

# PENGARUH FORMASI KELENGKUNGAN *POLYMER OPTICAL FIBER* (POF) YANG DISISIPI GEL TERHADAP KELUARAN UNTUK MENGUKUR KETINGGIAN CAIRAN

*The Effect of POF Curvature Formation which has been Inserted Gel Toward Output for Measuring Liquid Level*

Oleh :

Novi Arumnika<sup>1)</sup>, Dr. Heru Kuswanto<sup>2)</sup>  
arumnika@gmail.com<sup>1)</sup>, herukus61@yahoo.fr<sup>2)</sup>

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh formasi serat optik dan ketinggian cairan terhadap keluaran daya optik dan mengetahui sensitivitas serta linearitas terbaik pada sensor ketinggian air yang berbentuk sinusoida. Pada penelitian ini menggunakan sensor ketinggian air dengan fiber optik yang berbentuk sinusoida yang disisipi gel. Fiber optik yang digunakan adalah *Polymer Optical Fiber* (POF) tipe SH-4001-1.3. Variasi formasi fiber optik di tentukan panjang lintasan, panjang pengelupasan, lebar kelengkungan, tinggi kelengkungan dan bentuk gelombang. Ada 4 formasi, yaitu Formasi A (20 cm, 34 cm, 6 cm, 2 cm, 1 gelombang), Formasi B (20 cm, 34 cm, 8 cm, 2 cm, 1 gelombang), Formasi C (20 cm, 34 cm, 9 cm, 2 cm, ½ gelombang) dan Formasi D (20 cm, 34 cm, 10 cm, 2 cm, ½ gelombang). Sumber cahaya yang digunakan adalah cahaya laser He-Ne dengan daya sebesar 5 mW dan panjang gelombang sebesar 632,8 nm. Laser He-Ne memancarkan cahaya melalui *Polymer Optical Fiber* yang kemudian diterima oleh Optical Power Meter (OPM). Untuk mempermudah melihat data kenaikan pada grafik maka dilakukan perhitungan luas daerah di bawah kurva. Lebar kelengkungan pada POF dapat mempengaruhi *output* POF. Nilai intensitas cahaya keluaran fiber optik yang berbentuk sinusoida pada setiap lebar kelengkungannya semakin kecil saat diberikan tambahan ketinggian air sehingga membentuk grafik linear. Nilai sensitivitas terbaik berada pada Formasi A dengan lebar kelengkungan 6 cm dan linearitas terbaik berada pada Formasi C dengan lebar kengkungan 9 cm.

Kata kunci : *Polymer Optical Fiber* (POF), ketinggian cairan, lebar kelengkungan

## Abstract

*The objectives of this study is to determine the effect of fiber optic formation and the liquid height toward optical power output, and also to determine the best sensitivity and linearity of liquid level sensor in a sinusoidal form. This study is using liquid level sensor with fiber optic in a sinusoidal form which has been inserted gel. Fiber optic used in this study is Polymer Optical Fiber (POF) with type of SH-4001-1.3. Here, the variations of fiber optic formation are the length of track, the length of peeling, the width of curvature, curvature height, and waveform, respectively. There are 4 formations, i.e. formation A (20 cm, 34 cm, 6 cm, 2 cm, and 1 wave), formation B (20 cm, 34 cm, 8 cm, 2 cm, and 1 wave), formation C (20 cm, 34 cm, 9 cm, 2 cm, and a half wave), and formation D (20 cm, 34 cm, 10 cm, 2 cm, and a half wave). Light source used is He-Ne laser with Power of 5 mW and wavelength of 632,8 nm. He-Ne Laser emits light through Polymer Optical Fiber, which is then will be received by Optical Power Meter (OPM). To know the increase of data on the graph, so it is necessary to calculate area under the curve. The curvature width on POF can affect the POF output. The Light intensity value of optical fiber output in the sinusoidal form at each width is smaller as the liquid level higher, so it forms a linear graph. The best sensitivity value is at Formation A with curve width of 6 cm and best linearity value is at Formation C with curve width of 9 cm.*

Keywords : *Polymer Optical Fiber* (POF), liquid level, the width of curvature

## PENDAHULUAN

Perkembangan dan penerapan teknologi telekomunikasi di dunia yang berkembang dengan cepat, secara langsung ataupun tidak langsung akan mempengaruhi perkembangan sistem telekomunikasi di Indonesia. Beroperasinya satelit telekomunikasi Palapa dan kemudian pemakaian SKSO (Sistem Komunikasi Serat Optik ) di Indonesia merupakan bukti bahwa Indonesia juga mengikuti dan mempergunakan teknologi ini di bidang telekomunikasi (Hasanah, 2009:613). Fiber optik atau serat optik adalah sebuah bahan transparan yang sangat jernih, atau kabel yang terbuat dari bahan semacam ini, yang dapat digunakan untuk mentransmisikan gelombang cahaya (John Crisp dan Barry Elliot, 2008: 10).

