

**PENGARUH MASSA BEBAN TERHADAP INTENSITAS
KELUARAN FIBER OPTIK YANG DIBENTUK DENGAN LUKUKAN
MULTI BENDING**

TUGAS AKHIR SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan guna
Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh :
Dea Sakinah Hulfa
NIM 13306141021

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2017**

PENGARUH MASSA BEBAN TERHADAP INTENSITAS KELUARAN FIBER OPTIK YANG DIBENTUK DENGAN LUKUKAN MULTI BENDING

Oleh:

Dea Sakinah Hulfa
NIM 13306141021

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pengelupasan jaket akibat pemberian massa beban terhadap lebar lekukan pada fiber optik dan untuk mengetahui pengaruh massa beban terhadap intensitas keluaran fiber optik akibat pada lekukan multi bending serta mengetahui sensitivitas terbaik dan linieritas terbaik pada sensor fiber optik.

Sensor serat optik diberikan efek lekukan multi bending oleh tekanan pipa silinder yang dipasang diantara dua penampang dan dihubungkan dengan empat pegas sebagai penyangga. Penelitian ini menggunakan sumber cahaya laser He-Ne (623,8 nm) dengan daya sebesar 5mW dan panjang gelombang 632,8 nm. Laser He-Ne memancarkan cahaya melalui *Polymer Optical Fiber* yang kemudian diterima oleh *photodiode* yang ditransmisikan melalui rangkaian pengikat tegangan sebagai detektor selanjutnya nilai hasil pengukuran intensitas keluaran tegangan dibaca oleh multimeter digital. Kepekaan sensor dianalisis berdasarkan variasi diameter pipa silinder yaitu 1,5 cm, 2 cm, dan 2,5 cm serta tekanan yang diberi massa 0 gram sampai 950 g.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa beban pada fiber optik mengakibatkan terjadinya kelengkungan pada sensor fiber optik sehingga rugi daya pada fiber optik semakin meningkat dan tegangan keluaran sensor semakin kecil. Pengukuran tegangan keluaran sensor diukur untuk setiap variasi diameter pipa silinder 1,5 cm, 2 cm, dan 2,5 cm. Hasil pengukuran yang diperoleh adalah sensitivitas meningkat ketika massa beban pada fiber optik semakin membentuk lekukan yang tajam. Hasil pengukuran terbaik diperoleh sensitivitas sensor sebesar $-9,71437E-6 \pm 2,33219E-7$ dan linieritas sensor terbesar 0,99485 yaitu pada diameter pipa silinder 1,5 cm.

Kata kunci: Sensor serat optik, fiber optik, lekukan multi bending

**THE MASS INFLUENCE OF THE LOAD
INTENSITY OF THE OPTICAL FIBER OUTPUT WHICH FORMED
BY THE INDENTATIONS MULTI BENDING**

By:

Dea Sakinah Hulfa
NIM 13306141021

ABSTRACT

This research aimed to know the influence of buffer peeling due to the grant of a load on the width of grooves on fiber optics; to know the influence of pressure on optical fiber output voltage damaged by extending mass of the load by indentations multi bending; and to know the best sensitivity and linieritas on the sensor of fiber optics.

The fiber optic sensors were given a slope effect of indentations multi bending by pressure cylindres pipe that were mounted between two cross section and it were connected using the four spirings as a buffer. This research used a laser-light source He-Ne (632.8 nm) with the power of 5 mW and the wavelength of 632.8 nm. He-Ne laser emitted light through Polymer Optical Fiber that received by photodiode then transmitted through the voltage adherent series as detectors then the measurement results of voltage output was read by a digital multimeter. The sensitivity of the sensors was analyzed based on the variety of cylinder pipe diameters of 1.5 cm, 2 cm, 2.5 cm, and the pressures were given the mass of 0 g up to 950 g.

The results showed that the pressures on fiber optic damaged the optical fiber sensors on curvature so the power loss in fiber optics had increased and the sensors output voltage getting smaller. Measurement of the sensors output voltage were measured for each cylinder pipe diameters variation of 1.5 cm, 3cm, 2.5 cm. The measurement result that obtained was increasing the sensitivity when the pressures on optical fiber optics were increasingly forming a sharp slope. The best measurement results was obtained the sensors sensitivity of $-9,71437E \pm 2,33219E-7$ and the greatest sensors linieritas of 0,99485 was in cylinder pipe diameter of 1.5 cm

Key words : Fiber optic sensors, fiber optic, indentations multi bending

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dea Sakinah Hulfa

NIM : 13306141021

Jurusan : Pendidikan Fisika

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul TAS : Pengaruh Massa Beban Terhadap Intensitas
Keluaran Fiber Optik diBentuk dengan Lentukan
Multi Bending

menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak berisi materi yang dipublikasikan atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain sebagai persyaratan menyelesaikan studi di perguruan tinggi kecuali pada bagian-bagian tertentu yang saya ambil sebagai acuan kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 31 Juli 2017

Yang menyatakan,



Dea Sakinah Hulfa
NIM 13306141021

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

**PENGARUH MASSA BEBAN TERHADAP INTENSITAS
KELUARAN FIBER OPTIK YANG DIBENTUK DENGAN LUKUKAN
MULTI BENDING**

Disusun oleh:

Dea Sakinah Hulfa
NIM 13306141021

telah memenuhi syarat dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk
dilaksanakan Ujian Akhir Tugas Akhir Skripsi bagi yang
bersangkutan.



Yogyakarta, 2 Agustus 2017

Disetujui,
Dosen Pembimbing,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Dr. Heru Kuswanto".

Dr. Heru Kuswanto
NIP 19611112 198702 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

**PENGARUH MASSA BEBAN TERHADAP INTENSITAS
KELUARAN FIBER OPTIK YANG DIBENTUK DENGAN LUKUKAN
MULTI BENDING**

Disusun oleh:

Dea Sakinah Hulfa
NIM 13306141021

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi
Fisika Universitas Negeri Yogyakarta
Pada tanggal 6 Oktober 2017



Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Dr. Heru Kuswanto NIP. 19611112 198702 1 001	Ketua Penguji		20-10-2017
Nur Kadarisman, M.Si NIP. 19640205 199101 1 001	Penguji Utama		25-10-2017
Dr. Warsono, M.Si NIP. 19681101 199903 1 002	Sekretaris		20-10-2017

Yogyakarta, 25-10-2017
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Dekan,



Dr. Hartono, M.Si
NIP 19620329198702 1 002

MOTTO

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. (Q.S Al-Insyirah 6-7)

PERSEMBAHAN

Puji syukur Alhamdulillah atas nikmat dan shalawat pada Nabi Muhammad SAW. Teriring doa dan dzikir penuh Khauf dan Roja' kepada Allah SWT, sebagai penuntut ilmu atas seruan-Nya dan atas segala Ridho-Nya yang telah memberiku kekuatan dan senantiasa mengiringi dalam setiap langkahku. Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda tercinta (Bpk Husni Mahfus) dan Ibunda tersayang (Lussy Afrida) yang telah menorehkan segala kasih sayangnya dengan penuh rasa ketulusan yang tidak kenal lelah dan batas waktu yang selalu mendukung, memberiku motivasi dalam segala hal serta memberikan kasih sayang yang teramat besar, juga selalu mengerti semua keluh kesahku.
2. Adekku tercinta (Sheila Dwi Kurnia, M. April Liansyah, M. Fahri Zaldy J) yang selalu memberikan canda tawanya.
3. Bapak Heru Kuswanto selaku dosen pembimbing yang senantiasa dengan sabar membimbing saya mengerjakan tugas akhir ini hingga selesai.
4. Kawan-kawan seperjuangan (Nura, Dila , dan Fitri) terima kasih telah memberikan kekompakan dan persaudaraan yang selalu aku rindukan.
5. Kawan seperjuangan di konsentrasi elins AdetiaLita Agustina Harahap terimakasih sudah banyak membantu suka maupun duka
6. Kawan-kawan liqo (Enny, Riza, Shinta, Wulan, mba Meta, Ningtyas) terimakasih sudah mengingatkan dalam berbagai hal.
7. Tidak lupa Almamaterku tercinta Universitas Negeri Yogyakarta.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb,

Alhamdulillahirobil'alamin, segala puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, dan karunianaya yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi, yang berjudul “Pengaruh Beban Terhadap Fiber Optik yang diBentuk dengan Lekukan Multi Bending” .Tugas akhir skripsi ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada jenjang pendidikan S1 di Program Sarjana Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta. Penulisan tugas akhir skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Sutrisna Wibawa, M.Pd selaku Rektor Universitas Negeri Yogyakarta
2. Bapak Dr. Hartono, M.Si selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan banyak kemudahan dan fasilitas selama melakukan studi
3. Bapak Dr. Heru Kuswanto selaku pembimbing skripsi yang senantiasa memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, pengarahan, ilmu, kritik saran yang sangat membangun dan waktu disela-sela kesibukan beliau
4. Bapak Yusman Wiyatmoko, M.Si selaku ketua Jurusan Pendidikan Fisika dan bapak Nur Kadarisman, M.Si selaku ketua prodi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta yang telah membantu dalam kelancaran administrasi skripsi ini
5. Semua dosen Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat
6. Semua staff dan laboran jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang selalau ikhlas membantu dan menyediakan fasilitas
7. Rekan penelitian yang telah bersama-sama menemani dan membantu dalam menyelesaikan tugas akhir skripsi ini

8. Teman-teman Fisika B 2013 yang senantiasa berbagi selama proses studi.
9. Semua pihak yang membantu dalam penelitian ini maupun penulisan tugas akhir skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Tidak ada yang sempurna di dunia ini, sama halnya dengan penulisan tugas akhir ini. Masih terdapat banyak kekurangan dalam karya ilmiah ini. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat dibutuhkan dalam penyempurnaan tugas akhir ini. Semoga karya sederhana ini akan memberikan manfaat bagi masyarakat dan perkembangan ilmu pengetahuan. Amin

Wassalamu'alaikum Wr. Wb,

Yogyakarta, 31 Juli 2017

Penulis,

Dea Sakinah Hulfa

NIM 13306141021

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN Sampul	i
ABSTRAK	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
HALAMAN MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Serat Optik.....	6
B. Struktur Dasar Sebuah Serat Optik	6
C. Jenis-Jenis Serat Optik	7
D. Rugi-rugi dan Dispersi di Dalam Fiber Optik	9
E. Perambatan Cahaya.....	10
F. Numerical Aperture.....	12
G. Pemantulan Internal Sempurna	13
H. Pelemahan Daya Fiber Optik	14
I. Pelemahan Lekukan Kabel	16
J. Perubahan Nilai Intensitas Cahaya Menjadi Tegangan.....	18
K. Karakteristik Sensor Serat Optik.....	19
L. Sumber Cahaya.....	19
M. Multimeter Digital	21
N. Rangkaian Pengikut Tegangan.....	22
O. Normalisasi	23
P. Kerangka Berfikir	23

BAB III METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	24
B. Variabel Penelitian	24
C. Alat dan Bahan Penelitian	24
D. Desain Penelitian	25
E. Prosedur Penelitian	26
F. Teknik Analisis Data.....	27
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian.....	28
B. Pembahasan	29
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan.....	46
B. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN-LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Sensitifitas Untuk Setiap Keadaan Fiber Optik.....	43
Tabel 2. Linearitas Untuk Setiap Keadaan Fiber Optik.....	44

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Serat Optik	7
Gambar 2. Perambatan Gelombang pada <i>Single Mode Step Index</i>	7
Gambar 3. Perambatan Gelombang pada Multi Mode Step Index	8
Gambar 4. Perambatan Gelombang pada Multi Mode Groded Index	8
Gambar 5. Pembengkokan Bending	9
Gambar 6. Penggandengan Ragam (Mode Coupling)	10
Gambar 7. Proses Pemantulan dan Pembiasan Cahaya	11
Gambar 8. Sudut dimana Cahaya dapat diterima oleh Fiber Optik	12
Gambar 9. Pemantulan Internal Sempurna	14
Gambar 10. Cahaya Terpancar ke Segala Arah	15
Gambar 11. Keadaan Normal	16
Gambar 12. Keadaan Saat Terjadi Lekukan	16
Gambar 13. Perbedaan Laju Penyusutan yang dapat Menimbulkan Lekukan Mikro	17
Gambar 14. Peristiwa yang Terjadi pada sambungan P-N Photodioda	18
Gambar 15. Multimeter Digital AC dan DC	21
Gambar 16. Skematik Rangkaian Pengikut Tegangan	22
Gambar 17. Desain Penelitian dengan Diameter Paralon 1,5 cm	25
Gambar 18. Desain Penelitian dengan Diameter Paralon 2 cm	25
Gambar 19. Desain Penelitian dengan Diameter Paralon 2,5 cm	26
Gambar 20. Sudut Penerimaan Ketika Sinar Cahaya Memasuki Serat Optik	30
Gambar 21. Bentuk Transmisi Sinar Pada Fiber Optik	32

Gambar 22.	Cahaya yang Tidak Dapat Masuk ke dalam Inti Serat Optik Karena Kesalahan Pemotongan.....	33
Gambar 23.	Grafik hubungan rugi-rugi serat optik antara tegangan keluaran (V) terhadap masa beban (g) pada Jacket tidak diklupas.....	34
Gambar 24.	Kurva Histeresis Sensor Serat Optik	36
Gambar 25.	Grafik hubungan rugi-rugi serat optik antara tegangan keluaran (V) terhadap masa beban (g) pada Jacket diklupas ..	38
Gambar 26.	Grafik Hubungan Perbandingan Antara Jacket yang telah diklupas dengan jacket tidak diklupas pada diameter paralon 1,5 cm	40
Gambar 27.	Grafik Hubungan Perbandingan Antara Jacket yang telah diklupas dengan jacket tidak diklupas pada diameter paralon 2 cm	41
Gambar 28.	Grafik Hubungan Perbandingan Antara Jacket yang telah diklupas dengan jacket tidak diklupas pada diameter paralon 2,5 cm	42
Gambar 29.	Grafik hubungan antara tegangan keluaran (V) terhadap massa beban (m) pada pengelupasan jaket dengan variasi diameter 1,5 cm	44

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Tabel Perhitungan menggunakan <i>Microsoft Exel</i> pada Nilai Pengelupasan Jacket Variasi diameter 1,5 cm	50
Lampiran 2. Grafik hubungan antara tegangan keluaran (v) terhadap massa beban (m) pada pengelupasan jaket dengan variasi diameter 1,5 cm	51
Lampiran 3. Tabel Perhitungan menggunakan <i>Microsoft Exel</i> pada Nilai Pengelupasan Jacket Variasi diameter 2 cm	52
Lampiran 4. Grafik hubungan antara tegangan keluaran (v) terhadap massa beban (m) pada pengelupasan jaket dengan variasi diameter 2 cm	53
Lampiran 5. Tabel Perhitungan menggunakan <i>Microsoft Exel</i> pada Nilai Pengelupasan Jacket Variasi diameter 2,5 cm	54
Lampiran 6. Grafik hubungan antara tegangan keluaran (v) terhadap massa beban (m) pada pengelupasan jaket dengan variasi diameter 2,5 cm	55
Lampiran 7. Tabel Perhitungan menggunakan <i>Microsoft Exel</i> pada Nilai Cladding tidak di Klupas dengan Variasi Diameter Paralon 1,5 cm	56
Lampiran 8. Grafik hubungan antara tegangan keluaran (v) terhadap massa beban (m) pada jaket tidak diklupas dengan variasi diameter 1,5 cm	57
Lampiran 9. Tabel Perhitungan menggunakan <i>Microsoft Exel</i> pada Nilai Cladding tidak di Klupas dengan Variasi Diameter Paralon 2 cm	58
Lampiran 10. Grafik hubungan antara tegangan keluaran (v) terhadap massa beban (m) pada jaket tidak diklupas dengan variasi diameter 2 cm	59
Lampiran 11. Tabel Perhitungan menggunakan <i>Microsoft Exel</i> pada Nilai Cladding tidak di Klupas dengan Variasi Diameter Paralon 2,5 cm	60

