

PENGEMBANGAN SENSOR TEMPERATUR BERBASIS POLYMER OPTICAL FIBER (POF) YANG DISISIPI GEL

THE DEVELOPMENT OF TEMPERATURE SENSOR BASED POLYMER OPTICAL FIBER (POF) INSERTED GEL

Oleh:

Kurnie Andita , Heru Kuswanto

Email :kurnieandita.KA@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh warna gel pada persambungan dan perubahan temperatur terhadap intensitas keluaran fiber optik yang disisipi gel. Peneliti juga menentukan warna gel yang memberikan perubahan intensitas terbesar serta sensitivitas dan linearitas terbaik pada sensor temperatur. Fiber optik yang digunakan adalah *Polymer Optical Fiber* (POF) tipe SH-4001-1.3. POF ini memiliki indeks bias *core* sebesar 1,49 dan indeks bias *cladding* sebesar 1,41. Gel disisipi diantara fiber optik sepanjang 1 cm di dalam selang kecil dengan berbagai warna gel, kemudian diberi perlakuan perubahan temperatur sehingga mempengaruhi intensitas keluaran cahaya. Daya optik keluaran dari POF dideteksi dengan menggunakan *Optical Power Meter* (OPM). Sumber cahaya yang digunakan adalah laser He-Ne dengan panjang gelombang 632,8 nm dan daya keluaran 5 mW. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyisipan persambungan dengan berbagai warna gel dapat mempengaruhi intensitas keluaran fiber optik. Perubahan keluaran intensitas terbesar ditunjukkan oleh fiber yang disisipi gel warna kuning. Pada kisaran temperatur 10°-50°C, semakin tinggi temperatur yang diberikan maka intensitas keluarannya semakin besar. Nilai sensitivitas terbaik terdapat pada pengisi sambungan dengan gel warna bening dengan gradien sebesar (0,0522±0,0007) dBm/°C ketika diberi perlakuan pemanasan dan (0,0517±0,0004) dBm/°C ketika diberi perlakuan pendinginan. Linearitas terbaik ditunjukkan oleh gel warna merah dengan koefisien determinasi sebesar 0,99587 ketika dilakukan pemanasan dan gel warna kuning sebesar 0,99744 ketika dilakukan pendinginan.

Kata kunci : *Polymer Optical Fiber*, sensor temperatur, gel

Abstract

This study aimed to determine the effect of gel color variations at the junction and the temperature changes to the output intensity of the optical fiber inserted gel. The researcher also specified a gel color providing the greatest intensity changes, the best sensitivity and linearity of the temperature sensor. The optical fiber used by researcher was the Polymer Optical Fiber (POF) SH-4001-1.3 type. This POF had 1.49 core refractive index and 1.41 cladding refractive index. The gel was inserted between the optical fiber with 1 cm length in a small tube with color variations, then they were treated with temperature changes, so it affected the intensity. The Optical power outputted by POF was detected by Optical Power Meter (OPM). The light source used by researcher is a He-Ne laser with 632.8 nm wavelength and 5 mW output power. The results showed that the insertion of optical fiber connection with the different gel colors could affect the intensity of optical fiber output. The largest intensity output changes was shown by the yellow inserted fiber. At the (10-50)°C temperature, along with the higher temperature, the intensity would be greater. The best sensitivity value was the transparent gel with (0.0522±0.0007) dBm/°C gradient when it was heated, and (0.0517 ± 0.0004) dBm/°C when it was cooled. The best linearity was shown by the red gel with 0.99587 determination coefficient when it was heated and the gel changed to be yellow when it was cooled with 0.99744 value.

Keywords : *Polymer Optical Fiber*, temperature sensor, gel

I. PENDAHULUAN

Fiber optik sudah banyak digunakan sebagai sensor dalam banyak bidang, antara lain pada bidang lingkungan, infrastruktur dan industri, fiber optik dapat digunakan pada sistem penginderaan (sensing) dan pendeteksian yang dikenal dengan sensor fiber optik.

Teknologi fiber optik adalah suatu teknologi komunikasi yang menggunakan media cahaya sebagai penyalur informasi. Pada teknologi ini terjadi perubahan informasi yang biasanya berbentuk sinyal listrik menjadi sinyal optik (cahaya), yang kemudian disalurkan melalui kabel fiber optik dan diterima pada sisi penerima untuk diubah kembali menjadi sinyal listrik.

