

KARAKTERISTIK PERUBAHAN TEMPERATUR BEBERAPA MADU KEMASAN MENGGUNAKAN *FIBER BRAGG GRATING* (FBG)

Yezi Nur Azizah*, Saktioto

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau

*E-mail korespondensi: yezinurazizah2017@gmail.com

ABSTRACT

Fiber Bragg grating has been widely applied in optical materials for measuring temperature and strain. FBG has high sensitivity and low power consumption. This study was aimed to analyze the effect of honey temperature on the output power of FBG, changes in the Bragg wavelength, and the rate of change in temperature. The temperature variations were 30 °C to 60 °C with increment of 5 °C. The input source is 1 milliwatt of power with a source wavelength of 1550 and 1310 nm and the output uses an optical power meter. Honey B has the highest output power at 1550 nm with a range of 208,45 – 209,41 μ W and at 1310 nm with a range of 2013,60 – 214,58 μ W. The highest change in the wavelength of Bragg is at 1550 nm, namely Honey B when the temperature increases with a range of 1550,58 – 1550,76 nm and when the temperature decreases is 1550,31 – 1550,73 nm. The highest change in the wavelength of Bragg is at 1310 nm, namely Honey B when the temperature increases with a range of 1310,20 – 1310,38 nm and when the temperature decreases from 1310,19 to 1310,56 nm. The longest rate of change in honey temperature is Honey A when the temperature increases at 1550 nm with a range of 0 – 278,2 seconds and 1310 nm with 0 - 212 seconds. The longest rate of change in temperature of honey was Honey B when the temperature decreased at 1550 nm with 0 – 3121,6 seconds and 1310 nm with 0 – 2866,6 seconds.

Keywords: FBG, Optical power, Temperature, Honey.

ABSTRAK

Serat kisi Bragg banyak diaplikasikan dalam bahan optik untuk mengukur temperatur dan regangan. FBG dipilih karena memiliki sensitivitas yang tinggi dan penggunaan daya yang kecil. Penelitian bertujuan untuk menyelediki pengaruh temperatur madu terhadap daya keluaran FBG, perubahan panjang gelombang Bragg, dan laju perubahan temperatur madu. Temperatur pada penelitian 30 °C hingga 60 °C dengan perubahan setiap 5 °C. Daya 1 milliwatt sebagai sumber masukan dari laser dioda dengan panjang gelombang 1550 dan 1310 nm serta keluaran diukur menggunakan optical powermeter. Madu B memiliki daya keluaran tertinggi pada 1550 nm dengan rentang 208,45 – 209,41 μ W dan pada 1310 nm dengan rentang 2013,60 – 214,58 μ W. Perubahan panjang gelombang Bragg paling tinggi pada 1550 nm yaitu Madu B saat kenaikan temperatur dengan rentang 1550,58 – 1550,76 nm dan saat penurunan temperatur 1550,31 – 1550,73 nm. Perubahan panjang gelombang Bragg paling tinggi pada 1310 nm yaitu Madu B saat kenaikan temperatur dengan rentang 1310,20 – 1310,38 nm dan saat penurunan temperatur 1310,19 – 1310,56 nm. Laju perubahan temperatur madu paling lama yaitu Madu A saat kenaikan temperatur pada 1550 nm dengan rentang 0 – 278,2 detik dan 1310 nm dengan 0 – 212 detik. Laju perubahan temperatur madu paling lama yaitu Madu B saat penurunan temperatur pada 1550 nm dengan 0 – 3121,6 detik dan 1310 nm dengan 0 – 2866,6 detik.

Kata kunci: FBG, Daya optik, Temperatur, Madu.

PENDAHULUAN

Fiber Bragg grating (FBG) telah menarik banyak perhatian dalam penginderaan optik untuk pengukuran regangan, temperatur, dan

indeks bias [1]. Kelebihan FBG yaitu ukuran kecil, sensitivitas tinggi, dan tahan terhadap interferensi elektromagnetik [2]. FBG merupakan medium transmisi yang memiliki kisi sebagai filter atau reflektor optik yang bekerja

berdasarkan efek resonansi dari kisi. Kisi FBG membuat cahaya pada panjang gelombang tertentu dipantulkan dan yang lain diteruskan [3,4].

Karakteristik FBG umumnya dilakukan dengan memberikan pengaruh perubahan temperatur terhadap FBG secara langsung menggunakan bohlam atau plat yang dipanaskan. Penelitian karakteristik FBG ini telah dilakukan dan menghasilkan daya keluaran FBG yang semakin kecil sebanding dengan naiknya temperatur [5]. Selain itu perubahan temperatur yang diberikan juga mempengaruhi panjang gelombang Bragg FBG [6].

