

Karakterisasi Sensor Kekentalan Oli Berbasis Serat Optik Plastik Menggunakan Metode *Back Scattering*

Muhammad Yunus*, A. Arifin

Prodi Fisika, FMIPA Universitas Hasanuddin Jl.Perintis Kemerdekaan KM. 10, Makassar, Indonesia

*Email : yunusmuhammad0808@gmail.com

(Diterima 22 Februari 2018; Disetujui 25 April 2018; Dipublikasikan 31 Mei 2018)

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang penentuan karakterisasi sensor kekentalan oli berbasis serat optik plastik. Sensor ini dibuat dengan cara memposisikan dua buah serat optik (*transmitter* dan *receiver*) tercelup ke dalam sampel oli yang diposisikan sejajar dan tegak lurus terhadap permukaan oli menggunakan metode hamburan balik (*back scattering*) pada sistem sensor serat optik intrinsik. Cahaya LED ditransmisikan melalui serat optik *transmitter* dan akan mengalami *back scattering* di dalam sampel oli kemudian diteruskan oleh serat optik *receiver* menuju fotodetektor dan akan terbaca pada OPM dan komputer. Penentuan karakteristik sensor kekentalan oli menggunakan variasi jarak dan panjang kupasan sensor serat optik dengan *cladding* dan tanpa *cladding*. Pengukuran terbaik diperoleh pada panjang kupasan 3 cm tanpa *cladding* menghasilkan nilai *range* 16,427 nWatt, sensitivitas 0,205 nWatt/mPa.s, dan resolusi 4,870 mPa.s. Metode ini efektif dan efisien digunakan sebagai sensor kekentalan oli dengan sensitivitas dan resolusi yang baik.

Kata kunci: kekentalan oli, plastik, sensor, serat optik

1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin pesat menyebabkan kebutuhan sistem sensor yang memiliki kehandalan dalam mendeteksi suatu parameter sangat diperlukan [1]. Serat optik dikembangkan menuju ke arah sistem sensor yang bisa digunakan untuk pengukuran berbagai jenis variabel. Ilmuwan telah mengembangkan sensor berbasis serat optik sebagai sensor serbaguna dengan keunggulan antara lain: tidak menggunakan sinyal listrik, derau rendah karena tidak berinterferensi dengan gelombang elektromagnetik, sensitivitas dan akurasi pengukuran yang tinggi, ukuran yang lebih kecil dan ringan, serta dapat dihubungkan dengan sistem komunikasi data melalui perangkat antar muka [2]. Keunggulan lainnya yaitu: memiliki kecepatan transmisi cahaya yang tinggi, tahan terhadap pengkaratan, dan harga relatif terjangkau [3].

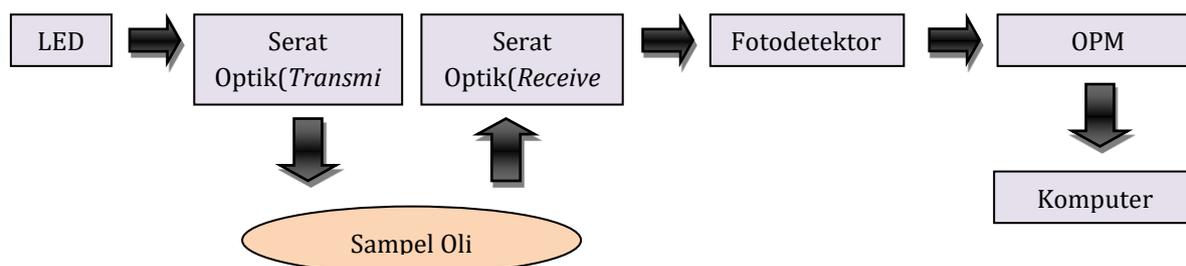
Banyak penelitian telah dilakukan menggunakan serat optik sebagai sistem sensor dalam upaya untuk pengembangannya. Sebagai contoh penelitian pengukuran tingkat konsentrasi larutan [4], sensor pergeseran berdasarkan metode pencacatan (*imperfection*) pada struktur serat optik [2], kekeruhan air [5], suhu [6], mendeteksi radiasi UV [7], pembuatan sensor beban dengan menggunakan metode lekukan kecil

(*microbending*) pada serat optik dengan jarak tertentu [8], pemanfaatan serat optik plastik sebagai media pendeteksi terhadap perubahan beban [9], dan masih banyak lagi penelitian lain menggunakan serat optik.