Lampiran12. Grafik hubungan antara tegangan keluaran (v) terhadap massa beban (m) pada jaket tidak diklupas dengan variasi diameter 2,5 cm	61
Lampiran 13. Dokumentasi Penelitian.....	62

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kemajuan teknologi di era yang serba canggih seperti saat ini membawa dampak besar bagi kehidupan manusia. Salah satu kebutuhan pokok manusia yaitu pada teknologi komunikasi, penerapan dan perkembangan teknologi komunikasi dunia secara langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi perkembangan teknologi komunikasi di Indonesia. (Dian Yudi, 2015 : 1) mengatakan bahwa Pemakaian SKSO (Sistem Komunikasi Serat Optik) di Indonesia merupakan bukti bahwa Indonesia juga mengikuti dan mempergunakan teknologi di bidang telekomunikasi

Komunikasi telah menjadi kebutuhan pokok dalam dunia modern. Kebutuhan untuk saling berhubungan dan bertukar informasi satu dengan yang lain tanpa memperdulikan jarak, apakah hanya beberapa meter saja yaitu, interkom, ribuan kilometer yaitu interlokal, ataupun jutaan kilometer yaitu diangkasa luar. Upaya manusia untuk menyelenggarakan telekomunikasi telah lama tercatat dalam sejarah peradabannya. Namun perkembangan yang nyata baru terjadi dalam abad terakhir ini, sebagai hasil perkembangan teknologi elektronika. Komunikasi dapat diartikan sebagai transfer informasi dari satu titik ke titik lain. Bila informasi harus dikirim melewati suatu jarak maka diperlukan sistem komunikasi. Dengan sistem komunikasi, transfer informasi sering dilakukan dengan menumpangkan atau memodulasikan informasi pada gelombang elektromagnetik yang bertindak sebagai pembawa informasi. (Thomas Sriwidodo, 1995 : 1)

Serat optik (*Fiber optic*) merupakan salah satu media transmisi komunikasi yang cukup handal. Dipilihnya alternatif ini karena serat optik mempunyai beberapa kelebihan yang tidak dimiliki oleh media transmisi lain. Sesudah tahun 1970, ketika mulai terdapat serat optik dengan susutan lebih kecil dari 20 dB/km, perkembangannya semakin dipacu. Dengan bahan-bahan dasar yang makin murni dan teknik pembuatan yang makin teliti, koefisien susutan dapat mencapai kurang dari 5 dB/km (Hendaru, 2011). Dengan jalur

(bandwidth) yang besar sehingga kemampuan dalam mentransmisikan data menjadi lebih banyak dan cepat dibandingkan dengan penggunaan kabel konvensional, sangat cocok digunakan terutama dalam sistem telekomunikasi.

Serat optik (*Fiber optic*) adalah saluran transmisi atau sejenis kabel yang terbuat dari kaca atau plastik yang lebih kecil dari sehelai rambut, dan dapat digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain (Suyanto, 2015). Sistem komunikasi serat optik dengan cepat mampu bersaing menggantikan sistem-sistem lain dengan kelebihan serat optik yaitu memiliki bandwidth yang besar , redaman transmisi kecil, ukuran kecil, kemudahan penambahan kapasitas dan performansi yang lebih baik (Putri, 2011)

Aplikasi serat optik telah menyebar di berbagai bidang yang beragam, salah satunya adalah untuk pemantauan perubahan lingkungan seperti mendeteksi pergeseran (displacement), suhu, tegangan (stress) hingga penggunaannya dalam bidang industri, pemantauan kondisi struktur bangunan dan medis (Dwi Nurfatimah, 2015 : 2). Pemanfaatan serat optik sudah meluas di dalam sistem komunikasi , pemanfaatan serat optik berkembang hingga dapat menawarkan sebuah sensor fisik dengan teknik yang berbeda-beda untuk berbagai parameter.

Serat secara luas digunakan dalam sistem komunikasi. Dengan berbagai keuntungan dan kemajuan yang dimiliki serat optik serta perkembangan teknologi optoelektronika mendorong minat untuk memanfaatkan serat optik dalam pengindraan atau sensor berbasis serat optik (Fidanboylu, K dan Efendioglu, H. S, 2009). Penelitian awal pada sensor fiber optik berbasis teknologi dipublikasikan di tahun 70-an dan yang pertama terkait dengan media dan industri endoskopi fiber optik. Sensor fiber optik memiliki fitur menguntungkan beberapa : *compact*, ringan dan memungkinkan dalam pelaksanaan skema multiplexing. (Egyn Furqon Ghazali, 2012)

Sensor serat optik yang didasarkan pada prinsip kerugian daya optik yang disebabkan oleh pembengkokkan mikro (mikrobending) juga memiliki bentuk padat yang baik, struktur sederhana, biaya rendah dan lainnya Sensor

mikrobending serat optik adalah jenis sensor serat berdasarkan prinsip tekukan yang terstruktur yang dapat menyebabkan hilangnya intensitas cahaya, yang terdiri dari susunan lekukan termodulasi dan serat optik. Kinerja sensor mikrobending serat optik ditentukan oleh susunan lekukan (bending), maka metode modulasi lekukan (bending) digunakan untuk menghasilkan periodik lekukan (bending) pada serat optik. Desain sensor yang dibuat yaitu plat bergerigi atau bergelombang pada sisi atas dan bawah, dan diantara plat diberi sensor serat optik yang mengalami gangguan mikrobending dan mengarahkan pancaran (mentransmisikan) gangguan tersebut. Cahaya yang keluar dan menembus pembungkus (jacket) menyebabkan intensitas cahaya output berkurang. Besarnya gangguan dapat diperoleh dengan mendeteksi variasi intensitas cahaya, dan tekanan pada sensor mikrobending serat optik dapat diperoleh. (Bin, Ma and Xingou, Zou, 2010)

Karakteristik bahan serat optik sangat berpengaruh dalam transmisi sinyal pada serat optik tersebut. Pemantulan dan pembiasan sinyal didalam serat optik tergantung pada indeks bias bahan yang dipakai dalam serat optik tersebut. *Attenuasi* (redaman) juga menjadi masalah tersendiri dalam penyaluran sinyal. Bentuk redaman yang sering terjadi ketika proses instalasi kabel adalah *bending* (pembengkokan). Serat optik mengalami redaman/rugi-rugi sinyal ketika dibengkokkan pada jari-jari tertentu. (Dewi, 2010 : 16). Serat optik dibuat dalam dua jenis utama yang berbeda, yaitu single-mode fibers dan multi-mode fibers. Multi mode fibers mempunyai ukuran inti yang lebih besar (berdiameter sekitar $6,35 \times 10^{-5}$ meter atau 63,5 mikron) dan mentransmisikan cahaya inframerah (panjang gelombang 850-1300 nm) dari lampu light-emitting diodes (LED) (Nugraha, AR, 2006 : 22). Banyak perangkat tersedia untuk mengubah sinyal elektronik ke bentuk gelombang cahaya pada sistem telekomunikasi serat optik. Namun sampai saat ini hanya ada dua perangkat yang benar-benar cocok untuk serat optik yaitu *Light Emitting Diode* (LED) dan *Injection Laser Diode* (ILD). Keduanya baik LED atau ILD dapat digunakan sebagai pengirim sinyal kontinu dengan variasi intensitas keluaran (modulasi analog) atau mengubah keadaan dari hidup (on) ke mati (off)

(modulasi digital). Karena keduanya tidak menghasilkan keluaran linier sempurna, maka kurang cocok jika digunakan langsung pada modulasi analog karena dapat menghasilkan penyimpangan yang tidak diinginkan. Lebih lanjut kebanyakan LED dan ILD digunakan untuk komunikasi digital dimana perangkat diubah ke-on dan off dengan mengalirkan arus kemudian tidak dialiri arus (Hoss, RJ dan Lacy E A , 1993 : 45)

Oleh karena itu, dalam penelitian ini diteliti Pengaruh Beban Terhadap Keluaran Fiber Optik yang Dibentuk Dengan Lekukan Multti Bending. Dengan menggunakan laser He-Ne sebagai sumber cahaya dengan panjang gelombang 632,8 nm yang merambat didalam *Polymer Optical Fiber (POF)*, sedangkan daya optik keluaran fiber dideteksi dengan menggunakan alat Multimeter digital.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan, maka beberapa permasalahan pada penelitian ini dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Lebar lekukan melemahkan daya optik intensitas keluaran fiber optik
2. Penambahan massa pada beban yang menyebabkan adanya tekanan pada fiber optik

C. Batasan Masalah

Karena luasnya permasalahan yang diidentifikasi, maka penelitian ini difokuskan dan dibatasi pada lebar lekukan, variasi besar diameter pipa paralon, dan besar massa beban terhadap intensitas keluaran pada fiber optik. Dalam penelitian ini variasi diameter pipa paralon adalah 1,5 cm, 2 cm, dan 2,5 cm serta massa beban yang digunakan yaitu 0 g – 950 g. Sebagai sumber cahaya digunakan laser Helium-Neon dengan emisi keluaran 5 mW dan panjang gelombang 632,8 nm, sedangkan sebagai alat ukur daya keluaran tegangan digunakan multimeter digital. Intensitas diukur dengan mengukur tegangan keluaran dari sinar fiber optik.

D. Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh pengupasan jaket akibat pemberian massa beban terhadap lebar lekukan pada fiber optik yang dibentuk dengan lekukan multi bending
2. Mengetahui pengaruh massa beban terhadap intensitas keluaran fiber optik pada lekukan multi bending
3. Mengetahui sensitivitas terbaik dan linieritas terbaik pada sensor fiber optik

E. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh pengupasan jaket akibat pemberian massa beban terhadap lebar lekukan pada fiber optik yang dibentuk dengan lekukan multi bending
2. Mengetahui pengaruh massa beban terhadap intensitas keluaran fiber optik pada lekukan multi bending
3. Mengetahui sensitivitas terbaik dan linieritas terbaik pada sensor fiber optik

F. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengaplikasikan fiber optik dibidang sensor
2. Dapat memberikan informasi bagaimana sensitivitas dan linieritas sensor pada fiber optik
3. Sebagai acuan atau referensi untuk melakukan riset selanjutnya

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

1. Serat Optik

Serat optik adalah suatu pemandu gelombang *cahaya (light wave guide)* yang berupa kabel tembus pandang (transparan), yang mana penampang dari kabel tersebut terdiri dari 3 bagian, yaitu bagian tengah yang disebut *Core*, bagian pelindung disebut *Cladding* dan bagian luar disebut *Coating*. Bahan serat optik dibuat dari bahan *silica* murni, baik sebagai *core* maupun *cladding*. Dalam penggunaannya beberapa serat optik dijadikan satu dalam sebuah tempat yang dinamakan kabel serat optik dan digunakan untuk mengantarkan data digital yang berupa sinar dalam jarak yang sangat jauh. Di dalam serat inilah energi cahaya yang dibangkitkan oleh sumber cahaya disalurkan sehingga dapat diterima di ujung unit penerima (Catur E, 2002 : 1)

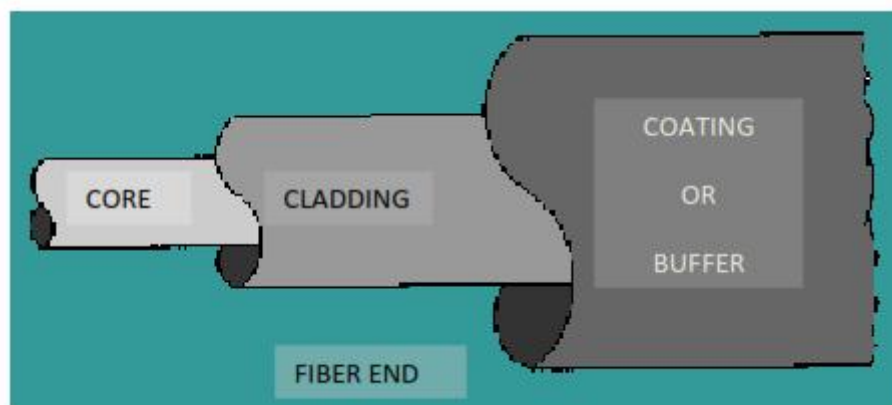
Perambatan sinar dalam kabel serat optik sebagai media transmisi pada suatu sistem komunikasi didasarkan pada hukum *Snellius* untuk perambatan cahaya pada media transparan seperti pada kaca yang terbuat dari *kuartz* kualitas tinggi dan dibentuk dari dua lapisan utama yaitu lapisan inti yang biasanya disebut *core* terletak pada lapisan yang paling dalam dengan indeks bias n_1 dan dilapisi oleh *cladding* dengan indeks bias n_2 yang lebih kecil dari n_1 .

2. Struktur Dasar Sebuah Serat Optik

Struktur dasar dari sebuah serat optik yang terdiri dari 3 bagian : *core* (inti), *cladding* (kulit), dan *coating* (mantel) atau *buffer* (pelindung). Inti adalah sebuah batang *slinder* terbuat dari bahan dielektrik (bahan silika (SiO_2), biasanya diberi doping dengan germanium oksida (GeO_2) atau fosfor penta oksida (P_2O_5) untuk menaikkan indeks biasnya yang tidak menghantarkan listrik, inti ini memiliki jari-jari a , besarnya sekitar 8 – 200 μm dan indeks bias n_1 , besarnya sekitar 1,5. Inti diselubungi oleh lapisan material disebut kulit, yang terbuat dari bahan dielektrik (silika tanpa atau sedikit doping), kulit memiliki jari-jari sekitar 125 – 400 μm indeks biasnya n_2 , besarnya sedikit lebih rendah dari n_1

Walaupun cahaya merambat sepanjang inti serat tanpa lapisan material kulit, namun kulit memiliki beberapa fungsi :

- Mengurangi loss hamburan pada permukaan inti.
- Melindungi serat dari kontaminasi penyerapan permukaan.
- Mengurangi cahaya yang loss dari inti ke udara sekitar.
- Menambah kekuatan mekanis.

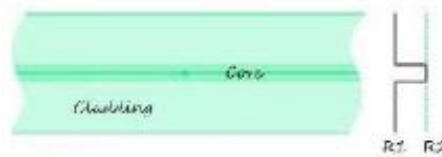


Gambar 1. Serat Optik (Dwi Prasetya, 2009 : 9)

3. Jenis-jenis Serat Optik

a. *Single Mode Step Index*

Pada jenis single mode step index baik core maupun cladding nya dibuat dari bahan silica glass. Ukuran core yang jauh lebih kecil dari cladding nya dibuat demikian agar rugi-rugi transmisi berkurang akibat fading seperti gambar berikut



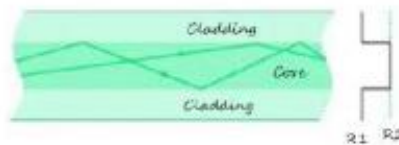
Gambar 2. Perambatan gelombang pada *Single Mode Step Index*
Single mode step index mempunyai karakteristik sebagai berikut :

1. Serat optik single mode step index memiliki diameter core yang sangat kecil jika dibandingkan dengan *cladding* nya
2. Ukuran diameter *core* antara $8\ \mu\text{m}$ – $12\ \mu\text{m}$
 - a. Cahaya hanya merambat dalam satu mode saja yaitu sejajar dengan serat sumbu optik.