Pemanfaatan fiber optik sebagai sensor temperatur dibuat pada bagian luar fiber optik dengan menggunakan sambungan yang diisi dengan gel. Ketika cahaya dilewatkan pada probe fiber optik, intensitas yang ditransmisikan bergantung pada sambungan gel yang sensitif temperatur (Ardiyanto Ibnu Goffar, 2008). Gel seperti itu biasanya digunakan untuk mengurangi efek pemantulan Fresnel, tetapi dapat membantu memperkecil rugi daya yang timbul di titik persambungan.

Dalam penelitian ini dikaji pengembangan sensor temperatur berbasis *Polymer Optical Fiber (POF)* yang disisipi gel terhadap intensitas keluarannya. Sinyal cahaya yang digunakan adalah sinar laser

Helium-Neon dengan daya maksimum sebesar 5 mW dan panjang gelombang sebesar 632,8 nm yang merambat di dalam POF serta *Optical Power Meter (OPM)* sebagai sisi ukur daya optik keluaran.

II. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober sampai Desember 2016 di Laboratorium Spektroskopi, Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Laser Helium-Neon
- b. OPM
- c. Gunting
- d. Amplas halus
- e. Selang kecil
- f. Suntikan
- g. Termometer
- h. Bunsen
- i. Refraktometer
- j. Isolasi
- k. Kabel fiber optik plastik tipe SH-4001-1.3
- l. Gel
- m. Air
- n. Es batu

Prosedur Penelitian

Tahap penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai indeks bias gel pada persambungan fiber optik dengan menggunakan refraktometer.

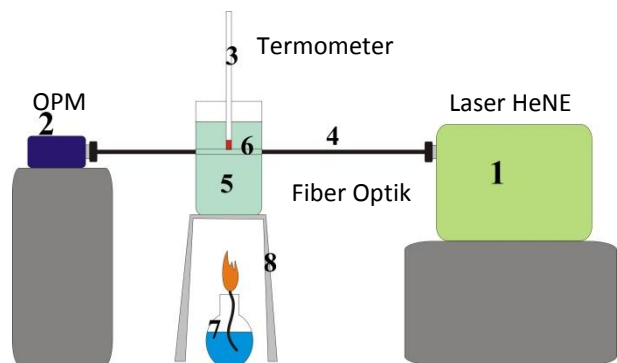
Penggunaan refraktometer yaitu mengatur suhu ruangan sebesar 20° dan refraktometer dikalibrasi menggunakan aquades murni sebelum digunakan. Selanjutnya penentuan indeks bias dilakukan dengan meneteskan gel yang akan ditentukan indeks biasnya pada tempat sampel refraktometer. Prisma yang telah ditetesi sampel ditutup dengan perlahan hingga madu merata pada permukaan prisma. Selanjutnya membaca skala yang ada pada refraktometer dengan cara meneropong melalui lensa refraktometer ke arah sumber cahaya. Skala yang terbaca dalam satuan brix dikonversi ke dalam index bias menggunakan tabel konversi brix ke indeks bias. Refraktometer dibersihkan menggunakan aquades sebelum memulai pengukuran indeks bias gel selanjutnya.

2. Memasukkan gel dengan cara menyuntikkan gel pada selang kecil. Gel sepanjang 1 cm diberikan pada persambungan fiber optik seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Persambungan fiber optik

3. Merangkaian alat seperti pada Gambar 2 dimulai dengan memotong kabel fiber optik plastik sepanjang 30 cm sebanyak 2 buah. Kedua ujung fiber optik diampelas terlebih dahulu agar rata/datar. Satu ujung fiber optik dihubungkan pada laser sebagai sumber cahaya, sedangkan ujung satunya dihubungkan pada OPM sebagai detektor cahaya keluaran fiber optik.



Gambar 2. Desain alat penelitian

4. Mengukur daya optik yang diterima OPM untuk setiap peningkatan dan penurunan temperatur. Percobaan diulang dengan menggunakan warna gel yang berbeda dan perubahan temperatur.

Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan mencatat intensitas keluaran fiber optik saat sebelum diberi persambungan gel, setelah diberi persambungan saat

dipanaskan dan didinginkan. Intensitas keluaran cahaya dicatat tiap pertambahan tekanan yang diberikan. Sinar laser yang ditransmisikan melalui fiber optik dideteksi oleh OPM dinyatakan dalam satuan desibel milliwatt (dBm).