Sejauh ini, sensor serat optik telah dikembangkan dan diaplikasikan sebagai sensor kekentalan oli berbasis perubahan temperatur pada perancangan sistem sensor serat optik ekstrinsik [10]. Sistem ekstrinsik merupakan teknik pengukuran karakteristik sensor dimana sensor tidak tersentuh langsung dengan sampel. Kelemahan dari metode ini adalah sensitivitas yang sangat rendah dan proses pengukuran yang sangat rumit.

Dalam penelitian ini, akan dikembangkan sistem sensor serat optik intrinsik dengan bervariasi jarak dan panjang kupasan sensor menggunakan metode *back scattering*. Metode *back scattering* merupakan suatu metode dalam pengujian sensor serat optik yang memanfaatkan hamburan intensitas cahaya yang diberikan serat optik *transmitter* dan diterima oleh serat optik *receiver*. Metode ini diharapkan mampu menghasilkan nilai sensitivitas yang tinggi pada sistem pengukuran yang sederhana, fabrikasi mudah, biaya murah, dan dapat dihubungkan dengan perangkat sistem pengukuran lainnya.

2. Metodologi

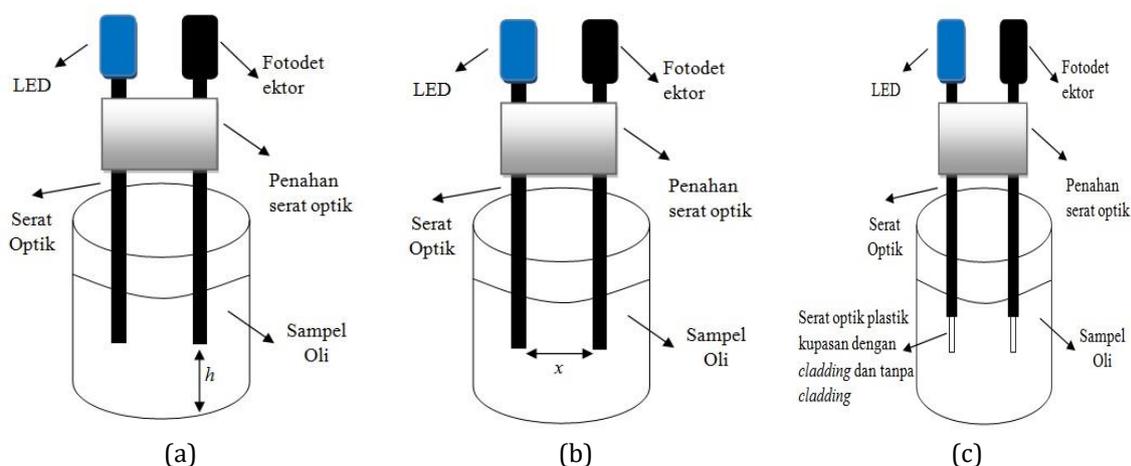


Gambar 1. Skema rangkaian sensor kekentalan oli berbasis serat optik plastik.