Sumber cahaya yang digunakan biasanya adalah laser atau LED. Cahaya yang ada di dalam serat optik tidak keluar karena indeks bias dari kaca lebih besar daripada indeks bias dari udara, karena laser mempunyai spektrum yang sangat sempit. Kecepatan transmisi serat optik sangat tinggi sehingga sangat bagus digunakan sebagai saluran komunikasi. Ada lebih banyak keuntungan komunikasi serat optik seperti keamanan data, penggandaan data, kemudahan untuk membuat sumber optik dan detektor optik (Shivang Ghetia, 2013: 443).

Jaringan serat optik yang memberikan layanan sambungan ke rumah dikenal dengan nama *Fiber To The Home* (FTTH). Jenis serat optik yang umum digunakan pada jaringan FTTH adalah serat optik dari bahan kaca. Serat optik kaca memiliki faktor redaman yang rendah, namun memiliki kelemahan dalam hal instalasi dan terminasi. Permasalahan ini dapat diatasi dengan menggunakan *Plastic Optical Fiber* (POF). Instalasi dan terminasi POF tidak dibutuhkan peralatan mahal dan kemampuan khusus sehingga lebih mudah dan efisien. Permasalahan lain yang tidak dapat dicegah pada jaringan serat optik adalah adanya *bending* atau bengkokan. Bengkokan dengan jari-jari lebih lebar dibandingkan dengan jari-jari serat optik disebut dengan *macrobending*. *Macrobending* menyebabkan rugi-rugi daya yang cukup serius bahkan memungkinkan terjadinya kerusakan mekanis. Penelitian menunjukkan bahwa nilai rugi-rugi daya *macrobending* dipengaruhi oleh panjang gelombang, diameter bengkokan, dan jumlah bengkokan yang tersusun dalam bentuk lilitan yang digunakan (Imee Ristika Rahmi, 2014 : 1). Di sisi lain, serat optik telah digunakan untuk mengukur kadar cairan dalam berbagai bentuk, seperti sensor yang tidak mengganggu atenuasi cahaya saat melewati dinding tangki, namun ini hanya berlaku untuk tangki

transparan ( David Sanchez Montero. et. al, 2009 : 6447).

Sensor fiber optik adalah jenis sensor optik yang menggunakan fiber optik dalam mekanisme pengindraan atau pendeteksian, baik sebagai komponen aktif sensor maupun sekedar sebagai pemandu gelombang (optik) saja. Prinsip kerja sensor serat optik pada pengukuran rugi daya adalah membuka bagian jaket dan *cladding*-nya. Pada bagian serat optik dengan panjang tertentu *cladding* dibuka agar terdapat rugi daya bocor. Bagian serat yang dibuka berfungsi sebagai sensor *head*. Dengan adanya rugi bocor maka terdapat perbedaan antara daya cahaya masukan pada satu ujung serat dengan daya cahaya luaran yang diukur pada ujung lainnya

( Imam Khambali dan Endarko, 2014 : 33).

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan ini dilaksanakan pada bulan Desember 2016 sampai Maret 2017, bertempat di Ruang Gelap Laboratorium Spektroskopi Fakultas MIPA UNY.