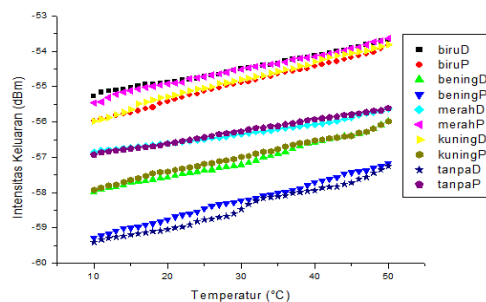
Teknik Analisis Data

Analisis digunakan untuk mengetahui sensitivitas dan linearitas sensor fiber optik yang digunakan. Data yang telah didapatkan diubah ke dalam bentuk grafik dan dibuat plot linier untuk hubungan antara suhu lingkungan terhadap atenuasi fiber optik.

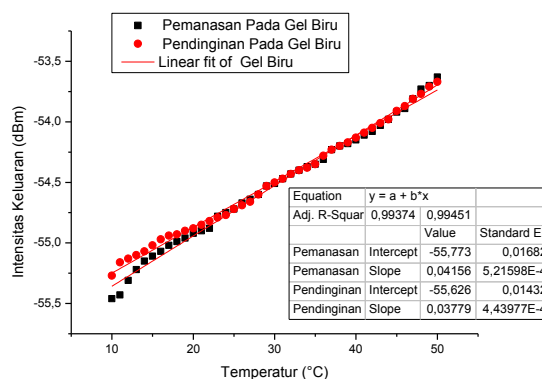
III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

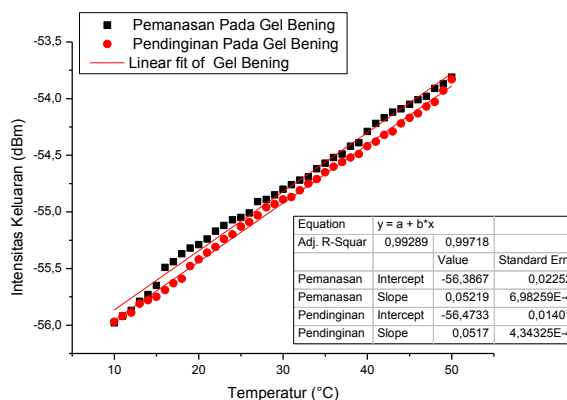
Setelah melakukan pengambilan data di laboratorium spektroskopi maka diperoleh daya optik keluaran yang dinyatakan dalam satuan desibelmeter (dBm). Daya optik keluaran dideteksi dengan menggunakan alat OPM. Cahaya laser HeNe ditransmisikan oleh POF. Fiber optik yang digunakan adalah *Polymer Optical Fiber* tipe SH-4001-1.3 diberi perlakuan perubahan temperatur. Gambar 3 menunjukkan grafik hubungan antara keluaran intensitas fiber optik (dBm) terhadap perubahan temperatur (°C) pada berbagai warna gel.



Gambar 3. Grafik hubungan antara keluaran intensitas fiber optik (dBm) terhadap perubahan temperatur (°C) pada berbagai warna gel

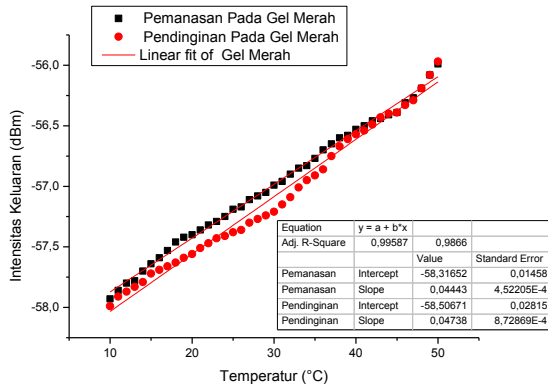


Gambar 4. Grafik hubungan antara keluaran intensitas fiber optik (dBm) terhadap perubahan temperatur (°C) dengan gel warna biru

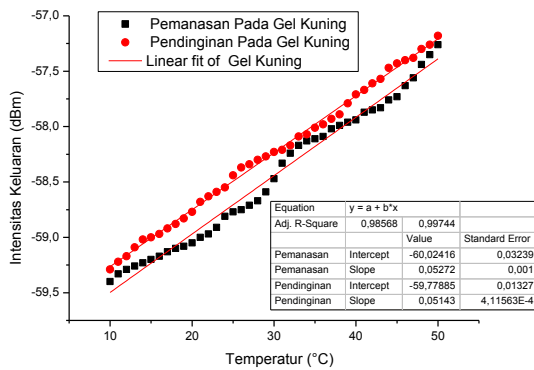


Gambar 5. Grafik hubungan antara keluaran intensitas fiber optik (dBm)

terhadap perubahan temperatur (°C) dengan gel warna bening



Gambar 6. Grafik hubungan antara keluaran intensitas fiber optik (dBm) terhadap perubahan temperatur (°C) dengan gel warna merah