Pada penelitian ini menggunakan serat optik plastik yang terbuat dari bahan *polymethyl metacrylate* (PMMA) jenis step indeks dengan diameter lapisan *coat*, *cladding*, dan *core* masing-masing adalah 2,2 mm, 1 mm, dan 0,98 mm digunakan sebagai media transmisi dan pendeteksi perubahan intensitas dari sumber cahaya terukur yang digunakan. Indeks bias *core* dan *cladding* serat optik plastik masing-masing adalah 1,492 dan 1,402 dengan nilai celah numerik NA yaitu 0,5. Sumber cahaya yang digunakan ialah LED infra merah jenis IF-E91A yang mentransmisikan cahaya pada panjang gelombang 950 nm dengan daya sebesar 30 W. Cahaya yang ditransmisikan dari LED akan diterima oleh fotodetektor jenis S120C dengan panjang gelombang 400-1100 nm. Fotodetektor dihubungkan pada OPM (*Optical Power Meter*) jenis Thorlabs PM100D untuk mengukur daya keluaran sensor. Sampel oli yang digunakan dari jenis Mesran SAE 20W-40 dan 20W-50 dengan berbagai campuran yang menghasilkan 10 sampel dan memiliki variasi kekentalan dari 270 mPa.s sampai 350 mPa.s. Koefisien kekentalan oli diukur dengan menggunakan viskometer.

Skema rangkaian sensor kekentalan oli berbasis serat optik plastik ditampilkan pada Gambar 1. Pengukuran dilakukan dengan cara memposisikan dua buah serat optik (*transmitter* dan *receiver*) tercelup ke dalam sampel oli yang diposisikan sejajar dan tegak lurus terhadap permukaan oli ditampilkan pada Gambar 2. Sensor dibuat dengan memvariasikan jarak sensor terhadap dasar bejana, jarak antar dua buah sensor, dan panjang kupasan sensor dengan *cladding* dan tanpa *cladding*.

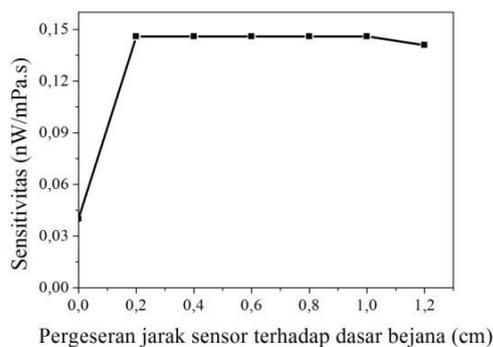
Prinsip kerja sensor kekentalan oli berbasis serat optik plastik memanfaatkan perubahan intensitas cahaya oleh akibat perubahan rugi-rugi daya pada serat optik plastik. Cahaya LED ditransmisikan melalui serat optik *transmitter* dan akan mengalami *back scattering* di dalam sampel oli kemudian diteruskan oleh serat optik *receiver* menuju fotodetektor. Besar perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh fotodetektor akan terukur oleh OPM berupa daya keluaran sensor dan terbaca pada komputer. Perubahan tingkat kekentalan pada oli mengakibatkan perubahan indeks bias oli di sekitar sensor. Semakin tinggi



Gambar 2. Desain sensor kekentalan oli berbasis serat optik plastik variasi (a) jarak sensor terhadap dasar bejana h , (b) jarak antar sensor x , (c) panjang kupasan dengan *cladding* dan tanpa *cladding*.

kekentalan oli maka indeks bias semakin meningkat. Hal ini menimbulkan rugi-rugi daya pada serat optik yang dapat mempengaruhi daya keluaran sensor. Pengukuran daya keluaran dari sensor dilakukan pada setiap perubahan tingkat kekentalan oli.

3. Hasil dan Pembahasan



Gambar 3. Grafik perubahan sensitivitas sensor pada pergeseran jarak sensor terhadap dasar bejana.

Pengujian sensor kekentalan oli berbasis serat optik plastik terlebih dahulu dikarakterisasi pada jarak sensor terhadap dasar bejana. Tujuannya adalah untuk mengukur kemampuan sensor serat optik dalam mendeteksi besar intensitas cahaya yang dihamburkan dalam oli sehingga mendapatkan posisi sensor yang optimal. Interval pergeseran jarak sensor terhadap bejana adalah 0,2 cm, dengan batas pergeseran 0 cm – 1,2 cm. Hasil karakterisasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