- b. Memiliki redaman yang sangat kecil.
- c. Memiliki bandwidth yang lebar.
- d. Digunakan untuk transmisi data dengan *bit rate* tinggi

b. Multi Mode Step Index

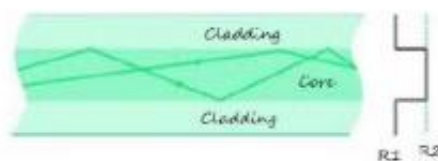
Pada serat optik *multi mode step* pulsa disisi terima akan lebih besar dibandingkan dengan pulsa disisi kirim. Pelebaran pulsa mengakibatkan adanya perbedaan bit-bit data yang ditansmisikan. Pada jenis *multi mode step index* ini, diameter core lebih besar diameter cladding nya. Dampak dari besarnya diameter core menyebabkan rugi-rugi dispersi waktu *transmitternya* besar. Penambahan presentase bahan silica pada waktu pembuatan tidak terlalu berpengaruh dalam menekan rugi-rugi dispersi waktu pengiriman. Serat optik multi mode graded index digunakan dalam transmisi jarak pendek dengan laju data yang rendah dan meimiliki loss yang besar



Gambar 3. Perambatan Gelombang pada *Multi Mode Step Index*

c. Multi Mode Graded Index

Pada jenis serat optik *multi mode graded index* ini *core* terdiri dari sejumlah lapisan gelas yang memiliki indeks bias yang berbeda, indek bias yang tertinggi terdapat pada pusat *core* dan berangsur-angsur turun hingga yang terendah terdapat pada batas antar *core-cladding*. Akibatnya dispersi waktu berbagai mode cahaya yang merambat berkurang sehingga cahaya akan tiba pada waktu yang bersamaan. Gambar dibawah ini menunjukkan perambatan gelombang dalam *multimode graded index*.



Gambar 4. Perambatan Gelombang pada *Multi Mode Groded Index*

Multi mode graded index mempunyai karakteristik sebagai berikut :

1. Cahaya merambat karena difraksi yang terjadi pada core sehingga rambatan cahaya sejajar dengan sumbu serat
2. Dispersi minimum sehingga baik untuk digunakan untuk jarak menengah.
3. Ukuran diameter core antara 50 μm – 100 μm , lebih kecil dari *multi mode step index* dan dibuat dari bahan *silica glass* (Rachmah Dini Oktasavira, 2015 : 2)

4. Rugi-rugi dan Dispersi di Dalam Fiber Optik

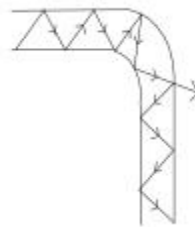
a. Rugi-rugi Pembengkokan (*Bending Losses*)

Ada dua jenis pembengkokkan yang menyebabkan rugi-rugi dalam fiber, yaitu pembengkokkan-mikro (*microbending*) dan pembengkokkan-makro (*macrobending*). Keduanya timbul karena alasan yang berbeda, dan menimbulkan rugi-rugi dengan dua macam mekanisme yang berbeda pula.

Pembengkokkan mikro adalah suatu pembengkokkan mikroskopis dari inti fiber yang disebabkan oleh laju penyusutan (*contraction*) thermal yang sedikit berbeda antara bahan ini dan bahan pelapis. Pembengkokkan mikro dapat juga timbul bila fiber berulang kali digulung menjadi suatu kabel fiber majemuk (*multifiber cable*), atau bila digulung pada kelos-kelos untuk memudahkan pengangkutannya. Makin tajam belokan itu dibuat, makin banyak pula ragam-ragam yang terlepas pada belokan. Pembengkokkan makro adalah pelengkungan fiber optik.

Rugi-rugi pembengkokkan sebagai berikut :

Loss pembengkokkan = Loss pada kabel tidak dibengkokkan – Loss pada kabel dibengkokkan



Gambar 5. Pembengkokkan (*Bending*) (Oktavianto, 2011 : 8)

b. Rugi-rugi Peggangan dengan Ragam (*Mode Coupling Losses*)

Daya yang sudah dilepaskan dengan baik ke dalam suatu ragam yang merambat mungkin kemudian digandengkan ke dalam suatu ragam bocor atau ragam radiasi pada sebuah titik yang agak jauh pada fiber. Efek penggandengan ini dapat terjadi karena rugi-rugi ini timbul pada saat serat optik dikopel/disambungkan dengan sumber cahaya atau photo detector. Rugi-rugi coupling dapat diperkecil dengan penambahan lensa di depan sumber cahaya atau pembentukkan permukaan tertentu (*misalnya spherical-surface*) pada sumber cahaya atau ujung fiber. (Oktavianto, 2011 : 9)



Gambar 6. Peggandengan ragam (*Mode Coupling*) (Oktavianto, 2011 : 9)

5. Perambatan Cahaya

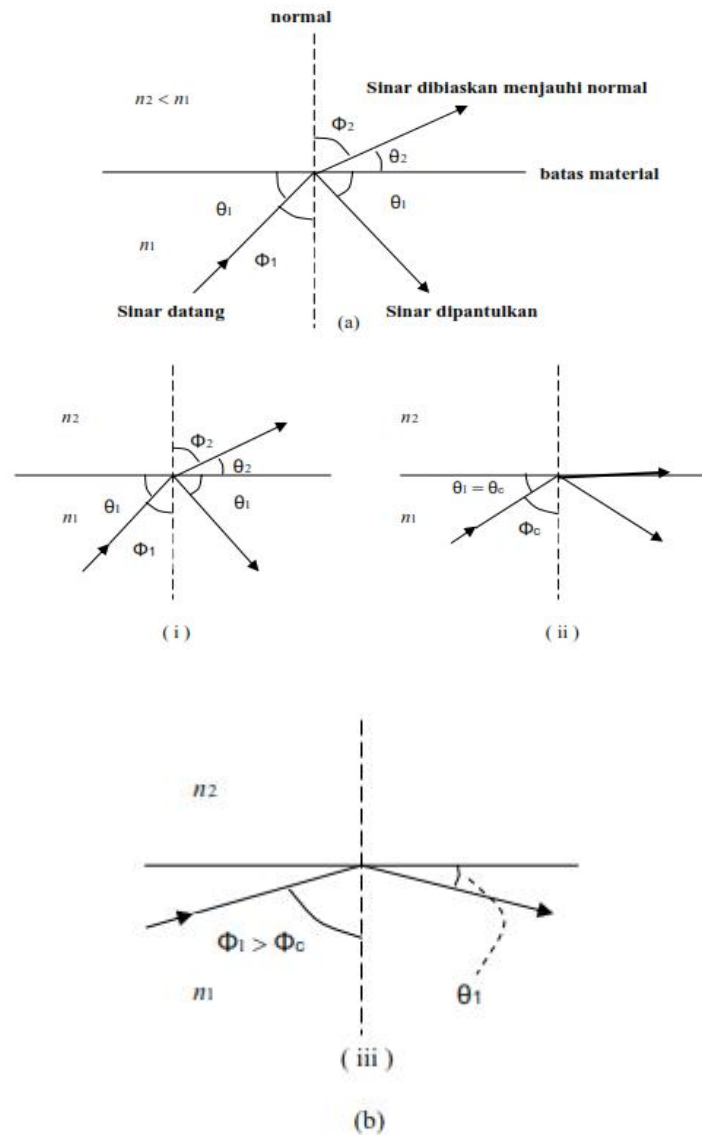
Perambatan cahaya di sepanjang serat optik terjadi karena pemantulan internal sinar optik yang terjadi pada perbatasan *core* dan pembungkusnya. Pemantulan ini disebabkan oleh adanya perbedaan indeks bias antara *core* dan *cladding*. Jika seberkas cahaya memasuki suatu medium dengan indeks bias yang berbeda, proses pembiasan atau pemantulan cahaya yang terjadi dapat dijelaskan menggunakan hukum Snellius sebagai berikut (Gerd Keiser, 2000 : 6) :

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \text{ atau } n_1 \cos \theta_1 = n_2 \cos \theta_2$$

Jika sudut datang θ_1 diperbesar, maka sinar biasakan semakin menjauhi normal. Bila sinar bias mencapai bidang batas kedua medium (besarnya sudut θ_2 mencapai 90°), maka θ_1 sekarang disebut sudut kritis. Sudut kritis adalah sudut antara sinar datang terhadap garis normal dimana sinar tersebut akan dibiaskan dengan sudut $\theta_2 = 90^\circ$, sehingga

$$n_1 \sin \phi_c = n_2 \sin 90^\circ \text{ sehingga } \sin \phi_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.2)$$

Apabila sudut ϕ_1 lebih besar dari sudut kritis ($\phi_1 > \phi_c$), sinar tidak lagi dibiaskan, tetapi akan terjadi pemantulan total seperti pada Gambar 6. (Gerd Keiser, 2000 : 7)



Gambar 7. Proses Pemantulan dan Pembiasan Cahaya (Gerd Keiser, 2000 : 8)

6. Numerical Aperture

Nilai numerical aperture adalah parameter yang mengukur kemampuan fiber optik untuk menangkap atau mengumpulkan cahaya. Selain numerical aperture sudut penerima juga mengidentifikasi berapa cahaya yang dapat diterima ke dalam fiber optik.

Gambar 6 menunjukkan adanya sudut θ_{max} yang merupakan batas agar cahaya dapat melewati fiber optik. Sudut ini disebut Numerical Aperture. Cahaya tidak dapat melewati fiber optik jika datang dengan sudut lebih besar θ_{max} . Cahaya tidak

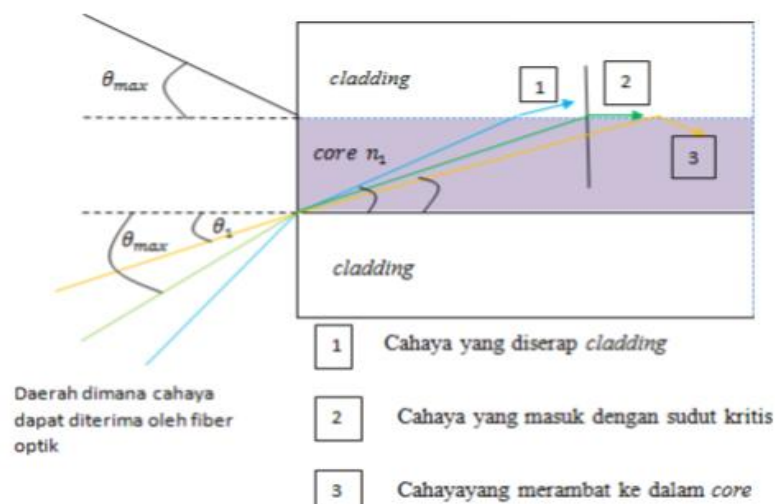
dapat melewati fiber optik jika datang dengan sudut lebih besar θ_{max} . Cahaya ini dapat masuk ke dalam fiber optik tetapi tidak dapat melewati fiber optik karena cahaya telah diserap oleh *cladding*. Sedangkan semua cahaya dengan sudut datang kurang dari θ_{max} dapat masuk dan melewati fiber optik, cahaya ini akan mengalami pemantulan internal total yang menyebabkan cahaya tetap berada dalam fiber optik

Besarnya nilai nimerical apertur (NA) ditentukan dengan persamaan berikut :

$$NA = n \sin \theta_{max} = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} \quad (3)$$

Dengan n adalah indeks bias udara = 1, n_1 adalah indeks bias core, n_2 adalah indeks bias selongsong (*cladding*). Besarnya nilai sudut penerima dapat dihitung dengan

$$\text{Sudut penerima} = \arcsin NA \quad (4)$$



Gambar 8. Sudut dimana cahaya dapat diterima oleh fiber optik (Horson, 2010 :16)

7. Pemantulan Internal Sempurna

Sudut kritis diberi nama demikian karena sudut ini berperan sangat penting (kritis) di dalam prinsip kerja serat optik. Jika cahaya merambat dengan sudut datang yang kurang dari sudut kritis, maka cahaya akan dibiarkan keluar dari bahan pertama

Akan tetapi, jika cahaya merambat menuju bidang perbatasan dengan sudut datang yang lebih besar dari sudut kritis, maka cahaya tersebut akan dipantulkan kembali (oleh bidang perbatasan) ke dalam bahan pertama.

Ketika cahaya menjalar di dalam bahan transparan yang memiliki perbedaan indeks bias, sehingga menemui permukaan bahan transparan lainnya maka dua hal akan terjadi, yaitu :

- a) Sebagian cahaya akan dipantulkan
- b) Sebagian cahaya akan diteruskan ke dalam bahan transparan kedua.

Cahaya yang diteruskan biasanya berubah arah ketika memasuki bahan kedua, yaitu jika cahaya masuk dengan sebuah sudut terhadap garis normal permukaan bahan. Pembelokan cahaya ini timbul karena pembiasan yang bergantung pada kecepatan cahaya di dalam suatu bahan, dan kecepatannya berbeda di dalam bahan dengan indeks bias berbeda. Seberkas cahaya datang dari medium pertama yang mempunyai indeks bias n_1 dengan sudut datang i_1 , cahaya itu dibiaskan pada bidang batas dan masuk ke medium kedua yang mempunyai indeks bias n_2 dengan sudut bias i_2 , Menurut Hukum Snellius pembiasan tersebut dapat dituliskan dalam bentuk :

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

Ketika sudut datang cahaya (di dalam bahan pertama) menuju bidang perbatasan terus diperbesar, akan tercapai suatu titik di mana sudut bias menjadi 90° dan cahaya akan masuk sejajar dengan bidang perbatasan di dalam bahan kedua. Sudut datang yang menjadikan hal tersebut dinamakan sebagai sudut kritis.

$$\theta_{kritis} = \text{arc sin} \frac{n_2}{n_1} \quad (2)$$

Ketika cahaya merambat dengan sudut yang kurang dari sudut kritis maka cahaya akan dibiaskan keluar dari bahan pertama, akan tetapi jika cahaya merambat menuju bidang perbatasan dengan sudut datang yang lebih besar dari sudut kritis maka cahaya tersebut akan dipantulkan kembali (oleh bidang perbatasan) ke dalam bidang pertama. Dalam hal ini bidang pertama hanya berperan sebagai bidang pertama. Dalam hal ini bidang pertama hanya berperan

sebagai bidang pantul (cermin). Efek semacam disebut sebagai pemantulan internal sempurna (*total internal reflection/TIR*)



Gambar 9. Pemantulan internal sempurna (Crisp dan Elliott, 2008 :18)

8. Pelemahan Daya Fiber Optik

Daya yang dibawa oleh cahaya akan mengalami pelemahan (loss) akibat terjadinya kebocoran atau karena kurangnya kejernihan bahan fiber optik. Besaran pelemahan daya fiber optik dinyatakan sebagai perbandingan antara daya pancaran awal terhadap daya yang diterima dan dinyatakan dalam deci-Bell (dB). Pelemahan daya disebabkan oleh 3 faktor utama yaitu absorpsi, hamburan (scattering) dan lekukan (bending losses) (Mulyana, 2016)

1. Absorpsi

Zat kotooran (impurity) apapun yang masih tersisa di dalam bahan inti akan menyerap sebagian dari energi cahaya yang merambat di dalam serat optik. Kontaminan yang menimbulkan efek paling serius adalah ion-ion hidroksil dan zat-zat logam. Ion-ion hidroksil adalah wujud lain dari air yang akan menyerap secara besar-besaran energi gelombang dengan panjang 1380 nm. Demikian pula zat-zat logam akan menyerap energi gelombang dengan berbagai nilai tertentu.

