak.

Jaket pelindung adalah pelindung lapisan *core* dan *cladding*. Fiber optik diberi jaket pelindung yang kegunaannya untuk menghindari terjadinya kerusakan yang disebabkan oleh pengaruh luar baik pada saat penggunaan atau akibat pengaruh lain. Bagian ini tidak terlibat dalam proses memandu cahaya.

Pemantulan internal sempurna

Ketika cahaya menjalar di dalam bahan transparan yang memiliki perbedaan indeks bias, sehingga menemui permukaan bahan transparan lainnya, maka dua hal yang akan terjadi, yaitu:

- a) sebagian cahaya akan dipantulkan
- b) sebagian cahaya akan diteruskan ke dalam bahan trasparan kedua.

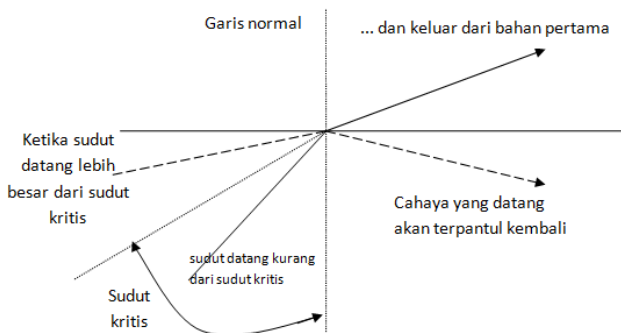
Menurut Hukum Snellius pembiasan tersebut dapat dituliskan dalam bentuk:

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

Ketika sudut datang cahaya (di dalam bahan pertama) menuju bidang perbatasan terus diperbesar, akan tercapai suatu titik di mana sudut bias menjadi bernilai 90° dan cahaya akan masuk sejajar dengan bidang perbatasan di dalam bahan kedua. Sudut datang yang menjadikan hal tersebut dinamakan sebagai sudut kritis.

$$\theta_{kritis} = \arcsin \frac{n_2}{n_1} \quad (2)$$

Ketika cahaya merambat dengan sudut datang yang kurang dari sudut kritis maka cahaya akan dibiaskan keluar dari bahan pertama, akan tetapi jika cahaya merambat menuju bidang perbatasan dengan sudut datang yang lebih besar dari sudut kritis maka cahaya tersebut akan dipantulkan kembali (oleh bidang perbatasan) ke dalam bidang pertama. Dalam hal ini bidang pertama hanya berperan sebagai bidang pantul (cermin). Efek semacam ini disebut sebagai pemantulan internal sempurna (*total internal reflection/TIR*).



Gambar 1. Pemantulan internal sempurna (Crisp dan Elliott, 2008: 18)

Numerical Aperture

Nilai *numerical aperture* adalah parameter yang mengukur kemampuan fiber optik untuk menangkap atau mengumpulkan cahaya. Selain *numerical aperture* sudut penerima juga mengindikasikan berapa cahaya yang dapat diterima ke dalam fiber optik. Besarnya nilai *numerical aperture* (NA) ditentukan dengan persamaan berikut:

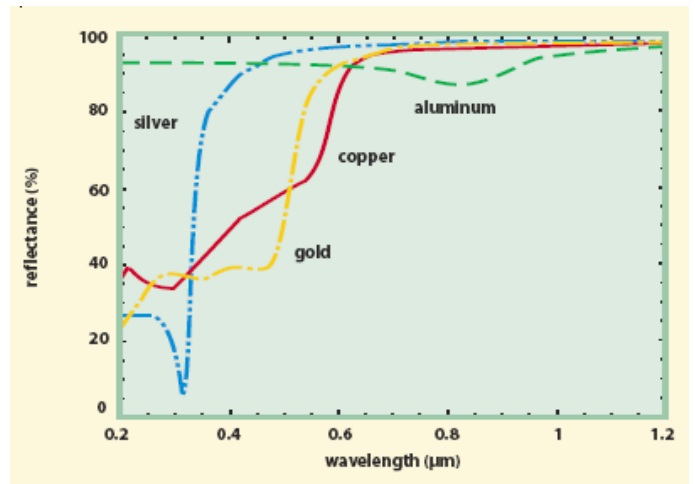
$$NA = n \sin \theta_{max} = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} \quad (3)$$