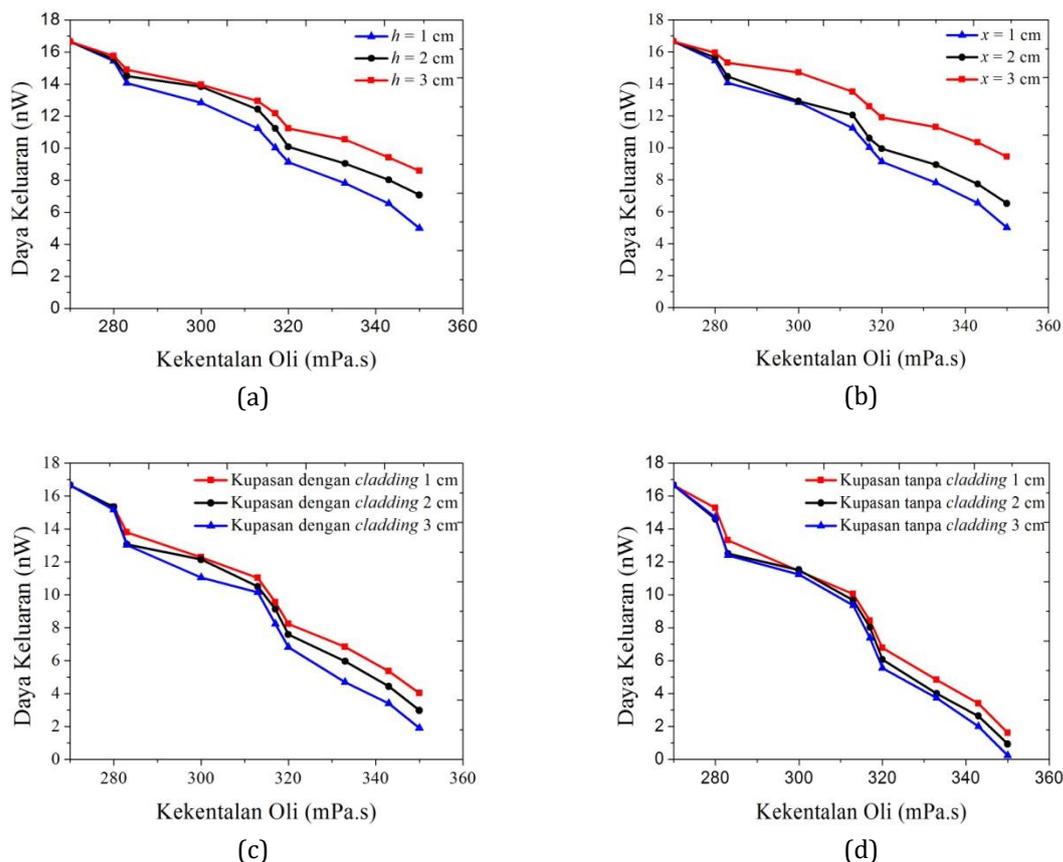
Berdasarkan grafik pada Gambar 3 terlihat bahwa perubahan jarak sensor terhadap dasar bejana mempengaruhi sensitivitas sensor. Pengukuran dilakukan dari pergeseran jarak 0 cm – 1,2 cm. Batas bawah yang diukur pada jarak 0 cm memiliki sensitivitas 0,039 nW/mPa.s. Pada jarak tersebut, nilai sensitivitas yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan pergeseran jarak 0,2 cm – 1 cm. Hal ini disebabkan karena ujung sensor serat optik bersentuhan langsung dan tertutupi dengan dasar bejana yang mengakibatkan serat optik *receiver* menerima sedikit intensitas cahaya yang dihamburkan oleh serat optik *transmitter*. Pada pergeseran jarak 0,2 cm – 1 cm sensitivitas sensor tidak mengalami perubahan, yaitu menghasilkan nilai sensitivitas yang sama sebesar 0,146 nW/mPa.s. Grafik tersebut menunjukkan besar intensitas cahaya yang diterima oleh fotodetektor masih dalam batas maksimal. Keadaan ini disebabkan karena sudut pantulan cahaya yang

dihamburkan di dalam oli dianggap masih dalam batas yang masih diterima oleh serat optik *receiver*. Berdasarkan grafik tersebut, maka pada jarak 1 cm ditetapkan sebagai acuan untuk pengujian sensor serat optik dikarenakan memiliki nilai sensitivitas yang optimal.

