

**PENGARUH KONSENTRASI DARI JENIS LARUTAN ASAM, BASA DAN GARAM TERHADAP INTENSITAS CAHAYA KELUARAN SERAT OPTIK BERBENTUK U*****THE EFFECT OF CONCENTRATION OF ACID, BASE AND SALT SOLUTIONS ON THE LIGHT INTENSITY OUT OF U-SHAPED OPTICAL FIBERS***

Fadhilah Nur Azizah, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

Heru Kuswanto, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

\*e-mail: penulis@email.ac.id (corresponding author)

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lekukan fiber optik, konsentrasi larutan, perbedaan jenis larutan dan juga untuk mendapatkan sensitivitas dan linearitas terbaik pada sensor. Fiber optik yang digunakan adalah *Polymer Optical Fiber (POF)* tipe SH 4001-1.3. *Polymer Optical Fiber (POF)* memiliki indeks bias core sebesar 1,49 dan indeks bias cladding sebesar 1,41. *Polymer Optical Fiber (POF)* lebih banyak digunakan daripada fiber optik kaca karena lebih mudah diubah-ubah dan diberi perlakuan. Sumber cahaya yang digunakan adalah cahaya laser He-Ne dengan daya sebesar 5 mW dan panjang gelombang sebesar 632,8 nm. Keluaran dari *Polymer Optical Fiber (POF)* ini diterima oleh rangkaian pengikut tegangan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi larutan asam oksalat ( $H_2C_2O_4$ ), natrium hidroksida (NaOH) dan garam (NaCl) dapat menyebabkan pelemahan daya pada keluaran fiber optik dengan selisih nilai tegangan keluaran setiap perubahan konsentrasi larutan rata-rata 0,003 V sampai 0,01 V. Untuk sensitivitas sensor terbaik terdapat pada larutan garam (NaCl). Sedangkan linearitas sensor terbaik adalah larutan natrium hidroksida (NaOH).

**Kata Kunci:** *Polymer Optical Fiber (POF), konsentrasi larutan, larutan asam oksalat ( $H_2C_2O_4$ ), larutan natrium hidroksida (NaOH) dan larutan garam (NaCl), indeks bias.*

**Abstract.** This research aimed to determine the effect of bending on optical fiber, solution concentration, and different types of solution on the light intensity output of u-shaped optical fiber and obtain the best sensitivity and linearity on the sensor. The optical fiber used was *Polymer Optical Fiber (POF)* type SH-4001-1.3. *Polymer Optical Fiber (POF)* had a core refractive index of 1.49 and a refractive cladding index of 1.41. *Polymer Optical Fiber (POF)* was more widely used than glass optical fiberglass because it was easily altered and treated. The light source was He-Ne laser light with a power of five mW and a wavelength of 632.8 nm. The voltage follower circuit received the output of *Polymer Optical Fiber (POF)*. The results of this research showed that the concentration change of the oxalate acid solution ( $H_2C_2O_4$ ), sodium hydroxide (NaOH), and salt (NaCl) decreased the optical fiber output with the difference of output voltage value change of solution concentration average 0.003 V until 0.01 V. The best sensor sensitivity was found in the salt solution (NaCl). At the same time, the best sensor linearity was sodium hydroxide (NaOH).

## PENDAHULUAN

Fiber optik adalah sebuah bahan transparan yang sangat jernih yang dapat digunakan untuk mentransmisikan gelombang cahaya. Sebagai teknologi yang berkembang pesat di abad ini, fiber optik menjadi pilihan utama sebagai terobosan baru di masa depan. Teknologi serat optik telah berkembang sedemikian pesat seiring dengan perkembangan teknologi berbasis optik. Pada awalnya serat optik lebih banyak digunakan dalam bidang komunikasi dan informasi pengiriman data. Perusahaan-perusahaan telepon sudah sejak awal mengganti sistem kawat tembaga mereka dengan jalur serat optik. Penggunaan fiber optik mampu menggantikan keadaan kabel tembaga yang memiliki kekurangan pada jarak transmisi, dimana media tembaga memiliki faktor loss yang tinggi. Tingkat atenuasi fiber optik plastik juga sudah dapat direduksi secara signifikan yaitu dibawah 30 dB/km (Maddu, 2007: 29).