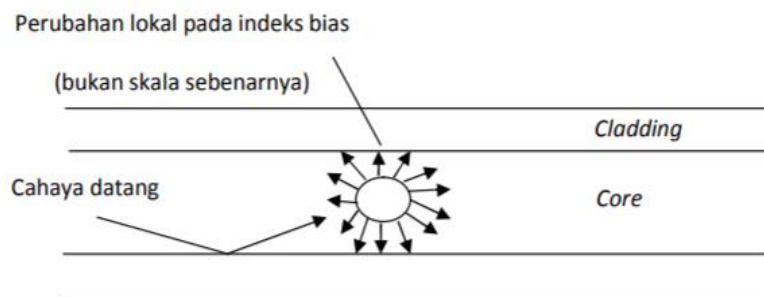
(Crisp dan Elliot, 2006 : 60)

2. Pancaran Rayleigh

Pancaran Rayleigh (Reyleigh scatter) adalah efek terpancarnya cahaya akibat terjadinya perubahan kecil yang bersifat lokal pada indeks bias bahan inti dan

bahan mantel. Dikatakan bersifat lokal karena perubahan itu hanya terjadi di lokasi-lokasi tertentu saja di dalam bahan, dan ukuran daerah yang terkena pengaruh perubahan ini sangat kecil, yaitu kurang dari satu panjang gelombang cahaya.

Terdapat dua hal yang menyebabkan terjadinya fenomena ini, dan keduanya timbul di dalam proses manufaktur. Sebab pertama adalah terdapatnya ketidakmerataan didalam bahan-bahan pembuat serat optik. Ketidakmerataan dalam jumlah yang sangat kecil dan bersifat acak dan mustahil untuk sepenuhnya dihilangkan. Penyebab kedua adalah pergeseran-pergeseran kecil pada kerapatan bahan yang biasanya terjadi saat kaca silika mulai membeku dan menjadi padat.



Gambar 10. Cahaya terpancar ke segala arah (Crisp dan Elliot, 2006 : 59)

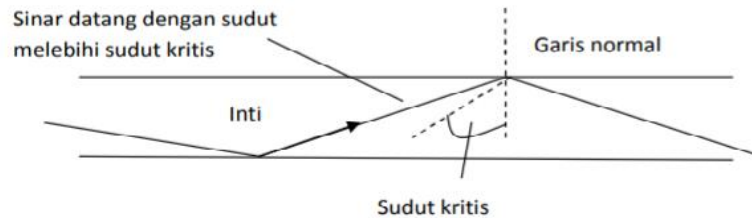
Intensitas efek ini pada cahaya yang menumbuk daerah perubahan bergantung pada ukuran daerah perubahan relatif terhadap panjang gelombang cahaya yang bersangkutan. Sehingga, cahaya dengan panjang gelombang paling kecil, atau frekuensi tertinggi, akan paling besar terkena dampak pancaran ini.

9. Pelemahan Lekukan Kabel

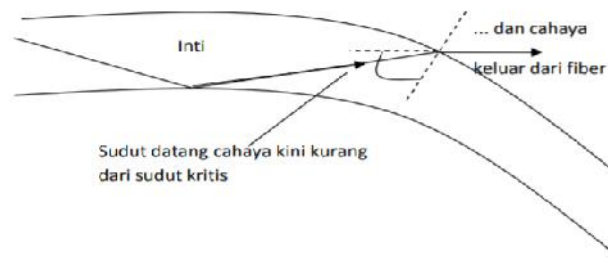
a) *Macrobend*(lekukan skala makro)

Lekukan tajam pada sebuah kabel fiber optik dapat menyebabkan timbulnya pelemahan daya yang cukup serius, dan lebih jauh lagi kemungkinan terjadinya kerusakan mekanis (pecahnya fiber optik). Cahaya yang diperlihatkan dalam gambar 10 memiliki sudut datang yang melebihi sudut kritis, dan karena dapat merambat secara ‘aman’ di dalam ini fiber optik. Garis normal selalu mengarah tegak lurus terhadap permukaan inti (bidang batas inti-mantel). Sekarang jika inti dilengkungkan, seperti dalam gambar 10, maka garis normal akan berubah arahnya mengikuti permukaan inti. Akibatnya, cahaya yang tadinya merambat dengan sudut

‘aman’, kini tidak lagi demikian, sudut datangnya menjadi kurang dari sudut kritis dan mengakibatkan cahaya dapat menembus inti dan keluar dari fiber optik



Gambar 11. keadaan normal (sumber: John Crisp dan Barry Elliot, 2006 : 63)



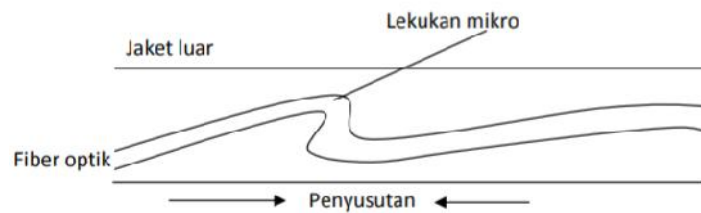
Gambar 12. Keadaan saat terjadi lekukan (Sumber : John Crisp dan Barry Elliot, 2006 : 63)

Lekukan yang tajam oleh sebab itu harus dihindarkan. Seberapa ‘tajam’ lekukan yang dikatakan tajam ini harus dilihat pada spesifikasi kabel fiber optik yang bersangkutan, karena semua informasi mengenai batasan-batasan mekanis dan pelemahan daya kabel ada di dalam spesifikasi tersebut. Akan tetapi, mengetahui batasan umum yang berlaku untuk masalah lekukan kabel ini sering kali sangat membantu. Semakin tajam (dan semakin kecil jari-jari) kelengkungan, maka semakin besar pelemahan daya yang timbul

Pelemahan daya karena lekukan fiber optik sebenarnya dapat dimanfaatkan untuk banyak hal melalui dua cara: dengan memanfaatkan peningkatan *loss* yang terjadi di dalam fiber dan dengan memanfaatkan cahaya yang lolos dari fiber optik.

b) *Microbend* (lekukan skala mikro)

Permasalahan lekukan skala mikro pada prinsipnya menimbulkan efek yang sama dengan macrobend, hanya saja ukuran lekukan dan penyebab terjadinya berbeda. Jari-jari lekukan yang timbul dalam kasus ini adalah sama dengan atau kurang dari garis-tengah sebuah fiber optik Gambar 12.



Gambar 13. Perbedaan laju penyusutan dapat menimbulkan lekukan mikro

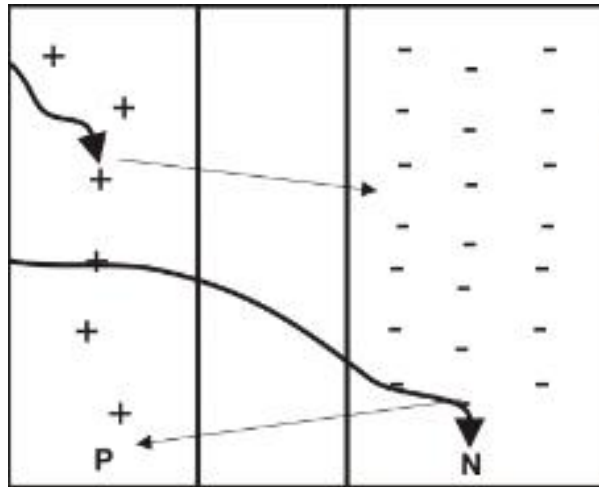
Permasalahan *microbend* (lekukan mikro) pada umumnya muncul di dalam proses manufaktur. Penyebab yang bisa dijumpai adalah perbedaan laju pemuaian (dan penyusutan) antara fiber optik dan lapisan-lapisan pelindung luarnya (jaket). Ketika kabel fiber optik terlalu dingin, lapisan jaket maupun bagian inti/selongsong akan mengalami penyusutan dan memendek. Jika bagian inti/selongsong menyusut lebih lambat dari lapisan jaketnya, maka bagian inti/selongsong akan bergeser dari posisi relatifnya semula dan hal ini dapat menimbulkan lekukan-lekukan padanya. Fenomena inilah yang dikenal sebagai permasalahan *microbend*

Dengan bersikap sangat efektif dalam memilih kabel fiber optik yang akan digunakan, masalah *microbend* lebih mudah dihindarkan ketimbang masalah *macrobend*, karena banyak fiber optik di pasaran dewasa ini dapat mengakomodir kisaran suhu kerja sangat lebar, yaitu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+85^{\circ}\text{C}$

10. Perubahan Nilai Intensitas Cahaya Menjadi Tegangan

Konsep mengenai konversi cahaya menjadi arus terjadi pada photodiode. Cahaya dengan energi yang cukup, menghasilkan pasangan electron-hole yang terjadi pada sambungan diode yang disebut sebagai "*Depletion Region*" atau sambungan P-N. Elektron bebas berjalan disepanjang daerah N, karena elektron merupakan muatan negatif, kemudian menuju kutub negatif. Demikian halnya *hole* yang bermuatan positif, berjalan disepanjang daerah P, dan menuju ke kutub positif.

Proses penghasilan energi listrik diawali dengan pemutusan ikatan elektron pada atom-atom yang tersusun dalam kristal ketika diberikan sejumlah energi (hf). Karena p dan n tersambung oleh depletion region maka akan terjadi difusi *hole* dari p menuju n dan difusi elektron dari n menuju p. Adanya perbedaan muatan pada daerah deplasi akan mengakibatkan munculnya medan listrik



Gambar 14. Peristiwa yang terjadi pada p-n *Photodiode* (Iswanto, 2008 : 21)

Sambungan p-n menghasilkan medan listrik agar elektron dapat mengalir. Lepasnya pembawa muatan pada permukaan kristal mengakibatkan penambahan kuat medan listrik didaerah deplesi. Adanya kelebihan muatan mengakibatkan muatan tersebut bergerak karena adanya medan listrik pada daerah deplesi. Pada keadaan ini dihasilkan arus berupa arus *drift*, yaitu arus yang dihasilkan karena kemunculan medan listrik. Arus inilah yang kemudian dinamakan sebagai arus listrik (Iswanto, 2008 : 21).

11. Karakteristik Sensor Serat Optik

1. Jangkauan sensor

Cara mendapatkan jangkauan sensor yaitu dengan melakukan pergeseran hingga tegangan keluaran detektor tidak mampu lagi mendeteksi perubahan yang terjadi. Jangkauan sensor merupakan nilai minimum hingga nilai maksimum dimana suatu sensor masih bisa bekerja

2. Resolusi pergeseran alat

Resolusi pergeseran alat merupakan nilai terkecil yang mapu dideteksi, dilihat berdasarkan grafik hasil penelitian, berkaitan dengan besar perubahan tegangan akibat perubahan jarak yang terjadi dan nilai yang diambil yaitu pergeseran terkecil yang dilakukan, dapat diperoleh berdasarkan persamaan hubungan antara jarak dan tegangan keluaran.

3. Sensitivitas

Pada penelitian ini untuk meningkatkan sensitivitas pada serat optik dilakukan variasi lebar diameter rol/pipa paralon sehingga terbentuknya lekukan *multibending*, maka *sensitivitas* dapat diketahui berdasarkan grafik dengan melihat gradient yang terdapat pada grafik dan ditinjau dari kemiringan yang terjadi, semakain besar nilai kemiringan maka semakain *sensitivesensor* serat optik (Widyana, 2010 : 17)

12. Sumber Cahaya

a. LED dan *Photodetector*

LED adalah suatu semikonduktor sambungan p-n yang memancarkan cahaya apabila diberi prasikap maju. Semikonduktor tipe-n memiliki jumlah elektron bebas, sedangkan semikonduktor tipe-p memiliki jumlah lubang bebas. Jika semikonduktor tipe-n dan tipe-p disambungkan akan terbentuk suatu energi penghalang. Baik lubang bebas maupun elektron bebas tidak memiliki cukup tenaga untuk melewati penghalang tersebut untuk berrekomendasi. Apabila diberikan suatu tegangan maju, maka besarnya penghalang tenaga akan turun, sehingga elektron bebas dan lubang bebas memiliki cukup tenaga untuk berpindah melewati sambungan. Jika elektron bebas dan lubang bebas tadi bertemu, maka elektron akan turun kebidang valensidan kemudian berekombinasi dengan lubang bebas tersebut akan diubah menjadi tenaga optik dalam bentuk foton

Photodetector atau detektor cahaya adalah sebagai alat penerima fungsi dan penerima komunikasi optik. Fotodetektor mengubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik. Keluaran dari penerima adalah sinyal elektrik yang memenuhi spesifikasi dari pengguna kekuatan sinyal, level impedensi, bandwidth, dan parameter lainnya.

Bentuk sistem fotodetektor termasuk dalam alat penerima yang sesuai, biasanya adalah semikonduktor photodiode yang berasal dari komponen optik gelombang cahaya ke alat fotodetektor (Babani B.B, 2003 : 2)

Fotodetektor yang baik memiliki kepekaan atau respon yang tinggi, waktu respon yang cepat, noise dari detektor yang rendah dan karakteristik dari performansi yang tidak mudah dipengaruhi oleh kondisi lingkungan.

Fotodiode berbeda dengan diode biasa. Jika fotodiode persambungan p-n bertegangan balik disinari, maka arus akan berubah secara linier dengan kenaikan fluks cahaya yang dikenakan pada persambungan tersebut.

Dalam penelitian ini diperoleh hasil bahwa fotodiode dapat berfungsi sebagai sensor untuk mengukur intensitas cahaya, dimana semakin besar intensitas cahaya (ditunjukkan oleh sumber cahaya laser HE-NE) yang mengenainya maka arus yang dihasilkan fotodiode juga akan semakin besar

b. Laser

Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) merupakan sumber cahaya koheren yang monokromatik dan amat lurus. Cara kerjanya mencakup optika dan elektronika. Para ilmuwan bisa menggolongkannya dalam bidang elektronika kuantum. Sebutulnya laser merupakan perkembangan dari MASER, huruf M disini singkatan dari Microwave, artinya gelombang mikro. Cara kerja maser dan laser adalah sama, hanya saja mereka bekerja pada panjang gelombang yang memancarkan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang jauh lebih panjang, sekitar 5 cm, lebih pendek sedikit dibandingkan dengan sinyal TV – UHF. Laser yang memancarkan sinar tampak disebut laser – optik. (Sugata, 1991 : 1)

c. Laser Helium-Neon

Laser Helium-Neon adalah salah satu dari macam laser gas. Laser Helium-Neon atau He-Ne merupakan laser gas mulia yang sangat penting. *Lasing* diperoleh dari transisi atom neon, dimana helium ditambahkan ke dalam campuran gas untuk memfasilitasi proses *pumping*. Laser ini dapat beresilasi pada beberapa panjang gelombang, 632,8 nm (merah), 543 nm (hijau), 1150 dan 3390 nm (inframerah) (Bahtiar, 2008 : 20).

13. Multimeter Digital

Multimeter digital mampu menampilkan beberapa pengukuran untuk arus miliamper, temperatur °C, tegangan milivolt, resistansi ohm, frekuensi Hz, daya listrik mW sampai kapasitansi nF.