Pada penelitian ini karakteristik FBG dilakukan dengan memberikan pengaruh perubahan temperatur oleh suatu fluida yaitu madu. Pengukuran dilakukan pada rentang temperatur 30 °C hingga 60 °C untuk setiap perubahan 5 °C dengan variasi panjang gelombang 1550 dan 1310 nm. Laser dioda (LD) sebagai masukan dengan daya -5 dBm dan *optical powermeter* (OPM) sebagai keluarannya. Kalibrasi FBG dilakukan pada perubahan temperatur air sehingga diperoleh daya optiknya. Selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap pengaruh temperatur madu terhadap FBG. Daya optik yang diperoleh kemudian dihitung dan dianalisa untuk mendeteksi hubungan variasi temperatur madu terhadap daya keluaran optik FBG, perubahan panjang gelombang Bragg, dan laju perubahan temperatur madu.

TINJAUAN PUSTAKA

FBG merupakan salah satu jenis serat optik yang bergantung pada panjang gelombang elektromagnetik yang merambat di dalam intinya. Spektrum yang dipantulkan FBG bergantung kepada periode kisi dan indeks bias efektif dari inti serat. Hubungan panjang gelombang Bragg (λ_B) dengan periode kisi (Λ) dan indeks bias efektifnya (n_{eff}) [7] didefinisikan pada persamaan (1) berikut.

$$\lambda_B = 2n_{eff}\Lambda \quad (1)$$

Panjang gelombang Bragg dipengaruhi oleh regangan dan temperatur. Perubahan temperatur mempengaruhi indeks bias inti dan periode kisi FBG sehingga menyebabkan adanya perubahan panjang gelombang Bragg [8]. Pergeseran panjang gelombang Bragg ($\Delta\lambda_B$) untuk perubahan temperatur (ΔT) dapat didefinisikan pada persamaan (2) berikut.

$$\Delta\lambda_B = \lambda_B(\alpha + \xi)\Delta T \quad (2)$$

dimana α merupakan koefisien pemuaian serat optik ($\sim 0,55 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ untuk silika) dan ξ merupakan koefisien termo-optik ($\sim 8,6 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) [9].

Pergeseran panjang gelombang dapat diketahui dengan menghitung selisih antara daya keluaran yang ditampilkan OPM ketika diberikan perubahan temperatur dan daya keluaran referensi [10] dinyatakan dalam persamaan (3) berikut.

$$\Delta P_0 = 18,7 \exp[-0,111(\Delta\lambda_{B,0})^2] - 18,7 \exp[-0,111(\Delta\lambda_{B,1})^2] \quad (3)$$

dimana $\Delta\lambda_{B,0}$ adalah panjang gelombang Bragg pada keadaan referensi dan $\Delta\lambda_{B,1}$ adalah panjang gelombang Bragg pada pemberian variasi temperatur [10].

OPM mengukur daya keluaran rata-rata pada FBG dalam satuan dBm. Hubungan matematis antara daya yang terbaca pada OPM dalam satuan watt (P_0) dan daya referensi sebesar 1 milliwatt (P_{Ref}) [11] dinyatakan dalam persamaan (4).

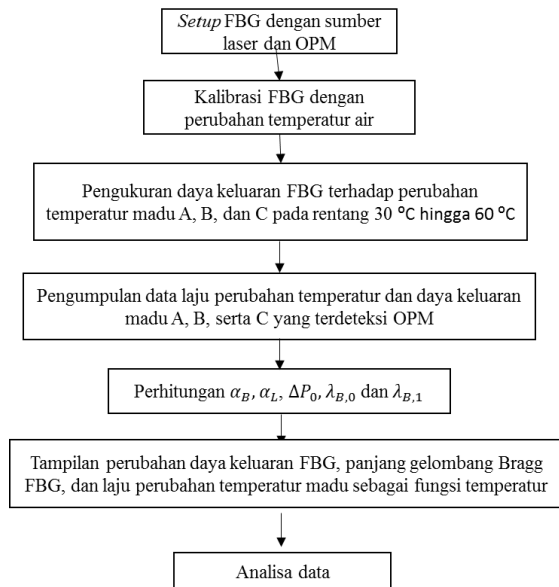
$$P \text{ (dBm)} = 10 \log P_0/P_{Ref} \quad (4)$$

