



## Peramalan Nilai Rugi Daya Akibat Pengaruh Tekanan Pada Serat Optik Silica Berbasis Interpolasi Lagrange

Ni'matut Tamimah<sup>1</sup>, Aslam Chitami Priawan Siregar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Idnonesia

<sup>2</sup>Departemen Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Idnonesia  
Email: <sup>1</sup>nimatuttamimah@ppns.ac.id, <sup>2</sup>aslamsiregar01@gmail.com

### Abstrak

Banyaknya masalah kecelakaan yang terjadi akibat adanya kerusakan jalan raya. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode untuk mendeteksi keretakan jalan raya lebih dini, agar dapat mengurangi resiko kecelakaan akibat kerusakan jalan raya. Telah dilakukan sebuah penelitian dengan menggunakan serat optik *silica* berstruktur SMS (Singlemode-Multimode-Singlemode) sebagai sensor tekanan untuk mendeteksi keretakan struktur jalan raya. Dalam penelitian itu, dilakukan dua metode yaitu metode eksperimen dan metode simulasi. Pada metode eksperimen menggunakan OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) dan metode simulasi menggunakan interpolasi lagrange. Sedangkan serat optik *silica* berstruktur SMS yang digunakan terdapat dua macam yaitu dengan panjang multimode 6,5 cm dan 7 cm. Bedasarkan hasil eksperimen menunjukkan bahwa pada serat optik *silica* berstruktur SMS dengan panjang multimode 7 cm memiliki tingkat linearitas yang lebih baik daripada panjang multimode 6,5 cm yaitu sebesar 94,71 %. Sedangkan untuk *error* dari nilai rugi daya yang terjadi bedasarkan hasil eksperimen terhadap hasil simulasi untuk panjang multimode 7 cm pada sensor serat optik *silica* berstruktur SMS memiliki *error* yang lebih kecil daripada panjang multimode 6,5 cm yaitu sebesar 0,072 %. Oleh karena itu, pada serat optik *silica* berstruktur SMS dengan panjang multimode 7 cm lebih layak untuk digunakan sebagai sensor tekanan.

**Kata Kunci:** Serat Optik *Silica*, Multimode 6,5 cm, Multimode 7 cm, Eksperimen, Simulasi.

### 1. PENDAHULUAN

Beberapa keretakan jalan raya yang terdapat di Indonesia disebabkan oleh adanya tekanan dari berbagai macam kendaraan secara terus menerus [1]. Tekanan dapat terjadi karena ada gaya berat kendaraan yang diberikan



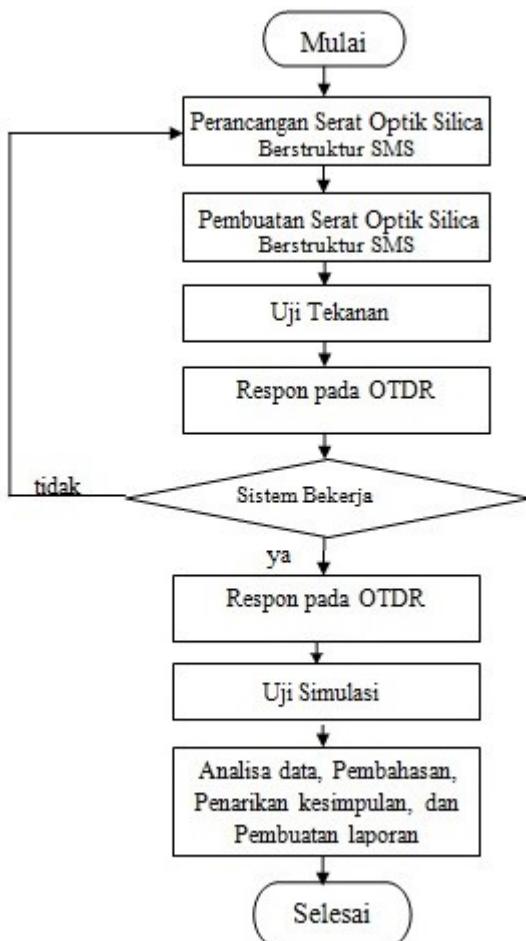
terhadap permukaan jalan raya [2]. Apabila hal ini dibiarkan secara terus menerus, maka dapat menimbulkan kerusakan jalan raya yang membahayakan para pengguna jalan [3]. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sensor yang dapat mendeteksi keretakan jalan raya lebih dini agar dapat diantisipasi kerusakan tersebut, sehingga tidak mengganggu para pengguna jalan.