Berdasarkan hasil penentuan acuan sensor serat optik diatas, selanjutnya dilakukan pengukuran daya keluaran sensor kekentalan oli berbasis serat optik plastik untuk variasi jarak dan kupasan sensor seperti pada Gambar 4 berikut:

Berdasarkan Gambar 4 (a) dan Gambar 4 (b) diatas menunjukkan bahwa perubahan daya keluaran sensor dipengaruhi oleh jarak sensor terhadap bejana dan jarak antar sensor. Pengambilan data menggunakan posisi acuan tetap yaitu 1 cm. Besar intensitas cahaya yang diterima oleh serat optik *receiver* akibat pantulan cahaya yang dihamburkan di dalam oli bergantung dari jarak, baik jarak sensor terhadap dasar bejana maupun jarak antar sensor. Pertambahan jarak mengakibatkan intensitas cahaya yang diterima oleh fotodetektor semakin kecil sehingga daya keluaran semakin kecil. Hasil terbaik untuk pengukuran daya keluaran pada jarak sensor terhadap dasar bejana dan jarak antar sensor ditunjukkan pada posisi 1 cm.

Penelitian dilanjutkan dengan variasi panjang kupasan sensor pada jarak sensor terhadap dasar bejana dan jarak antar sensor tetap yaitu masing-masing 1 cm. Grafik hasil pengukuran daya keluaran sensor terhadap perubahan panjang kupasan sensor dengan *cladding* dan tanpa *cladding* ditampilkan seperti pada Gambar 4 (c) dan Gambar 4 (d). Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa panjang kupasan sensor mempengaruhi besar intensitas cahaya yang dihamburkan oleh serat optik *transmitter* dan juga mempengaruhi besar intensitas cahaya yang diterima oleh serat optik *receiver*. Semakin panjang kupasan sensor, maka intensitas cahaya yang diterima oleh serat optik *receiver* semakin besar, dan sebaliknya. Begitupun pada sensor serat optik kupasan *cladding* dan tanpa *cladding*. Sensor serat optik tanpa *cladding* dapat menghamburkan dan menerima intensitas cahaya lebih besar dibandingkan sensor serat optik dengan *cladding*. Semakin besar intensitas cahaya yang diterima oleh fotodetektor, maka semakin besar pula perubahan daya keluaran sensor. Besar perubahan daya keluaran sensor dipengaruhi oleh meningkatnya kekentalan oli. Semakin tinggi



Gambar 4. Grafik perubahan daya keluaran sensor terhadap kekentalan oli variasi (a) jarak sensor terhadap dasar bejana, (b) jarak antar sensor, (c) panjang kupasan dengan *cladding*, dan (d) panjang kupasan tanpa *cladding*.

kekentalan oli, maka indeks bias oli semakin meningkat. Meningkatnya indeks bias oli menyebabkan pertambahan indeks bias pada sensor serat optik yang tercelup di dalam oli, sehingga mengakibatkan rugi-rugi daya pada serat optik yang semakin besar. Semakin besar rugi-rugi daya pada serat optik menyebabkan daya keluaran sensor semakin menurun. Hasil pengukuran yang diperoleh menggambarkan kupasan sensor tanpa *cladding* memiliki grafik yang lebih curam dibandingkan dengan kupasan sensor dengan *cladding*. Hasil terbaik ditunjukkan pada sensor tanpa *cladding* dengan panjang kupasan 3 cm.

Selanjutnya data yang diperoleh dari hasil pengujian digunakan untuk menganalisis karakteristik sensor yang meliputi perhitungan nilai *range* daya keluaran, sensitivitas, dan resolusinya. Nilai *range* daya keluaran untuk sensor tersebut ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut [9][11]:

$$\Delta P = P_{max} - P_{min} \quad (1)$$

Dengan P_{max} sebagai daya keluaran pada kekentalan maksimum dan P_{min} sebagai daya keluaran pada kekentalan minimum.