METODE PENELITIAN

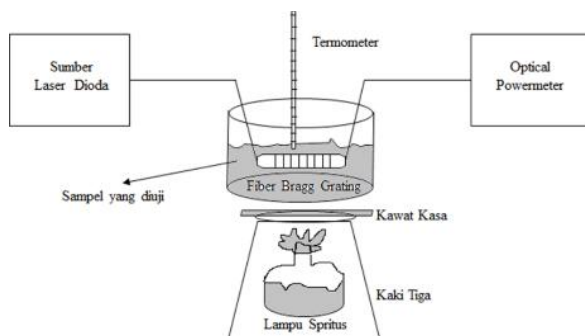
Penelitian ini dilakukan dengan eksperimen optik mengenai karakteristik FBG terhadap perubahan temperatur madu. Adapun langkah-langkah penelitian ditunjukkan Gambar 1.

Penelitian dimulai dengan *men-set-up* FBG dengan sumber laser dan OPM. Daya keluaran dan temperatur referensi diukur terlebih dahulu sebelum memulai proses pengukuran. Selanjutnya dilakukan kalibrasi FBG dengan

kenaikan dan penurunan temperatur air sehingga diperoleh daya keluaran optiknya. Rentang temperatur yang diukur yaitu 30°C hingga 60°C pada setiap perubahan 5°C. Kemudian dilakukan pengukuran terhadap pengaruh perubahan temperatur madu pada FBG. Pengukuran daya keluaran optik ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.



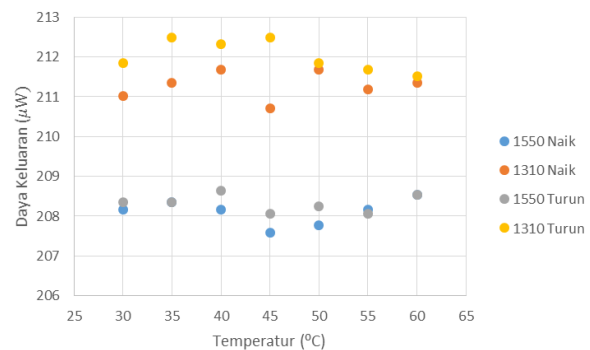
Gambar 2. Pengukuran Daya Keluaran FBG terhadap Perubahan Temperatur Madu.

Pengolahan data menggunakan *Ms. Excel* untuk mendapatkan perubahan panjang gelombang Bragg yang terjadi. Bahan dan alat yang digunakan pada penelitian berupa FBG, air mineral, madu kemasan (A, B, dan C), laser dioda, *optical powermeter*, termometer, lampu spritus, dan gelas beaker.

HASIL DAN PEMBAHASAN

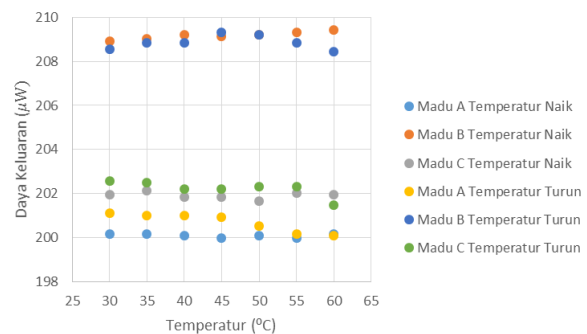
Sebelum dilakukan penelitian terlebih dahulu FBG dikalibrasi agar sesuai dengan standar.

Gambar 3 menunjukkan hasil pengukuran 1550 nm diperoleh data yang lebih rapat daripada 1310 nm yang artinya pengukuran 1310 nm lebih sensitif daripada 1550 nm [5]. Hal ini karena faktor atenuasi dan rugi daya pada FBG [12]. Daya keluaran FBG ketika kenaikan dan penurunan temperatur dengan 1550 nm memiliki rentang 207,58 hingga 208,64 μW dan 1310 nm memiliki rentang 210,70 hingga 211,84 μW . Kalibrasi pada panjang gelombang yang sama memiliki hasil pengukuran yang berbeda ketika perubahan temperatur. Hal ini karena air yang digunakan untuk proses kalibrasi merupakan air mineral (air tidak murni).



Gambar 3. Daya keluaran FBG terhadap perubahan temperatur dengan panjang gelombang 1550 dan 1310 nm.