dengan n adalah indeks bias udara = 1, n_1 adalah indeks bias *core*, n_2 adalah indeks bias selongsong (*cladding*). Besarnya nilai sudut penerima dapat dihitung dengan

$$\text{sudut penerima} = \arcsin NA$$

Sifat Optik Lapisan Tipis

Bentuk lapisan tipis optik yang paling sederhana adalah lapisan tipis logam, seperti aluminium, yang didepositkan pada substrat kaca untuk membuat permukaan bersifat reflektif (Macleod, 2010; Holland, 2009; Hobbs, 2009; Wiley, 2006). Logam yang digunakan akan menentukan karakteristik refleksi lapisan yang dihasilkan. Performansi reflektansi beberapa material logam yang umum digunakan untuk lapisan refleksi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva reflektansi dengan panjang gelombang untuk aluminium (Al), tembaga (Cu) perak (Ag) dan emas (Au) cermin logam pada sudut jatuh normal (sumber: <http://www.photonics.com>)

Pelemahan Daya Fiber Optik

Pelemahan daya disebabkan oleh 3 faktor utama yaitu absorpsi, hamburan (*scattering*) dan lekukan (*bending losses*).

1. Absorpsi

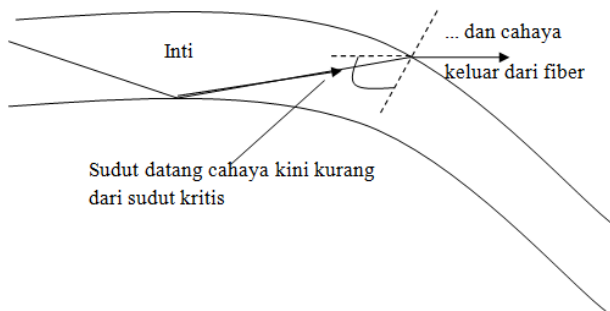
Zat pengotor (*impurity*) apapun yang masih tersisa di dalam bahan inti akan menyerap sebagian dari energi cahaya yang merambat di dalam fiber optik.

2. Hamburan Rayleigh

Hamburan Rayleigh (*Rayleigh scatter*) adalah efek terpancarnya cahaya akibat terjadinya perubahan kecil yang bersifat lokal pada indeks bias bahan inti dan bahan *core*. Dikatakan bersifat lokal karena perubahan hanya terjadi di lokasi-lokasi tertentu saja di dalam bahan, dan ukuran daerah yang terkena pengaruh perubahan ini sangat kecil, yaitu kurang dari satu panjang gelombang cahaya yang terhambur. Intensitas pancaran Rayleigh bergantung pada ukuran daerah perubahan relatif terhadap panjang gelombang cahaya yang bersangkutan. Oleh karena itu cahaya dengan panjang gelombang paling kecil, atau frekuensi tertinggi, akan paling besar terkena dampak pancaran ini.

3. lekukan

Lekukan tajam pada sebuah kabel fiber optik dapat menyebabkan timbulnya pelemahan daya yang cukup serius, dan lebih jauh lagi kemungkinan terjadinya kerusakan mekanis (pecahnya fiber optik). Jika inti dilengkungkan, seperti dalam Gambar 3, maka garis normal akan berubah arahnya mengikuti permukaan inti. Akibatnya, cahaya yang tadinya merambat dengan sudut ‘aman’, kini tidak lagi demikian, sudut datangnya menjadi kurang dari sudut kritis dan mengakibatkan cahaya dapat menembus inti dan keluar dari fiber optik.