Sensitivitas sensor adalah pengukuran untuk mengetahui seberapa besar kepekaan sensor terhadap besaran suatu larutan yang di ukur. Sensitivitas sensor kekentalan dapat diukur dengan menggunakan persamaan berikut [9,11]:

$$S = \frac{P_{max} - P_{min}}{K_{max} - K_{min}} \quad (2)$$

dengan K_{max} sebagai kekentalan maksimum dan K_{min} sebagai kekentalan minimum pada larutan.

Selanjutnya menghitung resolusi sensor untuk mengetahui nilai besaran terkecil yang dapat di ukur oleh sensor kekentalan. Resolusi sensor kekentalan dapat diukur dengan menggunakan persamaan berikut [9,11]:

$$R = \frac{N}{S} \quad (3)$$

dengan N sebagai nilai skala terkecil dari OPM yang digunakan yaitu $0.001 \mu\text{Watt}$ dan S adalah nilai sensitivitas dari sensor kekentalan.

Tabel 1. Karakteristik sensor kekentalan oli variasi jarak sensor terhadap dasar bejana dan jarak antar sensor.

Karakteristik Sensor	h (cm)			x (cm)		
	1	2	3	1	2	3
Range (nW)	11,657	9,584	8,081	11,657	10,144	7,2143
Sensitivitas (nW/mPa.s)	0,146	0,119	0,101	0,146	0,127	0,090
Resolusi (mPa.s)	6,863	8,347	9,899	6,863	7,886	11,089

Selanjutnya data yang diperoleh dari hasil pengujian digunakan untuk menganalisis karakteristik sensor kekentalan oli variasi jarak dan panjang kupasan sensor ditentukan dengan menggunakan persamaan (1), (2), dan (3) dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Karakteristik sensor kekentalan oli variasi panjang kupasan dengan *cladding* dan tanpa *cladding*.

Karakteristik Sensor	Dengan <i>cladding</i> (cm)			Tanpa <i>cladding</i> (cm)		
	1	2	3	1	2	3
Range (nW)	12,641	13,691	14,766	15,058	15,734	16,427
Sensitivitas (nW/mPa.s)	0,158	0,171	0,184	0,188	0,197	0,205
Resolusi (mPa.s)	6,329	5,843	5,418	5,313	5,085	4,870

Tabel 1 menunjukkan hasil perhitungan nilai *range*, sensitivitas, dan resolusi sensor pada variasi jarak sensor terhadap bejana dan jarak antar sensor. Dapat dilihat bahwa semakin kecil jarak sensor terhadap dasar bejana, maka *range*, sensitivitas, dan resolusi sensor semakin baik. Begitupun pada variasi jarak antar sensor mempengaruhi karakteristik sensor. Semakin kecil jarak antar sensor, maka nilai karakteristik sensor yang diperoleh semakin baik. Sedangkan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa perubahan panjang kupasan sensor mempengaruhi nilai *range*, sensitivitas, dan resolusi sensor. Semakin panjang kupasan sensor, maka semakin tinggi *range* dan sensitivitas sensor serta resolusi semakin kecil. Sensor tanpa *cladding* pada panjang kupasan 3 cm menunjukkan nilai karakteristik sensor terbaik yaitu *range* 16,427 nW, sensitivitas 0,205 nW/mPa.s, dan resolusi 4,870 mPa.s.