Pada dasarnya data/informasi yang akan diukur bersifat analog. Blok diagram alat ukur digital terdiri dari komponen sensor, penguat sinyal analog,

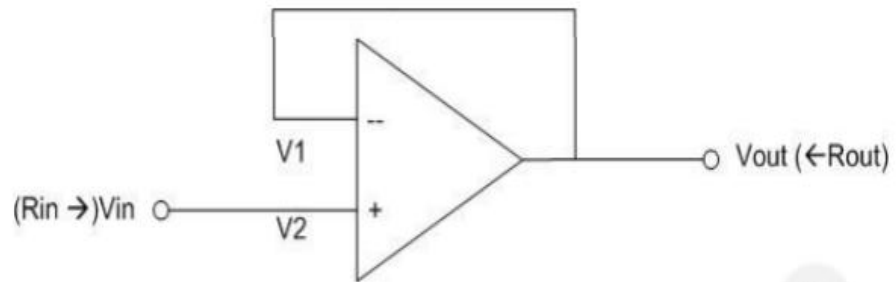
analog to digital converter, mikroprosesor, alat cetak, dan display digital. Sensor mengubah besaran listrik dan non elektrik menjadi tegangan, karena tegangan masih dalam orde mV perlu diperkuat oleh penguat input. Sinyal input analog yang sudah diperkuat, dari sinyal analog diubah menjadi sinyal digital dengan (ADC) analog to digital akan diolah oleh perangkat PC atau mikroprosesor dengan program tertentu dan hasil pengolahan disimpan dalam sistem memori digital. Informasi digital ditampilkan dalam display atau dihubungkan dicetak dengan mesin cetak. Sebuah multimeter digital , terdiri dari tiga jenis alat ukur sekaligus, yaitu mengukur tegangan, arus, dan tahanan. Mampu untuk mengukur besaran listrik DC maupun AC. Saklar pemilih mode digunakan untuk pemilihan jenis pengukuran, mencakup tegangan AC/DC, pengukuran arus AC/DC, pengukuran tahanan, pengukuran diode, dan pengukuran kapasitor. (Brahmantyo Heruseto , 2005)



Gambar 15. Multimeter digital AC dan DC (Brahmantyo Heruseto , 2005)

14. Rangkaian Pengikut Tegangan (*Voltage Follower*)

Pengikut tegangan, sangat berguna dalam mengantarkan sinyal tegangan agar tidak terjadi penurunan tegangan akibat impedansi keluaran. Skematik rangkaian pengikut tegangan dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Skemtaik Rangkaian Pengikut Tegangan

Dari Gambar 15 dapat melihat bahwa kedua masukan ada dalam keadaan hubung singkat maya sehingga $V_{out} = V_{in}$ atau penguatan lingkat tertutup sama dengan satu. Rangkaian ini digunakan untuk mengubah sinyal dengan impedensi masukan tinggi menjadi impedansi keluaran amat kecil. Dengan kata lain rangkaian pengikut tegangan digunakan sebagai rangkaian penyangga dengan penguatan sama dengan satu. (Ilfirasarin, 2007)

15. Normalisasi

Normalisasi merupakan parameter digunakan untuk menghindari duplikasi terhadap tabel dalam basi data dan juga merupakan proses mendekomposisikan sebuah tabel yang masih memiliki beberapa anomali atau ketidak wajaran sehingga menghasilkan tabel yang lebih sederhana dan struktur yang bagus, yaitu sebuah tabel yang tidak memiliki data *redudancy* dan memungkinkan user untuk melakukan *insert*, *delete*, dan *update* pada baris (record) tanpa menyebabkan inkonsistensi data. Tujuannya untuk menghindari beberapa anomali :

- *Insertion Anomaly* adalah proses melakukan penambahan *record* baru akan tetapi mempengaruhi user untuk terjadinya duplikasi data
 - *Deletion Anomaly* adalah proses melakukan penghapusan *record* akan tetapi akan menyebabkan hilangnya data yang akan dibutuhkan pada *record* lain
 - *Modification Anomaly* adalah proses merubah data pada sebuah *record* mempengaruhi perubahan pada record lain karena adanya duplikasi.
- (Gandung Triyono, 2011 : 19)

B. Kerangka Berfikir

Penelitian ini digunakan untuk mengetahui pengaruh pengupasan *cladding* akibat pemberian beban terhadap lebar lekukan serta mengetahui pengaruh tekanan terhadap tegangan keluaran fiber optik dan sensitivitas terbaik pada fiber optik yang dibentuk dengan lekukan multi bending. Tegangan keluaran akan diterima oleh multimeter digital. Fiber optik yang digunakan dalam penelitian ini adalah fiber optik tipe SH-400-1.3.

Cahaya dari Laser He-Ne melewati dan dimodulasi oleh sensor serat optik. Intensitas cahaya dari Laser He-Ne kemudian dideteksi oleh fototransistor. Adanya faktor lekukan dalam jumlah yang banyak (*multibending*) akan menyebabkan terjadinya rugi daya dan perubahan intensitas cahaya pada serat optik yang merupakan representasi dari pengindraan pada sensor serat optik. Sinyal dari fototransistor dihubungkan dengan rangkaian pengikut tegangan sehingga tegangan keluaran dari fototransistor dapat diperbesar

Peneliti akan mencari pengaruh pengupasan *cladding* akibat pemberian beban terhadap lebar lekukan dan mencari pengaruh tekanan terhadap tegangan keluaran fiber optik serta mencari sensitivitas terbaik pada fiber optik yang dibentuk dengan lekukan multibending yang akan dideteksi oleh multimeter digital. Ketika fiber optik dikupas pada daerah *cladding*, maka akan terlihat berkas-berkas cahaya yang keluar pada bagian *cladding* yang telah terklupas sebagai hamburan sinar yang dijalurkan.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian

Laboratorium Spektroskopi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta

2. Waktu Penelitian

Penelitian tentang Pengaruh Massa Beban Terhadap Intensitas Keluaran Fiber Optik yang di Bentuk Dengan Lekukan Multi Bending ini dilaksanakan secara bertahap dan berkelanjutan pada bulan November 2016 sampai dengan bulan Maret 2017

B. Variabel Penelitian

1. Variabel bebas

Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah perubahan massa beban yang diberikan.

2. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah daya intensitas keluaran fiber optik yang ditransmisi oleh fiber optik dengan menggunakan rangkaian pengikat tegangan (rangkain penyangga).

3. Variabel terkontrol

Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terkontrol yaitu intensitas cahaya keluaran dari laser Helium-Neon dan diameter bentuk paralon.

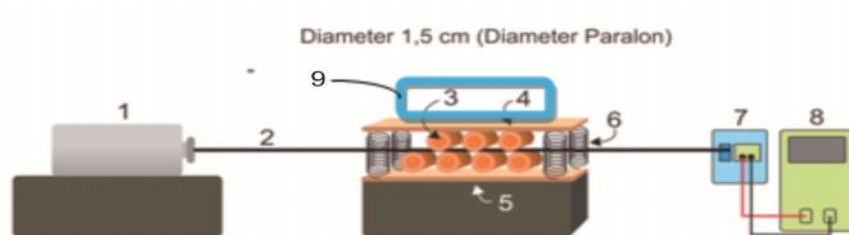
C. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat

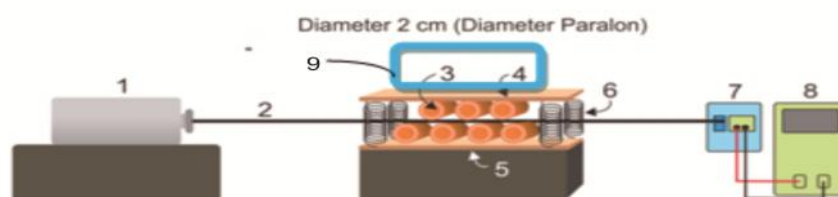
- a. Rangkaian pengikat tegangan (rangkain penyangga)
- b. Kabel penghubung
- c. Kabel jack merah dan hitam
- d. Multimeter digital
- e. Power supply
- f. Breadboard (papan rangkaian)
- g. Alkohol murni
- h. Gunting digunakan untuk memotong fiber optik
- i. Lakban hitam digunakan untuk menjepit fiber optik

- j. Penggaris digunakan untuk mengukur panjang fiber optik
2. Bahan
- a. Fiber Optik tipe SH-4001-1,3
 - b. Laser Helium-Neon dengan daya keluaran 5 mW dan panjang gelombang 632,8
 - c. Aseton
 - d. Alkohol
 - e. Amplas tipe p-100
 - f. Alas (sterofom)
 - g. Pegas (4 buah)
 - h. Beban
 - i. Paralon diameter 1,5 cm, 2 cm, dan 2,5 cm
 - j. Papan yang digunakan untuk membentuk fiber optik (2 buah)

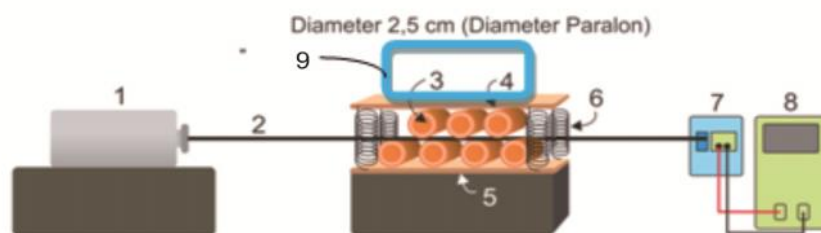
D. Desain Penelitian



Gambar 17. Desain Penelitian dengan Diameter Paralon 1,5 cm



Gambar 18. Desain Penelitian dengan Diameter Paralon 2 cm



Gambar 19. Desain Penelitian dengan Diameter Paralon 2,5 cm

Keterangan :

1. Laser Helium-Neon
2. Fiber Optik tipe SH-400-1.3
3. Pipa Paralon berdiameter 1,5 cm, 2 cm, dan 2,5 cm
4. Penampang atas
5. Penampang bawah
6. Pegas
7. Rangkaian Pengikut Tegangan
8. Multimeter digital
9. Beban dengan massa 0 g – 950 g

E. Prosedur Penelitian

1. Menyiapkan fiber optik dengan panjang kabel 1m.
2. Pengamplasan pada tiap ujung fiber optik sehingga pada ujung fiber menjadi halus dan rata.
3. Menyiapkan rangkaian pengikut tegangan yang akan digunakan untuk mengukur tegangan keluaran pada fiber optik.
4. Mengatur VCC yang berasal dari *power supply* dengan besar tegangan 9 volt.
5. Menyiapkan alat seperti yang sudah ditentukan dimana posisi fiber optik berada diantara penampang atas dan penampang bawah dengan menggunakan 4 buah pegas.
6. Menyiapkan beban dengan massa yang telah ditentukan yaitu 0 g – 950 g yang ditimbang menggunakan timbangan digital.
7. Membentuk fiber dengan diameter pipa paralon 1,5 cm.
8. Menyusun alat seperti gambar 1 dengan diameter paralon 1,5 cm.
9. Melakukan pengukuran tegangan keluaran pada fiber optik dengan menggunakan multimeter digital.
10. Mencatat hasil pengukuran.
11. Mengulangi langkah 3 sampai langkah 6.
12. Membentuk fiber dengan diameter pipa paralon 2 cm.
13. Menyusun alat seperti gambar 2 dengan diameter paralon 2 cm.

14. Melakukan pengukuran tegangan keluaran pada Fiber Optik dengan menggunakan multimeter digital.
15. Mencatat hasil pengukuran
16. Mengulangi langkah 3 sampai langkah 6
17. Membentuk fiber dengan diameter pipa paralon 2,5 cm
18. Menyusun alat seperti gambar 3 dengan diameter paralon 2,5
19. Melakukan pengukuran intensitas keluaran Fiber Optik dengan menggunakan multimeter digital.
20. Mengulangi langkah 7 sampai langkah 17 untuk Jacket yang dikupas dengan panjang pengupasan 20 cm untuk setiap perlakuan pada fiber optik
21. Mencatat hasil pengukuran.

F. Teknik Analisis Data

1. Intensitas keluaran pada Fiber Optik diperoleh dengan sumber cahaya laser He-Ne dan diukur dengan menggunakan multimeter digital.
2. Semua perhitungan dalam analisis data menggunakan Microosft Excel
3. Membuat grafik hubungan antara intensitas keluaran pada fiber optik terhadap massa beban dengan variasi diameter pipa paralon yaitu 1,5 cm, 2 cm, 2,5 cm dengan pemberian massa beban dengan massa 0 g – 950 g menggunakan *Software Origin 6.1* dan diperoleh nilai sensitifitas dan linearitas untuk setiap keadaan fiber optik

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Setelah melakukan pengambilan data maka diperoleh hasil intensitas cahaya keluaran yang telah di konversi menjadi tegangan yang dinyatakan dalam satuan tegangan (volt). Keluaran cahaya laser Helium-Neon dengan daya sebesar 5 mW dan panjang gelombang 632,8 nm ditransmisikan oleh POF dan Multimeter digital sebagai alat ukur daya keluaran optik. Dalam penelitian ini fiber optik yang digunakan adalah *Polymer Optical Fiber* (POF) tipe SH-4001-1.3. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah bentuk diameter pipa paralon dan massa beban yang diberikan. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah intensitas keluaran laser Helium-Neon.

Pada penelitian ini diukur besarnya intensitas cahaya keluaran yang hilang (loss) akibat adanya massa beban yang telah di tentukan dan bentuk diameter paralon yang berbeda-beda. Massa beban yang digunakan yaitu sebesar 0 gram sampai dengan 950 gram, dan variasi diameter yang digunakan yaitu 1,5 cm, 2 cm, dan 2,5 cm. Pengukuran diperoleh dari rangkaian pengikut tegangan yang ditransmisikan melalui laser laser Helium-Neon. Hasil diperoleh dari multimeter digital.

Hasil pada grafik menunjukkan hubungan antara intensitas keluaran (volt) terhadap massa beban (gram) untuk setiap keadaan fiber optik, dimana nilai gradien digunakan mewakili sensitifitas. Grafik menunjukkan adanya perbedaan intensitas keluaran pada setiap perlakuan pada fiber optik. Pada setiap bentuk diameter paralon yang berbeda dan massa beban yang diberikan pada fiber optik maka terjadi perubahan pada intensitas keluaran tegangan daya optik yang berbeda-beda. Hasil pengukuran intensitas keluaran fiber optik diukur dengan menggunakan multimeter digital yang menunjukkan bahwa terdapat rugi daya yang paling besar yaitu pada diameter paralon 1,5 cm pada daerah Jaket terklupas.

Pada bab ini, akan diuraikan hasil penelitian yang disesuaikan dengan urutan tujuan penelitian yang terdapat pada bagian pendahuluan sebelumnya.

Hasil penelitian tersebut kemudian dibahas dengan mengacu pada hasil analisis terhadap data-data yang telah diperoleh dan memberikan interpretasi terhadap kecenderungan grafik yang muncul setelah data tersebut dianalisis.