Gambar 3. Keadaan saat terjadi lekukan (Sumber: John Crisp dan Barry Elliot, 2006: 63)

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan mulai bulan Januari 2015 hingga bulan Maret 2015. Sebelum dilakukan penelitian dilakukan studi literatur dan diskusi yang dimulai bulan November 2014. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Spektroskopi, Fakultas Matematika dan Ilmu

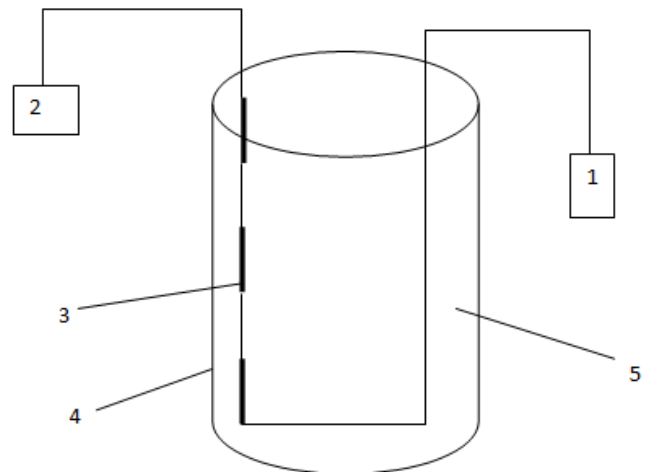
Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.

Variabel bebas penelitian ini adalah ketinggian fluida, variabel kontrol adalah intensitas keluaran dari laser He-Ne, panjang pengupasan jaket, serta pelapisan *sensing* dengan aluminium atau tembaga dan variabel terikat adalah daya optik yang diterima OPM.

Prosedur penelitian

Tahap penelitian ini adalah perangkaian alat seperti terlihat pada desain alat penelitian dengan prosedur sebagai berikut:

1. Untuk fiber yang dilapisi aluminium atau tembaga terlebih dahulu dikupas jaket pelindungnya, sehingga *cladding* terlihat. Kemudian *cladding* dilapisi dengan potongan lembaran aluminium atau potongan lembaran tembaga. Merangkai seperti Gambar 4.



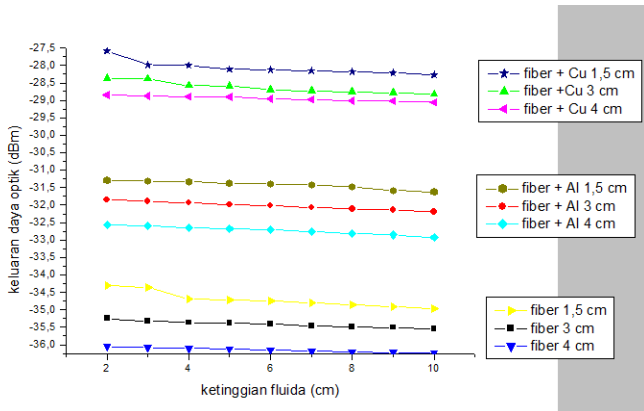
Gambar 4. Desain alat penelitian

Keterangan :

1. OPM
 2. Laser He-Ne
 3. Kabel Fiber Optik Plastik/FOP tipe SH-4001-1.3
 4. Gelas ukur
 5. Air
2. Fiber optik yang pertama digunakan adalah POF tipe SH-4001-1.3 dengan panjang *sensing* 1,5 cm atau 3 cm atau 4 cm.
 3. POF dimasukkan ke dalam gelas ukur. Mengatur ujung POF sehingga cahaya laser He-Ne masuk ke dalam POF secara optimal.
 4. Memasukkan dan mengatur ujung POF yang lain ke detektor OPM untuk mengetahui daya optik keluarannya.
 5. Mengukur daya optik yang diterima OPM untuk setiap pertambahan ketinggian fluida

yang berbeda, yaitu: 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm, 7 cm, 8 cm, 9 cm, dan 10 cm.

Hasil penelitian



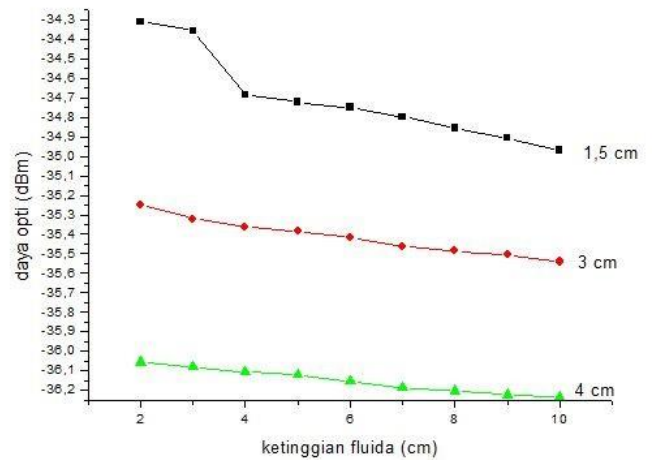
Gambar 5. Grafik hubungan antara keluaran daya optik dengan ketinggian fluida untuk ke tiga perlakuan