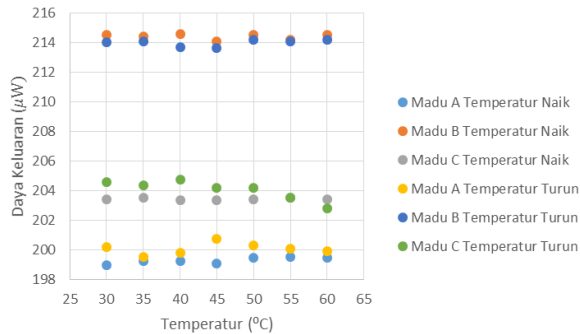
Gambar 4 menunjukkan daya keluaran FBG tertinggi terdapat pada Madu B dengan rentang 208,45 – 209,41 μW , kemudian Madu C dengan rentang 201,47 – 202,58 μW , dan Madu A dengan rentang 199,99 – 201,09 μW .



Gambar 4. Karakteristik daya keluaran FBG dan temperatur untuk tiga jenis madu dengan panjang gelombang 1550 nm.

Gambar 5 menunjukkan daya keluaran FBG tertinggi terdapat pada Madu B dengan

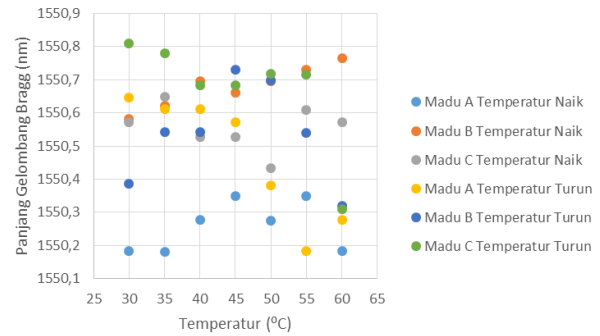
rentang 213,60 – 214,58 μW . Kemudian Madu C berada dengan rentang 202,76 – 204,73 μW . Dan daya keluaran terkecil dimiliki Madu A dengan rentang 198,97 – 200,72 μW .



Gambar 5. Karakteristik daya keluaran FBG dan temperatur untuk tiga jenis madu dengan panjang gelombang 1310 nm.

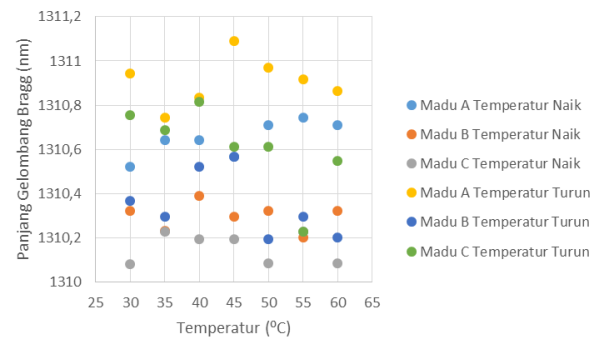
Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa daya keluaran FBG semakin rendah ketika temperatur madu semakin naik. Susunan partikel FBG dan madu saat temperatur naik mengalami peregangan yang menyebabkan pemanduan cahaya pada FBG menjadi tidak sempurna karena cahaya terdifraksi sehingga terdeteksi rugi daya semakin besar dan daya keluaran FBG semakin kecil [13,14]. Hasil pengukuran 1550 dan 1310 nm menunjukkan bahwa madu A, B, dan C memiliki daya keluaran yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan massa jenis dari madu. Semakin tinggi massa jenis madu maka akan semakin banyak penyerapan yang dilakukan oleh zat-zat yang terkandung dalam madu [15].

Gambar 6 menunjukkan perubahan panjang gelombang Bragg dengan rentang tertinggi yaitu Madu B saat pemanasan memiliki perubahan panjang gelombang Bragg berkisar 1550,58 - 1550,76 nm, sedangkan saat pendinginan berkisar 1550,31 - 1550,73 nm. Pergeseran panjang gelombang Bragg Madu C berkisar 1550,43 - 1550,64 nm pada saat pemanasan dan 1550,30 - 1550,81 nm pada saat pendinginan. Madu A dipanaskan panjang gelombang Bragg memiliki perubahan nilai berkisar 1550,18 - 1550,34 nm, dimana nilai ini berbeda pada saat mengalami pendinginan nilai berkisar 1550,18 - 1550,64 nm.



Gambar 6. Perubahan panjang gelombang Bragg pada tiga jenis madu terhadap temperatur dengan panjang gelombang 1550 nm.