B. Pembahasan

1. Proses Perambatan Cahaya Pada POF

Proses perambatan cahaya pada serat optik dimulai dengan menentukan nilai Numerical Aperture (NA). Nilai NA dari fiber optik digunakan untuk mengetahui parameter yang digunakan untuk mengukur kemampuan fiber optik dalam mengumpulkan atau menangkap cahaya. Untuk menghitung nilai NA dapat digunakan persamaan (1) :

$$NA = \sqrt{n^2_{core} - n^2_{cladding}}$$

$$NA = \sqrt{1,49^2 - 1,41^2}$$

$$NA = 0,48$$

Setelah didapatkan apertur numerik, maka dihitung nilai batas sudut penerimaan pada fiber optik yang memungkinkan sebuah cahaya masuk dan dapat merambat di dalam inti fiber optik hingga mencapai *ouput* dengan persamaan (2) :

$$\begin{aligned} \text{Sudut penerimaan fiber} &= \text{arc sin } NA \\ &= \text{arc sin } 0,48 \\ &= 28,7^\circ \end{aligned}$$

Kemudian untuk mengetahui sudut datang cahaya yang masuk pada core dapat diperoleh dengan perhitungan menggunakan Hukum Snellius, dengan indeks bias udara adalah 1, indeks bias corenya 1,49 :

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

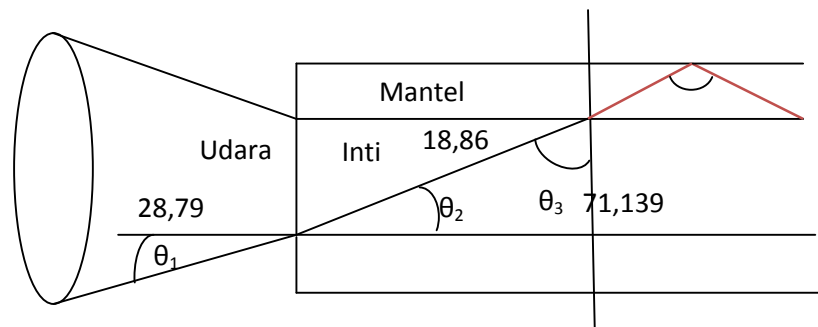
$$1 \sin 28,7 = 1,49 \sin \theta_2$$

$$0,48 = 1,49 \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_2 = 0,3221$$

$$\theta_2 = \text{arc sin } 0,3221$$

$$\theta_2 = 18,86045$$



Gambar 20. Sudut penerimaan ketika sinar cahaya memasuki serat optik.

Ketika fiber optik dalam keadaan lurus, maka posisi garis normal tegak lurus pada bidang perbatasan. Gambar 20. menunjukkan bahwa antara garis normal lurus dan garis normal lama dan garis normal baru membentuk sebuah segitiga siku-siku yang selanjutnya digunakan untuk mengetahui nilai sudut datang di dalam *core* (θ_2). Jumlah nilai ketiga sudut didalam sebuah segitiga adalah 180^0 , maka nilai dari sudut datang di dalam *core* (θ_3) adalah 71,13955

Selanjutnya adalah menentukan apakah cahaya akan dipantulkan kembali oleh bidang perbatasan *core*-Jaket, ataukah cahaya dapat menembus kedalam Jaket dengan sudut datang sebesar 71,13955. Untuk dapat menentukannya, terlebih dahulu mengetahui nilai sudut kritis pada bidang perbatasan *core*-Jaket untuk mengetahui sudut kritis menggunakan persamaan :

$$\text{Sudut kritis} = \text{arc sin } \frac{n_{cladding}}{n_{inti}}$$

$$\text{Sudut kritis} = \text{arc sin } \frac{1,41}{1,49}$$

$$\text{Sudut kritis} = 71,13^0$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa sudut datang di dalam fiber optik lebih besar dari sudut kritis ($71,13955 > 71,13954$), maka cahaya akan dipantulkan kembali oleh bidang perbatasan ke dalam *core*.

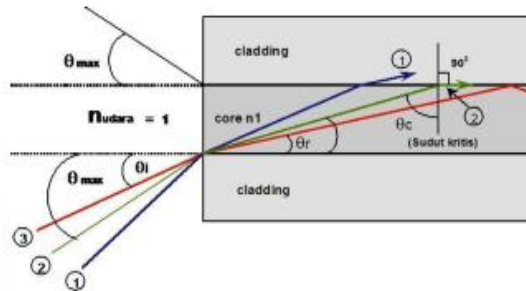
2. Perambatan Cahaya pada Fiber Optik Ketika Melawati Massa Beban yang diPengaruhi Oleh Tekanan.

Dalam penelitian ini, perlakuan pada fiber optik berupa pemberian massa beban yang membentuk lekukan multi bending. Saat pemberian massa beban pada desain alat yang terhubung mekanik dengan fiber optik menyebabkan perubahan nilai tegangan yang ditangkap oleh fiber optik. Proses ini terjadi

karena cahaya yang diterima oleh photodiode akan bersifat sebagai tegangan, sehingga vcc dan photo diode tersusun seri , akibatnya terdapat arus yang mengalir ke rangkaian pengikut tegangan dan menghasilkan nilai yang muncul pada multimeter digital. Massa beban yang digunakan yaitu sebesar 0 gram sampai dengan 950 gram, dan variasi diameter paralon yang digunakan yaitu 1,5 cm, 2 cm, dan 2,5 cm dengan panjang fiber optik 1 m untuk semua perlakuan baik pada jaket tidak dilupas dan dilupas.

Panjang kupasan Jaket mempengaruhi besarnya perubahan tegangan pada daya tegangan keluaran pada fiber optik. Kupasan jaket mengalami perubahan tegangan dan rugi-rugi daya atau *losses* yang lebih besar dibandingkan dengan yang lain. Secara keseluruhan pada masing-masing variasi diameter paralon 1,5 cm, 2 cm, dan 2,5 cm mengalami hal yang sama dengan panjang kupasan yang sama 20 cm , yaitu semakin besar besar massa beban yang diberikan maka akan semakin kecil perubahan tegangan yang dihasilkan.

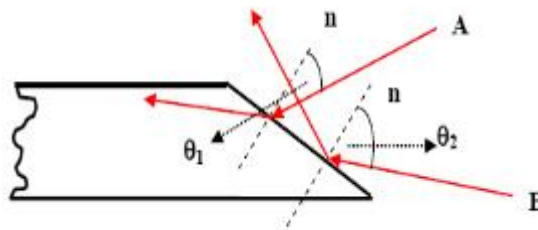
Perbandingan nilai massa dengan intensitas keluaran yang ditangkap oleh *photodetector* menunjukkan adanya perubahan , dimana setiap pemberian massa 0, 50 gram, 100 gram, 150 gram dan kelipatan seterusnya memberikan informasi tegangan keluaran (volt). Dilakukan perhitungan rata-rata nilai intensitas tegangan keluaran (V) untuk menentukan nilai sensitifitas dari desain alat yang telah dibuat. Perubahan nilai tegangan yang terjadi pada variasi diameter paralon diakibatkan pada fiber optik hanya dapat menangkap cahaya pada sudut-sudut tertentu (θ_1) yang dapat diterima dan ditransmisikan langsung oleh serat optik. Pada Gambar 21, menjelaskan bahwa ada tiga jenis cahaya yang masuk kedalam fiber optik.



Gambar 21. Bentuk transmisi sinar pada fiber optik

Garis biru memberikan ilustrasi cahaya yang masuk ke *cladding* (1), garis hijau memberikan ilustrasi cahaya yang masuk dengan sudut kritis (2) dan garis merah merupakan cahaya yang mengalir kedalam core (3). Sudut yang menuju kearah permukaan serat optik ($n_{udara} = 1$) tidak semua akan diteruskan, cahaya tidak dapat diterima apabila melebihi wilayah θ_{max} karena cahaya yang masuk hasil pantulan memiliki sudut datang lebih besar dari θ_{max} sehingga cahaya tersebut masuk namun tidak dapat berlanjut dan keluar serta ada yang sebagian sama sekali tidak masuk kedalam fiber optik, pada pergeseran yang menghasilkan sudut pantul tertentu cahaya dapat maksimal diterima, cahaya kurang maksimal diterima oleh fiber optik. Cahaya yang diterima fiber optik dirubah menjadi nilai tegangan dimana proses perubahan tersebut terjadi karena laser dengan energi foton (hf) menumbuk semikonduktor yang ada dalam photodetector dan terjadilah peristiwa perubahan energi cahaya menjadi energi listrik, sehingga cahaya terbaca dalam bentuk tegangan seperti yang sudah dijelaskan pada dasar teori.

Selain faktor karakteristik perambatan cahaya, pemotongan ujung serat optik juga mempengaruhi keterimaan sinar ke dalam serat optik, akibat permukaan pemotongan tidak rata, mengakibatkan cahaya tidak masuk kedalam serat optik (Gambar 22).



Gambar 22. Cahaya yang tidak dapat masuk ke dalam inti serat optik karena kesalahan pemotongan

Berkas sinar A dapat masuk ke dalam inti serat optik karena sudut datang θ_1 lebih kecil dari sudut kritis. Sedangkan berkas sinar B tidak bisa masuk ke dalam serat optik dan dipantulkan oleh permukaan serat karena sudut datang θ_2 lebih besar dari sudut kritis.

Pemberian massa beban pada fiber optik akan menyebabkan rugi daya atau losses sebagaimana yang telah dijelaskan daya yang dibawa oleh cahaya akan mengalami pelemahan (loss) akibat terjadinya kebocoran atau karena kurangnya kejernihan bahan fiber optik dalam grafik direpresentasikan pada sumbu y berupa besar tegangan. Hal ini sesuai dengan rangkaian elektronik sensor yang dipakai. Dimana semakin kecil cahaya yang diterima oleh photodiode (losses semakin besar), maka besar tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian sensor. Nilai maksimal pembebanan dibatasi dari kenaikan rugi tegangan yang sudah mencapai konstan ataupun dilihat dari bentuk lilitan serat optik yang sudah dinilai terlalu ekstrim menekuk sehingga dikhawatirkan akan terjadi patah pada bagian intinya.

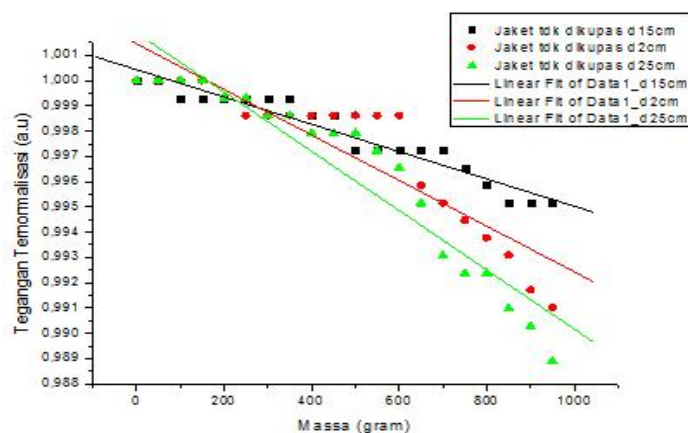
Berikut adalah variasi diameter paralon berdasarkan perlakuan yang diberikan :

A. Grafik Hubungan Rugi-rugi Serat Optik Antara Tegangan Keluaran (Vout) Terhadap Massa Beban (gram) pada Jacket tidak diklupas

Pada penelitian ini diukur besarnya intensitas daya keluaran yang hilang (loss) akibat adanya pemberian massa beban yang telah ditentukan dan bentuk diameter yang berbeda-beda. Massa beban yang digunakan yaitu sebesar 0 g sampai dengan 950 g dan variasi diameter yang digunakan yaitu 1,5 cm, 2 cm, dan 2,5 cm.

Hasil penelitian seperti yang sudah dijelaskan pada dasar teori lekukan tajam pada sebuah kabel fiber optik dapat menyebabkan timbulnya pelemahan daya yang cukup serius, dan lebih jauh lagi kemungkinan terjadinya kebocoran (pecahnya fiber optik). Cahaya yang memiliki sudut datang dan melebihi sudut kritis dapat merambat secara ‘aman’ di dalam inti fiber optik. Garis normal selalu mengarah tegak lurus terhadap permukaan inti, jika inti di lengkungkan seperti yang sudah dilakukan pada penelitian ini maka garis normal akan berubah arahnya mengikuti permukaan inti. Akibatnya, cahaya yang tadinya merambat dengan sudut ‘aman’ kini tidak lagi demikian, sudut datangnya menjadi kurang dari sudut kritis dan mengakibatkan cahaya dapat menembus inti dan keluar dari fiber optik (John Crisp dan Barry Elliot, 2006 : 63).

Hasil penelitian pada pengamatan instensitas keluaran tegangan terhadap massa beban disajikan pada grafik seperti Gambar 23. Grafik tersebut menunjukkan adanya rugi-rugi akibat adanya pembengkokkan yang dinyatakan dalam satuan volt. Akibat pemberian massa beban pada fiber optik dengan bentuk lekukan multi bending mempunyai daerah kritis dan daerah renggang, tapi pada diameter paralon 2,5 cm menunjukkan memiliki range tegangan yang paling optimal memiliki range tegangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan diameter paralon 1,5 cm dan 2 cm. Respon intensitas keluaran terhadap perubahan tekanan dengan variasi diameter paralon disajikan dalam bentuk grafik Gambar 23.

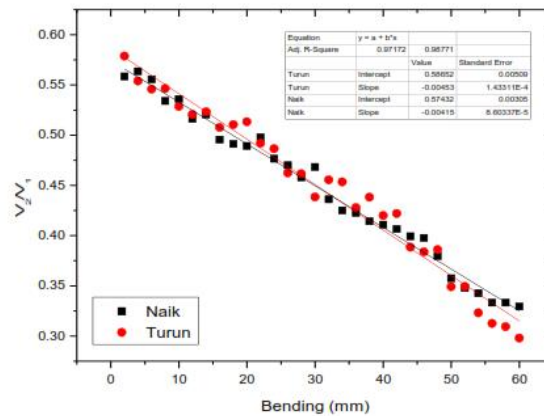


Gambar 23. Grafik hubungan rugi-rugi serat optik antara intensitas keluaran (V) terhadap masa beban (g) pada Jacket tidak diklupas

Dari hasil grafik Gambar. 23 pada variasi diameter paralon 1,5 cm terlihat bahwa sensitifitas yang dihasilkan pada range tegangan yang telah ternormalisasi 0,999 volt dan akibat pengaruh massa beban yang diberikan dengan massa 400 – 600 gram menunjukkan bahwa proporsi sinar yang diteruskan tinggi sehingga rugi-rugi yang ada pada daerah ini kecil, hal ini dikarenakan sinar yang ditransmisikan mempunyai sudut datang yang lebih besar dari sudut kritis. Lalu, pada daerah range tegangan 0,996 – 0,990 volt dengan massa beban 600 gram – 850 gram menunjukkan penekanan yang terjadi pada daerah ini semakin besar sehingga semakin banyak sinar yang mempunyai sudut datang lebih kecil dari pada sudut kritisnya akibatnya rugi-rugi yang timbul semakin tinggi. Hal ini dapat dilihat dari penerangan yang lebih terang jika dibandingkan pada daerah dengan penekanan yang kecil. Peristiwa ini menunjukkan adanya rugi-rugi transmisi sinar yang dialami oleh serat optik yang mengakibatkan penurunan tegangan yang diterima oleh detektor dan mengakibatkan nilai loss yang tinggi.