Pembahasan

Sensor ketinggian fluida berbasis fiber optik ini termasuk dalam klasifikasi sensor fiber optik intrinsik, dimana POF dalam sensor ketinggian fluida ini berperan sebagai pemandu cahaya sekaligus berperan sebagai proses penginderaan (*sensing*) ketinggian fluida. Kenaikan ketinggian fluida yang dilakukan pada penelitian ini sebanyak 9 tahap yaitu 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm, 7 cm, 8 cm, 9 cm, 10 cm. Sumber cahaya yang digunakan dalam penelitian ini adalah laser helium neon yang memiliki panjang gelombang 632,8 nm dengan daya keluaran 5 mW.

Pada penelitian ini interval waktu yang digunakan adalah 10 detik dengan pengamatan selama 1 menit. Fiber optik yang digunakan dalam penelitian ini adalah fiber optik tipe SH-4001-1.3 yang memiliki diameter *core* 940 μm dan indeks bias *core* 1,49 yang terbuat dari bahan *polymethyl-methacrylate resin*, sedangkan diameter *cladding* 1000 μm dan indeks bias *cladding* 1,41 yang terbuat dari bahan *flourinated polymer* sedangkan *numerical aperture* adalah 0,48.

Daya optik keluaran POF (dBm) dengan cladding tanpa dilapisi



Gambar 6. Grafik perbandingan antara daya optik dengan ketinggian fluida untuk *cladding* tanpa dilapisi

Dari grafik tersebut ketika gelas ukur ditambah air maka akan terjadi perubahan nilai daya optik keluaran POF yang terdeteksi oleh OPM dan hasil yang terdeteksi oleh OPM bertanda negatif. 1 mW = 0 dBm, jadi jika hasil pengukuran yang terdeteksi kurang dari 1 mW maka dBm akan bernilai negatif. Pelemahan yang terjadi pada penelitian ini adalah karena sudut datang cahaya lebih besar dari sudut penerima, dan karena pembengkokan fiber optik dengan sudut 90°.

Proses perambatan cahaya di dalam POF

Proses perambatan cahaya di dalam POF dimulai dengan menentukan nilai apertur numerik (*NA*). Nilai apertur numerik dari fiber optik digunakan untuk mengetahui parameter yang digunakan untuk mengukur kemampuan fiber optik dalam mengumpulkan atau menangkap cahaya. Dengan menggunakan persamaan 3 maka didapatkan nilai $NA = 0,48$

Setelah apertur numerik didapatkan selanjutnya menghitung nilai sudut penerimaannya, karena sudut penerimaan juga mempengaruhi seberapa cahaya yang dapat diterima masuk ke dalam fiber optik. Didapatkan sudut penerima 28,8°.

Setelah nilai sudut penerima diketahui selanjutnya menentukan sudut datang dari laser helium neon yang masuk ke dalam fiber optik. Dalam penelitian ini sudut datang yang dipilih adalah 29° .

Dengan menggunakan Hukum Snellius maka dapat diketahui berapa nilai sudut yang masuk ke dalam *core*. Sudut yang masuk ke dalam *core* adalah $\theta_{core} = 19^\circ$. Di dalam setiap segitiga, jumlah ke tiga sudutnya 180° . Apabila mengurangi nilai sudut siku-siku 90° dengan nilai sudut 19° , maka akan mendapatkan nilai sudut datang sehingga sudut datang terhadap perbatasan *core-cladding* adalah 71° .

Dengan menggunakan persamaan (2) dapat menghitung nilai sudut kritis, sehingga didapatkan nilai sudut kritis sebesar $\theta_{kritis} = 71,14^\circ$.