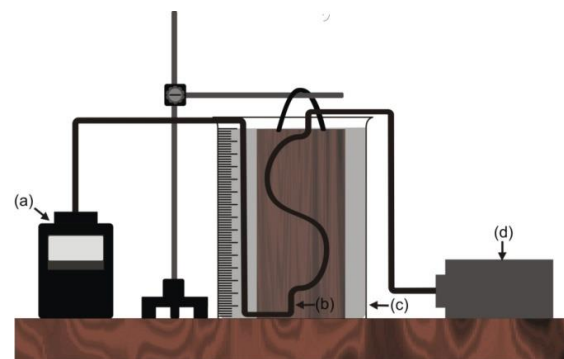
### Prosedur Penelitian

Tahap penelitian ini adalah menyusun alat seperti pada desain alat penelitian dengan menggunakan prosedur sebagai berikut :

1. Memotong serat optik plastik sepanjang 1,5 meter. Untuk mengganti selongsong

dengan selang kecil, mengelupas terlebih dahulu selongsong sepanjang 34 cm kemudian memberikan isian gel.

2. Memasang serat optik yang telah disisipi ke dalam lintasan pada kayu dan meletakkan wadah yang telah berisi air. Kemudian menghubungkan ujung pertama serat optik plastik pada Laser Helium-Neon dan menghubungkan ujung kedua pada OPM untuk mengetahui keluaran daya optik. Rangkain alat seperti pada Gambar 1.



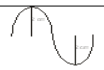
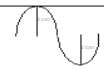

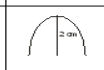
Gambar 1. Desain alat penelitian

Keterangan :

- a) OPM
- b) Fiber Optik
- c) Wadah untuk air
- d) Laser Helium-Neon

Detail spesifikasi formasi untuk point (b) :

Tabel 1. Spesifikasi formasi pada point (b)

Spesifikasi	Formasi Fiber Optik			
	A	B	C	D
Panjang Lintasan (cm)	20	20	20	20
Panjang Pengelupasan (cm)	34	34	34	34
Lebar Kelengkungan (cm)	6	8	9	10
Tinggi Kelengkungan (cm)	2	2	2	2
Bentuk (Gelombang)	1	1	½	½
Gambar Desain				

- Mengukur daya optik keluaran yang diterima OPM untuk setiap penambahan tinggi air 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm, 16 cm, 18 cm, dan 20 cm.
- Mengulangi tahap 1 hingga 3 dengan lebar kelengkungan yang berbeda

**Teknik Analisis Data**

Data yang diperoleh selama penelitian diolah dengan tahap-tahap sebagai berikut :

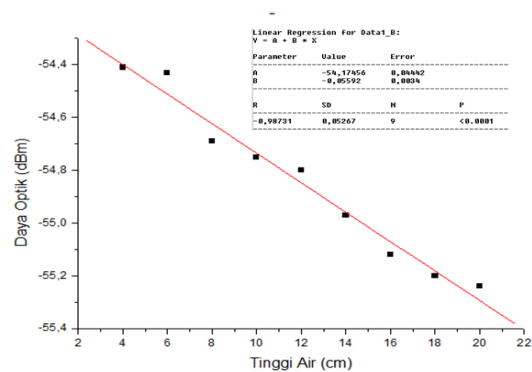
- Mencatat daya optik keluaran dari POF yang diterima oleh OPM setiap adanya penambahan ketinggian air.
- Membuat grafik hubungan antara perubahan ketinggian air (cm) terhadap daya optik keluaran (dBm) dengan menggunakan *Software Origin*.
- Membuat grafik normalisasi dari Formasi A hingga Formasi B
- Menghitung dan membuat grafik luasan di bawah kurva

- Menghitung nilai sensitivitas dan linearitas untuk setiap perlakuan pada POF

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan penelitian diperoleh hasil sebagai berikut:

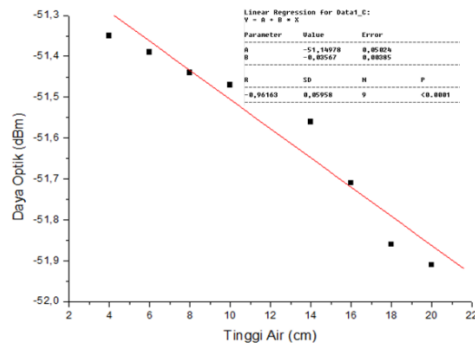
- Pengaruh ketinggian air terhadap intensitas keluaran fiber optik pada Formasi A



Gambar 2. Grafik hubungan antara daya optik (dBm) terhadap perubahan tinggi air (cm) pada Formasi A

Dari Gambar 2 dapat dilihat, saat tinggi air 8 cm mengalami angka penurunan yang tinggi. Dalam grafik ini nilai kenaikan tidak konstan. Selisih nilai penurunan dari 4 cm hingga 20 cm adalah 0,83 dBm dengan kemiringan grafik 0,056.