Dalam penelitian ini, diusulkan sebuah sensor serat optik *silica* berstruktur SMS (Singlemode-Multimode-Singlemode). Serat optik *silica* dipilih karena memiliki kepekaan yang tinggi terhadap perubahan lingkungan [4]. Saat diberi tekanan pada serat optik *silica* dengan pertambahan panjang setiap 100 µm, dapat memberikan informasi rugi daya yang sangat akurat [5-7]. Untuk menambahkan kepekaan pada serat optik *silica* yang berstruktur SMS ini, maka pada panjang *multimode* dibuat lebih panjang dari penelitian sebelumnya [8], yaitu sebesar 6,5 cm dan 7 cm. Oleh karena itu, serat optik *silica* dapat digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi kerusakan jalan raya akibat pengaruh tekanan dari adanya kendaraan bermotor.

Untuk dapat menambah informasi perubahan nilai rugi daya akibat adanya tekanan pada serat optik *silica*, maka diperlukan metode simulasi berupa interpolasi lagrange [9]. Metode ini dapat digunakan untuk perubahan nilai baik yang bersifat *equispaced* (perubahan nilai yang teratur) maupun yang bersifat *non-equispaced* (perubahan nilai yang tidak teratur) [10-11]. Dengan adanya metode ini, diharapkan dapat diterapkan pada struktur bagunan pada jalan raya, agar kecelakaan yang disebabkan oleh adanya kerusakan jalan raya dapat diminimalisasi.

## **2. METODE**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini berupa metode eksperimen dan metode simulasi. Pada metode eksperimen digunakan untuk mengetahui nilai perubahan rugi daya pada serat optik *silica* berstruktur SMS akibat pengaruh tekanan dengan menggunakan OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) pada suhu 38° C. OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) dipilih karena dapat mendeteksi setiap titik kerusakan pada serat optik *silica* akibat pengaruh tekanan [12-13]. Berikut ini adalah langkah-langkah penelitian yang diperlihatkan pada Gambar 1.



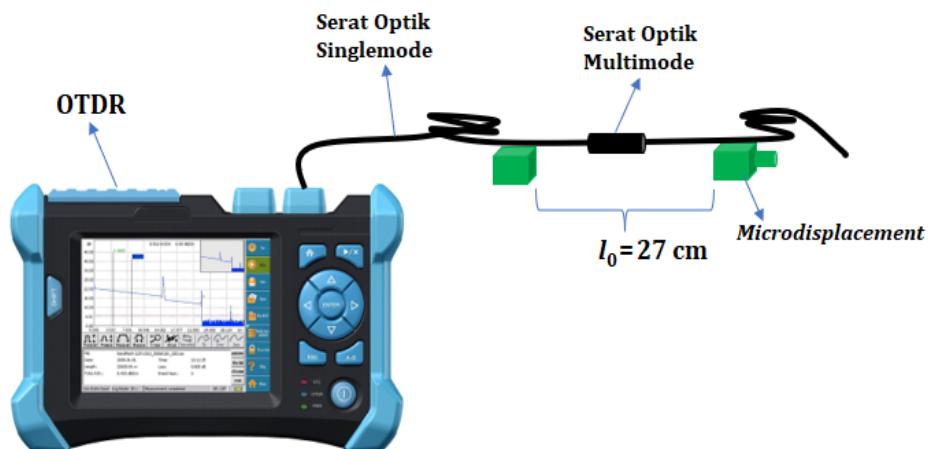
**Gambar 1.** Flowchart langkah-langkah penelitian

Serat optik *silica* dirancang dengan menggunakan struktur SMS sebagai sensor tekanan. Selanjutnya, antara serat optik *silica* singlemode dan multimode tersebut digabungkan dengan menggunakan alat yang dinamakan *Fusion splicer*. Setelah terjadi penggabungan, serat optik *silica* yang berstruktur SMS tersebut ditempelkan pada sebuah alat *microdisplacement* untuk diuji dengan tekanan tertentu. Saat terjadi pengujian, salah satu dari ujung serat optik *silica* berstruktur SMS tersebut dihubungkan dengan OTDR melalui *connector*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui respon dari OTDR. Apabila terjadi perubahan rugi daya dari OTDR saat diberi perbedaan tekanan, maka serat optik *silica* yang berstruktur SMS tersebut dapat digunakan sebagai sensor tekanan.

Selanjutnya, untuk mengetahui informasi tambahan nilai perubahan rugi daya akibat pengaruh tekanan pada serat optik *silica* berstruktur SMS, maka digunakan metode simulasi berbasis interpolasi lagrange. Hasil dari eksperimen dan simulasi dianalisis untuk mengetahui perbedaan tingkat linearitas dari kedua metode tersebut.

### **2.1. Metode Eksperimen**

Metode eksperimen dilakukan dengan cara memasang serat optik *silica* berstruktur SMS pada OTDR. Kemudian, Pada serat optik *silica* berstruktur SMS ditempelkan pada *microdisplacement* dengan menggunakan lem. Setelah itu, pada serat optik *silica* berstruktur SMS diberi tekanan tertentu sehingga mengalami pertambahan panjang dengan kelipatan 100  $\mu\text{m}$ . Bentuk set-up alat penelitian dapat diperlihatkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Bentuk set-up alat penelitian

Untuk memperoleh nilai tekanan ( $P$ ) dapat ditentukan dari beberapa besaran berikut: Modulus young ( $M$ ) untuk serat optik *silica* sebesar 73 GPa [8][14], panjang mula-mula ( $l_0$ ) sebesar 27 cm, dan pertambahan panjang ( $\Delta l$ ) dengan setiap kelipatan 100  $\mu\text{m}$ . Untuk bentuk formula terkanan dapat ditampilkan pada Persamaan (1) [15].

$$P = \frac{F}{A} = \frac{M \cdot \Delta l}{l_0} \quad (1)$$

## **2.2. Metode Simulasi**

Metode simulasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode interpolasi lagrange dengan menggunakan formula seperti yang ditampilkan pada Persamaan (2) dan (3) [8].

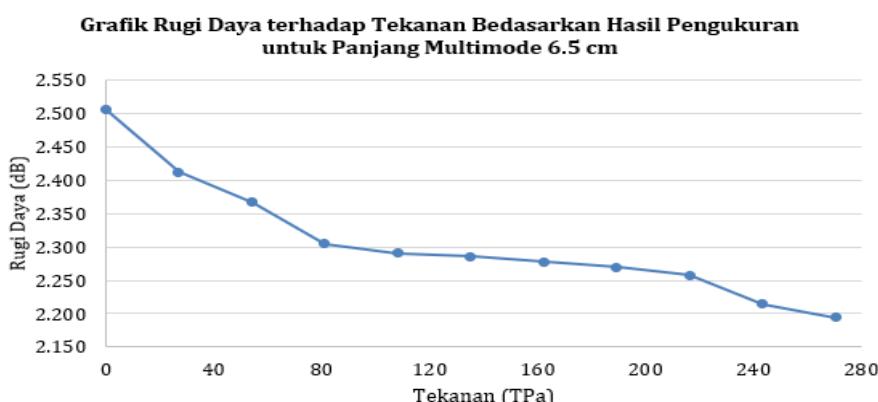
$$f_n(x) = \sum_{i=0}^n L_i(x)f(x_i) \quad (2)$$

$$L_i(x) = \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^n \frac{x - x_j}{x_i - x_j} \quad (3)$$

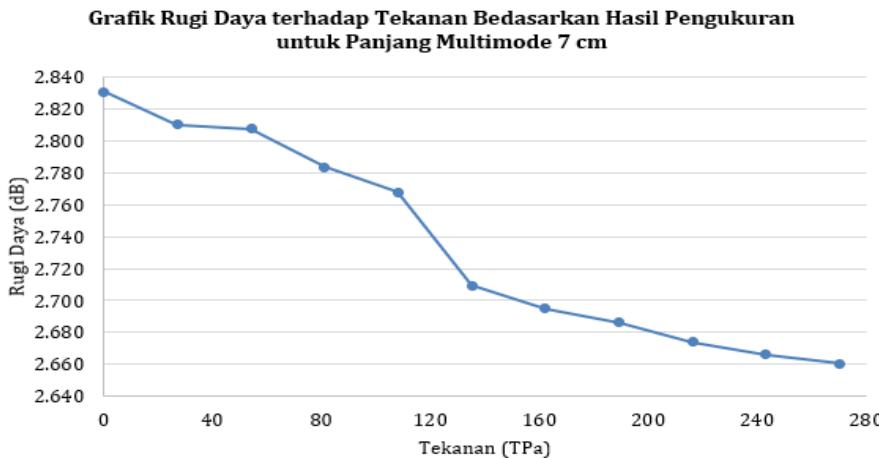
Dimana  $x$  adalah nilai tekanan yang ditentukan (Pa),  $x_i$  dan  $x_j$  adalah nilai tekanan yang diperoleh dari hasil pengukuran (Pa),  $f_n(x)$  adalah nilai rugi daya yang ditentukan (dB), dan  $f(x_i)$  adalah nilai rugi daya yang diperoleh dari hasil pengukuran (dB).

## **3. HASIL DAN DISKUSI**

Berikut ini adalah grafik hasil eksperimen pengaruh tekanan terhadap perubahan rugi daya pada serat optik *silica* berstruktur SMS untuk panjang multimode 6,5 cm dan 7 cm yang diukur pada suhu 38<sup>0</sup> C yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



**Gambar 2.** Grafik hasil eksperimen pengaruh tekanan terhadap perubahan rugi daya pada serat optik *silica* berstruktur SMS untuk panjang multimode 6,5 cm yang diukur pada suhu 38<sup>0</sup> C



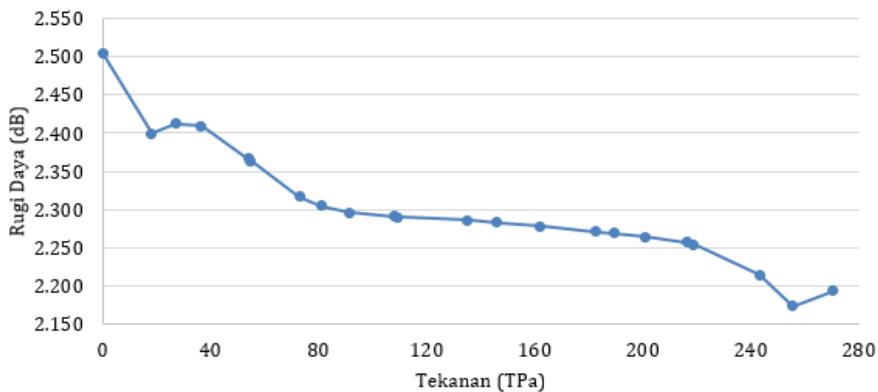
**Gambar 3.** Grafik hasil eksperimen pengaruh tekanan terhadap perubahan rugi daya pada serat optik *silica* berstruktur SMS untuk panjang multimode 7 cm yang diukur pada suhu 38<sup>o</sup> C

Berdasarkan pada Gambar 2 dan Gambar 3, menunjukkan bahwa semakin besar tekanan yang diberikan pada serat optik *silica* berstruktur SMS tersebut, maka semakin rendah tingkat pengurangan daya (rugi daya) yang terdapat dalam serat optik *silica* tersebut. Hal ini menunjukkan adanya pola interferensi destruktif pada Panjang multimode 6,5 cm dan 7 cm tersebut [16].

Untuk perbedaan antara Gambar 2 dan Gambar 3 adalah pada tingkat linearitas pada Gambar 3 lebih baik daripada Gambar 2 yaitu sebesar 94,71 %. Sedangkan pada Gambar 3 hanya memiliki tingkat linearitas sebesar 85,72 %. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan rugi daya pada serat optik *silica* berstruktur SMS dengan panjang multimode 7 cm lebih stabil daripada panjang multimode 6,5 cm, sehingga untuk serat optik *silica* berstruktur SMS dengan panjang multimode 7 cm dapat diterapkan sebagai sensor [17].

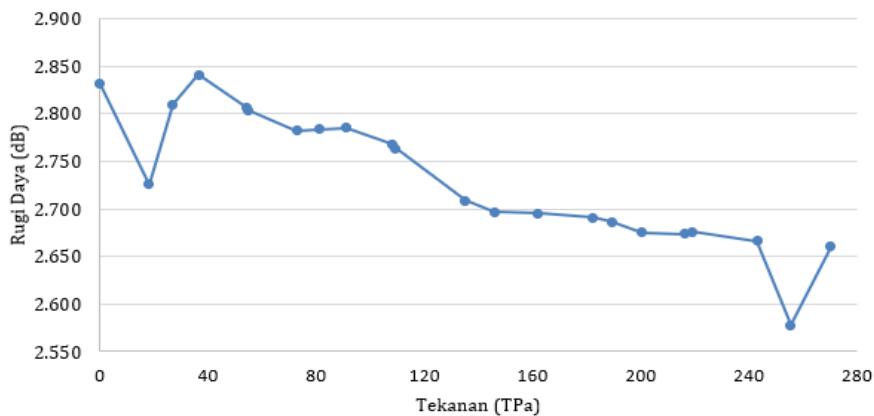
Selanjutnya, untuk mengetahui informasi tambahan nilai perubahan rugi daya akibat pengaruh tekanan pada serat optik *silica* berstruktur SMS, maka digunakan metode simulasi berbasis interpolasi lagrange. Berikut ini adalah grafik hasil simulasi pengaruh tekanan terhadap perubahan rugi daya pada serat optik *silica* berstruktur SMS untuk panjang multimode 6,5 cm dan 7 cm yang diukur pada suhu 38<sup>o</sup> C yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

**Grafik Rugi Daya terhadap Tekanan Berdasarkan Hasil Simulasi untuk Panjang Multimode 6.5 cm**



**Gambar 4.** Grafik hasil simulasi pengaruh tekanan terhadap perubahan rugi daya pada serat optik *silica* berstruktur SMS untuk panjang multimode 6,5 cm yang diukur pada suhu 38<sup>o</sup> C

**Grafik Rugi Daya terhadap Tekanan Berdasarkan Hasil Simulasi untuk Panjang Multimode 7 cm**



**Gambar 5.** Grafik hasil simulasi pengaruh tekanan terhadap perubahan rugi daya pada serat optik *silica* berstruktur SMS untuk panjang multimode 7 cm yang diukur pada suhu 38<sup>o</sup> C

Berdasarkan hasil simulasi yang terdapat pada Gambar 4 dan Gambar 5, menunjukkan bahwa terdapat ketidakteraturan pada data yang ke-2 dan data ke-21. Hal ini dikarenakan pada data awal dan akhir untuk metode simulasi dengan menggunakan interpolasi lagrange dapat menimbulkan

error yang cukup besar, sehingga data tersebut harus dihilangkan agar dapat nilai linearitas yang lebih baik. Berikut ini merupakan contoh hubungan *error* dari nilai rugi daya yang terjadi bedasarkan hasil eksperimen terhadap hasil simulasi pada tekanan 73 TPa yang dapat ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hubungan *error* dari nilai rugi daya yang terjadi bedasarkan hasil eksperimen terhadap hasil simulasi pada tekanan 73 TPa

Metode	Sensor serat optik silica berstruktur SMS	
	Multimode 6,5 cm	Multimode 7 cm
Eksperimen (dB)	2,367	2,780
Simulasi (dB)	2,317	2,782
Error (%)	2,112	0,072

Berdasarkan pada Tabel 1, menunjukkan bahwa hubungan *error* dari nilai rugi daya yang terjadi bedasarkan hasil eksperimen terhadap hasil simulasi untuk panjang multimode 7 cm pada sensor serat optik *silica* berstruktur SMS memiliki *error* yang lebih kecil daripada panjang multimode 6,5 cm. Oleh karena itu, pada serat optik *silica* berstruktur SMS dengan panjang multimode 7 cm lebih layak untuk digunakan sebagai sensor tekanan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen, menunjukkan bahwa pada serat optik *silica* berstruktur SMS dengan panjang multimode 7 cm memiliki linearitas yang lebih baik daripada panjang multimode 6,5 cm. Selain itu, *error* dari nilai rugi daya yang terjadi bedasarkan hasil eksperimen terhadap hasil simulasi untuk panjang multimode 7 cm pada sensor serat optik *silica* berstruktur SMS memiliki *error* yang lebih kecil daripada panjang multimode 6,5 cm. Oleh karena itu, pada serat optik *silica* berstruktur SMS dengan panjang multimode 7 cm lebih layak untuk digunakan sebagai sensor tekanan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. E. R. Vira, "Identifikasi Faktor-faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas Jalan Raya Bukittinggi-Medan KM 8," Padang: *Diss. Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat*, 2022.

- [2] A. C. P. Siregar, "Fisika Dasar Jilid 1: Mekanika Dasar," Sidoarjo: CV. *Kanaka Media*, vol. 1, 2018, pp. 61-71.
- [3] A. Satria, and D. Febrianti, "Identifikasi Jenis Dan Faktor Penyebab Kerusakan Rigid Beton Pada Bahu Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Beutong-Beutong Ateuh Kab. Nagan Raya)," *Journal of The Civil Engineering Student*, vol 4, no1, 2022, pp. 92-98,
- [4] A. C. P. Siregar, and A. M. Hatta, "The Effect of Temperature on Strain Measurement Based on SMS (Singlemode–Multimode–Singlemode) Fiber Structure and OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)," *EasyChair*, No. 9411, 2022.
- [5] A. C. P. Siregar, "Pengaruh Pergeseran Pada Pengukuran Suhu Berbasis Sensor Serat Optik Berstruktur SMS (Singlemode–Multimode–Singlemode) dan OTDR," *Scan: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 11, no. 1, 2016), pp. 13-18.
- [6] A. C. P. Siregar, "Pengaruh Strain Pada Pengukuran Suhu Berbasis Sensor Serat Optik Berstruktur SMS (Singlemode–Multimode–Singlemode) dan OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)," in *Seminar Nasional Fisika 2015, Universitas Negeri Surabaya*, 2015.
- [7] R. I. Yunifar, and G. Prajitno, "Analisis Pengaruh Perubahan Suhu dan Perubahan Panjang Kupasan Cladding serta Coating Terhadap Rugi Daya yang Dihasilkan Oleh Fiber Optik Multimode Silika Tipe G-651," *Jurnal Sains dan Seni ITS*, vol. 4, no. 2, 2016.
- [8] A. C. P. Siregar, "Desain Sensor Stress Berbasis Serat Optik Glass Berstruktur Sms (Singlemode–Multimode–Singlemode)," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral*, vol. 2, No. 1, 2022, pp. 1141-1146.
- [9] A. C. P. Siregar and D. H. Sulaksono, "Perancangan Sensor Pergeseran Menggunakan Metode Interpolasi Lagrange Berbasis Serat Optik Berstruktur SMS (Singlemode–Multimode–Singlemode)," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan V*, vol. 5, 2017.
- [10] A. C. P. Siregar, "Rancang Bangun Sensor Strain Menggunakan Metode Interpolasi Lagrange Berbasis Serat Optik Berstruktur SMS (Singlemode–Multimode–Singlemode) dan OTDR." in *Prosiding SENIATI*, vol. 2, no. 2, 2016, p. 97-B.
- [11] N. Tamimah, "Analisa Hubungan Laju Aliran Massa Pasir Terhadap Laju Erosi Pipa Pada Fasilitas Pengolahan Gas Bumi Menggunakan

Interpolasi Lagrange." *Scan: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 14, no. 3, 2019, pp. 21-26.

- [12] H. L. Ihwani, "Perancangan Sensor Arus Listrik Searah (DC) Berbasis Serat Optik Berstruktur Singlemode-Multimode-Singlemode (SMS) Menggunakan Optical Time Domain Reflectometer (OTDR)," Surabaya: Jurusan Teknik Fisika-FTI-ITS, 2017.
- [13] A. C. P. Siregar, and D. H. Sulaksono, "Perancangan Sensor Suhu menggunakan Metode Interpolasi Lagrange Berbasis Serat Optik Berstruktur Sms (Singlemode-Multimode-Singlemode)," *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, vol. 1, no. 2, 2017, pp. 34-39.
- [14] I. Puspita, "Rancang Bangun Sensor Beban Berbasis Serat Optik Singlemode-Multimode-Singlemode Menggunakan High Density Polyethylene Sebagai Material Penahan Beban", Surabaya: Surabaya: *Diss. Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 2014.
- [15] A. C. P. Siregar, Fisika Dasar Jilid 2: Mekanika Lanjut, Sidoarjo: CV. Kanaka Media, vol. 2, 2022, pp. 61-84.
- [16] A. C. P. Siregar, "Pendeteksian Pola Interferensi Cahaya Pada Serat Optik Multimode Graded Index Menggunakan OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)." in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*, vol. 3, 2015.
- [17] D. H. Sulaksono and A. C. P. Siregar, "Komputasi Penentuan Kualitas pada Fiber Optik Berdasarkan Rugi Daya dengan Gaussian Naive Bayes Menggunakan Teknologi CUDA," *Jurnal Iptek*, vol. 22, no. 2, 2018, pp. 35-42.