Hasil penelitian ini memiliki kesesuaian dengan penelitian sebelumnya menggunakan sensor serat optik plastik konfigurasi U pada campuran larutan gliserin dan air untuk pengukuran transmisi daya keluaran sensor menggunakan OPM. Meningkatnya larutan gliserin terhadap larutan air mengakibatkan indeks bias larutan semakin meningkat sehingga daya keluaran sensor semakin menurun [4]. Begitupun pada pengukuran kekeruhan air menggunakan sensor serat optik plastik konfigurasi lurus. Meningkatnya

konsentrasi kekeruhan air menyebabkan indeks bias larutan semakin meningkat sehingga tegangan keluaran sensor semakin menurun [5]. Sehingga pada penelitian ini, telah dilakukan percobaan pengukuran daya keluaran sensor terhadap tingkat kekentalan oli berbasis sensor serat optik plastik

menggunakan pembaruan metode *back scattering* sistem sensor serat optik intrinsik dan memiliki hasil karakteristik sensor yang lebih baik. Keunggulan dari metode ini yaitu memiliki teknik pengukuran yang lebih sederhana, fabrikasi yang mudah, serta dapat digunakan berulang kali untuk mengukur kekentalan oli yang berbeda.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan penurunan intensitas cahaya yang diterima oleh fotodetektor akibat pantulan cahaya yang dihamburkan dalam oli menyebabkan daya keluaran sensor semakin kecil. Perubahan daya keluaran sensor berbanding terbalik dengan tingkat kekentalan oli. Semakin kecil jarak sensor terhadap dasar bejana, semakin kecil jarak antar sensor, dan semakin panjang kupasan sensor, maka sensitivitas dan resolusi sensor semakin baik. Hasil pengukuran sensor kekentalan oli berbasis serat optik plastik menunjukkan bahwa sensor dengan panjang kupasan 3 cm tanpa *cladding* memperoleh hasil terbaik dengan nilai *range* daya keluaran 16,427 nW, sensitivitas 0,205 nW/mPa.s, dan resolusi 4,870 mPa.s.

Daftar Pustaka

- [1] Rodriguez, J. A., Fiber Optic Pressure Sensor of 0 - 0.36 psi by Multimode Interference Technique, pp.695-701,
- [2] Fidanboyly and Efendioglu, H. S., Fiber optic

- sensors and their applications, Symposium A Quarterly Journal In Modern Foreign Literatures, pp.1-6, 2009.
- [3] Arifin, A., Hatta, A.M., Muntini, M.S., and Rubiyanto, A., Bent of plastic optical fiber with structural imperfections for displacement sensor, *Indian Journal of Pure and Applied Physics*, **52**(8), pp.520-524, 2014.
- [4] Lumanta, B.G., Candidato, R.T., and Reserva, R.L., Characterization of POF for liquid level and concentration sensing applications, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **79**(1), 2015.
- [5] Aiestaran, P., Arrue, J., and Zubia, J., Design of a sensor based on plastic optical fibre (POF) to measure fluid flow and turbidity, *Sensors*, **9**(5), pp.3790-3800, 2009.
- [6] Remouche, M., Flexible Optical Waveguide Bent Loss Attenuation Effects Analysis and Modeling Application to an Intrinsic Optical Fiber Temperature Sensor, *Optics and Photonics Journal*, **02**(01), pp.1-7, 2012.
- [7] Joža, A.V., Baji, J.S., Stupar, D.Z., Slankamenac, M.P., Jeli, M., Živanov, M. B. , and Member, S. , Simple and Low-Cost Fiber-Optic Sensors for Detection of UV Radiation, **4**(2), 2012.
- [8] Weight Measurements Using Microbending Optical Fibre Sensor and OTDR.
- [9] Arifin, A., Yusran, Miftahuddin, Abdullah, B., and Tahir, D., Comparison of sensitivity and resolution load sensor at various configuration polymer optical fiber, *AIP Conference Proceedings*, **1801**, 2017.
- [10] Anggita, A. W. and Harmadi , Aplikasi Serat Optik sebagai Sensor Kekentalan Oli Mesran SAE 20W-50 Berbasis Perubahan Temperatur, *Jurnal Fisika Unand*, **4**(3), pp.239-246, 2015.
- [11] Arifin, A., Hatta, A.M., Sekartedjo, Muntini, M.S., and Rubiyanto, A., Long-range displacement sensor based on SMS fiber structure and OTDR, *Photonic Sensors*, **5**(2), pp.166-171, 2015.