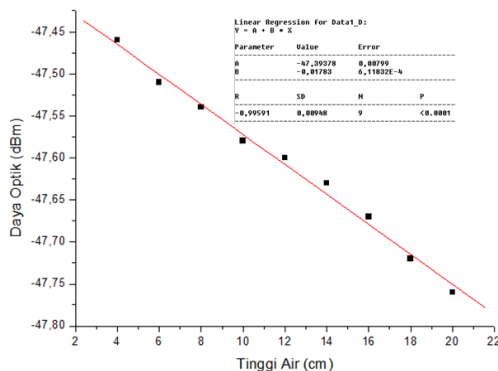
- Pengaruh ketinggian air terhadap intensitas keluaran fiber optik pada Formasi B



Gambar 3. Grafik hubungan antara daya optik (dBm) terhadap perubahan tinggi air (cm) pada Formasi B

Pada Gambar 3 nilai penurunan tidak konstan, pada ketinggian air 14 cm dan 16 cm mengalami angka penurunan yang tinggi. Selisih nilai penurunan ketinggian air dari 4 cm hingga 20 adalah 0,56 dBm dengan kemiringan grafik sebesar 0,036.

3. Pengaruh ketinggian air terhadap intensitas keluaran fiber optik pada Formasi C

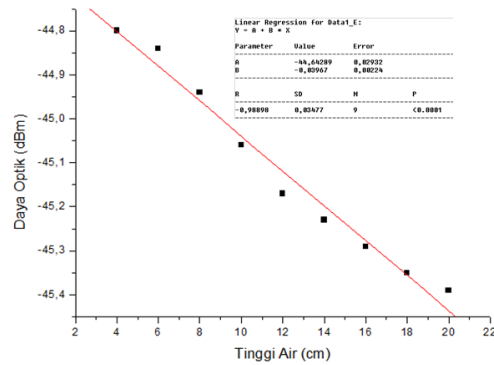


Gambar 4. Grafik hubungan antara daya optik (dBm) terhadap perubahan tinggi air (cm) pada Formasi C

Pada Gambar 4 nilai penurunan tidak konstan namun mendekati konstan. Selisih nilai penurunan ketinggian air dari

4 cm hingga 20 adalah 0,3 dBm dengan nilai kemiringan grafik sebesar 0,018.

4. Pengaruh ketinggian air terhadap intensitas keluaran fiber optik pada Formasi D



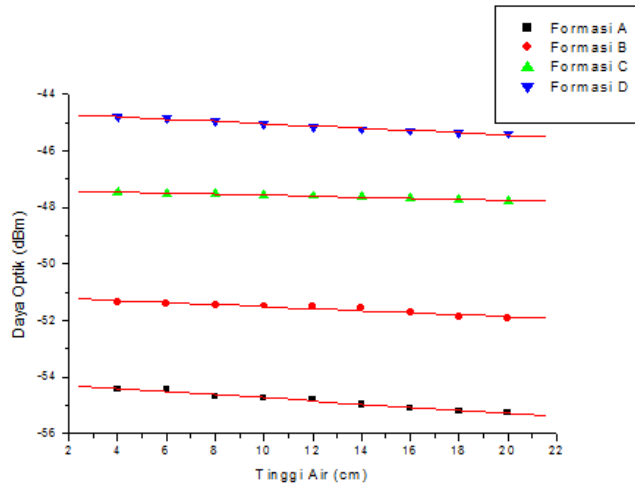
Gambar 5. Grafik hubungan antara daya optik (dBm) terhadap perubahan tinggi air (cm) pada Formasi D

Pada Gambar 5 nilai penurunan tidak konstan, pada ketinggian air 6 cm, 8 cm dan 10 cm mengalami angka penurunan yang tinggi. Selisih nilai penurunan ketinggian air dari 4 cm hingga 20 adalah 0,59 dBm dengan kemiringan grafik sebesar 0,040.