Gambar 7 menunjukkan perubahan panjang gelombang Bragg dengan rentang tertinggi adalah Madu B saat pemanasan memiliki rentang 1310,20 - 1310,38 nm dan pada saat pendinginan 1310,19 - 1310,56 nm. Madu C saat dipanaskan memiliki perubahan dengan rentang 1310,08 - 1310,22 nm dan pada saat pendinginan 1310,22 - 1310,81 nm. Madu A pada saat pemanasan dengan rentang nilai 1310,52 - 1310,74 nm dan saat penurunan 1310,74 - 1311,09 nm.

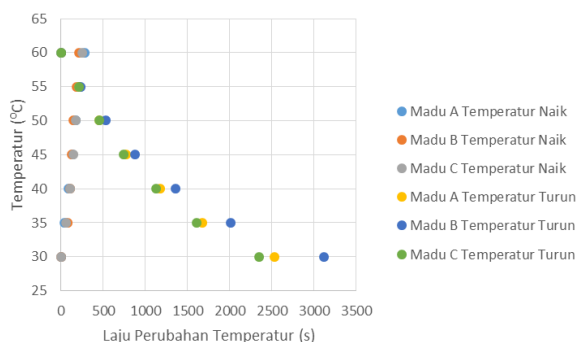


Gambar 7. Perubahan panjang gelombang Bragg pada tiga jenis madu terhadap temperatur dengan panjang gelombang 1310 nm.

Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan panjang gelombang Bragg berubah setiap temperatur yang diberikan. Perubahan panjang gelombang Bragg dipengaruhi oleh nilai indeks bias FBG. Semakin tinggi massa jenis madu maka akan semakin besar indeks biasnya. Perubahan indeks bias akan merubah indeks bias efektif sehingga panjang gelombang Bragg akan berubah. Panjang gelombang Bragg akan bergeser ke panjang gelombang yang nilainya lebih rendah ketika indeks bias madu meningkat [16]. Perubahan panjang gelombang Bragg pada penelitian mengalami fluktuasi. Hal ini

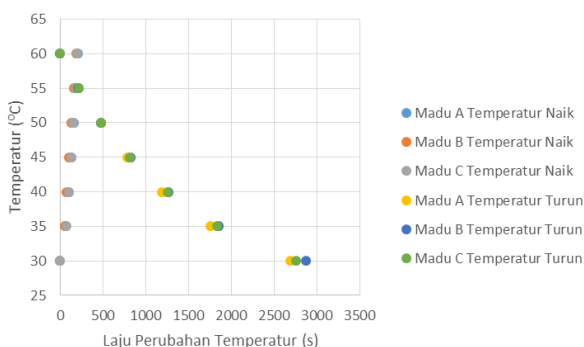
dikarenakan penyebaran panas pada FBG tidak merata dan pengaruh komposisi madu.

Gambar 8 menunjukkan laju perubahan temperatur Madu B memiliki waktu yang lebih singkat untuk mencapai 60°C yaitu 0 - 210,8 detik. Madu C memiliki waktu 0 - 248,8 detik dan Madu A dengan waktu 0 - 278,2 detik. Madu C memiliki waktu yang lebih singkat untuk mencapai temperatur 30°C, yaitu 0 - 2353 detik dari pada Madu A yang memiliki waktu 0 - 2530,2 detik dan Madu B memiliki waktu yaitu 0 - 3121,6 detik.



Gambar 8 Perubahan temperatur terhadap laju perubahan temperatur pada tiga jenis madu dengan panjang gelombang 1550 nm.

Gambar 9 menunjukkan laju perubahan temperatur Madu B memiliki waktu paling singkat yaitu 0 - 190 detik, sedangkan untuk Madu C memiliki waktu 0 - 202,8 detik, dan Madu A 0 - 212 detik. Pada saat penurunan Madu A memiliki waktu yang paling singkat yakni 0 - 2685,6 detik dari pada Madu C memiliki waktu yaitu 0 - 2753,6 detik, dan Madu B memiliki waktu 0 - 2866,6 detik.



Gambar 9 Perubahan temperatur terhadap laju perubahan temperatur pada tiga jenis madu dengan panjang gelombang 1310 nm.

Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan laju perubahan temperatur pada saat pemanasan sebanding dengan kenaikan temperatur yang diberikan. Sedangkan laju perubahan temperatur pada saat penurunan temperatur memiliki hubungan yang eksponensial. Hal ini disebabkan oleh faktor luas daerah yang diberi panas, panjang medium yang diberi panas, dan perbedaan temperatur[17].

KESIMPULAN

Penelitian telah menganalisis karakteristik korelasi FBG terhadap perubahan temperatur madu. Daya keluaran FBG berbanding terbalik dengan temperatur yang diberikan. Hal ini dipengaruhi oleh susunan partikel, massa jenis, dan absorpsi cahaya. Perubahan panjang gelombang Bragg mengalami pergeseran dan fluktuasi yang dipengaruhi oleh adanya distribusi panas dan komposisi madu. Laju perubahan temperatur memiliki hasil pengukuran yang berbeda untuk setiap temperatur yang diberikan yang dipengaruhi oleh luas daerah yang diberi panas, panjang medium yang diberi panas, dan perbedaan panas antara dua medium.

REFERENSI

- Liu, J., Zhu, L., He, W., & Dong, M. (2020). Temperature-sensing characteristics of polarization-maintaining fiber Bragg grating inscribed directly by 800-nm femtosecond laser pulses. *Optical Fiber Technology*, 56, 102186.
- Sun, L., Hao, H., Zhang, B., Ren, X. L., & Li, J. (2016). Strain transfer analysis of embedded fiber Bragg grating strain sensor. *J Test Eval*, 44, 6, 2312.
- Setiono, A. & Widiyatmoko, B. (2010). Karakterisasi Fiber Bragg Grating Terhadap Suhu Menggunakan Teknik Sapuan Laser. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV HFI, Jateng & DIY*.
- Botros, J., Ali, M. O., Tait, R. N., Amaya, R. E., & Gupta, S. (2020). Direct thermal emission testing of aperiodic dielectric stack for narrowband thermal emission at mid-IR. *Journal of Applied Physics*, 127(11), 114502.

5. Yunifar, R. I. & Prajitno, G. (2015). Analisis Pengaruh Perubahan Suhu dan Perubahan Panjang Kupasan Clading serta Coating Terhadap Rugi Daya yang Dihasilkan Oleh Fiber Optik Multimode Silika Tipe G-651. *Jurnal Sains dan Seni IT*, 4(2).
6. Hu, T., Zhao, Y., & Song, A. N. (2016). Fiber optic SPR sensor for refractive index and temperature measurement based on MMF-FBG-MMF structure. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 237, 521–525.
7. Reddy, P. S., Ravinuthala L. N., Kamineni S. N., Madhuvaras, S., & Gupta, D S. (2010). A Novel Method for High Temperature Measurements Using Fiber Bragg Grating Sensor. *Opt. Appl.*, XL.
8. Ahmadi, H. & Muntini, M. S. (2015). Characteristics of High-Temperature Sensor Based on Transmission Spectrum from Fiber Bragg Grating (FBG). FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Denpasar.
9. Grattan & Meggit. (2000) *Optical Fiber Sensor Technology*. City University of London.
10. Tan, M. (2018). *Analisa Frekuensi alamiah dan regangan Jembatan Oleh Kendaraan Bermotor Menggunakan Fiber Bragg Grating*. Universitas Riau.
11. Lunis, Y. I. (2017). *Perancangan dan Pengoperasian Serat Kisi Bragg untuk Karakteristik Temperatur Cairan*. Skripsi, Universitas Riau.
12. Nanda, Y. T. (2011). *Simulasi Perbandingan Penguatan Pada Panjang Gelombang 1310 nm dengan Penguatan Pada Panjang Gelombang 1550 nm dalam Komunikasi Serat Optik*. Disertasi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
13. Zain, A. (2013). Pengukuran Indeks Bias Zat Cair Melalui Metode Pembiasan Menggunakan Plan Paralel. *Jurnal Fisika*, 3(2).
14. Du, Yong, et al. (2019). High-sensitivity refractive index and temperature sensor based on cascading FBGs and droplet-like fiber interferometer. *Sensors and Actuators A: Physical*, 299, 111631.
15. Hirayama, N. & Yasukaz, S. (2000). Fiber Bragg grating temperature sensor for practical use. *ISA transactions* 39(2), 169–173.
16. Cao, M., et al. (2011). Fiber bragg grating liquid level sensor with double pressure and temperature sensitivities. *Procedia Engineering*, 15, 704–709.
17. Yu, L. Q., et al. (2013). Application of Packaging Technique in Fiber Bragg Grating Temperature Sensor for Measuring Localized and Nonuniform Temperature Distribution. *Jurnal Teknologi*, 64(3).



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)