Gambar 7. Grafik hubungan antara keluaran intensitas fiber optik (dBm) terhadap perubahan temperatur (°C) dengan gel warna kuning

Pembahasan

1. Perambatan Cahaya Dalam Fiber Optik

Proses perambatan cahaya dimulai dengan menentukan nilai *Numerical Aperture* (NA). Untuk menentukan nilai *Numerical Aperture* maka terlebih dahulu

menentukan indeks bias *core* dan *cladding* dengan menggunakan persamaan (1)

$$NA = \sqrt{n_{core}^2 - n_{cladding}^2} \quad (1)$$

$$NA = \sqrt{1,49^2 - 1,41^2}$$

$$NA = 0,48$$

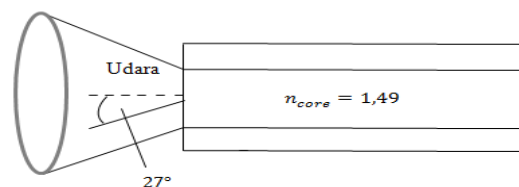
Selanjutnya menghitung nilai sudut penerimaannya dari nilai *Numerical Aperture*, karena sudut penerimaan mempengaruhi seberapa cahaya yang diterima masuk ke dalam fiber optik. Untuk mengetahui nilai sudut penerimaannya menggunakan persamaan (2).

$$\text{sudut penerimaan} = \arcsin NA(2)$$

$$\text{sudut penerimaan} = \arcsin 0,48$$

$$\text{sudut penerimaan} = 28,8^\circ$$

Setelah sudut penerimaan diketahui selanjutnya menentukan sudut datang dari laser Helium Neon yang masuk ke dalam fiber optik. Dalam penelitian ini sudut datang dengan nilai 27° (Gambar 8).



Gambar 8. Pemilihan sudut berada kisaran sudut penerima.

Lalu dengan menggunakan Hukun Snellius seperti pada persamaan

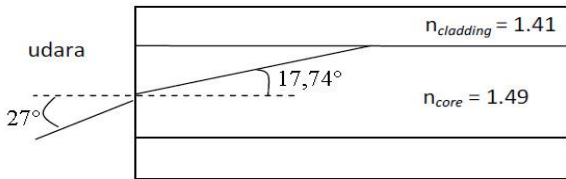
(3) maka dapat diketahui berapa nilai sudut yang masuk kedalam *core*.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (3)$$

$$n_{udara} \sin \theta_{udara} = n_{core} \sin \theta_{core}$$

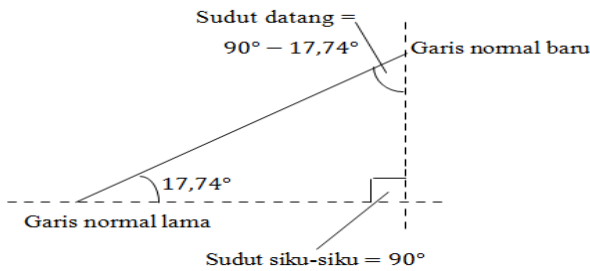
$$1,0 \sin 27^\circ = 1,49 \sin \theta_{core}$$

$$\theta_{core} = 17,74^\circ$$



Gambar 9. Sudut datang dalam bidang batas *core* dan *cladding*

Cahaya yang masuk ke dalam *core* akan terus bergerak hingga di bidang perbatasan antara *core* dan *cladding*, seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 10.



Gambar 10. Sudut datang dalam bidang batas *core* dan *cladding*

Ketika fiber optik berada pada keadaan yang lurus, maka posisi garis normal tegak lurus terhadap bidang perbatasan *core-cladding*. Gambar 10 menunjukkan bahwa antara garis normal (lama dan baru) membentuk sebuah bidang siku-siku.

Dalam setiap segitiga, jumlah ketiga sudutnya adalah 180° . Apabila mengurangi nilai sudut siku-siku 90° dengan nilai sudut $17,74^\circ$, maka akan mendapatkan sudut datang adalah

$$90^\circ - 17,74^\circ = 72,26^\circ$$

Selanjutnya menentukan apakah cahaya dengan sudut datang sebesar $72,26^\circ$ akan dipantulkan kembali oleh bidang perbatasan *core-cladding* atau cahaya dapat menembus ke dalam *cladding*. Untuk dapat menentukannya dilakukan dengan mensubstitusikan nilai *Numerical Aperture* yang telah didapatkan kedalam persamaan (4)

$$\theta_{kritis} = \arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

$$\theta_{kritis} = \arcsin \left(\frac{1,41}{1,49} \right)$$

$$\theta_{kritis} = 71,14^\circ$$

Karena sudut datang di dalam fiber optik lebih besar dari sudut kritis ($72,26^\circ > 71,14^\circ$) maka cahaya akan dipantulkan kembali oleh bidang perbatasan ke dalam *core*.

2. Perambatan Cahaya dari Persambungan Fiber Optik dengan Gel

Persambungan fiber optik disisipi dengan gel, satu fiber optik menuju laser Helium-Neon dan fiber optik yang lain menuju OPM. Dan kembali ke fiber

optik yang lain. Dalam hal ini gel digunakan untuk mengurangi efek pemantulan Fresnel.

Tabel 1. Indeks bias beberapa pengisi persambungan dan sudut kritis

Pengisi Persambungan	n_{gel}	NA	θ_i (°C)	θ_{kritis} (°C)
Gel Biru	1,36	0,61	72,26	65,92
Gel Bening	1,37	0,59	72,26	66,78
Gel Merah	1,36	0,61	72,26	65,92
Gel Kuning	1,35	0,63	72,26	64,95

3. Pengaruh Temperatur Terhadap Keluaran Fiber Optik

Pengaruh terhadap perlakuan perubahan temperatur pada fiber optik dapat mempengaruhi intensitas keluarannya. Dari gambar 4, 5, 6 dan 7 dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur yang diberikan maka daya keluarannya akan semakin besar sehingga membentuk grafik linear ke atas.

4. Sensitivitas Sensor Tekanan Pada Fiber Optik Dengan Persambungan Yang Disisipi Gel

Sensitivitas merupakan perubahan pada output untuk setiap perubahan input terkecil. Untuk elemen linear, penentuan sensitivitas merupakan gradien ($\Delta y / \Delta x$) atau kemiringan grafik. Nilai gradien (B) pada Tabel 2 didapatkan dari *linear-fit* dengan menggunakan *Software Origin*.

Tabel 2. Sensitivitas berbagai warna gel sebagai pengisi persambungan fiber optik

Warna Gel	Gradien (dBm/°C)		Urutan Sensitivitas
	Pemanasan	Pendinginan	
Biru	(0,0416±0,0005)	(0,0378±0,0004)	4
Bening	(0,0522±0,0007)	(0,0517±0,0004)	1
Merah	(0,0444±0,0004)	(0,0474±0,0009)	3
Kuning	(0,0527±0,001)	(0,0514±0,0004)	2

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa perbedaan sensitivitas tiap warna gel tidak terlalu signifikan pada perlakuan pemanasan ataupun pendinginan dari masing-masing warna gel. Dari keempat warna gel yang digunakan, warna bening memiliki sensitivitas terbaik dengan gradien

sebesar $(0,0522 \pm 0,001)$ dBm/°C ketika diberi perlakuan pemanasan dan $(0,0517 \pm 0,0004)$ dBm/°C ketika diberi perlakuan pendinginan.

Tabel 6. Linearitas berbagai warna gel pada persambungan fiber optik

Warna Gel	Linearitas	
	Pemanasan	Pendinginan
Biru	0,99374	0,99451
Bening	0,99289	0,99718
Merah	0,99587	0,9866
Kuning	0,98568	0,99744

Tujuan dari uji linearitas adalah untuk mengetahui apakah variabel-variabel yang dimiliki memiliki hubungan linier atau tidak. Linearitas dapat diwujudkan dalam persamaan garis lurus. Jika koefisien determinasi (R) mendekati nilai 1 maka kedua variabel tersebut memiliki hubungan linear. Linearitas terbaik ditunjukkan oleh gel warna merah dengan koefisien determinasi sebesar 0,99587 ketika dilakukan pemanasan dan gel warna kuning sebesar 0,99744 ketika dilakukan pendinginan.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyisipan persambungan dengan berbagai warna gel dapat mempengaruhi intensitas keluaran fiber optik. Perubahan keluaran intensitas terbesar ditunjukkan oleh fiber yang disisipi gel warna kuning. Pada

kisaran temperatur 10° - 50° C, semakin tinggi temperatur yang diberikan maka intensitas keluarannya semakin besar. Nilai sensitivitas terbaik terdapat pada pengisi sambungan dengan gel warna bening dengan gradien sebesar $(0,0522 \pm 0,0007)$ dBm/°C ketika diberi perlakuan pemanasan dan $(0,0517 \pm 0,0004)$ dBm/°C ketika diberi perlakuan pendinginan. Linearitas terbaik ditunjukkan oleh gel warna merah dengan koefisien determinasi sebesar 0,99587 ketika dilakukan pemanasan dan gel warna kuning sebesar 0,99744 ketika dilakukan pendinginan.

Saran

Untuk selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian dengan lebih banyak variasi pada gel yang digunakan sehingga didapatkan hasil yang lebih baik lagi sebelum dikembangkan lebih lanjut. Selain itu peneliti disarankan agar dalam melakukan pemotongan fiber optik dan mengampelas fiber optik harus diperhatikan tekniknya agar mendapatkan hasil yang lebih baik, karena jika teknik pemotongan tidak tepat maka cahaya dapat berbelok atau terhambur pada titik sambung dan saat menempatkan gel pada persambungan sebaiknya lebih cermat agar dapat meminimalisir gelembung-gelembung udara yang terdapat pada gel.

DAFTAR PUSTAKA

- Aristiani, Kunthi. (2015). PENGEMBANGAN SENSOR KETINGGIAN FLUIDA BERBASIS POLYMER OPTICAL FIBER (POF) BERBENTUK LENGKUNG. *Skripsi*. Yogyakarta. FMIPA UNY.
- Abdillah, M. Arwan . (2016). PENGARUH PERUBAHAN SUHU LINGKUNGAN TERHADAP INTENSITAS KELUARAN SENSOR FIBER OPTIK DENGAN MADU SEBAGAI PENGGANTI *CLADDING*. *Skripsi*. Yogyakarta. FMIPA UNY.
- Crisp, John & Elliot, Barry. (2005). *Introduction To Fiber Optics Third Edition*. United Kingdom: Elsevier.
- Daly, James C. (1984). *Fiber Optics*. Florida: CRC Press.
- D. Sharoon, dkk. (1982). *Principles of Analysis Chemistry*. New York: Harcourt. Brace College Publisher
- Jasenek, Josef. (2006). The Theory and Application Of The Fiber Optic Sensor With Spread Parameter. *Journal Sensors*. No. 10063-CP-1-2000-1-PT-ERASMUS-ETNE.
- Keiser, Gred. (1991) .*Optical Fiber Communications*. Singapore: Mc Graw-Hill Publishing Company.
- Maddu, Akhiruddin. (2007). *Fiber-Optic Communication System Third Edition*. New York: John Willey & Sons, Inc.
- Idris, Kamal. (1993). *Komunikasi Elektronika (Dennis Roddy da John Coolen Terjemahan)*. Canada. Terjemahan diterbitkan Erlangga: Jakarta.
- Kusuma Wati, Aisyah N. (2016). PENGEMBANGAN SENSOR TEKANAN BERBASIS *POLYMER OPTICAL FIBER* (POF) YANG DISISIPI GEL. *Skripsi*. Yogyakarta. FMIPA UNY.
- Laud, B.B. (1988). *Laser and Neon-linear Optic*. (Terjemahan Sutanto). UI: Jakarta.
- Olympus America Inc. (2012). *Helium Neon Lasers Information*. (diakses tanggal 30 Maret 2017 dari http://www.globalspec.com/learnmore/optical_components_optics/lasers/helium_neon_lasers)
- Suparti. (2010). PENGEMBANGAN PROBE SENSOR TEMPERATUR SERAT OPTIK DENGAN *CLADDING GEL*. *Skripsi*. Yogyakarta. FMIPA UNY.
- Utomo Siswanto, Oktavianto. (2005). “Analisis Perhitungan Rugi-Rugi Pada Serat Optik”. *Jurnal*. FT Universitas Diponegoro

Yogyakarta, September 2017

Menyetujui

Pembimbing

Dr. Heru Kuswanto

NIP. 19611112 198702 1 001

Reviewer,

Penguji

Nur Kadarisman, M.Si.

NIP. 19640205 199101 1 001