Pemilihan *fitting* linear pada grafik dilakukan karena nilai daya optik (dBm) merupakan nilai dalam bentuk logaritma yang merupakan bentuk linear dengan rumus pada persamaan :

$$P_{(dBm)} = 10 \log \left( \frac{P_{(watt)}}{1 mW} \right) dBm$$

5. Pengaruh ketinggian air terhadap intensitas keluaran fiber optik pada semua formasi



Gambar 6. Grafik gabungan antara daya optik (dBm) dengan tinggi air (cm) dengan variasi lebar kelengkungan

Analisa sensitivitas merupakan teknik untuk menilai dampak berbagai perubahan dari masing-masing variabel penting terhadap hasil yang mungkin terjadi. Penentuan sensitivitas pada elemen linear dari gradien dimana di dapat dari *fitting* menggunakan *origin*.

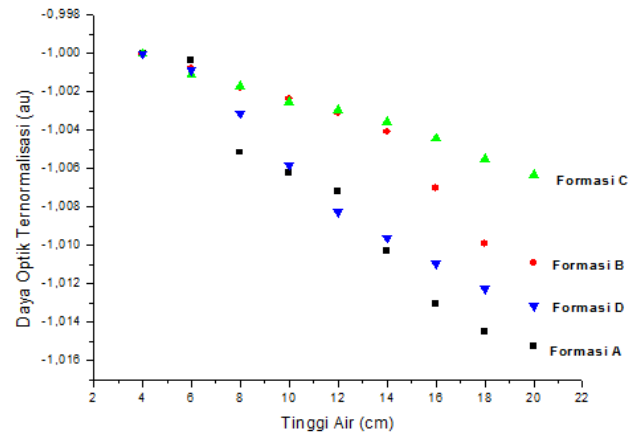
Tabel 2. Nilai gradien masing-masing formasi

Formasi	Gradien
A	-0,056
B	-0,036
C	-0,018
D	-0,040

Tanda negatif pada nilai gradient menunjukkan bahwa garis pada grafik

condong ke kiri. Sensitivitas terbaik terdapat pada Formasi A.

6. Normalisasi pengaruh ketinggian air terhadap intensitas keluaran fiber optik pada semua formasi



Gambar 7. Grafik gabungan antara daya optik ternormalisasi (au) dengan tinggi air (cm) dengan variasi lebar kelengkungan

Normalisasi merupakan pendekatan matematis untuk meminimalkan pengulangan data. Normalisasi dilakukan dengan membagi nilai daya optik pada setiap kenaikan tinggi air dengan nilai daya optik mutlak tertinggi. Dari grafik di atas menunjukkan adanya keluaran daya optik yang berbeda saat diberikan perlakuan pada fiber optik. Saat ketinggian air berubah, maka akan terjadi perubahan daya optik meskipun perubahan tersebut sangat kecil. Pada Formasi A, Formasi B dan Formasi C mengalami kenaikan sedangkan saat Formasi D mengalami penurunan. Dapat juga dikatakan data yang didapat optimal pada saat Formasi C. Untuk mempermudah

memahami grafik yang didapat, kemudian menghitung nilai luasan yang berada di bawah kurva.

7. Nilai luas daerah di bawah kurva

Untuk menghitung nilai luasan menggunakan rumus matematika integral sebagai berikut :

$$L = \int_a^b f(x) dx$$

Dimana :

a = batas bawah pada kurva

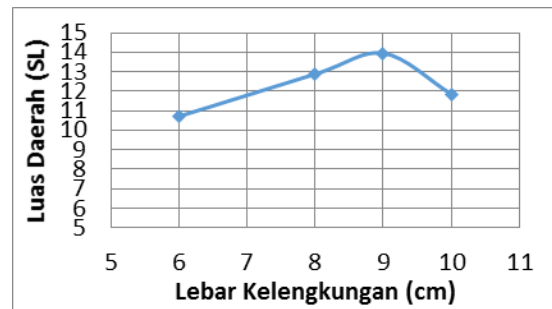
b = batas atas pada kurva

didapatkan luas daerah di bawah kurva untuk masing-masing formasi adalah :

Tabel 3. Hasil perhitungan luas daerah di bawah kurva pada masing-masing formasi

Formasi	Lebar Kelengkungan (cm)	Luas Daerah (SL)
A	6	10,72
B	8	12,88
C	9	13,936
D	10	11,84

Gambar 8 merupakan grafik luasan daerah di bawah kurva :



Gambar 8. Grafik hubungan antara luas daerah (SL) dengan lebar kelengkungan (cm)

Manfaat dari menghitung luas daerah tersebut adalah untuk mempermudah memahami nilai dari setiap daerah tersebut. Dapat dilihat sesuai pada Gambar 8 nilai pada Formasi C merupakan data yang optimal.

