

## Peramalan Nilai Rugi Daya Pada Serat Optik *Glass* Akibat Pengaruh Tekanan dan Suhu Berbasis Interpolasi Lagrange

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

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

e-mail: \*<sup>1</sup>[nimatuttamimah@ppns.ac.id](mailto:nimatuttamimah@ppns.ac.id), <sup>2</sup>[aslamsiregar01@gmail.com](mailto:aslamsiregar01@gmail.com)

### Abstract

*A study has been carried out using SMS structured glass optical fiber (Singlemode-Multimode-Singlemode) as a pressure and temperature sensor to detect cracks in the highway structure. In that research, the methods used are experimental and simulation methods. The experimental method uses OTDR (Optical Time Domain Reflectometer), but the simulation method uses Lagrange interpolation. Next, two kinds of SMS structured glass optical fiber are used the multimode length of 6.5 cm and 7 cm at temperatures 47°C dan 57°C. Based on the experimental results, the SMS structured glass optical fiber with a multimode length of 7 cm has a better level of linearity than a multimode length of 6.5 cm, equal to 94.83% for 47°C and 86,45% for 57°C. As for the error of the power loss value that occurs, based on the experimental results on the simulation results for a multimode length of 7 cm on a glass fiber optic sensor with an SMS structure, it has an error smaller than a multimode length of 6.5 cm, which is 1.301% when it is measured on 57°C. Therefore, the SMS structured glass optical fiber with a multimode length of 7 cm is more suitable for use as a pressure sensor.*

**Keywords :** *Experimental, Multimode 6.5 cm, Multimode 7 cm, Glass Fiber Optics, Simulation.*

### Abstrak

Sebuah penelitian telah dilakukan dengan menggunakan serat optik *glass* berstruktur SMS (Singlemode-Multimode-Singlemode) sebagai sensor tekanan dan suhu untuk mendeteksi keretakan struktur bangunan jembatan. Dalam riset ini, dilakukan dua metode yaitu metode eksperimen dan metode

simulasi. Untuk metode eksperimen digunakan alat yang bernama OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) dan untuk metode simulasi digunakan interpolasi lagrange. Sedangkan untuk serat optik *glass* berstruktur SMS yang digunakan terdapat dua jenis yaitu dengan panjang multimode 6,5 cm dan 7 cm pada suhu 47°C dan 57°C. Berdasarkan hasil eksperimen menunjukkan bahwa pada serat optik *glass* berstruktur SMS dengan panjang multimode 7 cm memiliki tingkat linearitas yang lebih baik daripada panjang multimode 6,5 cm yaitu sebesar 94,83% untuk suhu 47°C dan 86,45% untuk suhu 57°C. Sedangkan untuk *error* dari nilai rugi daya yang terjadi berdasarkan hasil eksperimen terhadap hasil simulasi untuk panjang multimode 7 cm pada sensor serat optik *glass* berstruktur SMS memiliki *error* yang lebih kecil daripada panjang multimode 6,5 cm yaitu sebesar 1,301% saat diukur pada suhu 57°C. Oleh karena itu, pada serat optik *glass* berstruktur SMS dengan panjang multimode 7 cm lebih layak untuk digunakan sebagai sensor tekanan dan suhu.

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

### PENDAHULUAN

Beberapa keretakan struktur bangunan jembatan yang terdapat di Indonesia disebabkan oleh adanya tekanan dari berbagai macam kendaraan secara terus menerus (Putri dkk, 2022). Tekanan terjadi karena ada gaya berat dari kendaraan yang diberikan terhadap permukaan jembatan (Aslam CPS, 2018). Selain itu, faktor suhu juga mempengaruhi percepatan keretakan bangunan. Jika hal ini dibiarkan secara terus menerus, maka dapat menimbulkan kerusakan jembatan yang dapat membahayakan para pengguna jalan

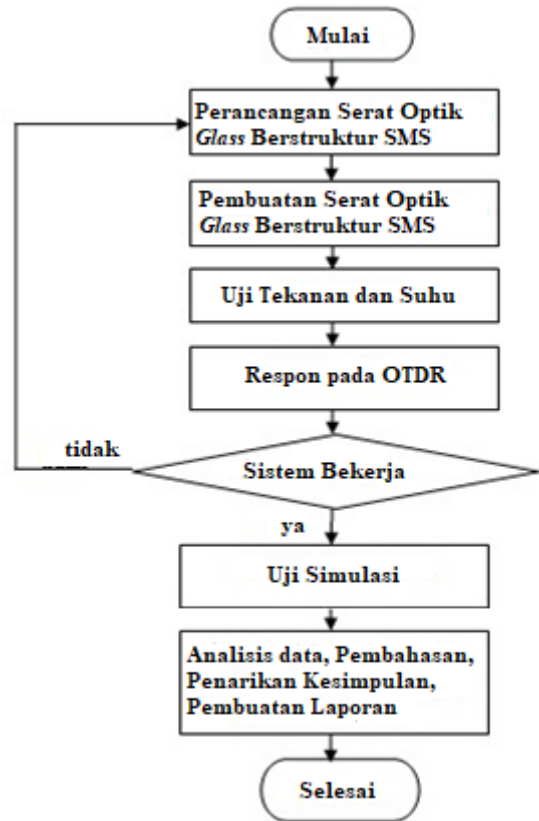
(Andrisman S dan Dian F, 2022). Oleh karena itu, diperlukan sebuah sensor yang dapat mendeteksi keretakan jembatan lebih awal agar dapat diantisipasi kerusakan tersebut, sehingga tidak mengganggu para pengguna jalan.

Dalam penelitian ini, digunakan sebuah sensor yang terbuat dari serat optik *glass* berstruktur SMS (Singlemode-Multimode-Singlemode). Serat optik *glass* dipilih karena mempunyai kepekaan yang sangat tinggi terhadap perubahan lingkungan (Aslam CPS dan Agus MH, 2023). Ketika diberi tekanan pada serat optik *glass* tersebut dengan pertambahan panjang sebesar 100  $\mu\text{m}$ , maka bisa dipakai untuk memberikan informasi tentang rugi daya dengan sangat akurat (Aslam CPS, 2015; Priawan Siregar, 2016; Rami dan Gontjang, 2016). Untuk meningkatkan kepekaan terhadap serat optik *glass* yang berstruktur SMS ini, maka variasi panjang *multimode* yang digunakan lebih panjang dari penelitian sebelumnya (Aslam CPS, 2022), yaitu sebesar 6,5 cm dan 7 cm.

Untuk dapat menambah informasi perubahan nilai rugi daya akibat adanya tekanan pada serat optik *glass*, maka diperlukan metode simulasi berupa interpolasi lagrange (Aslam CPS dan Danang HS, 2017). Metode ini dipilih karena bisa digunakan untuk perubahan nilai yang bersifat *equispaced* (perubahan nilai yang teratur) dan yang bersifat *non-equispaced* (perubahan nilai yang tidak teratur) (Aslam CPS, 2016; Ni'matut T, 2019). Hasil penerapan metode ini, diharapkan bisa diterapkan pada struktur bangunan pada jembatan, agar kecelakaan yang disebabkan oleh adanya kerusakan jembatan dapat diminimalisasi.

## METODE PENELITIAN

Berikut ini adalah langkah-langkah penelitian yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Langkah-langkah Penelitian

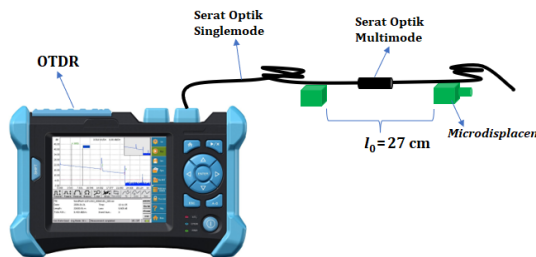
Metode yang dipakai dalam penelitian ada dua macam yaitu metode eksperimen dan metode simulasi. Metode eksperimen dipakai untuk mengetahui nilai perubahan rugi daya pada serat optik *glass* berstruktur SMS akibat pengaruh tekanan dan suhu berbasis OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) pada suhu 47°C dan 57°C. OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) dipilih karena dapat mendeteksi kerusakan pada serat optik *glass* akibat pengaruh tekanan dalam setiap titik (Hafid LI, 2017; Aslam CPS dan Danang HS, 2017).

Serat optik *glass* dirancang dan dibuat dengan menggunakan struktur SMS sebagai sensor tekanan dan suhu. Setelah itu, antara serat optik *glass* singlemode dan multimode tersebut digabungkan dengan menggunakan alat yang disebut dengan *Fusion splicer*. Setelah dilakukan penggabungan, serat optik *glass* yang berstruktur SMS tersebut ditempelkan pada sebuah alat *microdisplacement* untuk diuji dengan tekanan tertentu. Saat terjadi pengujian, salah satu dari ujung serat optik *glass* berstruktur SMS tersebut dihubungkan dengan OTDR melalui sebuah *connector*. Hal ini dilakukan

agar dapat mengetahui respon dari OTDR. Jika terjadi perubahan nilai rugi daya dari OTDR saat diberi perbedaan tekanan dan suhu, maka serat optik *glass* yang berstruktur SMS tersebut dapat digunakan sebagai sensor tekanan dan suhu. Selanjutnya, agar dapat diketahui informasi tambahan nilai perubahan rugi daya akibat pengaruh tekanan dan suhu pada serat optik *glass* berstruktur SMS, maka digunakan metode simulasi dengan interpolasi lagrange. Hasil dari metode eksperimen dan simulasi dapat dianalisis untuk mengetahui perbedaan tingkat linearitas dari kedua metode tersebut.

**Metode Eksperimen**

Metode eksperimen dilakukan dengan cara memasang serat optik *glass* berstruktur SMS pada OTDR. Setelah itu, pada serat optik *glass* berstruktur SMS ditempelkan pada *microdisplacement* dengan menggunakan lem. Selanjutnya, pada sensor serat optik *glass* berstruktur SMS diberi tekanan tertentu sehingga mengalami pertambahan panjang dengan kelipatan sebesar 100 μm dan beri variasi suhu sebesar 47°C dan 57°C. 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 *glass* sebesar 73 GPa (Aslam CPS, 2022; Ika P, 2014), panjang mula-mula (*l*<sub>0</sub>) sebesar 27,1 cm, dan pertambahan panjang ( $\Delta l$ ) dengan setiap kelipatan sebesar 100 μm. Untuk bentuk menghitung tekanan dapat ditampilkan pada Rumus (1) (Aslam CPS dkk, 2022):

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

**Metode Simulasi**

Metode simulasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode interpolasi lagrange dengan menggunakan formula seperti

**Peramalan Nilai Rugi Daya....**

yang ditampilkan pada Rumus (2) dan (3) (Aslam CPS, 2022).

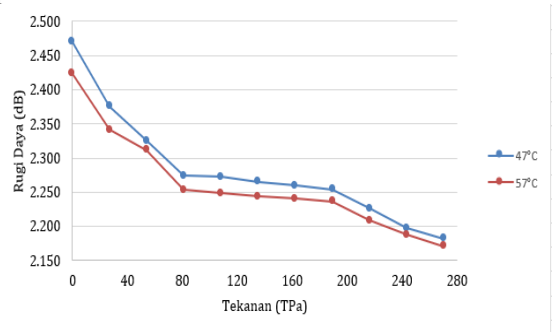
$$f_n(x) = \sum_{i=0}^n L_i(x) f(X_i) \dots\dots\dots (2)$$

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

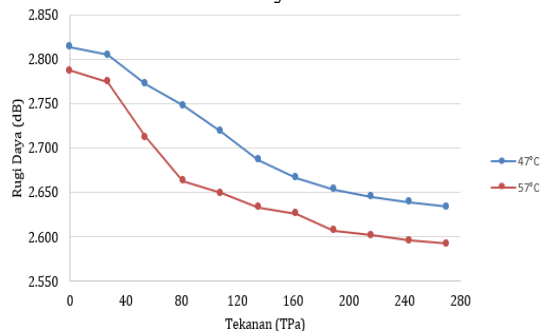
Dimana *x* adalah nilai tekanan yang ditentukan (Pa), *x<sub>i</sub>* dan *x<sub>j</sub>* adalah nilai tekanan yang diperoleh dari hasil pengukuran (Pa), *f<sub>n</sub>(x)* adalah nilai rugi daya yang ditentukan (dB), dan *f(x<sub>i</sub>)* adalah nilai rugi daya yang diperoleh dari hasil pengukuran (dB).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berikut ini merupakan Grafik hasil eksperimen pada serat optik *glass* berstruktur SMS untuk panjang multimode 6,5 cm dan 7 cm karena adanya pengaruh tekanan dan suhu terhadap perubahan rugi daya yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Grafik hasil eksperimen pada serat optik *glass* berstruktur SMS untuk panjang multimode 6,5 cm karena adanya pengaruh tekanan dan suhu terhadap perubahan rugi daya

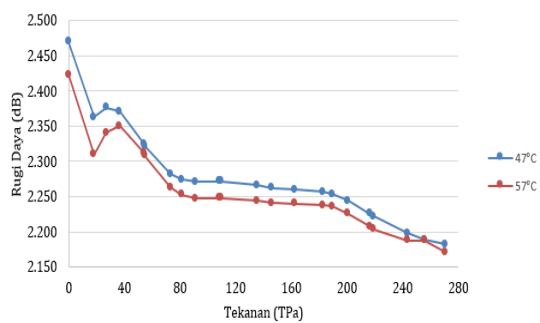


Gambar 3. Grafik hasil eksperimen pada serat optik *glass* berstruktur SMS untuk panjang multimode 7 cm karena adanya pengaruh tekanan dan suhu terhadap perubahan rugi daya

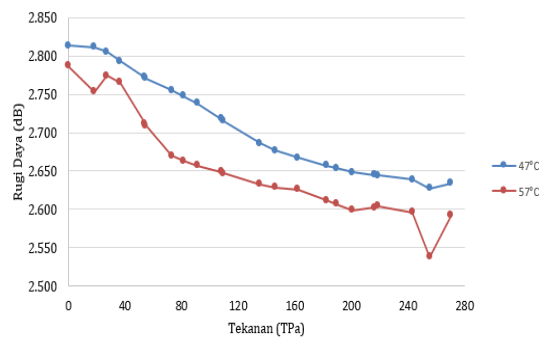
Berdasarkan pada Gambar 2 dan Gambar 3, menunjukkan bahwa semakin besar tekanan yang diberikan pada serat optik *glass* berstruktur SMS tersebut, maka semakin rendah tingkat pengurangan daya (rugi daya) yang

terdapat dalam serat optik *glass* tersebut. Hal ini menunjukkan adanya pola interferensi destruktif pada Panjang multimode 6,5 cm dan 7 cm tersebut (Aslam CPS, 2015).

Untuk perbedaan antara Gambar 2 dan Gambar 3 adalah pada tingkat linearitas pada Gambar 3 lebih baik daripada Gambar 2 yaitu sebesar 83,77% untuk suhu 47°C dan 84,88% untuk suhu 57°C. Sedangkan pada Gambar 3 hanya memiliki tingkat linearitas sebesar 94,83% untuk suhu 47°C dan 86,45% untuk suhu 57°C. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan rugi daya pada serat optik *glass* berstruktur SMS dengan panjang multimode 7 cm lebih stabil daripada panjang multimode 6,5 cm terutama pada suhu 57°C, sehingga untuk serat optik *glass* berstruktur SMS dengan panjang multimode 7 cm dapat diterapkan sebagai sensor (Danang HS dan Aslam CPS, 2018). Selanjutnya, agar dapat diketahui informasi tambahan nilai perubahan rugi daya akibat pengaruh tekanan dan suhu pada serat optik *glass* berstruktur SMS, maka digunakan metode simulasi dengan interpolasi lagrange. Berikut ini adalah Grafik hasil simulasi pada serat optik *glass* berstruktur SMS untuk panjang multimode 6,5 cm dan 7 cm karena adanya pengaruh tekanan dan suhu terhadap perubahan rugi daya yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Grafik hasil simulasi pada serat optik *glass* berstruktur SMS untuk panjang multimode 6,5 cm karena adanya pengaruh tekanan dan suhu terhadap perubahan rugi daya



Gambar 5. Grafik hasil simulasi pada serat optik *glass* berstruktur SMS untuk panjang multimode 7 cm karena adanya pengaruh tekanan dan suhu terhadap perubahan rugi daya

Berdasarkan hasil simulasi yang terdapat pada Gambar 4 dan Gambar 5, menunjukkan bahwa adanya ketidakteraturan pada data ke-2 dan data ke-21. Hal ini dikarenakan pada data awal dan akhir untuk metode simulasi dengan interpolasi lagrange dapat menimbulkan error yang besar, sehingga data tersebut dapat dihilangkan agar diperoleh nilai linearitas yang lebih baik. Akan tetapi, untuk sensor serat optik *glass* berstruktur SMS dengan panjang multimode 7 cm memiliki linearitas yang sangat baik saat diukur dengan suhu 57°C. Berikut ini merupakan contoh hubungan *error* dari nilai rugi daya yang terjadi berdasarkan hasil eksperimen terhadap hasil simulasi pada tekanan 73 TPa dan suhu 57°C yang dapat ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan *error* dari nilai rugi daya yang terjadi berdasarkan hasil eksperimen terhadap hasil simulasi pada tekanan 73 TPa dan suhu 57°C

| Metode          | Sensor serat optik silica berstruktur SMS |                |
|-----------------|---|----------------|
|                 | Multimode 6,5 cm                          | Multimode 7 cm |
| Eksperimen (dB) | 2,310                                     | 2,705          |
| Simulasi (dB)   | 2,263                                     | 2,670          |
| Error (%)       | 2,060                                     | 1,301          |

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

panjang multimode 7 cm lebih layak untuk digunakan sebagai sensor tekanan dan suhu.

#### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil eksperimen, menunjukkan bahwa pada serat optik *glass* berstruktur SMS dengan panjang multimode 7 cm memiliki linearitas yang lebih baik daripada panjang multimode 6,5 cm terutama pada suhu 57°C. Selain itu, *error* dari nilai rugi daya yang terjadi berdasarkan hasil eksperimen terhadap hasil simulasi untuk panjang multimode 7 cm pada sensor serat optik *glass* berstruktur SMS memiliki *error* yang lebih kecil daripada panjang multimode 6,5 cm. Oleh karena itu, pada serat optik *glass* berstruktur SMS dengan panjang multimode 7 cm lebih layak untuk digunakan sebagai sensor tekanan dan suhu.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ihwani, H. L. (2017). Perancangan Sensor Arus Listrik Searah (DC) Berbasis Serat Optik Berstruktur Singlemode-Multimode-Singlemode (SMS) Menggunakan Optical Time Domain Reflectometer (OTDR). *Tugas Akhir, Jurusan Teknik Fisika-FTI-ITS, Surabaya*.
- Puspita, Ika. 2014. Rancang Bangun Sensor Beban Berbasis Serat Optik Singlemode-Multimode-Singlemode Menggunakan High Density Polyethylene Sebagai Material Penahan Beban. Surabaya: *Diss. Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Priawan Siregar, A. C. (2016). Pengaruh Pergeseran Pada Pengukuran Suhu Berbasis Sensor Serat Optik Berstruktur SMS (Singlemode-Multimode-Singlemode) dan OTDR. *Scan: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi, 11(1)*, 13-18.
- Riska, V. P. E., Yermadona, H., & Putra, Y. (2022). Identifikasi Faktor-faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas Jalan Raya Bukittinggi-Medan Km 8 Agam. *Ensiklopedia Research and Community Service Review, 2(1)*, 311-318.
- Satria, A., & Febrianti, D. (2022). 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, 4(1)*, 92-98.
- Siregar, A. C. P. 2015. Pendeteksian Pola Interferensi Cahaya Pada Serat Optik Multimode Graded Index Menggunakan Otdr (Optical Time Domain Reflectometer). In *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*.
- Siregar, A. C. P. (2015). Pengaruh Strain Pada Pengukuran Suhu Berbasis Sensor Serat Optik Berstruktur Sms (Singlemode-Multimode-Singlemode) Dan Otdr (Optical Time Domain Reflectometer). Universitas Negeri Surabaya: *Seminar Nasional Fisika 2015*.
- Siregar, A. C. P. (2016). Rancang Bangun Sensor Strain Menggunakan Metode Interpolasi Lagrange Berbasis Serat Optik Berstruktur SMS (Singlemode-Multimode-Singlemode) dan OTDR. *Prosiding SENIATI, 2(2)*, 97-B.
- Siregar, A. C. P., & Sulaksono, D. H. (2017, October). Perancangan Sensor Pergeseran Menggunakan Metode Interpolasi Lagrange Berbasis Serat Optik Berstruktur SMS (Singlemode-Multimode-Singlemode). In *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan V*.
- Siregar, A. C. P., & Sulaksono, D. H. (2017). Perancangan Sensor Suhu menggunakan Metode Interpolasi Lagrange Berbasis Serat Optik Berstruktur Sms (Singlemode-Multimode-Singlemode). *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA), 1(2)*, 34-39.
- Siregar, A. C. P. (2018). *Fisika Dasar Jilid 1: Mekanika Dasar* (Vol. 1). CV. Kanaka Media.
- Siregar, A. C. P., & Hatta, A. M. (2022). *The Effect of Temperature on Strain Measurement Based on SMS (Singlemode-Multimode-Singlemode) Fiber Structure and OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)* (No. 9411). EasyChair.
- Siregar, A. C. P. (2022). *Fisika Dasar Jilid 2: Mekanika Lanjut* (Vol. 2). CV. Kanaka Media. Siregar, A. C. P. (2022, December). Desain Sensor Stress Berbasis Serat Optik Glass Berstruktur SMS (Singlemode-Multimode-Singlemode). In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral* (Vol. 2, No. 1, pp. 1141-1146).
- Sulaksono, D. H., & Siregar, A. C. P. (2018). Komputasi Penentuan Kualitas pada

- Fiber Optik Berdasarkan Rugi Daya dengan Gaussian Naive Bayes Menggunakan Teknologi CUDA. *Jurnal Iptek*, 22(2), 35-42.
- Tamimah, N. M. (2019). Analisa Hubungan Laju Aliran Massa Pasir Terhadap Laju Erosi Pipa pada Fasilitas Pengolahan Gas Bumi Menggunakan Interpolasi Lagrange. *Scan: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 14(3), 21-26.
- Yunifar, R. I., & Prajitno, G. (2016). 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*, 4(2).