

ISBN 978-979-028-785-3

**PROSIDING**

# SEMINAR NASIONAL FISIKA 2015

**Peningkatan Kualitas Riset Bidang Fisika dan Pendidikan Fisika  
untuk Memantapkan Strategi Menghadapi MEA 2015**

**Surabaya, 28 November 2015**



Supported By:



Wardāh KOMPAS  
cosmetic



# **PROSIDING**

## **SEMINAR NASIONAL FISIKA 2015**

**"Peningkatan Kualitas Riset Bidang Fisika dan Pendidikan Fisika untuk Memantapkan Strategi Menghadapi MEA 2015"**

**Surabaya, 28 November 2015**

### **Reviewer:**

**Prof. Dr. Budi Jatmiko, M.Pd.**

**Prof. Dr. Madlazim, M.Si.**

**Dr. Supriyono, M.Sc.**

**Tjipto Prastowo, Ph.D.**

**Z.A. Imam Supardi, Ph.D.**

## *Susunan Panitia*

### SEMINAR NASIONAL FISIKA 2015

<b>Pelindung</b>	: Prof. Dr. Suyono, M.Pd. (Dekan FMIPA)
<b>Penanggung Jawab</b>	: Prof. Dr. Madlazim, M.Si. (Ketua Jurusan Fisika)
<b>Ketua</b>	: Dr. Munasir, S.Si., M.Si.
<b>Sekretaris</b>	: Endah Rahmawati, S.T., M.Si.
<b>Bendahara</b>	: Nugrahani Primary Putri, M.Si.

#### **Tim Kesekretariatan :**

1. Utama Alan D, M.Pd., M.Si.
2. Mukhayyarotin Niswatin R.J., M.Pd.
3. Meta Yantidewi, M.Si.
4. Nurita Apridiana Lestari, M.Pd.
5. Agoes Soepriono, S.T.

#### **Tim Reviewer Abstrak/Makalah :**

1. Prof. Dr. Budi Jatmiko, M.Pd.
2. Prof. Dr. Madlazim, M.Si.
3. Z.A. Imam Supardi, Ph.D.
4. Tjipto Prastowo, Ph.D.
5. Dr. Munasir, M.Si.
6. Drs. Supriyono, M.Sc.

#### **Tim Moderator Pleno :**

1. Dr. Wasis, M.Si.
2. Tjipto Prastowo, Ph.D.

#### **Tim Publikasi & Dokumentasi :**

1. Abdul Kholiq, S.Pd.
2. Dzulkifli, MT.
3. Drs. Supardiyono, M.Si
4. Drs. Hainur Rasyid Achmadi, MS.

#### **Tim Perlengkapan :**

1. Drs. Imam Sucahyo, M.Si.
2. Joko Puji Santoso, S.T.
3. H. Chanaki, S.T.
4. Supardi, S.T.
5. Sigid Suprijadi
6. Ponidi
7. Afrian Nurhidayat

#### **Tim Acara/Sidang :**

1. Woro Setyarsih, S.Pd., M.Si.
2. Diah Hari Kusumawati, M.Si.
3. Lydia Rohmawati, M.Si.
4. Dra. Madewi Mulyaratna, M.Si.
5. Abu Zainudin, S.Pd.
6. Setyo Admoko, M.Pd.
7. Drs. Dwikoranto, M.Pd.

**Tim Sponsor/Humas:**

1. Drs. Alimufi Arief, M.Pd.
2. Dra. Titin Sunarti, M.Si.
3. Drs. Rudy Kustijono, M.S.

**Pembantu Pelaksana :**

1. Dra. Sri Rokhayati, M.M.
2. Robbiyatul Jannah
3. Joko Yoeliyanto, S.T.

**Tim Konsumsi :**

1. Dra. Suliyannah, M.Si.
2. Dra. Hermin Budiningarti, M.Pd.
3. Irma Mahardiyaning R, S.E.
4. Kusuma Ayu N.I., S.H.

**Tim Keamanan/Parkir :**

1. Sanaji
2. Dio Arisandi Pratama
3. Sujatmiko

**Tim Penyusun/Editor Naskah Prosiding :**

1. Nurita Apridiana Lestari, M.Pd.
2. Meta Yantidewi, M.Si.
3. Utama Alan D, M.Pd., M.Si.

**Tim Desain Cover Prosiding :**

1. Abdul Kholiq, S.Pd., M.T.

## *Kata Pengantar*

*Bismillahirrohmanirrohiim,  
Assalamualaikum Wr. Wb.*

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, Buku Prosiding Seminar Nasional Fisika (SNF) 2015 yang mengangkat tema "Peningkatan Kualitas Riset Bidang Fisika dan Pendidikan Fisika untuk Memantapkan Strategi Menghadapi MEA 2015" dapat diterbitkan. Buku Prosiding ini memuat seluruh artikel yang dipresentasikan di Seminar Nasional Fisika 2015. Adapun artikel penelitian yang dipresentasikan ini merupakan hasil-hasil penelitian baik dalam bidang Pendidikan Fisika maupun Fisika (*Material, Instrumentasi, Optik, Komputasi-Teori, dan Fisika Bumi*) oleh para peneliti dari berbagai universitas dan lembaga riset di Indonesia.

Perguruan Tinggi memiliki peran penting dalam menghadapi MEA 2015 diantaranya melalui kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat, publikasi karya ilmiah penelitian dan pengabdian kepada masyarakat baik dalam bentuk seminar atau konferensi maupun artikel dalam jurnal ilmiah nasional terakreditasi atau jurnal internasional (*ber-impact factor*). Melalui seminar nasional ini, hasil-hasil penelitian dalam bidang Fisika maupun Pendidikan Fisika yang terkait dengan isu-isu strategis nasional dapat dipublikasikan secara luas, sehingga dapat menjadi alternatif solusi dari permasalahan serius yang sedang dihadapi bangsa Indonesia saat ini.

Kritik dan saran senantiasa kami harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga buku prosiding ini dapat bermanfaat bagi pembaca dalam menambah ilmu pengetahuan. Akhir kata kepada semua pihak yang telah membantu, kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamualaikum, Wr. Wb.*

Surabaya, 28 Nopember 2015

Tim Penyusun

## *Kata Sambutan*

*Assalamualaikum Wr. Wb.*

Semangat pagi para pemakalah, peserta, dan undangan. Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena pada hari ini, Sabtu, 28 Nopember 2015 Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Surabaya dapat menyelenggarakan Seminar Nasional (SNF-2015) dengan tema "*Peningkatan Kualitas Riset Bidang Fisika dan Pendidikan Fisika untuk Memantapkan Strategi Menghadapi MEA 2015*". Tema ini diambil karena pada akhir tahun 2015 ini negara-negara ASEAN telah menetapkan mulai berlakunya MEA, dan semangat UNESA untuk terus berkarya untuk negeri dalam menyiapkan tenaga terampil dibidangnya. Tujuan penyelenggaraan seminar ini memberikan kesempatan kepada para pendidik, peneliti, pemerhati bidang pendidikan fisika dan ilmu fisika, untuk berbagi / *sharing* hasil penelitian dan atau hasil kajian literatur (pengembangan teori). Panitia SNF-2015 menyampaikan terima kasih kepada pembicara utama yang telah bersedia berbagi ilmu dengan kita semua, yaitu: Prof. Dr. Darminto, M.Sc. (Guru Besar Fisika ITS); Prof. Dr.Eng. Mikrajuddin Abdullah, M.Si. (Guru Besar Fisika ITB); dan Prof. Dr. Madlazim, M.Si. (Guru Besar Fisika UNESA), dan para pemakalah yang berasal dari berbagai perguruan tinggi dan institusi lembaga riset terkait di seluruh tanah air, yang telah berkenan berbagi/*sharing* ilmunya untuk peningkatan ilmu, pengetahuan, pengalaman dan kerjasama. Penyelenggaraan seminar ini diharapkan memberikan manfaat pada pengembangan ilmu pengetahuan fisika dan pendidikan fisika, sehingga dapat berpartisipasi lebih aktif dalam pengembangan ilmu sekaligus siap menghadapi tantangan di era MEA dan persaingan global yang sudah didepan mata. Perkembangan ilmu fisika yang berkualitas dengan diikuti perkembangan pendidikan fisika sangat diharapkan masyarakat baik secara keilmuwan maupun dalam kehidupan praktis. Akhirnya semoga seminar ini bermanfaat dan memberikan kontribusi secara aktif dalam pengembangan ilmu fisika dan pendidikan fisika di Indonesia.

*Wassalamualaikum. Wr. Wb.*

Surabaya, 28 Nopember 2015

Ketua Panitia SNF

Dr. Munasir, M.Si.

# Daftar Isi

## Halaman

SUSUNAN PANITIA SEMINAR NASIONAL FISIKA 2015 .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
KATA SAMBUTAN .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii

### *Pemakalah Utama*

1. Struktur Cacat dan Sifat Bahan Serta Pemanfaatannya .....	1
<b>Darminto</b>	
2. Menggapai Peluang Publikasi Internasional dalam Kondisi Fasilitas Terbatas.....	2
<b>Mikrajuddin Abdullah</b>	
3. Pengembangan Program Komputer untuk Mendeteksi Hidrokarbon dan Kedalamannya Menggunakan Noise Sinyal Gempabumi (Passive Seismik) .....	9
<b>Madlazim</b>	

### *Pemakalah Paralel*

#### A. BIDANG PENDIDIKAN FISIKA

##### I. Pembelajaran

1. (P1) Pembelajaran Fisika Menggunakan Model <i>Team Accelerated Individualition</i> (TAI) Melalui Metode <i>Learning Cycle</i> dan <i>Hands On Activity</i> dengan Memperhatikan Berpikir Kritis Siswa <b>Khaerus Syahidi, Laxmi Zahara</b> .....	10
2. (P2) Implementasi Pembelajaran Kooperatif Melalui <i>Lesson Study</i> Ditinjau Dari Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Program Study Pendidikan Fisika <b>Laxmi Zahara</b> .....	17
3. (P4) Kajian Teoritis: Strategi <i>Scaffolding</i> Konseptual dalam Pembelajaran <i>Group Investigation</i> untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Fisika Siswa <b>Rindu Rahmatiah, Supriyono Koes H, Sentot Kusairi</b> .....	21
4. (P5) Penerapan Pendekatan Savi ( <i>Somatic Auditory Visual Intellectual</i> ) Dalam <i>Setting Guided Discovery Learning</i> Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa <b>Misbah, Mustika Wati, Arwina Septiani</b> .....	29
5. (P6) Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe <i>Team Games Tournament</i> (TGT) Berbantu Media Animasi Untuk Meningkatkan Keterampilan Sosial Siswa <b>Mustika Wati, Sri Hartini, Wiranti Erliani</b> .....	36
6. (P7) Literasi Sains Siswa SMP Negeri 1 Sumobito Pada Pokok Bahasan Indera Penglihatan dan Alat Optik <b>Ali Mustofa, Dhita Ayu Permatasari</b> .....	44
7. (P8) Inspirasi Fisika Minteri Sebagai Inovasi Pembelajaran Sains Dalam Menyongsong MEA <b>Handoyo Saputro</b> .....	50
8. (P9) Gambaran Pengenalan Model Pembelajaran QODE (Questioning, Organizing, Doing and Evaluating) Pada Guru IPA SMP di Kabupaten Probolinggo <b>Retno Irawati</b> .....	55

9.	(P13) Penerapan Pembelajaran Model PBI ( <i>Problem Based Instruction</i> ) Untuk Melatihkan Literasi Sains Pada Materi Fluida Statis <b>Julia Diah Kartika</b> , Wasis .....	59
10.	(P14) Pengaruh Model Pembelajaran GI dengan <i>Scaffolding</i> Terhadap Penguasaan Konsep Fisika Siswa Kelas X SMA Negeri 2 Pamekasan <b>Khalifatur Rahman</b> , Wartono, Parno, Mabruratul Hasanah .....	67
11.	(P16) Penggunaan Strategi Pembelajaran Berbasis <i>Multiple Intelegence</i> Dalam Peningkatan Hasil Belajar Fisika <b>Yola Allan Sembiring</b> .....	72
12.	(P17) Pemahaman Konsep Praktikum Fisika Dasar Berbasis Keterampilan Proses dan Penalaran Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika Unesa <b>Rudy Kustijono</b> .....	77
13.	(P19) Pelatihan Praktikum IPA Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Guru SD di Kabupaten Ponorogo <b>Asnawi</b> , Suliyanah dan Madewi Mulyanratna .....	88
14.	(P20) Analisis Pendekatan Sainifik Pada Model Pembelajaran Orisinal (Orientasi-Instruksional) dalam Pembelajaran Fisika di SMA <b>Sugiono</b> .....	92
15.	(P22) Penerapan Model <i>Gallery Of Learning</i> Materi Sistem Pernapasan Dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas XI IPA Madrasah Aliyah Bilingual Batu <b>Rikha Mas'ulah</b> .....	97
16.	(P24) Peningkatan Kinerja Produk dan Proses Calon Guru Fisika Melalui Penerapan Strategi Pembelajaran Terrpadu <b>Dwikoranto</b> , Madlazim .....	100

## II. Evaluasi

17.	(E1) Analisis Kesalahan Mahasiswa Pendidikan IPA dalam Menyelesaikan Materi Kinematika dan Dinamika Partikel <b>Fatimatul Munawaroh</b> .....	106
18.	(E2) Pengayaan Materi Fisika Bagi Guru-guru Fisika Melalui Contoh Terapan Dalam Kehidupan Sehari-hari <b>Faridawati</b> , Diky Anggoro, Nurrisma, Linda Silvia .....	111
19.	(E3) Kesulitan Pemecahan Masalah Fisika pada Siswa SMA <b>Rismatul Azizah</b> , Lia Yuliati, Eny Latifah .....	115
20.	(E4) Studi Korelasi antara Kemampuan Matematika dengan Hasil Belajar Fisika di SMA PGRI Sumberrejo Bojonegoro Tahun Ajaran 2014/2015 <b>Alfi Nurlailiyah</b> , Utama Alan Deta .....	121
21.	(E5) Pengembangan Instrumen Penilaian Diagnostik Bentuk Pilihan Ganda 2 Tingkat untuk Mengetahui Kelemahan Pemahaman Konsep Materi Kalor Siswa Kelas X-7 SMA Laboratorium UM <b>Khoirun Nisa'</b> Retno Ning Tiyas, Muhardjito, Kadim Masjkur.....	126.
22.	(E6) Kemampuan Kognitif dan Faktor-Faktor Kesulitan Belajar Fisika pada Siswa SMA <b>Alfiyah Nur Jannah</b> , Lia Yuliati, Parno .....	134
23.	(E7) Uji Pemahaman Konsep Fisika Berbasis KPS Dasar Pada Siswa Jurusan Multimedia Di SMK Negeri 12 Surabaya	



	<b>Elok Wiwin Herowati Mas'udah</b> .....	140
24.	(E8) Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa Pada Materi Fluida Statis Menurut Taksonomi <i>Structure Of The Observed Learning Outcome</i> (SOLO) <b>Nurul Dwi Pratiwi, Woro Setyarsih</b> .....	148
25.	(E9) Identifikasi Kesulitan Siswa dalam Pembelajaran Fisika SMA <b>Ike Lusi Meilina, Supriyono Koes H, Muhardjito</b> .....	153
26.	(E10) Identifikasi Miskonsepsi Siswa SMA pada Materi Suhu dan dan Kalor serta Kemungkinan Penyebabnya <b>Sri Nurul Wahidah S, Sentot Kusairi, Siti Zulaikah</b> .....	158
27.	(E11) Studi Performasi Literasi Sains Peserta Didik Melalui Penerapan Metode Multirepresentasi Pada Materi Kalor dan Penerapannya <b>Chaerul Rochman, Evi Siti Annisa, Heni Rusnayati</b> .....	164
28.	(E12) Pengembangan Kurikulum PraS2 Sinteks untuk Persiapan Magister Bidang Strategis dalam Rangka Implementasi MP3EI <b>Lilik Hendrajaya, Melania Suweni Muntini, Ikahning, Haerul Ahmadi</b> .....	168
<b>III. Media</b>		
29.	(M1) Modul Pembelajaran Fisika di SMK <b>Naily Dinul Qoyyimah</b> .....	172
30.	(M3) Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) Praktikum Fisika Berbasis Proses Keterampilan Sains Pada Materi Medan Magnet <b>Adi Putra, I Made Astra, Esmar Budi</b> .....	177
31.	(M4) Pengembangan Lembar Kerja Siswa dan Set Praktikum Fisika Berbasis Keterampilan Proses Sains Pada Materi Arus Bolak-Balik <b>Istiqomah Assabi</b> .....	181
32.	(M5) Pengembangan Alat Peraga Dilengkapi Laboratory Work Sheets Pada Materi Fluida Dinamis <b>Sri Hartini, Mustikawati, Cahya Reviana</b> .....	184
33.	(M6) Implementasi Lab Maya di SMA Hangtuah 4 Surabaya <b>Bachtera Indarto, Gontjang Prajitno, Hasto Sunarno, M. Arief Bustomi</b> .....	189
34.	(M7) Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Media Pembelajaran Elektronik ( <i>E-Learning</i> ) <b>Syubhan An'nur, Sri Hartini, Gazali Rahman</b> .....	192
35.	(M8) Perancangan Media Pembelajaran Fisika Berupa Modul Elektronik Menggunakan Software Ispring Presenter 7 Dan Adobe Flash Cs 6 Pada Materi Suhu Dan Kalor Untuk Siswa SMA Kelas X <b>Usman Abdillah, Robi Arsadani W</b> .....	198
36.	(M9) Gagasan : Pengembangan E-book IPA Terpadu Pada Pokok Bahasan Pelihatan dan Pendengaran <b>Edy Widodo</b> .....	208
37.	(M10) Pengembangan Alat Peraga Gerak Melingkar Pada Hubungan Roda-Roda Sebagai Media Pembelajaran Fisika Kelas X SMA <b>Listya Kurnia, Desnita, Raihanati</b> .....	216
38.	(M11) Pengembangan Media Pembelajaran Menggunakan Program Macromedia Flash 8 Pada Mata Kuliah IPA 2 Materi Gelombang <b>Ana Yuniasti Retno Wulandari</b> .....	221
39.	(M12) Pengembangan Simulasi Komputer untuk Pembelajaran Hukum I, II, dan III Newton dan Menggunakan <i>Open Source Easy Java Simulations</i> <b>Dyah Permata Sari, Madlazim</b> .....	225

40. (M13) Peningkatkan Minat Belajar Siswa SMP Pada Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam melalui Laboratorium Alam  
**Melania S. Muntini**, Linda Sylvia, Diky Anggoro, Iim Fatimah, Nurisma Puspitasari, Faridawati ..... 229
41. (M15) Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Dalam Pembelajaran Berbasis Masalah Dipadukan Dengan *Game Make And Match*  
**Farhadi**, Eka Lestari..... 234

## B. BIDANG FISIKA

### I. Instrumentasi

42. (FI1) Distribusi Intensitas Sinar-Sinar Hasil Interferensi Young: Koreksi Lebar Celah Pada Interferensi Young Terhadap Pembentukan Pola Gelap-Terang Pada Layar  
**Taat Guswantoro**..... 242
43. (FI2) Kajian Stimulator Akupunktur dan Pembekalan Konsep Fisika Bagi Mahasiswa Akademi Akupunktur Surabaya di Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Pelayanan Akupunktur (LP3A) Surabaya  
**Sudarsono**, Yono Hadi Pramono, Hasto Sunarno, Bachtera Indarto Diky Anggoro, Iim Fatimah, Linda S ..... 247
44. (FI3) Pengaruh Konstanta Kosmologi Pada Fenomena Perihelion Shift Merkurius Dengan di Ruang Waktu Schwarzschild de-Sitter  
**Philin Yolanda Dwi Sagita**, Bintoro Anang Subagyo ..... 251
45. (FI4) Klasifikasi *Unspoken-Speech* pada Sinyal Otak Berbasis Transformasi *Wavelet* dan Jaringan Saraf Tiruan (JST)  
**La Febry Andira Rose Cynthia**, Endah Purwanti, Andi Rahmadiansah ..... 255
46. (FI5) Solusi Analitik Persamaan Dirac Untuk Potensial Rosen Morse Hiperbolik Terdeformasi- $q$  Pada Kasus Pseudospin Simetri Bagian Radial Menggunakan Metode Iterasi Asimtotik  
**Subur Pramono**, Suparmi, Cari, Beta Nur Pratiwi ..... 262
47. (FI6) Analisis Persamaan Dirac Untuk Potensial Posch-Teller Hiperbolik Terdeformasi-Q Pada Kasus Spin Simetri Bagian Radial Menggunakan Metode Iterasi Asimtotik  
**Yuniar Alam**, Suparmi, Cari ..... 270
48. (FI7) Pengukuran Koefisien Muai Volume Minyak Nabati Berdasarkan Relasi Linier Antara Perubahan Volume dan Perubahan Temperatur  
**Meta Yantidewi**, Tjipto Prastowo, Alimufi Arief..... 275
49. (FI8) Perancangan Alat Elektrokardiograf sebagai Alat Monitoring Detak Jantung  
**Fitri Rohmaisa**, Endah Rahmawati, Imam Sucahyo ..... 279
50. (FI9) Analisis Pengaruh Penambahan Kerai Terhadap Kualitas Akustik Ruang Dan Pencahayaan Di Pemukiman Rumah Susun Urip Sumoharjo Surabaya  
**Ayu Sholah**, Susilo Indrawati, Didiek Basuki Rahmat, Diky Anggoro, Gontjang Prajitno ..... 284
51. (FI11) Perancangan Kit Pengukuran Debit Air Menggunakan Venturimeter dan Water Flow Sensor  
**Muchammad Sholachuddin Al Ayubi**, Dzulkifli, Endah Rahmawati..... 289
52. (FI13) Pengaruh Strain Pada Pengukuran Suhu Berbasis Sensor Serat Optik Berstruktur SMS (Singlemode-Multimode-Singlemode) dan OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)  
**Aslam Chitami Priawan Siregar** .....293
53. (FI14) Analisis Perbandingan Penggunaan *LASER* dan *LED* sebagai Sumber Cahaya pada Sensor Berat Berbasis Optik  
**Rini K. Ula**, Dwi Hanto, Bambang Widiyatmoko ..... 301
54. (FI15) Karakteristik Reaktor Produksi Ozon

	Suraidin, Muhammad Nur.....	305
55.	(FI18) Pemetaan Struktur Bawah Permukaan Untuk Penentuan Sumber Air Tanah Dengan Menggunakan Metode Electrical Resistivity Tomography (ERT) Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger <b>Eko Minarto</b> .....	309
56.	(FI21) Microba Fuel Cells Dengan Memanfaatkan Kulit Durian Sebagai Sumber Energi Ramah Lingkungan <b>Rahayuningtyas, M. Rizal Fauzi Admojo, Endang Lutfiati, Lidya Rohmawati</b> .....	313
57.	(FI22) Implementasi Finite State Machine (FSM) pada Perancangan Optical Power Meter Menggunakan Arduino <b>Dwi Hanto, A. R. Permata sari, T.B. Waluyo</b> .....	319

## II. Kebumihan

58.	(FB1) Pengembangan Fisika Kontekstual Migas untuk Analisis Mekanika Fluida Aliran Reservoir ke Permukaan <b>Aurista Miftahatul Ilmah, Lilik Hendrajaya</b> .....	324
59.	(FB2) Integrasi Polarisasi Impedansi Elektromagnetik dan Konsentrasi Gas Radon Sebagai Prekursor Gempabumi (Studi Kasus Gempabumi di Selatan Jawa Bagian Barat) <b>Angga Setiyo Prayogo, Suliyanti Pakpahan</b> .....	327
60.	(FB3) Peramalan dan Analisa <i>Inflow Performance Relationship</i> (IPR) Pada Kondisi Tekanan Reservoir di Atas Tekanan Bubble Point <b>Ria Dwi Izahyanti, Drady Mica Oryza Bagaswara, Lilik Hendrajaya</b> .....	334
61.	(FB4) Konstanta Atenuasi, Intensitas Gempabumi dan Percepatan Getaran Tanah Pulau Lombok, Nusa Tenggara Timur Tahun 2015 <b>Urip Nurwijayanto Prabowo, Januar Arifin</b> .....	339
62.	(FB5) Rancangbangun Sistem Akuisisi Data Peak Ground Acceleration Sebagai Instrumen Ukur Intensitas Gempabumi (Studi Awal) <b>Angga Setiyo Prayogo, Rendy Artha Luvian, Pupung Susilanto</b> .....	343
63.	(FB6) Relokasi Hiposenter Gempabumi dan Implikasi Terhadap Seismotektonik di Wilayah Nusa Tenggara Barat <b>Kevin Devalentino, Bambang Sunardi</b> .....	349
64.	(FB7) Anomali Total Electron Content (TEC) Sebelum Gempabumi Kuat di Indonesia Tahun 2014 <b>Bambang Sunardi, Buldan Muslim, Suliyanti Pakpahan</b> .....	356
65.	(FB8) Analisis Impedansi Akustik Seismik Untuk Identifikasi Penyebaran Reservoir Di Formasi Gumai, Jambi <b>Herman Santoso Pakpahan, Lilik Hendrajaya</b> .....	363

## III. Material

66.	(FM1) Analisis Tafel Cat-PANI/SiO <sub>2</sub> Sebagai Material Pelapis Anti-Korosi Baja Karbon pada Medium 3,5% NaCl <b>AA Zuhri, Munasir</b> .....	368
67.	(FM2)Perubahan Nilai Kekerasan, Resistivitas, Dan Konduktivitas Subtrat Aluminium Dengan Metode <i>Sputtering</i> Terhadap Variasi Suhu <b>Handoyo Saputro</b> .....	373
68.	(FM3) Sintesis dan Karakterisasi Sifat Listrik-Magnet Paduan Polianilin-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> <b>Diah Hari Kusumawati</b> .....	377
69.	(FM4) Studi Awal Karakteristik Fotoluminesensi Larutan Karbon Nanopartikel ( <i>Carbon Nanodots, CNDs</i> )	

	<b>Ririn Nurjanah, Bebeh Wahid Nuryadin</b> .....	383
70.	<b>(FM5) Studi Awal Sintesis Fosfor Boron Karbon Oksinitrida (BCNO) Pendaran Biru Menggunakan Pemasanasan Sederhana</b> <b>Ahmad Ridwan Sidiq, Bebeh Wahid Nuryadin</b> .....	386
71.	<b>(FM6) Pengaruh Penambahan Logam Cu Terhadap Dye Organik Berbahan Beras Hitam Sebagai Fotosensitizer Di Dalam Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)</b> <b>Ulfa Mahfudli Fadli, Cari, Agus Supriyanto, Ashari Bayu Prasada</b> .....	390
72.	<b>(FM7) Pengaruh Penyisipan Logam Besi (III) Sulfat Dalam Ekstrak Ketan Hitam (<i>Oriza sativa Glutinosa</i>) Sebagai Dye Fotosensitizer</b> <b>Ashari Bayu Prasada, Cari, Agus Supriyanto, Ulfa Mahfudli Fadli</b> .....	397
73.	<b>(FM8) Analisa Ukuran Butir Serbuk LFP (Lithium Ferrophospate) Setelah Perlakuan Sintering Dan Milling</b> <b>Qolby Sabrina, Titik Lestariningsih</b> .....	405
74.	<b>(FM9) Penumbuhan Lapisan Tipis Barium Titanat (BT) doping Zirkonium dengan Metode <i>Chemical Solution Deposition</i></b> <b>Herlin, M.D., Yofentina Iriani, Ari Handono Ramelan</b> .....	410
75.	<b>(FM10) Perbaikan Kualitas Permukaan Baja JIS S45C Hasil Proses <i>Electroplating</i> Nikel pada Aplikasi Material <i>Cryogenic</i></b> <b>Mochammad Ahied, Hairil Budiarto</b> .....	414
76.	<b>(FM11) Sifat Optis kaca Tellurite dengan Komposisi TZPBN:Er</b> <b>Mukhayyarotin Niswati Rodliyatul Jauhariyah, Ahmad Marzuki, Cari, Samsul Hidayat</b> .....	420
77.	<b>(FM13) Penentuan Aktivitas Fotokatalis Dan Nilai Energi Gap <math>TiO_2/SiO_2/PVA</math></b> <b>Akhmad Kurniawan, Nugrahani Primary Putri</b> .....	426
78.	<b>(FM14) Sintesis Lapisan Tipis PANi/PVA dengan Metode <i>Spin Coating</i></b> <b>Ria Novita, Nugrahani Primary Putri</b> .....	430
79.	<b>(FM15) Sintesis dan Karakterisasi Material <math>Li_5FeO_4</math>, PVDF Dan Karbon Aktif Dengan Aktivasi HCL Sebagai Katoda Baterai Li-ION</b> <b>Z.A.Imam Supardi dan Rr. Riesty Anindita Rachmadani Rahardjo</b> .....	434
80.	<b>(FM16) Pengaruh Variasi Erbium Terhadap Sifat Fisik Kaca Er:TBZ</b> <b>Rudi Susanto, Ahmad Marzuki, Wiji Lestari</b> .....	440

## Pengaruh Strain Pada Pengukuran Suhu Berbasis Sensor Serat Optik Berstruktur SMS (Singlemode-Multimode-Singlemode) Dan OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)

ASLAM CHITAMI PRIAWAN SIREGAR<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya  
Email : aslam.chitami@itats.ac.id

**ABSTRAK:** Serat optik berstruktur singlemode-multimode-singlemode (SMS) telah banyak dikembangkan untuk berbagai jenis sensor. *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR) dapat mengukur rugi daya per unit panjang, serta menunjukkan letak suatu kesalahan pada sistem jaringan serat optik. Pada penelitian ini dikembangkan suatu teknik pengukuran suhu menggunakan serat optik berstruktur SMS dan OTDR. Sensor serat optik peka terhadap pengaruh *strain*. Perubahan *strain* dapat mengakibatkan *error* pada pengukuran suhu. Pada penelitian ini dilakukan kajian pengaruh perubahan *strain* terhadap pengukuran suhu dan dikaji koreksinya. Karakteristik dari setiap sensor serat optik berstruktur SMS yang telah dibuat menggunakan serat optik multimode dengan panjang 5,5 cm, 6 cm, 6,5 cm, dan 7 cm serta dengan penggunaan panjang gelombang operasinya, yaitu 1310 nm. Pengujian suhu yang diberikan pada serat optik berstruktur SMS yaitu 37°C, 47 °C, 57 °C, dan 67 °C. Pengaruh *strain* dilakukan dengan memberikan pergeseran dari 0 - 1000  $\mu\text{m}$  pada serat optik berstruktur SMS dengan variasi kenaikan setiap 100  $\mu\text{m}$ . Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahwa pada panjang serat optik multimode 5,5 cm sampai 7 cm dapat digunakan sebagai sensor *strain*. Adapun pengaruh *strain* pada semua panjang serat optik multimode mengakibatkan *error* pengukuran suhu. Pada panjang serat optik multimode 6,5 cm untuk pengukuran *strain* 1852  $\mu\epsilon$  menimbulkan *error* pengukuran 3,2 °C. Pada penelitian ini telah diusulkan koreksi terhadap *error* dengan cara menambahkan sebuah sensor *strain* SMS. Berdasarkan hasil pengukuran menunjukkan bahwa grafik yang paling linear terdapat pada panjang multimode 6 cm, sehingga dapat dilakukan koreksinya terhadap *strain* yang dapat menyebabkan *error* pada pengukuran suhu. Pada suhu 57°C *error* pengukuran akibat perubahan *strain* dari 1481  $\mu\epsilon$  sampai 1852  $\mu\epsilon$  sebesar 37,3°C dapat direduksi menjadi 14,9 °C.

**Kata Kunci:** Kata kunci: Serat optik SMS, OTDR, Strain, Suhu.

### PENDAHULUAN

Suhu merupakan besaran yang menyatakan derajat panas dingin suatu material yang dapat mempengaruhi perubahan bentuk atau volume dari material tersebut. Dalam penelitian ini, dibuat sebuah sensor suhu yang berbasis serat optik berstruktur SMS yang dapat digunakan pada suatu sistem monitor struktur bangunan. Serat optik digunakan karena memiliki berbagai keunggulan yaitu karena ukurannya yang kecil, dapat melewati cahaya, tahan terhadap interferensi elektromagnetik (EMI), pasif secara kimiawi, bandwidth yang lebar, sensitivitas yang tinggi, tidak terkontaminasi lingkungan, dan kemampuannya sebagai sensor terdistribusi maupun multipoint (Gholamzadeh, 2008).

Sensor serat optik peka terhadap pengaruh *strain* (Agus M. Hatta, 2010). Perubahan *strain* dapat mengakibatkan *error* pengukuran suhu. Pada penelitian ini akan dilakukan kajian pengaruh perubahan *strain* terhadap pengukuran suhu dan akan dikaji koreksinya. Koreksi yang diusulkan pada penelitian ini adalah menggunakan dua buah sensor serat optik SMS.

Sensor pertama untuk pengukuran suhu dan sensor yang kedua untuk *monitoring strain*, sehingga dapat diketahui besarnya nilai suhu karena adanya karakteristik *strain* tertentu. Teknik ini berpotensi untuk mengukur suhu pada beberapa titik (multi-point) sepanjang kabel serat optik. Dengan adanya metode pengukuran ini, diharapkan dapat digunakan untuk pengukuran suhu dengan biaya yang lebih murah serta adanya kemudahan fabrikasinya, sehingga dapat

mempunyai nilai pemanfaatan yang lebih tinggi.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Serat Optik Berstruktur SMS

Serat optik SMS (Single mode–Multimode–Single mode) merupakan suatu struktur yang terdiri dari serat optik singlemode yang identik yang secara aksial disambung di kedua ujung serat optik multimode seperti ditunjukkan Gambar 1

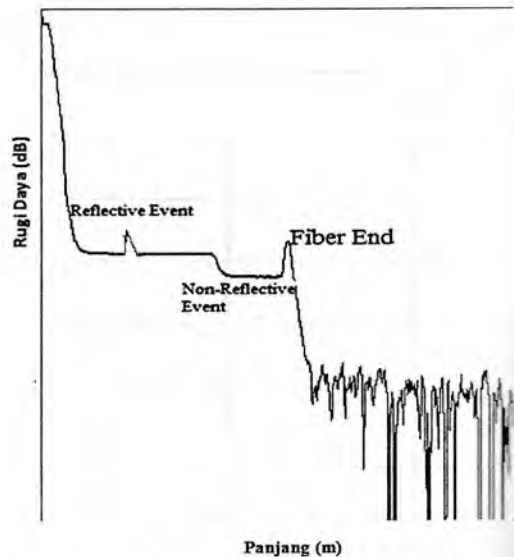


Gambar 1. Serat optik berstruktur SMS (Single mode–Multimode–Single mode).

Pada serat optik berstruktur SMS hanya *fundamental mode* yang ter-couple masuk pada input dan ter-couple keluar pada ujung serat optik multimode. Kondisi tersebut dapat terjadi ketika *spot size* dari *fundamental mode* dari serat optik singlemode dan multimode benar-benar cocok dan juga tidak ada *misalignment* aksial pada *splice* (sambungan). Jika kondisi tersebut tidak dapat dipenuhi, *high order mode* dari serat optik multimode akan tereksitasi atau ter-coupling keluar pada input/output ujung serat optik multimode. Sedangkan kinerja atau performansi dari serat optik berstruktur SMS sangatlah tergantung pada panjang gelombang operasi dan juga panjang dari serat optik multimode (Arun Kumar, et al. 2003).

### OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)

OTDR merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengevaluasi suatu serat optik pada domain waktu. OTDR dapat menganalisis setiap jarak dari *insertion loss*, *reflection*, dan *loss* yang muncul pada setiap titik, serta dapat menampilkan informasi pada layar tampilan berupa respon logaritmik. Selain itu, OTDR dapat mengukur redaman sebelum dan setelah instalasi sehingga dapat memeriksa adanya ketidaknormalan seperti bengkakan (*bend*) atau beban yang tidak diinginkan (Olaf Ziemann, et al. 2008).



Gambar 2. Bentuk tampilan pada layar OTDR.

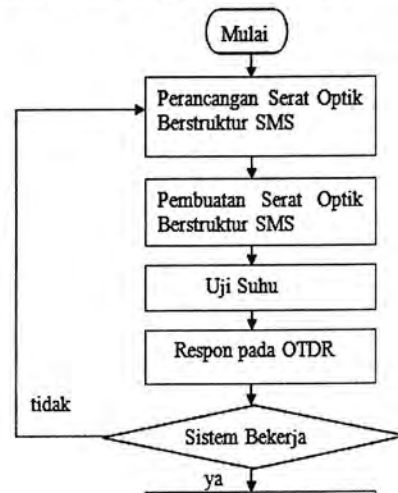
## METODE PENELITIAN

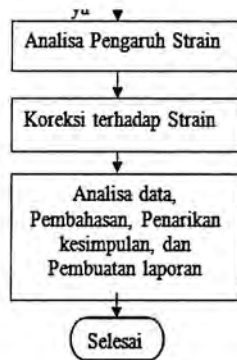
### Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah Serat optik singlemode step index (ITU-T Recommendation G652), multimode graded index (ITU-T Recommendation G651), lem alnico, dan empat buah lampu 5 W. Sedangkan alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah Fusion Splicer Fujikura FSM-505), Microdisplacement, HP E6000A Mini-OTDR, Fiber Cleaver FITEL Nc S324 Fiber Stripper Cromwell ct USA, termometer digital, dan jangka sorong digital.

### LANGKAH-LANGKAH PENELITIAN

Berikut ini merupakan langkah-langkah penelitian yang digambarkan dalam bentuk diagram flowchart





Gambar 3. Flowchart Penelitian

Pembuatan serat optik berstruktur SMS dilakukan dengan cara menyambungkan kedua ujung serat optik multimode dengan serat optik singlemode. Pada ujung serat optik yang akan disambung, dilakukan pengkupasan dengan menggunakan *Fiber Stripper Cromwell ct USA* pada lapisan *cladding*. Kemudian lapisan serat optik yang telah terkupas dibersihkan dengan menggunakan larutan alkohol, agar sisa hasil pengkupasan tidak mengganggu saat proses penyambungan. Lapisan serat optik yang telah dibersihkan, akan dilakukan pemotongan dengan menggunakan *Fiber Cleaver FITEC Nc S324*, agar ujung serat optik menjadi rapi dan tidak terjadi *misalignment* aksial saat penyambungan serat optik singlemode dan multimode. Setelah itu, antara dua ujung serat optik (baik Singlemode maupun Multimode) akan dilakukan penyambungan dengan menggunakan *FusionSplicer Fujikura FSM-505*. Kedua ujung serat optik akan terlihat pada layar yang ditampilkan oleh *FusionSplicer Fujikura FSM-505* dalam skala mikroskopis. Apabila ujung serat optik rapi dan sesuai dengan batas *range* yang telah di tentukan, maka penyambungan dapat dilakukan dengan baik dan akan diperoleh hasil yang lebih baik.

Setelah itu, dilakukan pengujian suhu pada serat optik yang berstruktur SMS. Uji suhu dilakukan dengan memberikan perlakuan suhu yang berbeda pada daerah serat optik yang berstruktur SMS yang kedua ujungnya direkatkan pada *microdisplacement* dan *statif* dengan menggunakan lem *altec* dengan pengujian *range* suhu sebesar 37°C – 67°C. Pada setiap kenaikan suhu sebesar 10 °C. Variasi suhu dilakukan dengan cara menggunakan

sebuah wadah yang terbuat dari bahan seng yang berisi empat buah lampu 5 W. Dimana pada suhu 37°C digunakan 1 bola lampu yang menyala, suhu 47°C digunakan 2 bola lampu yang menyala, suhu 57°C digunakan 3 bola lampu yang menyala, dan suhu 67°C digunakan 4 bola lampu yang menyala. (spesifikasi dari setiap *grade* pada *microdisplacement*). Sedangkan variasi *strain* dilakukan dengan memberikan *strain* pada daerah serat optik yang berstruktur SMS dengan pengujian *range* pergeseran sebesar 0-1000 µm. Pada setiap kenaikan pergeseran sebesar 100 µm (spesifikasi dari setiap *grade* pada *microdisplacement*). Kemudian dilakukan pengambilan data respon dan rugi daya yang terbaca pada OTDR. Rugi daya yang dianalisa pada penelitian ini adalah rugi daya dari serat optik berstruktur SMS. Sedangkan parameter-parameter pengukuran OTDR yang digunakan dalam pengukuran ini dipilih sebagai berikut :

OTDR Type	: Agilent Mini OTDR E6000C
Wavelength	: 1314 nm
Pulsewidth	: 300 ns
Range	: 0-2 km
Marking	: A = 275,0 m B = 320,8 km B-A = 45.8 m
Optimize	: Dynamic
Averaging Time	: 10 s
Sampling Distance	: 15,90 cm
index of refraction	: 1,47180

Oleh karena serat optik peka terhadap pengaruh *strain*, maka perubahan *strain* dapat mengakibatkan *error* pengukuran suhu, sehingga rugi daya yang terjadi pada serat optik tidak hanya disebabkan suhu tetapi juga disebabkan karena adanya pengaruh *strain* pada sistem pengukuran. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan kajian pengaruh perubahan *strain* terhadap pengukuran suhu dan dikaji koreksinya.

#### METODE ANALISIS DATA

Data hasil penelitian berupa *loss* daya yang ditimbulkan akibat adanya suhuyang terjadi pada serat optik dan pengaruh *strain*

pada sistem pengukuran menggunakan OTDR.

Untuk menghitung besarnya besarnya nilai suhu dan *strain* yang terbaca pada OTDR, maka dapat digunakan persamaan :

$$\Delta O_1 = a_1 \Delta T + b_1 \Delta S \quad (1)$$

$$\Delta O_2 = a_2 \Delta T + b_2 \Delta S \quad (2)$$

Dimana  $O_1$  merupakan *loss* yang di timbulkan pada serat optik SMS yang pertama,  $O_2$  merupakan *loss* yang ditimbulkan pada serat optik SMS yang kedua,  $a_1$  merupakan rata-rata slope suhu pada sensor yang pertama,  $b_1$  merupakan rata-rata slope *strain* pada sensor yang pertama,  $a_2$  merupakan rata-rata slope suhu pada sensor yang kedua,  $b_2$  merupakan slope *strain* pada sensor yang kedua. Oleh karena  $O_2$  hanya fungsi terhadap *strain*, maka nilai konstanta  $a_2$  sama dengan nol. Persamaan (1) dan (2) dapat ditulis menjadi matriks berorde 2 x 2 sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \Delta T \\ \Delta S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ 0 & b_2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta O_1 \\ \Delta O_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

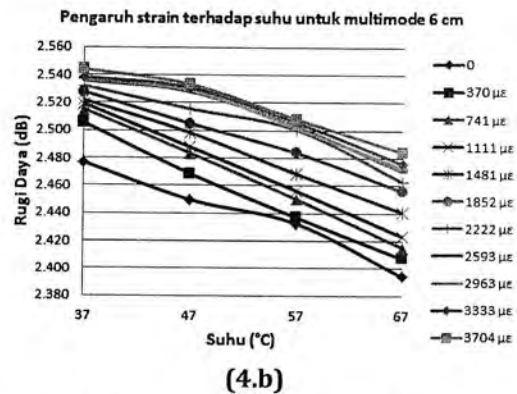
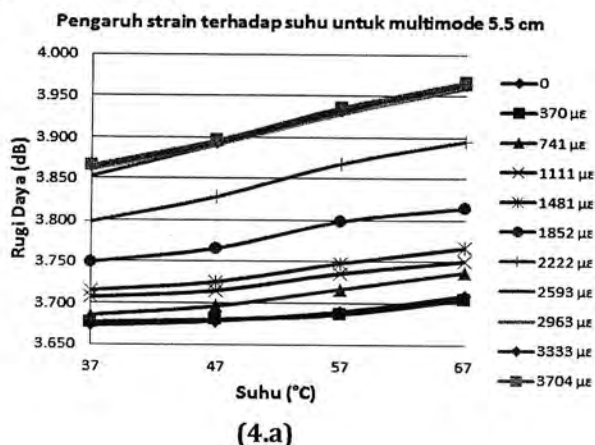
Dimana  $S$  merupakan nilai *strain* dan  $T$  merupakan nilai suhu.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

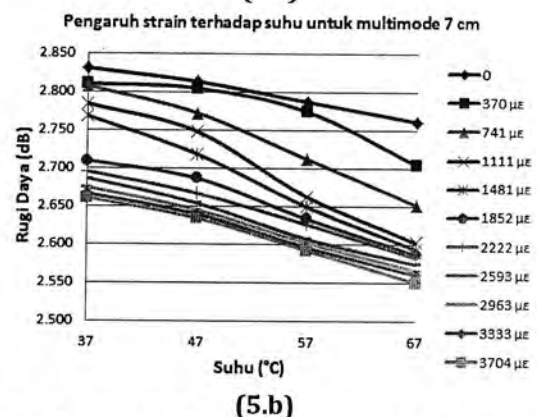
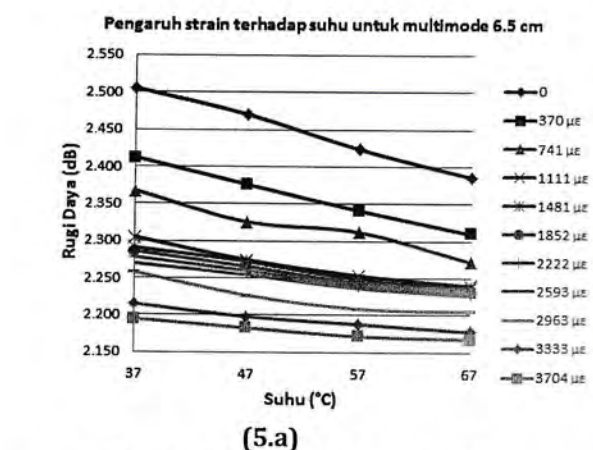
### Pengaruh Suhu pada Pengukuran Pergeseran

Hubungan rugi daya pada serat optik berstruktur SMS sebagai sensor suhu dengan panjang serat optik multimode 5,5 cm dan 6 cm serta variasi *strain* pada panjang gelombang 1310 nm diperlihatkan pada Gambar 4.

Sedangkan Hubungan rugi daya pada serat optik berstruktur SMS sebagai sensor suhu dengan panjang serat optik multimode 6,5 cm dan 7 cm serta variasi *strain* pada panjang gelombang 1310 nm diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Grafik hubungan rugi daya pada serat optik berstruktur SMS sebagai sensor suhu dengan variasi *strain* pada panjang gelombang 1310 nm pada panjang serat optik multimode (a) 5,5 cm dan (b) 6 cm.



Gambar 5. Grafik hubungan rugi daya pada serat optik berstruktur SMS sebagai sensor suhu dengan variasi *strain* pada panjang gelombang 1310 nm pada panjang serat optik multimode (a) 6,5 cm dan (b) 7 cm.

Berdasarkan Gambar 4, menunjukkan bahwa pada panjang multimode 5,5 cm terjadi grafik kenaikan dan pada panjang multimode 6 cm terjadi grafik penurunan. Akan tetapi, persamaan dari kedua grafik



adalah semakin bertambahnya *strain*, maka rugi daya yang ditimbulkan semakin besar. Sedangkan pada Gambar 5, panjang multimode 6,5 cm dan 7 cm menunjukkan bahwa terjadi grafik penurunan. Semakin bertambahnya *strain*, maka rugi daya yang ditimbulkan semakin mengecil. Perbedaan grafik seperti ini, dikarenakan adanya titik *re-imaging* pada panjang multimode tertentu. Besarnya titik *re-imaging* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (Qian Wang et al, 2008) :

$$\bar{L}_z = 16n_{co}a^2 / \lambda \quad (4)$$

Dimana  $\bar{L}_z$  merupakan ukuran panjang multimode yang mengalami titik *re-imaging*,  $n_{co}$  merupakan besarnya nilai indeks bias pada lapisan *core* dari serat optik yang berstruktur multimode dalam hal ini besarnya adalah 1.445,  $a$  merupakan besarnya jari-jari pada lapisan *core* dari serat optik multimode 62,5  $\mu\text{m}$ , dan  $\lambda$  merupakan panjang gelombang yang digunakan digunakan dalam penelitian ini yaitu sebesar 1310 nm, nilai panjang gelombang tersebut digunakan karena memiliki rugi daya yang kecil untuk jenis bahan silica yang merupakan bahan dari serat optik. Berdasarkan nilai-nilai di atas, didapatkan bahwa besarnya titik *re-imaging* pada jenis serat optik multimode yang digunakan dalam penelitian ini adalah 6,89 cm. Dimana pada titik ini terjadi interferensi minimum terhadap banyaknya moda yang dilewatkan pada serat optik multimode tersebut, sehingga dapat menyebabkan penurunan pada rugi daya serat optik.

Perbedaan antara grafik pada panjang multimode 5,5 cm dan 6 cm terletak pada perubahan suhu dan besarnya rugi daya yang ditimbulkannya. Pada panjang multimode 5,5 cm mempunyai rugi daya yang lebih besar daripada panjang multimode 6 cm. Sedangkan perubahan suhu pada panjang multimode 5,5 cm nilainya sebanding dengan pengaruh *strain*. Semakin bertambah besar nilai *strain*, semakin bertambah besar nilai suhunya. Akan tetapi, perubahan suhu pada panjang multimode 6 cm nilainya berbanding terbalik dengan pengaruh *strain*. Semakin bertambah besar nilai *strain*, semakin bertambah kecil nilai suhunya. Hal ini disebabkan karena adanya penurunan

intensitas pada panjang multimode 6 cm sampai menuju titik *re-imaging* pada panjang 6,89 cm.

Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa *range* daerah pada suhu 37°C sampai 67°C bersifat linear, sehingga dapat ditentukan *error* pada pengukuran suhu akibat perubahan *strain* menjadi lebih mudah. Hal ini dikarenakan pada *range* daerah yang linear, *error* yang dihasilkan menjadi lebih kecil daripada *range* daerah yang tidak linear. Contohnya, pada suhu 57°C *error* yang terjadi pada pengukuran akibat perubahan *strain* antara 1481  $\mu\epsilon$  sampai 1852  $\mu\epsilon$  diperlihatkan pada Tabel 4.. berikut

**Tabel 1. Hubungan error pengukuran strain terhadap masing-masing panjang serat optik multimode.**

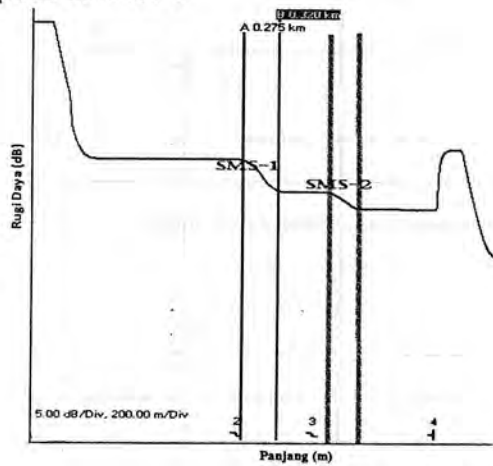
Panjang (cm)	5,5	6	6,5	7
Error (°C)	27,2	5,1	3,2	3,5

Berdasarkan Tabel 4 di atas, menunjukkan bahwa adanya *error* yang berbeda pada pengukuran suhu akibat pengaruh *strain*. Oleh karena itu, untuk mengatasi adanya *error* akibat pengaruh *strain* pada pengukuran suhu, maka harus dilakukan metode koreksi terhadap pengukuran suhu pada serat optik berstruktur SMS tersebut.

### Koreksi Sensor Serat Optik Berstruktur SMS

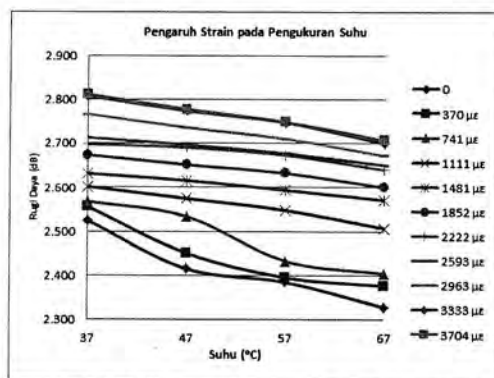
Koreksi ini dilakukan untuk mengetahui *error* akibat adanya pengaruh *strain* pada pengukuran suhu pada serat optik berstruktur SMS. Oleh karena itu, dibuat dua sensor serat optik berstruktur SMS. Pada sensor pertama, merupakan sensor yang digunakan untuk pengukuran suhu dan pengaruh *strain*nya secara bersamaan. Sedangkan pada sensor yang kedua hanya digunakan untuk mengukur *strain* saja. Dalam hal ini, fungsi dari sensor yang kedua adalah sebagai koreksi dari sensor yang pertama. Berdasarkan grafik dari hasil penelitian di atas, sensor yang digunakan untuk mengukur koreksinya adalah pada sensor serat optik berstruktur SMS dengan panjang multimode 6 cm. Hal ini dikarenakan pada panjang multimode 6 cm mempunyai koefisien korelasi yang lebih

linear di antara panjang multimode yang lainnya, sehingga *error* yang ditimbulkan pada pengukuran lebih kecil dari panjang multimode yang lainnya. Bentuk *display* respon logaritmik pada OTDR yang menunjukkan adanya rugi daya pada serat optik berstruktur SMS dengan menggunakan dua sensor diperlihatkan pada Gambar 6



Gambar 6. Respon logaritmik pada OTDR yang menunjukkan adanya rugi daya pada serat optik berstruktur SMS dengan menggunakan dua sensor.

Hubungan rugi daya pada serat optik berstruktur SMS sebagai sensor suhu dengan panjang serat optik multimode 6 cm dan variasi *strain* pada panjang gelombang 1310 nm yang digunakan untuk mengoreksi pengaruh *strain* pada pengukuran suhu diperlihatkan pada Gambar 7.



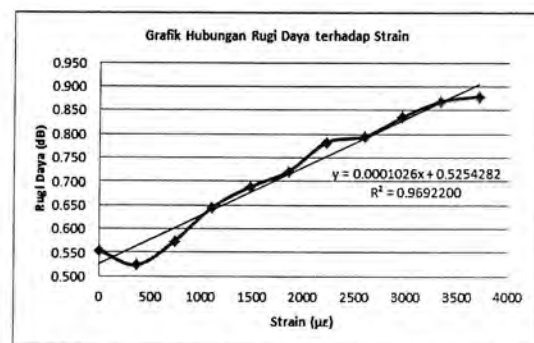
Gambar 7. Hubungan rugi daya pada serat optik berstruktur SMS sebagai sensor suhu dengan variasi *strain* pada panjang gelombang 1310 nm pada panjang serat optik multimode 6 cm

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.4. dapat dibagi menjadi 3 *range* daerah linear. Untuk daerah linear ke-1 terletak pada *rangestrain* antara 0 sampai 741  $\mu\epsilon$ , daerah linear ke-2 terletak pada *rangestrain* antara 1111  $\mu\epsilon$  sampai 2222  $\mu\epsilon$ , dan daerah linear ke-3 terletak pada *rangestrain* antara 2593  $\mu\epsilon$  sampai 3704  $\mu\epsilon$ . Hasil perhitungan nilai regresi rata-rata masing-masing slope untuk setiap daerah linear pada hubungan *strain* terhadap rugi daya dan pada hubungan suhu terhadap rugi daya diperlihatkan pada Tabel 4 berikut

Tabel 2. Hasil perhitungan nilai regresi rata-rata masing-masing slope untuk setiap daerah linear pada hubungan *strain* terhadap rugi daya dan pada hubungan suhu terhadap rugi daya.

Slope	Suhu	Strain
I	$-5,27 \times 10^{-3}$	$9,65 \times 10^{-5}$
II	$-2,27 \times 10^{-3}$	$1,05 \times 10^{-4}$
III	$-2,99 \times 10^{-3}$	$7,18 \times 10^{-5}$

Sedangkan hasil pengukuran rata-rata variasi *strain* sensor kedua pada serat optik berstruktur SMS yang merupakan kompensator dari sensor yang pertama diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik hubungan rugi daya (dB) terhadap *strain* ( $\mu\epsilon$ ) pada sensor serat optik berstruktur SMS yang kedua.

Persamaan rugi daya pada output sensor yang kedua digabungkan dengan masing-masing persamaan rugi daya pada

output sensor yang pertama untuk mendapatkan nilai *strain* dan suhu berdasarkan hasil analisa dengan menggunakan persamaan matriks. Untuk daerah linear ke-1 persamaan matrik yang diperoleh adalah :

$$\begin{bmatrix} \Delta T \\ \Delta S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -5.27 \times 10^{-3} & 9.65 \times 10^{-5} \\ 0 & 1.03 \times 10^{-4} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta O_1 \\ \Delta O_2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Untuk daerah linear ke-2 persamaan matrik yang diperoleh adalah :

$$\begin{bmatrix} \Delta T \\ \Delta S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2.27 \times 10^{-3} & 1.05 \times 10^{-4} \\ 0 & 1.03 \times 10^{-4} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta O_1 \\ \Delta O_2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Untuk daerah linear ke-3 persamaan matrik yang diperoleh adalah :

$$\begin{bmatrix} \Delta T \\ \Delta S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2.99 \times 10^{-3} & 7.18 \times 10^{-5} \\ 0 & 1.03 \times 10^{-4} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta O_1 \\ \Delta O_2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Dengan memasukkan nilai perubahan rugi daya untuk masing-masing sensor, sehingga didapatkan nilai hasil perubahan suhu dengan adanya koreksi terhadap pengaruh *strain*.

Agar tidak terjadi *error* yang lebih besar, maka sensor yang kedua harus diletakkan di dekat sensor yang pertama, sehingga pengaruh *strain* pada kedua sensor dapat menghasilkan nilai yang sama. Sedangkan output hasil pengukuran pada sensor yang kedua tidak saling mempengaruhi terhadap output hasil pengukuran pada sensor yang pertama. Namun, informasi *strain* yang diperoleh dari sensor yang kedua dapat digunakan untuk mengkoreksi *error* hasil pengukuran sensor yang pertama. Dengan adanya koreksi ini, maka pengaruh *strain* yang dapat menyebabkan *error* pada pengukuran suhu dapat direduksi menjadi lebih kecil. Contohnya, pada suhu 57°C *error*

pengukuran akibat perubahan *strain* dari 1481  $\mu\epsilon$  sampai 1852  $\mu\epsilon$  sebesar 37,3°C dapat direduksi menjadi 14,9 °C.

### KESIMPULAN

Dari hasil pengujian, pengamatan, serta hasil dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh suhu dapat menyebabkan *error* pada pengukuran suhu berbasis sensor serat optik berstruktur SMS dan OTDR. Untuk serat optik dengan panjang multimode 6,5 cm, pada suhu 57°C *error* yang terjadi pada pengukuran akibat perubahan *strain* antara 1481  $\mu\epsilon$  sampai 1852  $\mu\epsilon$  sebesar 3,2°C.
2. Untuk memperkecil *error* pada pengukuran *strain* yang disebabkan oleh pengaruh suhu, maka dilakukan penambahan sebuah sensor suhu. Hal ini dibuat untuk mengetahui suhu dan mengkoreksi hasil pengukuran *strain*. Contohnya, pada sensor SMS dengan panjang multimode 6 cm untuk suhu 57°C *error* pengukuran akibat perubahan *strain* dari 1481  $\mu\epsilon$  sampai 1852  $\mu\epsilon$  sebesar 37,3°C dapat direduksi menjadi 14,9 °C.

### DAFTAR RUJUKAN

- Gholamzadeh, Bahareh and Nabovati, Hooman. 2008. *Fiber Optic Sensors*. World Academy of Science, Engineer. and Technol. 42.
- Hatta, Agus M. et al. 2010. *Strain Sensor Based on A Pair of Singlemode-Multimode-Singlemode Fiber Structures in A Ratiometric Power Measurement Scheme*. Appl. Opt. Vol. 49. No. 3, 536 - 541.
- Kumar, Arun et al. 2003. *Transmission characteristics of SMS fiber optic sensor structures*. Opt. Communicat. 219, 215 - 219.
- Li, Enbang. 2007. *Temperature Compensation of Multimode Interference-Based Fiber Devices*. Opt. Lett. Vol. 32, No. 14, 2064 - 2066.

Wang, Qian, Farrell, Gerald and Yan, Wei. 2008. *Investigation on Singlemode-Multimode-Singlemode Fiber Structure*. J. Lightwave Technol. Vol. 26, No. 5. 512-518.

Ziemann, Olaf et al. 2008. *POF Handbook-Optical Short Range Transmission Systems*. Berlin: Springer.