Karena sudut datang lebih kecil dari sudut kritis maka cahaya akan terus merambat ke dalam *cladding*. Ketika cahaya memasuki suatu bahan yang memiliki indeks bias yang berbeda maka akan terjadi dua hal yaitu sebagian cahaya akan dipantulkan dan sebagian cahaya akan diteruskan memasuki bahan ke dua. Besarnya nilai koefisien pemantulan tegak lurus terhadap bidang gambar (R_{\perp}) yaitu 46,84 % dan nilai koefisien pemantulan sejajar terhadap bidang gambar (R_{\parallel}) yaitu 58,65 %. Jika sudut datang *core* ke *cladding* semakin besar maka akan mengakibatkan nilai koefisien pemantulan semakin besar pula.

Dengan menggunakan Hukum Snellius didapatkan sudut bias yang masuk ke dalam *cladding* adalah $\theta_2 = 87,66^\circ$. Sudut antara sebagian bidang perbatasan *core-cladding* dan garis normal sebelumnya 90° atau siku-siku, dan sebagian dari sudut siku-siku adalah $87,66^\circ$ sehingga bagian yang tersisa bernilai $2,34^\circ$. Segitiga siku-siku yang dapat digunakan untuk menghitung sudut datang cahaya ke bidang perbatasan *cladding-air* adalah $87,66^\circ$. Ternyata sudut datang sama dengan sudut bias berarti cahaya akan dipantulkan kembali ke dalam *cladding* namun untuk membuktikannya maka dicari terlebih dahulu sudut kritis dengan menggunakan persamaan 2, $\theta_{kritis} = 70,61^\circ$.

Karena sudut datang lebih besar dari sudut kritis maka cahaya akan terpantul kembali ke dalam *cladding*, sudut datang *cladding* ($\theta_{cladding}$) sebesar $87,66^\circ$ mengenai perbatasan *cladding-core*, sehingga akan mengalami pembiasan lagi ke dalam *core* yang memiliki sudut datang (θ_{core}) 71° . Sudut datang (θ_{core}) sebesar 71° mengenai bidang lengkung yang membentuk sudut 90° . Dengan menggunakan busur dan melukiskan cahaya yang masuk ke dalam fiber optik menggunakan kertas milimeter blok, maka dengan menggunakan busur didapatkan nilai sudut datang *core-cladding* terhadap garis normal bernilai 20° .

Besarnya nilai koefisien pemantulan tegak lurus bidang gambar (R_{\perp}) yaitu 5,75% dan sejajar bidang gambar (R_{\parallel}) yaitu 0,56 %. Sudut datang (20°) lebih kecil dari sudut kritis ($71,14^\circ$) maka cahaya akan dibiaskan ke dalam *cladding* dengan sudut tertentu. Dengan menggunakan Hukum Snellius maka didapatkan nilai sudut bias yang masuk ke dalam *cladding* adalah ($\theta_{cladding}$) $21,19^\circ$. Karena sudut bias bersebrangan dengan sudut datang maka sudut datang, sama dengan sudut bias yaitu $21,19^\circ$.

Sudut datang ($21,19^\circ$) lebih kecil dari sudut kritis ($70,61^\circ$) maka cahaya yang datang dari *cladding* akan dibiaskan ke dalam air. Besarnya nilai koefisien pantulan tegak lurus bidang gambar (R_{\perp}) yaitu 5,84% dan sejajar bidang gambar (R_{\parallel}) yaitu 0,54 %. Dengan menggunakan Hukum Snellius dan sudut datang dari *cladding*, maka dapat dihitung sudut bias yang masuk ke dalam air yaitu sebesar (θ_{air}) $22,53^\circ$.

Sensitivitas *cladding* tanpa dilapisi dengan *cladding* dilapisi aluminium atau tembaga

Tabel 1. Sensitivitas untuk setiap perlakuan POF yang berbeda

	Sensitivitas (dBm/cm)		
	Sensing tanpa pelapisan	Sensing dilapisi aluminium	Sensing dilapisi tembaga
panjang 1,5 cm	$-0,0016 \pm 0,0002$	$-0,00083 \pm 0,00009$	$-0,00128 \pm 0,00003$
panjang 3 cm	$-0,00068 \pm 0,00004$	$-0,00086 \pm 0,00002$	$-0,0012 \pm 0,0001$
panjang 4 cm	$-0,00047 \pm 0,00002$	$-0,00086 \pm 0,00004$	$-0,00053 \pm 0,00003$

Dari Tabel 1 tersebut dapat dilihat pada *sensing* yang dilapisi dengan alumunium nilai sensitivitas berbeda tetapi perbedaannya tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dengan *sensing* dilapisi tembaga atau tanpa dilapisi. Namun sensitivitas yang terbesar jika dibuat harga mutlak adalah *sensing* dilapisi tembaga dengan lebar *sensing* 1,5 cm. Jadi sensitivitas terbaik pada sensor ketinggian fluida ini adalah *sensing* dilapisi tembaga dengan lebar *sensing* 1,5 cm.

Tabel 2. Linearitas untuk setiap perlakuan POF yang berbeda

	Linieritas		
	<i>Sensing</i> tanpa dilapisi	<i>Sensing</i> dilapisi alumunium	<i>Sensing</i> dilapisi tembaga
Panjang 1,5 cm	-0,93 ± 0,09	-0,96 ± 0,03	-0,9 ± 0,1
Panjang 2 cm	-0,99 ± 0,02	-0,998 ± 0,008	-0,96 ± 0,05
Panjang 3 cm	-0,994 ± 0,008	-0,99 ± 0,02	-0,99 ± 0,01

Tabel 2 menunjukkan nilai linearitas untuk beberapa perlakuan POF, yaitu *sensing* tanpa dilapisi, *sensing* dilapisi alumunium, *sensing* dilapisi tembaga dengan panjang *sensing* 1,5 cm, 3 cm, 4 cm. Uji linearitas bertujuan untuk mengetahui apakah ke dua variabel tersebut memiliki hubungan linear atau tidak. Jika linearitas (R) mendekati nilai 1 maka ke dua variabel tersebut memiliki hubungan linear. Dari Tabel 6 tersebut dapat dilihat linieritas yang mendekati nilai 1 adalah *sensing* dilapisi alumunium. Jadi linieritas terbaik adalah *sensing* dilapisi alumunium dengan panjang *sensing* 2 cm.

Simpulan

1. Dengan panjang POF 1,5 m semakin panjang *sensing*, keluaran daya optik semakin renda, pelemahan pada keluaran daya optik terjadi karena adanya lekukan 90° pada saat POF dimasukkan ke dalam gelas ukur.
2. Pelapisan *cladding* dengan alumunium atau tembaga mempengaruhi output POF karena pemantulan pada bahan pelapisan tersebut.

3. Sensitivitas terbaik terdapat pada *sensing* yang dilapisi tembaga dengan lebar *sensing* 1,5 cm. Linearitas terbaik adalah *sensing* dilapisi alumunium deengan panjang *sensing* 2 cm.

Saran

1. Saat melakukan pengupasan jaket pelindung harus dilakukan secara hati-hati agar tidak merusak *cladding* atau *core*, yang dapat mempengaruhi transmisi cahaya di dalam POF, dan POF diusahakan tidak mudah bergerak agar tidak mempengaruhi keluaran daya optik.
2. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik teknik pemotongannya juga harus diperhatikan, karena diameter fiber optik yang sangat kecil bahkan sapaai mikro maka tidak mudah untuk dilihat menggunakan kasap mata.

DAFTAR PUSTAKA

Crisp, John dan Barry Elliott. (2008). *Serat Optik: Sebuah Pengantar Edisi Ketiga*. (Alih bahasa: Soni Astranto, S.Si). Jakarta: Erlangga.

David, Pedro and Cermen. (2012). *A Polymer Optical Fiber Fule Level Sensor: Application to Paramotoring and Powered Paragliding*. *Jurnal/mdpi/sensors* (nomor 5 tahun 2012). Hlm. 1-14.

Hobbs, P.C.D. (2009). *Building Electro-Optical System: Making It All Work*. 2nd Ed. New Jersey: John Wiley & Sons Inc. Publication

Macleod, H.A. (2010). *Thin Film Optical Filters*. 4th Ed. Boca Raton : CRC Press.

Keiser, Gerd. (1991). *Optical Fiber Communicatios*. Singapore: Mc Graw-Hill Publishing Company