Selanjutnya, pada variasi diameter paralon 2 cm terlihat pada range tegangan yang telah dinormalisasi yakni pada range 1,000 V dengan massa beban 0 – 200 gram menunjukkan daerah ini masih berada pada posisi tetap atau konstan dikarenakan daerah yang masih renggang, proporsi sinar yang diteruskan tinggi sehingga rugi-rugi yang dihasilkan pada daerah ini kecil dan belum menunjukkan perbedaan sensitifitas yang signifikan, pada range tegangan 1,000 – 0,999 V mulai mengalami penurunan tegangan, hal ini menunjukkan penekanan pada daerah ini sudah mulai mengalami penurunan dikarenakan pada daerah ini mempunyai bengkokkan lebih kecil (daerah kritis) sehingga rugi-rugi yang ditimbulkan mulai terlihat. Pada range tegangan yang telah dinormalisasi yakni pada tegangan 0,997 – 0,889 V dengan massa beban yakni 250 – 850 gram menunjukkan daerah yang optimal dikarenakan penekanan pada daerah ini semakin besar akibatnya adanya rugi-rugi transmisi sinar yang dialami serat optik yang menyebabkan penurunan tegangan yang diterima detektor dan mengakibatkan nilai loss yang tinggi.

Hasil penelitian pada variasi diameter paralon 2,5 cm, menunjukkan bahwa pada daerah tren grafik mengalami perubahan yang lebih cepat dan mempunyai range tegangan yang paling optimal jika dibandingkan pada variasi diameter paralon 1,5 cm, dan 2 cm. Penekanan yang terjadi pada daerah ini mengalami tekanan yang lebih besar jika dibandingkan dengan variasi diameter 1,5 cm dan 2 cm dikarenakan bentuk paralon yang lebih besar sehingga pada saat diberikan beban penekanan yang terjadi semakin besar pula. Dilihat dari range tegangan 1,000 – 0,998 V daerah ini sudah mulai mengalami menunjukkan sensitifitas, dilihat dari kemiringan yang terjadi bahwa tingkat kemiringan suatu grafik hasil eksperimen menunjukkan tingkat sensitifitas suatu sensor. Pada massa beban 150 – 400 g dengan range tegangan 0,999 V menunjukkan bahwa grafik mengalami perubahan tren penurunan dan pada saat diberikan massa beban 140 – 400 g grafik tidak mengalami perubahan dan tidak ada perbedaan sensitifitas yang terlihat sehingga rugi-rugi daya yang dihasilkan kecil, ini dikarenakan nilai tegangan yang ditangkap oleh serat optik pada daerah tersebut tidak mampu menangkap cahaya secara maksimal. Faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan kemampuan serat optik untuk menangkap cahaya adalah nilai Numerical Aperture atau sudut penerimaan cahaya pada serat optik. Pada range tegangan 0,998 – 0,997 V tren grafik sedikit mengalami perubahan penurunan tetapi tidak terlalu mengalami perubahan sensitifitas yang signifikan, selanjutnya pada range tegangan 0,997 – 0,995 V dan pada massa 600 – 650 g tren grafik mengalami penurunan tegangan hal ini dikarenakan penekanan mengakibatkan lekukan yang terjadi akan semakin kecil sehingga menyebabkan rugi-rugi yang ditimbulkan semakin tinggi dan mengalami penurunan dengan nilai loss yang tinggi.



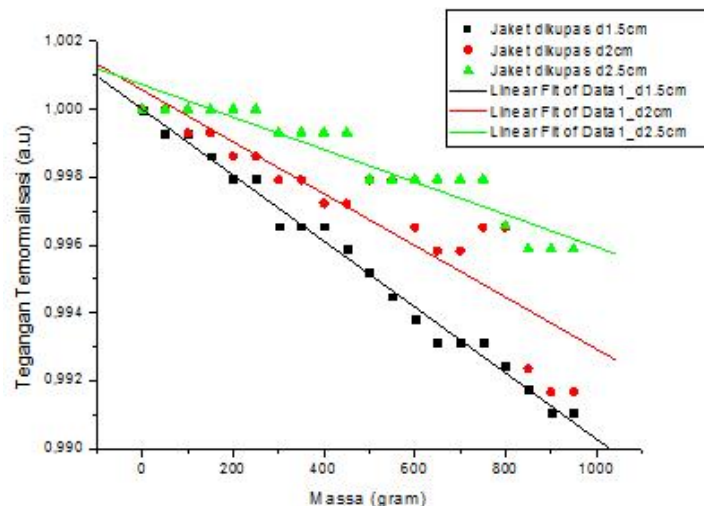
Gambar 24. Kurva histeresis sensor serat optik (Mohtar Yunianto dkk, 2012)

Pembuatan sebuah sensor harus memenuhi kaidah-kaidah diantaranya adalah sensitifitas dan stabilitas. Sensitifitas sensor di serat optik dapat dilihat dari gradien kemudian untuk menentukan stabilitas dari sensor yang dibuat maka dapat diamati dari kurva histeresis sensor tersebut. Kurva histeresis sensor serat optik dapat dilihat pada Gambar 24. dapat dilihat V_2/V_1 yang tidak berhimpit antara titik satu dengan titik yang lain. Hal ini menandakan adanya nilai perbandingan yang tidak sesuai saat penekanan dinaikkan dan diturunkan. Namun, tren kenaikan dan penurunan tegangan sebanding dengan variasi penekanan yang diberikan, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sensor serat optik yang dibuat relatif memenuhi kaidah stabilitas sebuah sensor. (Mohtar Yunianto dkk, 2012)

B. Grafik Hubungan Rugi-rugi Serat Optik Antara Tegangan Keluaran (V_{out}) Terhadap Massa (gram) pada Jacket diklupas

Hasil penelitian pada pengaruh pengupasan Jacket udara dengan rugi-rugi serat optik antara tegangan keluaran (V_{out}) terhadap massa (g) yang dibentuk dengan lekukan Multi Bending menunjukkan hasil rugi-rugi daya akibat pembengkokkan yang terjadi. Panjang pengupasan Jacket yaitu 20 cm pada setiap perlakuan yang diberikan, hasil pengukuran disajikan pada grafik Gambar 29. Pada hasil grafik yang disajikan menunjukkan bahwa variasi paralon 1,5 cm, 2 cm, dan 2,5 cm mengalami kemiringan yang menginterpretasikan sensitifitas sensor, tetapi pada variasi diameter paralon 1,5 cm menunjukkan bahwa semakin besar massa yang diberikan semakin

banyak intensitas cahaya yang hilang sehingga sensitifitas sensor yang dihasilkan mengalami rugi-rugi daya yang paling optimal diantara variasi diameter paralon 2,5 cm, dan 2 cm. Selain itu dikarenakan diameter paralon 1,5 cm memiliki lekukan yang lebih tajam dibandingkan dengan lekukan variasi diameter paralon yang lain, sehingga semakin besar penekanan maka lekukan akan semakin tajam. Hasil penelitian pengaruh panjang pengupasan Jacket dengan rugi-rugi serat optik antara tegangan keluaran terhadap massa dapat dilihat pada grafik Gambar 29. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik dengan menggunakan software Origin 6.1



Gambar 25. Grafik hubungan panjang pengupasan Jacket dengan rugi-rugi serat optik antara intensitas keluaran (V) terhadap masa beban (g)

Hasil penelitian dari variasi diameter paralon 1,5 cm menunjukkan hasil sensitifitas yang paling besar dan merupakan hasil yang paling optimal dibandingkan diameter paralon 2 cm, dan 2,5 cm dikarenakan penekanan yang terjadi pada daerah ini adalah yang paling besar sehingga respon yang dihasilkan adalah respon yang paling cepat pada serat optik. Pada range tegangan 0.999 – 0.991 V dan pada saat pemberian massa beban 0 – 950 g menunjukkan penurunan tegangan yang signifikan sehingga mengakibatkan rugi-rugi daya maksimum pada daerah ini.

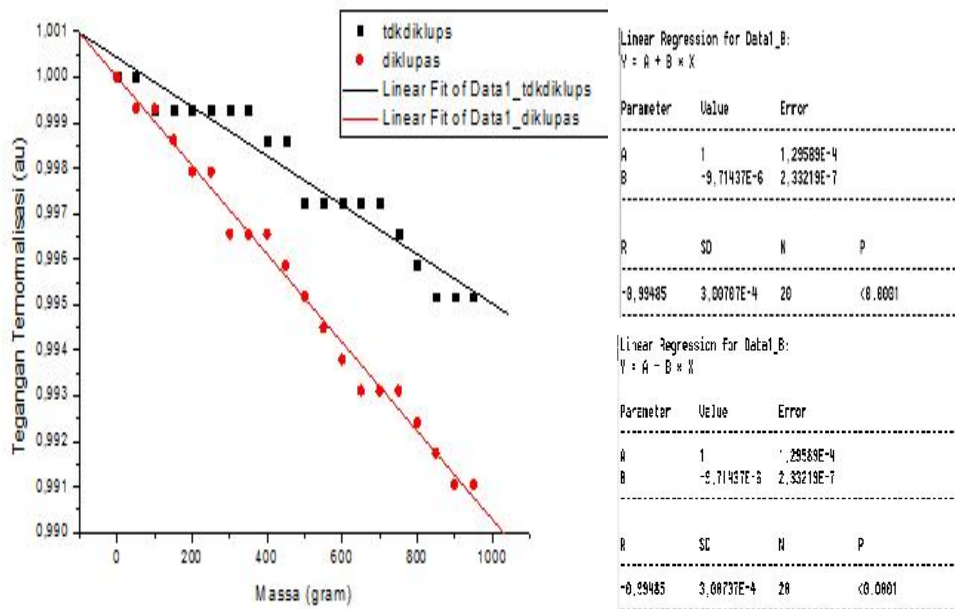
Pada variasi diameter paralon 2 cm dengan panjang pengupasan Jacket 20 cm yang disajikan dalam grafik Gambar 25. terlihat perubahan penurunan dan kenaikan pada tegangan..Pada range tegangan 1,000 – 0,997 V dan pada saat pemberian massa 0 – 450 g menunjukkan penurunan tegangan dengan kemiringan yang terjadi menandakan adanya respon pada saat penekanan serat optik yang mengakibatkan rugi-rugi daya , namun pada saat range tegangan 0,998 V – 0,997 V pada saat pemberian massa beban 400 – 800 g terlihat adanya perubahan kenaikan dan penurunan tegangan. Hal ini menandakan adanya nilai perbandingan yang tidak sesuai saat penekanan dinaikkan dan diturunkan. Namun, tren kenaikan dan penurunan tegangan sebanding dengan variasi penekanan yang diberikan. Selanjutnya, untuk range tegangan 0.996 – 0.992 V dan pada saat pemberian massa beban 650 – 800 g daerah ini terlihat sensitifitas yang terjadi pada daerah ini memiliki kemiringan yang ditandai dengan penurunan tegangan yang terjadi dan adanya respon akibat dari lekukan multi bending yang diberikan menyebabkan cahaya tidak mengalami pemantulan internal secara sempurna sehingga banyak cahaya yang keluar dari serat optik.

Pada variasi diameter paralon 2,5 cm terlihat bahwa pada range tegangan 1,000 V dengan pemberian massa beban 0 – 450 g menunjukkan bahwa belum adanya perubahan pada grafik yang dihasilkan ini dikarenakan pada daerah ini mengalami penekanan yang belum terlalu besar sehingga sinar yang ditransmisikan mempunyai sudut datang yang lebih besar dari sudut kritis sehingga rugi-rugi yang dihasilkan pada daerah ini kecil. Selanjutnya pada range tegangan 1,000 V – 0,997 V pada pemberian massa beban 400 - 850 tren grafik mulai mengalami penurunan tegangan hal ini di karenakan pada daerah ini penekanan yang terjadi sudah memberikan respon pada serat optik dan adanya lekukan pada serat optik. Lekukan ini yang menyebabkan cahaya tidak mengalami pemantulan internal sempurna sehingga banyak cahaya yang diteruskan ke selongsong (Jaket) hingga keluar dari serat optik.

Rugi-rugi serat semakin besar seiring bertambah besarnya pembengkokkan serat optik. Semua sampel serat optik yang dikupas Jacket-nya,

akan mengalami kenaikan nilai rugi-rugi akibat pembengkokkan yang semakin besar. Pada dasarnya pengaruh pembengkokkan pada jenis serat optik moda jamak FD-620-10 yang masih lengkap (Jaket belum terkupas) sudah mengalami rugi-rugi, namun rugi-rugi tersebut sangat kecil. Rugi – rugi akan sangat jelas terlihat, jika pembengkokkan dilakukan pada serat optik yang telah dikupas Jaketnya. Pada kasus pembengkokkan serat optik berdasarkan efek gelombang evanescent, cahaya mengalami refraksi dan tidak akan dirambatkan di dalam serat optik karena sudut datang cahaya lebih kecil dari sudut kritis. Akan tetapi pada kenyataannya seiring dengan bertambahnya pembengkokkan, tegangan tidak hilang seluruhnya, melainkan hanya turun saja sampai batas pembengkokkan tertentu. Hal ini berkaitan dengan kemampuan serat optik untuk memerangkap cahaya yang datang, yaitu Numerical Apperture (NA). (Harmadi, 2014)

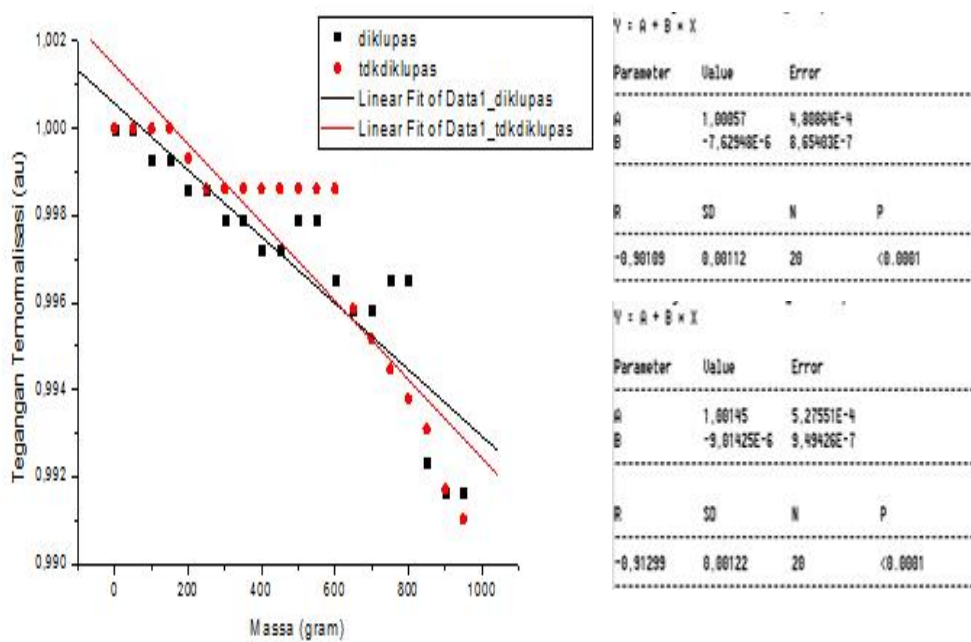
C. Grafik Hubungan Perbandingan Antara Jaket yang dikupas dengan Jaket Tidak dikupas pada Diameter Paralon 1,5 cm



Gambar 26. Grafik hubungan perbandingan antara jaket yang telah dikupas dengan Jaket tanpa dikupas pada diameter paralon 1,5 cm

Hasil penelitian perbandingan antara Jacket yang telah diklupas dengan Jacket tidak diklupas pada variasi diameter paralon 1,5 cm menunjukkan adanya perbedaan sensitifitas antara Jacket pengupasan dan Jacket tanpa pengupasan, terlihat pada Jacket yang diklupas memiliki sensitifitas yang lebih besar dibandingkan Jacket tidak diklupas. Untuk jacket diklupas tingkat sensitifitasnya sebesar $9,71437E-6$ sedangkan jacket tidak diklupas tingkat sensitifitasnya sebesar $4,04188E-6$. Nilai sensitifitas ditunjukkan untuk menghasilkan daerah kerja desain sensor serat optik. Maka menunjukkan adanya perubahan penurunan tegangan pada grafik gambar 26. atau karakteristik fiber optik untuk dikembangkan sebagai sensor.

D. Grafik Hubungan Perbandingan Antara Jacket yang telah diklupas dengan Jacket Tanpa diklupas pada Diameter Paralon 2 cm

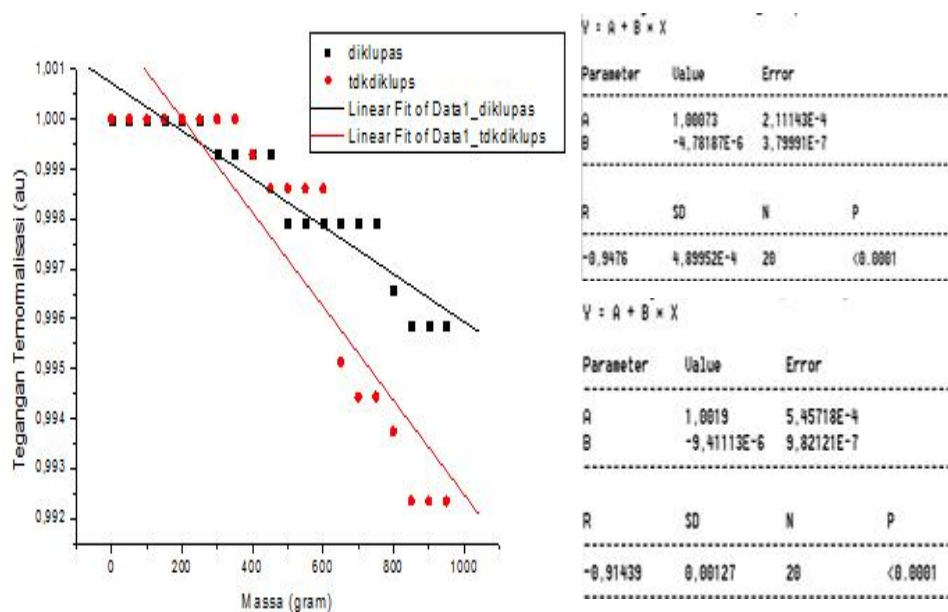


Gambar 27. Grafik hubungan perbandingan antara Jacket yang telah diklupas dengan Jacket tanpa diklupas pada diameter Paralon 2 cm

Hasil penelitian perbandingan antara Jacket yang telah diklupas dengan Jacket tidak diklupas pada variasi diameter paralon 2 cm menunjukkan adanya perbedaan sensitifitas antara pengupasan jacket dan Jacket tanpa pengupasan, terlihat pada Jacket yang diklupas memiliki sensitifitas yang lebih besar

dibandingkan Jacket tidak diklupas. Untuk jacket diklupas tingkat sensitifitasnya sebesar $9,01411E-6$ sedangkan jacket tidak diklupas tingkat sensitifitasnya sebesar $7,62934E$. Nilai sensitifitas ditunjukkan untuk menghasilkan daerah kerja desain sensor serat optik. Maka menunjukkan adanya perubahan penurunan tegangan pada grafik gambar 27. atau karakteristik fiber optik untuk dikembangkan sebagai sensor.

E. Grafik Hubungan Perbandingan Antara Jacket yang telah diklupas dengan Jacket Tanpa diklupas pada Diameter Paralon 2,5 cm



Gambar 28. Grafik hubungan perbandingan antara Jacket yang telah diklupas dengan Jacket tanpa diklupas pada diameter Paralon 2,5 cm

Hasil penelitian perbandingan antara Jacket yang telah diklupas dengan Jacket tidak diklupas pada variasi diameter paralon 2,5 cm menunjukkan adanya perbedaan sensitifitas antara Jacket pengupasan dan Jacket tanpa pengupasan, terlihat pada Jacket yang tidak diklupas memiliki sensitifitas yang lebih besar dibandingkan Jacket diklupas. Untuk jacket tidak diklupas tingkat sensitifitasnya sebesar $-9,41157E-6$ sedangkan jacket tidak diklupas tingkat sensitifitasnya sebesar $4,78187E-6$. Nilai sensitifitas ditunjukkan untuk menghasilkan daerah kerja desain sensor serat optik. Maka menunjukkan

adanya perubahan penurunan tegangan pada grafik gambar 28. atau karakteristik fiber optik untuk dikembangkan sebagai sensor.

3. Sensitifitas Sensor Fiber Optik dengan Variasi Diameter Paralon pada setiap Perlakuan Akibat Massa Beban yang diberikan

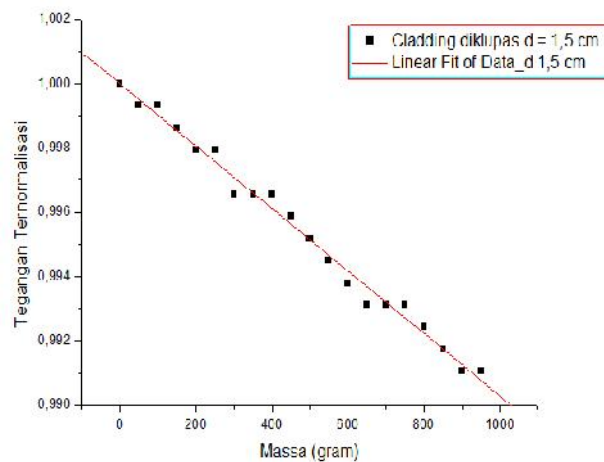
Pada penelitian ini panjang kupasan dan variasi diameter paralon yang berbeda menghasilkan daya tegangan keluaran yang berbeda-beda. Sensitifitas merupakan perubahan pada output untuk setiap perubahan input kecil. Untuk elemen linier, sensitifitas merupakan gradien (B) atau kemiringan grafik. Nilai gradien (B) didapatkan dari *linier fit* dengan menggunakan Software Origin 6.1. Gradien bernilai negatif menunjukkan bahan fiber optik mengalami pelemahan, semakin besar angka (nilai gradien) dan bertanda negatif maka grafik mengalami penurunan. Tabel 5 merupakan hasil perhitungan sensitifitas yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan sensitifitas pada setiap perlakuan fiber optik. Akan tetapi dari ke tiga variasi diameter paralon dengan perlakuan yang pada fiber optik , diameter paralon 1,5 cm pada jaket diklupas memiliki sensitifitas yang lebih besar dari perlakuan variasi diameter paralon yang lain. Setelah mengetahui variasi diameter paralon dengan sensitifitas yang paling besar yaitu pada variasi diameter paralon 1,5 cm maka menunjukkan adanya perubahan atau karakteristik fiber optik untuk dikembangkan sebagai sensor.

Tabel 5. Sensitifitas untuk setiap keadaan fiber optik

Lakukan Multi Bending berdasarkan variasi diameter paralon 1,5 cm , 2 cm, 2,5 cm	Sensitifitas atau gradien (volt / g)	Urutan Sensitifitas
Jaket tidak diklupas (d = 1,5 cm)	-4,04188E-6 ± 3,79991E-7	6
Jaket diklupas (d = 1,5 cm)	-9,71437E-6 ± 2,33219E - 7	1
Jaket tidak diklupas (d = 2 cm)	-7,62934E-6 ± 8,65392E - 7	4
Jaket diklupas (d = 2 cm)	- 9,01411E-6 ± 9,49469E - 7	3
Jaket tidak diklupas (d = 2,5 cm)	-9,41157E-6 ± 9,82138E - 7	2
Jaket diklupas (2,5 cm)	-4, 78187E-6 ± 3,79991E - 7	5

Uji linieritas bertujuan untuk mengetahui apakah dua variabel mempunyai hubungan yang linier. Analisis regresi sederhana menunjukkan hubungan antara dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel tak bebas.

Linearitas ditentukan dalam persamaan garis lurus. Gambar 29 merupakan grafik hubungan antara tegangan keluaran (v) terhadap massa beban (gram) dengan variasi diameter paralon 1,5 cm pada jaket diklupas dimana memiliki linearitas paling besar yaitu $-9,71437E-6 \pm 2,33219E-7$



Gambar 29. Grafik hubungan antara intensitas keluaran (V) terhadap massa beban (m) pada pengelupasan Jacket dengan variasi diameter 1,5 cm

Tabel 6 menunjukkan nilai linearitas untuk setiap perlakuan pada fiber optik, yaitu jaket tidak diklupas dan jaket diklupas dengan variasi diameter paralon 1,5 cm, 2 cm, dan 2,5 cm.

Tabel 6. Linearitas untuk setiap keadaan fiber optik.

Jenis Perlakuan	Linearitas
Jaket Tidak dikelupas (d = 1,5 cm)	0,9476
Jaket Diklupas (d = 1,5 cm)	0,99485
Jaket Tidak dikelupas (d = 2cm)	0,90109
Jaket Diklupas (d = 2 cm)	0,91298
Jaket Tidak diklupas (d = 2,5 cm)	0,91439
Jaket Diklupas (d = 2,5 cm)	0,9476

Jika nilai linearitas (R) mendekati atau sama dengan 1, kedua variabel memiliki hubungan linearitas. Linearitas terbaik terdapat pada perlakuan variasi diameter paralon 1,5 cm pada daerah kupasan Jacket.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengupasan jaket pada sensor fiber optik dapat mempengaruhi intensitas keluaran fiber optik. Pada variasi diameter paralon 1,5 cm dengan jaket yang dikupas memiliki pelemahan (atenuasi) yang paling besar. sehingga lekukan yang dihasilkan akan semakin tajam sehingga menghasilkan pelemahan (atenuasi) semakin besar.
2. Pemberian massa beban dengan variasi diameter paralon 1,5 cm , 2 cm, dan 2,5 cm dapat mempengaruhi intensitas keluaran pada fiber optik. Semakin besar massa beban yang diberikan maka tegangan yang dihasilkan dari rangkaian pengikut tegangan akan semakin kecil.
3. Sensitifitas terbaik terdapat variasi diameter paralon 1,5 cm dan linearitas terbaik juga terdapat pada pada variasi diameter paralon 1,5 cm.

B. Saran

Beberapa saran untuk penelitan selanjutnya :

1. Penelitian lanjutan ada baiknya menggunakan serat optik jenis lain dan melakukan range pengukuran pada daerah yang memiliki sensitivitas tinggi
2. Melakukan penambahan range pengukuran beban massa
3. Mengembangkan alat yang tersedia dengan alat yang memiliki akurasi tinggi

DAFTAR PUSTAKA

- Putri, Hani Dwi. (2010). *Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (G-PON) Di Apartemen Buah Batu Park*. Bandung : Insitut Teknologi Bandung
- Pramono, Nopi Yudi, Heru Kuswanto, and Nur Kadarisman. (2012). *Pengaruh Lekukan Bertekanan Pada Serat Optik Plastik Terhadap Pelemahan Intensitas Cahaya*. Yogyakarta: Lembaga Penelitian Universitas Negeri Yogyakarta.
- Nugroho, Dian Yudi. (2005). *Studi Pengukuran Rugi-Rugi Serat Optik pada Empat Rute STO di Jawa Tengah Dengan Menggunakan OTDR Tektronix Type Tekranger TFS3031*. Diss. Universitas Sebelas Maret.
- Catur, E.W., Kusworo, Adi. (2002). *Perancangan dan Realisasi Transceiver-Receiver Dengan Medium Serat Optik Untuk Transmisi Data Berakala Fisika*. Vol. 5, No. 1, Januari Hal 1-4.
- Brahmantyo Heruseto. (2005). *Pengukuran besaran fisika BAB 8 Alat ukur dan Pengukuran Listrik*. Jawa barat : universitas Gundadarma.
- M. Syamsul Hadi. (2003). *Penentuan Rugi-Rugi Sistem Komunikasi Serat Optik Antara Sentral Telepon Otomat (STO) Gladak Sampai STO*. Karanganyar : Surakarta
- Gerd Keiser. (2000). *Optical Fiber Communication, 3rd edition*, Mc Graw-Hill. United States Of America
- Crisp, John dan Barry Elliott. (2008). *Serat Optik: Sebuah Pengantar Edisi Ketiga*. Alih bahasa: Soni Astranto, S.Si. Jakarta: Erlangga.
- Muliyana, lis. (2015). *Pengembangan sensor ketinggian Fluida Berbasis Polymer Optical Fiber (POF) Berbentuk Non-Bended*. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Bahtiar, Ayi. (2008). *Rekayasa Optik*. Bandung : Universitas Pandjadjadjaran
- Widodo, Thomas Sri. (1995). *Opoelektronika : komunikasi serat optik*. Yogyakarta : Andi Ofset. Perpustakaan Digital UNM (<http://library.um.ac.id>)

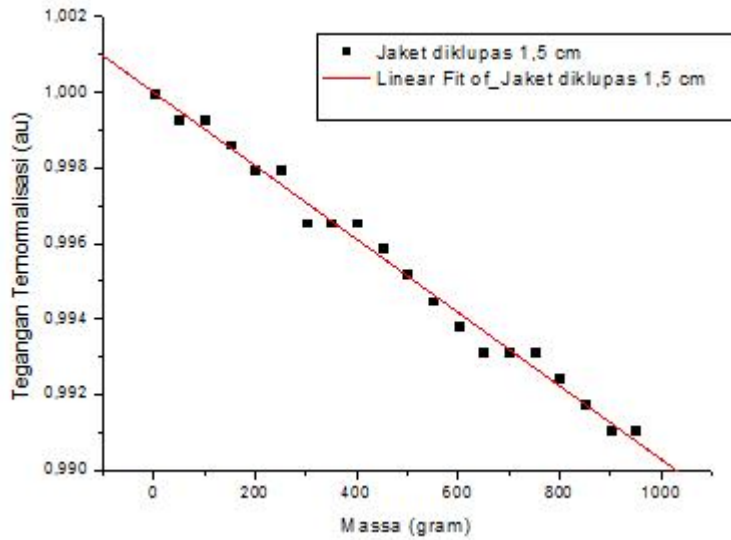
- Dwi Nurfatimah, Arifin, Badiyatul Arminah. (2015). *Rancang Buat Sensor Pergeseran Berbasis Serat Optik Plastik Berdasarkan Kajian Macro dan Micro Bending*. Makasar : Universitas Hasanudin Fakultas Ilmu dan Pengetahuan Alam. Prodi Fisika.
- Fidanboyly, K. and Efendioglu, H.S. (2009). *Fiber Optic Sensors and Their Applications*. 5th International Advanced Technologies Symposium (IATS'09). Karabuk, 13-15 May 2009, 1-6.
- Ghozali, Egnyn Furqon, Mohtar Yuniarto dan Nuryani. (2013). *Kajian Rugi-Rugi Akibat Macrobending Pada Serat Optik Plastik Berbasis PC*. *Indonesia Journal of Applied Physics*. Surakarta : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret. 04, 91), 43.
- Dewi Mayang Sari. (2010). *Kajian Karakteristis Pada Serat Optik Telkom Karena Pembengkokan Makro*.: Surakarta : Universitas Sebelas Maret Fakultas Ilmu dan Pengetahuan Alam. Prodi Fisika.
- Sugata Pikatan, *Laser*. (1991). seminar intern FT. Ubaya.
- A.R. Nugraha. (2006). *Serat Optik*. Yogyakarta : