

**PEMBUATAN PROTOTIPE SENSOR TEKANAN MENGGUNAKAN  
SERAT OPTIK UNTUK MENGUKUR STABILITAS DAN *FLOW* PADA  
UJI MARSHALL**



**Disusun oleh:  
RUMAISYA HILMAWATI  
M0213084**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
Agustus 2017**

**PEMBUATAN PROTOTIPE SENSOR TEKANAN MENGGUNAKAN  
SERAT OPTIK UNTUK MENGUKUR STABILITAS DAN *FLOW* PADA  
UJI MARSHALL**



**Disusun oleh:  
RUMAISYA HILMAWATI  
M0213084**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian  
persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
Agustus 2017**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul: Pembuatan Prototipe Sensor Tekanan Menggunakan Serat Optik Untuk Mengukur Stabilitas Dan *Flow* Pada Uji *Marshall*

Yang ditulis oleh :

Nama : Rumaisya Hilmawati

NIM : M0213084

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada

Hari : Rabu

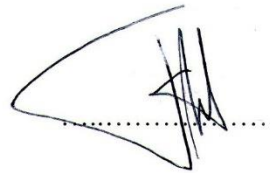
Tanggal : 2 Agustus 2017

Dewan Penguji:

1. Ketua Penguji

Mohtar Yunianto, S.Si, M.Si

NIP. 198006302005011001



2. Sekretaris Penguji

Dr. Agus Supriyanto, S.Si, M.Si

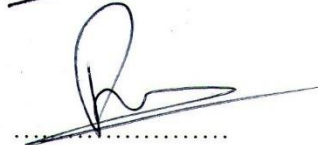
NIP.196908261999031001



3. Anggota Penguji 1

Drs. Hery Purwanto M.Sc

NIP. 195905181987031002



4. Anggota Penguji 2

Ir. Ary Setyawan, M.Sc, Ph.D

NIP. 196612041995121001



Disahkan pada tanggal 30-8-2017

Oleh

Kepala Program Studi Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Dr. Fahrur Nurosyid S.Si. M.Si.

NIP. 19721013 200003 1 002

## **HALAMAN PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual skripsi saya yang berjudul “Pembuatan Prototipe Sensor Tekanan Menggunakan Serat Optik untuk Mengukur Stabilitas dan *Flow* pada Uji *Marshall*” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini, isi skripsi saya tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya, kecuali telah dituliskan di daftar pustaka skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis di bagian ucapan terimakasih. Isi Skripsi ini boleh dirujuk atau diphotocopy secara bebas tanpa harus memberitahu penulis.

Surakarta, Agustus 2017

Rumaisya Hilmawati

## HALAMAN MOTTO

“Belajarlah dan bermimpilah dengan nama Allah karena Allah mampu menjadikan yang tidak mungkin menjadi mungkin, maka banyaklah meminta kepada Allah”

“Teruslah bergerak, hingga kelelahan itu lelah mengikutimu. Teruslah berlari, hingga kebosanan itu bosan mengejarmu. Teruslah berjalan, hingga keletihan itu letih bersamamu. Teruslah bertahan, hingga kefuturan itu futur menyertaimu.

Tetaplah berjaga, hingga kelesuan itu lesu menemanimu”

-Ust. Rahmat Abdullah

(الشرح:٦) -ان مع العسر يسراً

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Allah SWT, Rasulullah SAW

Umi dan Abi tercinta, Atamafaza's Family terima kasih atas do'a, dukungan, dan segenap pengorbanan yang tiada hentinya .

Para sahabat yang sedang dalam perjalanan menjemput ilmu pengetahuan.

## **Pembuatan Prototipe Sensor Tekanan Menggunakan Serat Optik untuk Mengukur Stabilitas dan *Flow* pada Uji *Marshall***

Rumaisya Hilmawati

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Sebelas Maret (UNS), Jl. Ir. Sutami 36A Ketingan, Surakarta 57126

### **ABSTRAK**

Prototipe sensor serat optik telah dibuat untuk pengukuran stabilitas dan *flow* dengan metode *bending*. Pengukuran stabilitas dan *flow* dilakukan untuk pengujian karakteristik aspal dengan menggunakan *Marshall Stability Testing Model MG-311*. Prinsip kerja dari sensor berbasis serat optik ini memanfaatkan adanya rugi-rugi (*loss*) yang diakibatkan penekanan dari pengujian *Marshall*. Hal tersebut menyebabkan sensor berbasis serat optik mengalami pembengkokan (*bending*). Hasil dari pengujian menggunakan sensor berbasis serat optik menunjukkan hubungan antara *loss* dengan waktu selama pengujian. Hasil pengujian menunjukkan kesesuaian nilai stabilitas dari *fiber sensor* dan pembacaan dial hanya pada area elastis. Kemudian nilai stabilitas meningkat secara eksponensial hingga mencapai nilai stabilitas maksimum. Untuk hasil dari pengujian *flow* menunjukkan nilai yang linear dan sesuai.

Kata Kunci: *Marshall*, serat optik, stabilitas, *flow*, *bending*

## **Fabrication of Prototype Pressure Sensors Using Optical Fiber for the Measurement of Stability and *Flow* on Marshall Test**

**Rumaisya Hilmawati**

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Sebelas Maret (UNS), Jl. Ir. Sutami 36A Kentingan, Surakarta 57126

### **ABSTRACT**

*Fiber-based optical sensor prototypes have been created for stability and flow measurement by bending method. Stability and flow measurements were performed for asphalt characteristic testing using Marshall Stability Testing Model MG-311. The working principle of this fiber-optic based sensor utilizes the loss caused by the pressure of Marshall testing. This causes the fiber-optic based sensor to bending. The results of the test using fiber optic based sensors show the relationship between loss and time during testing. The results indicate the suitability of the stability value of the optical fiber sensor and the dial readings only in the elastic area. Then the stability value increases exponentially until it reaches the maximum stability value. A results of the flow test shows a linear value between the results of optical fiber sensor and dial readings.*

**Keywords:** *Marshall, fiber optic, stability, flow, bending*



## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat serta kemudahan sehingga dapat menyelesaikan naskah skripsi ini yang berjudul “Pembuatan Prototipe Sensor Tekanan Menggunakan Serat Optik untuk Mengukur Stabilitas dan *Flow* pada Uji *Marshall*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh derajat Sarjana Sains di Prodi Fisika Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Skripsi ini tidak akan selesai tanpa adanya bantuan dan masukan dari banyak pihak, karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. Fahru Nurosyid, S.Si., M.Si. selaku Kepala Prodi Fisika Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Drs. Hery Purwanto M.Sc. selaku pembimbing I yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga untuk membimbing dan mengarahkan dengan penuh kesabaran selama penyusunan skripsi ini.
3. Ir. Ary Setyawan, M.Sc, Ph.D. selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan masukan dalam perbaikan skripsi ini.
4. Ahmad Marzuki, S.Si., Ph.D. selaku Pembimbing Akademik dan Ketua Grup Riset Optik yang telah membimbing dengan sabar dan selalu memberi nasehat selama masa studi dan skripsi penulis.
5. Muh. Sigit Budi Laksana, S.T selaku laboran di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil yang telah membantu selama penelitian.
6. Ummi dan Abi yang paling saya sayangi, atas bimbingan, doa, semangatnya. Serta kakak dan adik-adik tercinta yang selalu memberikan dukungan apapun dalam penyusunan skripsi.
7. Teman-teman OPRG (Salwa, Arni, Fe, Bangun, Pupus, Lintang, Govin, Itul) atas semangat dan bantuan kalian semua dalam proses penelitian ini.
8. Sahabat-sahabatku di kampus (Esti, Rica, Desi, Bintang, Andhika, Trio, Nopal, Diaz, Jun), terima kasih untuk bantuan kalian semua selama ini.
9. Teman-teman EMF 2013 terima kasih atas segala kebersamaannya.
10. Carolina Widya, Sabila Rahmatika, dan teman-teman dari Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil UNS yang telah memberikan bantuan selama penelitian.
11. Islah Soloraya, Albana, dan Hamas terimakasih telah menjadi keluarga di perantauan.
12. Keluarga BEM FMIPA, HIMAFIS dan KOMMUN Solo yang telah memberikan kesempatan untuk berkarya, belajar dan berorganisasi.
13. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam proses penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas atas semua jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan, dengan balasan yang lebih baik. Aamiin.  
Penulis menyadari akan banyaknya kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Namun demikian, penulis berharap semoga karya kecil ini bisa bermanfaat bagi pembaca.

Surakarta, Agustus 2017

## **PUBLIKASI**

Sebagian skripsi saya yang berjudul Pembuatan Prototipe Sensor Tekanan Menggunakan Serat Optik untuk Mengukur Stabilitas dan *Flow* pada Uji *Marshall* telah dipublikasikan pada tanggal 27 Juli 2017 di repository digilib FMIPA UNS.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>PUBLIKASI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1. Latar Belakang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2. Batasan Masalah.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3. Perumusan Masalah .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4. Tujuan Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.5. Manfaat Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1. Pemantulan dan Pembiasan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2. Fiber optic .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.1. Struktur Fiber optic .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.2. Jenis Fiber optic .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.3. Rugi-rugi Pembengkokan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

2.2.4.	Hubungan Transmittansi dan Loss .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.	Sensor Fiber optic .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4.	Aspal .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5.	Fatigue Asphalt (Kelelahan Aspal) ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6.	Pengujian Marshall.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.	Alat dan Bahan Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.1.	Alat-alat Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.2.	Bahan-bahan Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.3.	Software Penunjang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.	Metode Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.1.	Persiapan Alat dan Bahan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.2.	Pembuatan Fiber sensor .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.3.	Pembuatan Sumber Cahaya dan Detector	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.4.	Pembuatan Program LabVIEW.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.5.	Pengambilan Data .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.6.	Analisis.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.7.	Kesimpulan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.	Hasil Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.1.	Sensor Stabilitas .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.2.	Sensor Flow.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.3.	Rugi-Rugi pada Fiber Optik.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.	Analisa Data .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.1.	Hasil Pengujian Fiber sensor untuk Stabilitas	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.2.	Hasil Pengujian Fiber sensor untuk Flow	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

4.2.3. Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum **Error! Bookmark not defined.**

4.2.4. Perbandingan Hasil Pengujian ..... **Error! Bookmark not defined.**

1.2.5. Prediksi Hubungan antara Nilai Stabilitas dan Flow dengan Loss **Error! Bookmark not defined.**

**BAB V PENUTUP**.....**Error! Bookmark not defined.**

5.1 Kesimpulan ..... **Error! Bookmark not defined.**

5.2 Saran..... **Error! Bookmark not defined.**

**DAFTAR PUSTAKA** .....**Error! Bookmark not defined.**

**LAMPIRAN**.....**Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1. Proses Pemantulan dan Pembiasan Sinar (DeCusatis, 2006).... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.2. Bagian-Bagian dari *Fiber optic*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.3. Struktur Jenis Single-mode dan Multi-mode**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.4. Diagram Mode Perambatan Cahaya pada *Fiber optic* ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.5. Skema Macrobending *Fiber optic*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.6. Skema Microbending pada Fiber Optik**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.7. Komponen Umum Sistem Sensor *Fiber optic***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.8. Marshall Stability Testing Apparatus Model MG-311 ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.1 Skema Perangkat Alat Penelitian .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.2 Skema Penelitian .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.3. Sumber Cahaya Menggunakan LED.**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.4. Rangkaian Detektor Cahaya.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.5. Detektor Menggunakan LDR .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.6. Tampilan Program Labview untuk Testing Sensor**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.7. Set Up Pengujian Marshall.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.8. Perendaman Aspal dengan Water Bath**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.9. Analisa Video Pengambilan Data .....**Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 4.1. Sistem Fiber Optik yang dililitkan Sebelum dan Sesudah Penekanan  
 .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.2. *Fiber sensor* Sebagai Sensor Stabilitas**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.3. Device Tambahan pada Alat Marshall**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.4. *Fiber sensor* Sebagai Sensor *Flow*....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.5. Pad Sensor menggunakan Rubber Silicone**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.6. Hubungan Jari-Jari Kelengkungan dengan Nilai Transmitsinya  
 .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7. Loss Cahaya pada Lekukan Fiber Optik**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.9. Grafik Hubungan Loss Dan Waktu Untuk Sensor Stabilitas .... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.10. Grafik Hubungan Loss Dan Waktu Untuk Sensor *Flow*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.11. Grafik Nilai Dial Stabilitas terhadap Waktu**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.12. Grafik Nilai Dial *Flow* terhadap Waktu**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.13. Perbandingan Grafik Hubungan antara Waktu dan Loss dari *Fiber sensor* dengan Hasil Pengujian Marshall dari Pembacaan Dial Stabilitas.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.14. Perbandingan Grafik Hubungan antara Waktu dan Loss dari *Fiber sensor* dengan Hasil Pengujian Marshall dari Pembacaan Dial *Flow* .....**Error! Bookmark not defined.**



Gambar 4.15. Grafik Prediksi Hubungan Loss dengan Stabilitas..... **Error!**

**Bookmark not defined.**

Gambar 4.16. Grafik Prediksi Hubungan Loss dengan *Flow* **Error!** **Bookmark**

**not defined.**

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Pengujian Marshall dengan Pembacaan Dial **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 2. Data Pengujian *Fiber sensor* ..... **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 3. Data pada Pengujian Marshall dengan *Fiber sensor* dan Pembacaan Dial **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 4. Blok Diagram Program Testing Sensor Stabilitas dan *Flow* **Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
$n_1$	Indeks Bias Medium Pertama	
$n_2$	Indeks Bias Medium Kedu	
$R_c$	Jari-jari Kritis	Meter
$Loss (dB)$	Rugi-rugi	Decibel
$P_{ref}$	Daya Referensi	W
$P_{mod}$	Daya Modulasi	W
$R$	Hambatan	Ohm
$V_{ref}$	Tegangan Referensi	Volt
$V_{mod}$	Tegangan Modulasi	Volt
$S$	Stabilitas	Kg
$q$	Pembacaan Dial Stabilitas	lb
$H$	Koreksi Tebal Benda Uji	Meter
$f$	<i>Flow</i>	milimeter