Pada penelitian ini mekanisme optik yang dilakukan pada POF adalah dengan melakukan modulasi intensitas. Modulasi intensitas dilakukan dengan cara mengukur daya optik keluaran fiber optik dengan memodifikasi keadaan *cladding*. Penelitian sensor ketinggian air berbasis POF berbentuk sinusoida termasuk dalam klasifikasi sensor fiber optik intrinsik dimana POF tersebut di samping sebagai pemandu cahaya sekaligus berperan sebagai proses penginderaan (*sensing*) ketinggian air pada bagian-bagian tertentu POF tersebut. Hasil penelitian ditunjukkan seperti pada grafik Gambar 7 yang merupakan grafik yang sudah

dinormalisasi. Kenaikan ketinggian (variabel bebas) yang dilakukan pada penelitian ini sebanyak 9 tahap, yaitu 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm, 16 cm, 18 cm dan 20 cm. Sumber cahaya laser Helium-Neon yang digunakan memiliki  $\lambda = 632,8$  nm dan spesifikasi daya 5 mW.

Gambar 6 menunjukkan daya optik (dBm) yang telah dideteksi oleh OPM terhadap ketinggian air (cm) formasi lebar kelengkungan yang berbeda. Bahan *core* yang digunakan adalah *Polymethyl-Methacrylate Resin* dengan diameter 940  $\mu\text{m}$ , sedangkan bahan *cladding* nya *Fluorinated Polymer* dengan diameter 1000  $\mu\text{m}$ . Indeks bias *core* = 1.49, *cladding* = 1.41 dan numerikal aperture = 0,48. Pada dasarnya penelitian ini mengukur besarnya daya optik yang hilang (*loss*) akibat adanya pemberian perlakuan lebar kelengkungan yang berbeda. Hilangnya daya akibat perlakuan yang diberikan sesuai dengan karakteristik fiber optik yaitu fiber optik akan mengalami pelemahan ketika mengalami pembengkokan atau pelapisan pada *cladding*. Daya optik keluaran dari POF dideteksi dengan menggunakan alat yang disebut OPM. Pada penelitian ini satuan ukur yang digunakan adalah *desibelmilliwatt* (dBm). Hasil pengukuran menyatakan adanya pelemahan daya (*loss*)

yang ditunjukkan oleh penurunan nilai pada keluaran POF seperti pada Gambar 7. Hasil penelitian diperjelas dengan menggunakan luasan daerah di bawah kurva seperti pada Gambar 8 dimana menunjukkan Formasi C merupakan bentuk yang optimal.

#### 8. Sensitivitas dan linearitas sensor ketinggian cairan

Sensitivitas merupakan perubahan pada *output* untuk setiap perubahan *input* terkecil. Untuk elemen linier, penentuan sensitivitas merupakan gradien ( $\Delta y/\Delta x$ ) atau kemiringan grafik. Nilai gradien (B) pada Tabel 5 didapatkan dari *linear fit* dengan menggunakan *Origin*. Tabel 5 merupakan hasil perhitungan sensitivitas dari *Origin* :

Tabel 4. Sensitivitas untuk setiap formasi

Formasi	Lebar Kelengkungan (cm)	Sensitivitas
A	6	$-0,056 \pm 0,003$
B	8	$-0,036 \pm 0,004$
C	9	$-0,018 \pm 0,0006$
D	10	$-0,040 \pm 0,002$

Sensitivitas terbaik terdapat pada Formasi A dengan lebar kelengkungan 6 cm dengan nilai kemiringan grafik atau gradien sebesar 0,056. Tabel 6 merupakan linearitas untuk setiap formasi.



Tabel 5. Linearitas pada setiap formasi

Formasi	Lebar Kelengkungan (cm)	Linearitas
A	6	0,98731
B	8	0,96163
C	9	0,99591
D	10	0,98898

Dalam uji linearitas bertujuan untuk mengetahui apakah dua variabel mempunyai hubungan yang linear. Pada origin telah didapatkan nilai regresi hasil *fitting linear* pada grafik. Analisis regresi sederhana merupakan hubungan antara dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel tak bebas. Linearitas dapat diwujudkan dalam persamaan garis lurus. Tabel 5 menunjukkan nilai linearitas fiber optik yang berbentuk sinusoida dengan variasi Formasi A, Formasi B, Formasi C dan Formasi D dengan nilai mendekati harga 1. Jika linearitas ( $R$ ) bernilai 1 artinya titik data berimpit dengan garis lurus. Linearitas terbaik terdapat pada Formasi C dengan nilai linearitas 0,99591. Artinya hal ini hubungan antara intensitas cahaya linear terhadap penambahan ketinggian air.

## 9. Peran fiber optik dalam mengukur level ketinggian cairan

Dalam pengukuran level ketinggian cairan metode optik dinilai lebih tahan terhadap lingkungan yang bersifat konduktif dan eksplosif. Selain itu, metode optik tahan terhadap gangguan interferensi gelombang magnetik. Perlu diingat juga serat optik merupakan alat yang hanya menyalurkan cahaya dan terbuat dari kaca / plastik sehingga aman digunakan untuk perangkat pengukur cairan. Serat optik juga bebas korosi dan tidak menimbulkan bunga api listrik yang dapat menimbulkan kebakaran. Namun dengan menggunakan fiber optik juga dapat menimbulkan kerugian yaitu karakteristik transmisi dapat berubah bila terjadi tekanan dari luar yang berlebihan, konstruksi fiber optik lemah sehingga dalam pemakaiannya diperlukan lapisan penguat sebagai proteksi dan tidak dapat dialiri arus listrik sehingga dapat memberikan catuan pada pemasangan *repeater*.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

1. Pelapisan pada *cladding* pada setiap formasi kelengkungan fiber optik dapat menimbulkan pengaruh pada *output* POF karena adanya perbedaan pemantulan pada bahan pelapis tersebut. Pemantulan pada POF berbentuk lengkung terjadi saat cahaya mengenai bidang perbatasan *core-cladding* dan *cladding-air*. Nilai

2. intensitas cahaya keluaran fiber optik yang berbentuk sinusoida pada setiap lebar kelengkungannya semakin kecil saat diberikan tambahan ketinggian air.
3. Sensitivitas terbaik terdapat pada Formasi A dengan nilai sebesar 0,056. Linearitas terbaik juga terdapat pada Formasi C dengan nilai sebesar 0,99591.

### Saran

1. Saat melakukan pengelupasan jaket pelindung POF harus dilakukan dengan hati-hati agar tidak merusak *cladding* dan *core*, yang dapat mempengaruhi transmisi cahaya dalam POF.
2. Saat memasukkan fiber optik ke dalam lintasan harus berhati-hati karena apabila terlalu ditekan akan menimbulkan fiber optik patah
3. Diperlukan alat tambahan untuk meredam getaran yang ada di sekitar tempat percobaan
4. Lebar kelengkungan yang digunakan harus lebih besar dari 6 cm karena apabila kurang dari itu akan mudah patah dan cahaya yang terpantul karena adanya perlakuan lengkungan dapat lebih besar sehingga lebih mudah terbaca dan tidak hilang di tengah jalan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Barani, Imee R.R. (2014). *Pengaruh Rugi-rugi Macrobending Terhadap Kinerja Plastic Optical Fiber Jenis Step Index Multimode*. Jurnal Teknik Elektro. Hlm. 1-6
- Crisp, John & Elliot, Barry. (2006). *Introduction To Fiber Optics*. Penerjemah: Soni Astranto. Jakarta: Erlangga.
- Ghetia, Shivang dan Ruchi Gajjar. (2013). *Classification of Fiber Optic Sensors*. International Journal of Electronics Communication and Computer Technology. Volume 3 Issue 4. Hlm. 442-445.
- Hasanah. (2009). *Revolusi Dunia Telekomunikasi dengan Serat Optik*. JETC (Volume 4 Nomor 1).Hlm.613-626.
- Khambali, Imam dan Endarko.(2014).*Rancang Bangun Sensor Polimer Serat Optik untuk Pendeteksi Konsentrasi Ion Ca<sup>+</sup> dalam Air*. Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika. Volume 4 Nomor 2. Hlm. 32-37.
- Montero, David Sancez. *et al.* (2009). *A Self-Referencing Intensity Based Polymer Optical Fiber Sensor for Liquid Detection*. Jurnal Sensors ISSN 1424-8220. Hlm. 6447-6455.