Saat ini serat optik banyak dikembangkan dalam bidang sensor yang dikenal dengan *Sensor Fiber Optik*. Kajian mengenai sensor fiber optik yang telah ada diantaranya, yaitu sensor ketinggian bensin berbasis fiber optik plastik (Montero, 2012: 1), sensor kelembaban dengan menggunakan fiber optik dalam penyimpanan secara kimia (Gaikwad, 2003: 1), aplikasi fiber optik untuk sensor pengukuran ketinggian cairan (Zubia, 2007: 1), sensor fiber optik plastik berbasis intensitas untuk pengukuran ketinggian cairan dalam *volumetric plask* sebagai aplikasi di bidang industri (Montero, 2012: 1) dan sensor suhu berbasis fiber optik plastik *macro bend* (Arrue, 2013: 13076).

Sensor serat optik dibagi menjadi tiga tipe, yaitu sensor serat optik ekstrinsik, sensor serat optik intrinsik dan sensor *evanescent*. Salah satu sensor yang banyak dikembangkan adalah sensor evanescent dimana prinsip kerja sensor berdasarkan efek gelombang evanescent. Sensor evanescent dibuat dengan mengelupas *cladding* asli serat optik diganti dengan material yang lain sehingga nilai indeks biasanya berubah (Frederick, 1990).

Pada prinsipnya fiber optik memantulkan dan membiaskan cahaya yang merambat di dalamnya. Cahaya yang ada di dalam serat optik tidak keluar karena indeks bias dari kaca lebih besar daripada indeks bias dari udara. Perambatan cahaya yang terjadi di dalam serat optik menggunakan prinsip pemantulan internal sempurna. Pemantulan internal sempurna terjadi apabila sudut datang cahaya menuju bidang perbatasan lebih besar dibandingkan dengan sudut kritis antara *core* dan *cladding*. Hal tersebut menyebabkan cahaya yang melalui core dengan secara terus-menerus memantul dari *cladding*.

Penelitian ini mempelajari tentang karakteristik rugi-rugi serat optik. Rugi-rugi ini terjadi akibat pelemahan intensitas cahaya dalam fiber optik karena adanya gangguan, seperti bengkokan (*bending*) dan perubahan lingkungan. Konsentrasi larutan secara tidak langsung juga akan berpengaruh terhadap perubahan indeks bias larutan tersebut. Karena adanya gangguan tersebut, maka intensitas yang ditangkap oleh receiver otomatis berkurang. Prinsip inilah yang dapat dimanfaatkan sebagai sensor konsentrasi larutan. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan jenis dan besar konsentrasi larutan dimana jaket serat optik dikelupas dan diganti oleh larutan asam, basa dan garam.

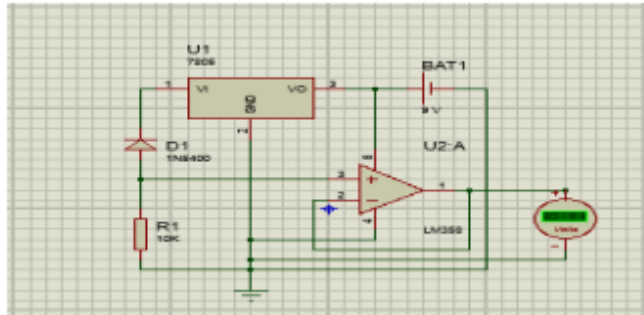
## METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada pada bulan Desember 2016 sampai dengan April 2017 bertempat di Laboratorium Spektroskopi, Fakultas MIPA UNY.

### Prosedur Penelitian

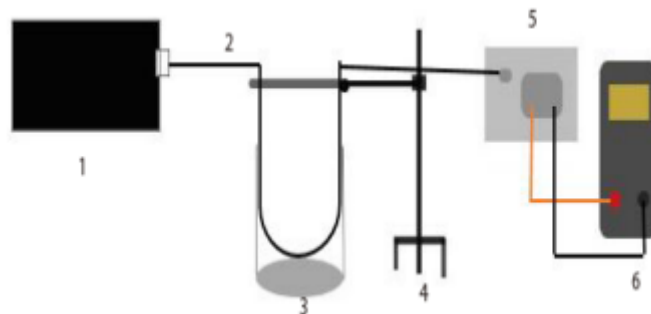
Tahapan penelitian ini adalah menyusun alat seperti pada desain penelitian dengan prosedur sebagai berikut:

1. Merangkai rangkaian pengikut tegangan yang berfungsi sebagai receiver seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema rangkaian pengikut tegangan

2. Fiber optik yang digunakan adalah FOP tipe SH-4001-1-3 dengan panjang 100 cm kemudian melakukan pengelupasan jaket selebar 4 cm sehingga terlihat *cladding*.
3. Fiber optik dipasang pada statip dan direkatkan pada gelas *beaker* ukuran 1000 ml dengan model sistem U. Salah satu ujung FOP diatur sehingga cahaya laser Helium-Neon masuk secara optimal ke dalam fiber optik. Kemudian ujung lainnya diletakkan didepan fotodiode pada rangkaian pengikut tegangan untuk mengetahui besarnya tegangan keluaran pada FOP dan menghubungkan rangkaian tersebut pada multimeter digital untuk mengetahui intensitas tegangan keluaran FOP. Desain penelitian seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain alat penelitian

Keterangan :

- 1) Laser Helium-Non
- 2) Fiber Optik tipe SH-4001-1.3
- 3) Gelas beaker 1000 ml
- 4) Statif
- 5) Rangkaian receiver
- 6) Multimeter Digital
4. Menimbang massa asam oksalat, natrium hidroksida dan garamdan membuat larutan bahan tersebut dengan molaritas 5 M yang akan digunakan sebagai objek penelitian.
5. Memasukkan larutan yang sudah dibuat ke dalam gelas beaker 1000 ml dengan volume yang sama sebesar 250 ml pada setiap molaritas.
6. Mengukur nilai intensitas tegangan keluaran yang diterima oleh multimeter digital
7. Mengulangi langkah 1 sampai dengan 5 untuk molaritas yang berbeda yaitu 0.5 M, 1 M, 1.5 M, 2 M, 2.5 M, 3 M, 3.5 M, 4 M dan 4.5 M.
8. Mengulangi langkah 6 sampai dengan 13 untuk bahan lainnya.

### Teknik Analisis Data

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

1. Cahaya yang bertransmisi pada FOP menggunakan laser He-Ne dan output FOP diterima oleh *receiver*.
2. Intensitas cahaya keluaran yang diterima oleh fotodiode kemudian dinyatakan menjadi tegangan dalam satuan volt, kemudian nilai hasil tegangan diukur oleh multimeter

- digital dan dicatat setiap perubahan molaritas.
3. Percobaan diulangi pada jenis larutan yang berbeda.
  4. Membuat grafik hubungan antara perubahan tegangan keluaran (volt) terhadap konsentrasi larutan dengan menggunakan software origin.
  5. Semua perhitungan dalam analisis data menggunakan software microsoft excel.
  6. Menghitung nilai sensitivitas dan linearitas untuk setiap perlakuan pada FOP.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

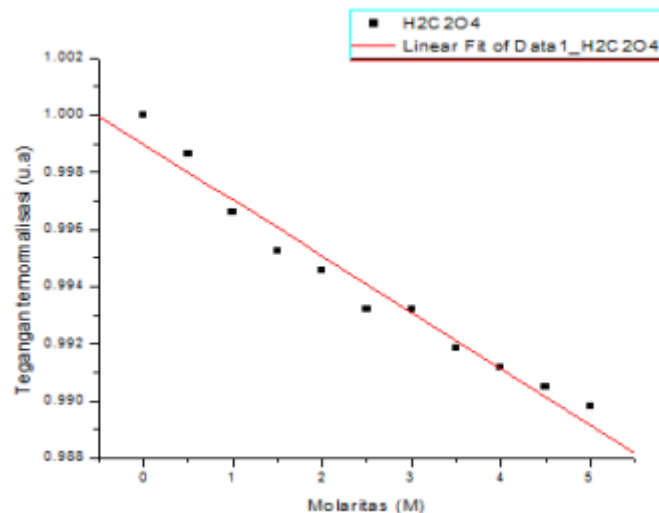
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Perancangan rangkaian pengikut tegangan.

Pada rangkaian ini dipilih fotodiode sebagai *receiver*. Berbeda dengan diode biasa, komponen elektronika ini mengubah cahaya menjadi arus listrik. Cara kerja rangkaian ini yaitu cahaya laser bertransmisi melalui fiber optik hingga akhirnya sampai diujung fiber optik kemudian diterima oleh fotodiode. Pada saat cahaya masuk ke dalam fotodiode hambatan fotodiode berubah menjadi kecil sehingga arus yang mengalir pada fotodiode menjadi besar dan menyebabkan  $V_{out}$  fotodiode mendekati nol.

Pada rangkaian tersebut dipasang satu buah IC regulator 7805 untuk menstabilkan tegangan output tetap 5 V DC. Sinyal dari fotodiode tersebut kemudian diteruskan pada IC LM 358 yang dioperasikan sebagai penguat operasional tak membalik (*non-inverting amplifier*). Dengan mengatur nilai variabel resistor, diperoleh besar penguatan tegangan sehingga dapat disesuaikan dengan besarnya tegangan yang diperlukan. Pada rangkaian tersebut, jalur input inverting dihubungkan ke jalur output operasional *amplifier* (*op-amp*). Karena hasil penguatan tegangan 1 kali, maka besarnya tegangan output sama dengan tegangan input dari intensitas cahaya yang masuk ke *receiver*.

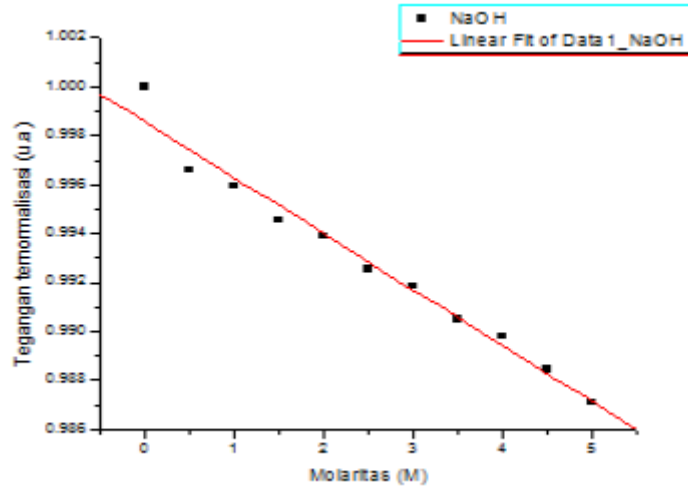
2. Proses perambatan cahaya pada fiber optik plastik (FOP) ketika melalui asam oksalat ( $H_2C_2O_4$ ).



Gambar 3. Grafik hubungan antara konsentrasi larutan (M) terhadap tegangan keluaran ternormalisasi (u.a) pada larutan Asam Oksalat ( $H_2C_2O_4$ )

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa pelemahan intensitas cahaya tidak konstan. Kemiringan grafik sebesar 0.98231.

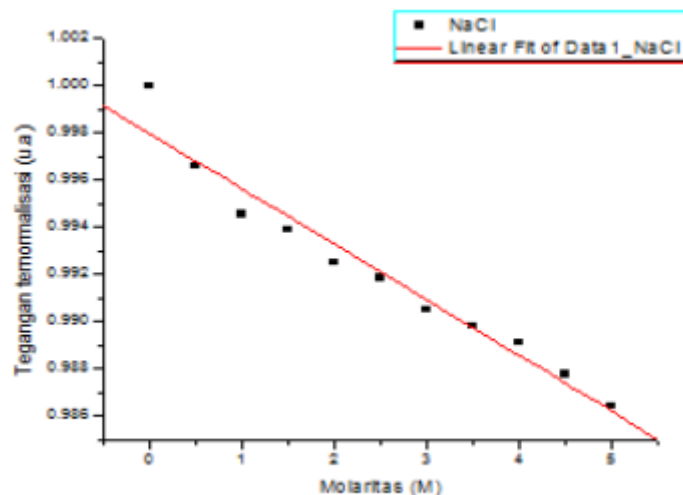
3. Proses perambatan cahaya pada fiber optik plastik (FOP) ketika melalui natrium Hidroksida ( $NaOH$ ).



Gambar 3. Grafik hubungan antara konsentrasi larutan (M) terhadap tegangan keluaran ternormalisasi (u.a) pada larutan Natrium Hidroksida (NaOH)

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa pelemahan intensitas cahaya tidak konstan. Kemiringan grafik sebesar 0.98802.

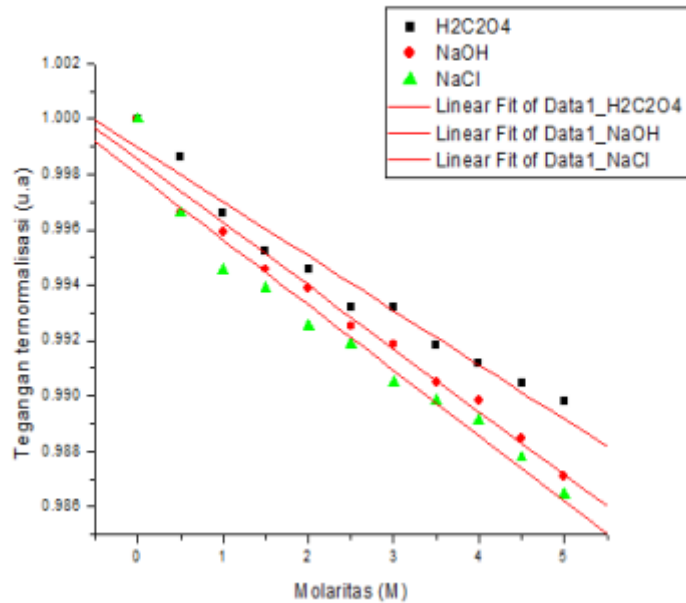
4. Proses perambatan cahaya pada fiber optik plastik (FOP) ketika melalui natrium Hidroksida (NaOH).



Gambar 5. Grafik hubungan antara konsentrasi larutan (M) terhadap tegangan keluaran ternormalisasi (u.a) pada larutan Garam (NaCl)

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa pelemahan intensitas cahaya tidak konstan. Kemiringan grafik sebesar 0.97827.

5. Pengaruh konsentrasi larutan terhadap intensitas cahaya keluaran fiber optik pada semua informasi.



Gambar 6. Grafik Hubungan antara tegangan keluaran ternormalisasi (u.a) terhadap konsentrasi larutan asam oksalat ( $H_2C_2O_4$ ), larutan natrium hidroksida (NaOH) dan larutan garam (NaCl)

Dalam penelitian ini, perlakuan pada fiber optik plastik berupa penempatan fiber optik ke dalam suatu wadah yang berisi zat cair pengganti mantel (*buffer*) dengan fiber optik dibentuk model U. Proses perubahan nilai konsentrasi larutan dilakukan dengan cara pengenceran, yaitu dengan penambahan zat pelarut ke dalam zat terlarut. Nilai konsentrasi larutan yang diamati yaitu 0 M, 0.5 M, 1 M, 1.5 M, 2 M, 2.5 M, 3 M, 3.5 M, 4 M, 4.5 M dan 5 M. Perubahan molaritas pada larutan asam oksalat ( $H_2C_2O_4$ ), larutan natrium hidroksida (NaOH) dan larutan garam (NaCl) mengakibatkan perubahan nilai indeks bias masing-masing larutan tersebut. Semakin besar nilai konsentrasi larutan maka akan semakin besar zat terlarut yang ada di dalam pelarutnya, sehingga kerapatan mediumnya akan semakin besar.

Fiber optik yang digunakan adalah fiber optik plastik tipe SH-4001-1.3 yang terdiri dari *core*, *cladding* dan *buffer*. Bahan *core* yang digunakan adalah *Plymethyl-Methacrylate Resin* dengan diameter 980  $\mu m$  dan memiliki indeks bias 1,49 serta bahan *cladding* yang digunakan adalah *Fluorinated Polymer* dengan diameter minimal 1000  $\mu m$  dan memiliki indeks bias 1,41. Sumber cahaya yang digunakan merupakan laser Helium-Neon dengan daya sebesar 5 mW dan panjang gelombang sebesar 632,8 nm.

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa, perubahan konsentrasi larutan tersebut mengakibatkan turunnya intensitas cahaya yang ditanggapi oleh *receiver* karena kenaikan atenuasi yang terdeteksi di ujung serat optik. Hal tersebut berpengaruh terhadap proses pemantulan internal sempurna. Namun, cahaya masih bisa diteruskan dan merambat hingga sampai ujung serat optik, sehingga intensitas cahaya ini mengalami perubahan setiap perlakuan fiber optik pada pemberian larutan asam, larutan basa maupun larutan garam. Pelemahan intensitas cahaya yang terjadi pada peristiwa lengkungan disebabkan karena *macrobend* (lekukan skala makro). Pengelupasan jaket fiber optik juga akan mengakibatkan terjadinya pelemahan. Dengan adanya pengelupasan jaket, maka tidak ada bagian yang akan meminimalisir terjadinya retakan dalam fiber optik sehingga mengakibatkan pelemahan.

Sensitivitas menunjukkan kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur atau seberapa kecil sensor dapat mendeteksi perubahan besaran fisis pada sensor tersebut. Semakin

besar perubahan keluaran dibandingkan unit perubahan masukan, maka semakin sensitif sensor tersebut. Penentuan nilai sensitivitas di dapat dari *fitting* menggunakan origin.

**Tabel 1. Sensitivitas untuk setiap perlakuan fiber optik plastik**

Jenis Perlakuan	Sensitivitas (volt/M)
Larutan Asam ( $H_2C_2O_4$ )	$-0.0019 \pm 0.0001$
Larutan Basa (NaOH)	$-0.0023 \pm 0.0001$
Larutan Garam (NaCl)	$-0.0024 \pm 0.0002$

Tanda negatif menunjukkan bahwa grafik mengalami penurunan. Sensitivitas terbaik terdapat pada larutan garam. Uji linearitas bertujuan untuk mengetahui apakah dua variabel mempunyai hubungan yang linearitas atau tidak. Linearitas ditentukan dalam persamaan garis lurus.

**Tabel 2. Linearitas untuk setiap perlakuan fiber optik plastik**

Jenis Perlakuan	Linearitas
Larutan Asam ( $H_2C_2O_4$ )	0,98231
Larutan Basa (NaOH)	0,98802
Larutan Garam (NaCl)	0,97827

Linearitas dapat diwujudkan dalam persamaan garis lurus. Tabel 2 menunjukkan nilai linearitas untuk setiap perlakuan pada fiber optik dengan nilai regresi mendekati harga 1. Linearitas terbaik terdapat pada perlakuan FOP menggunakan larutan basa (NaOH).

## SIMPULAN

1. Lekukan pada FOP dapat mempengaruhi intensitas cahaya keluaran FOP karena sudut datang pada bidang batas inti-selubung lebih kecil dari sudut kritis sehingga ada cahaya yang dibiarkan menuju selubung.
2. Pemberian larutan dengan variasi perubahan konsentrasi larutan pada fiber optik plastik mempengaruhi intensitas keluaran cahaya. Semakin besar konsentrasi larutan, maka pelemahan intensitas cahaya keluaran FOP semakin besar. Sebaliknya semakin kecil konsentrasi larutan, maka pelemahan intensitas cahaya keluaran FOP semakin kecil, dengan selisih nilai atenuasi untuk setiap perubahan konsentrasi larutan 0.5 M rata-rata sebesar 0.003 V sampai 0.01 V.
3. Pemberian zat cair berupa larutan asam oksalat ( $H_2C_2O_4$ ), larutan natrium hidroksida (NaOH) dan larutan garam (NaCl) menimbulkan pengaruh pada *output* FOP karena adanya perbedaan pemantulan pada bahan pelapis, dengan menghasilkan perubahan intensitas cahaya keluaran FOP yang mendekati antar setiap larutan dengan selisih tegangan antara 0 V sampai 0.01 V pada setiap nilai konsentrasi yang sama.
4. Perubahan konsentrasi larutan pada larutan asam oksalat ( $H_2C_2O_4$ ), larutan natrium hidroksida (NaOH) dan larutan garam (NaCl) mengakibatkan perubahan nilai indeks bias. Semakin besar konsentrasi larutan akan semakin besar pula indeks biasnya karena larutan tersebut akan semakin rapat.
5. Sensitivitas terbaik terdapat pada larutan garam (NaCl) dengan nilai  $-0.0024 \pm 0.0002$  V/M dan linearitas terbaik terdapat pada larutan natrium hidroksida (NaOH) dengan nilai 0.98802 sebagai pengganti jaket.

## DAFTAR PUSTAKA

- Mc.Graw. (1990). *Fiber optics handbook for engineers and scientists* 560p. 6995 (ISBN 0-07-001013-7). US: Allard, F.C.
- Arrue, Jon. et. al. (2013). *A temperature sensor based on a polymer optical fiber macro-Bend*. Diakses pada <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>. Pada tanggal 11 Mei 2017, Jam

19.50.

- Penerbit Erlangga. (2006). *Serat optik: sebuah pengantar. (Alih Bahasa: Soni Astranto, S.Si)*. Jakarta: Crisp, John & Elliot, Barry
- Gaikwad, Parikshit. (2003). *Chemically deposited optical fiber humidity sensor*. Thesis. Mississippi State University.
- Universitas Indonesia. (2008). *Gelombang evanescent dalam serat optik*. Jakarta: Maddu, Akhiruddin.
- Montero, D.S & V'Aquez, C. (2012). Polymer optical fiber intensity-based sensor for liquid-level measurements in volumetric flasks for industrial application. *Journal Sensor*. 2022, 618136. doi:10.5402/2012/618136.
- Mitsubishi Chemical Corporation. (2016). *Spesifikasi polymer optikal fiber mitsubishi rayon SH-4001-1-3*. Diakses dari <http://fiberoptiks.com/fiberdetail.php?id=11>. Pada tanggal 10 Mei 2017, jam 20.16 WIB.
- Zubia, J & Aiestaran, P. (2007). Lateral polishing of bends in plastics optical fibers applied to a multipoint liquid-level measurement sensor. *Sensors and Actuators A: Physical*. 137(1), 68-73. doi:10.1016/j.sna.2007.02.043.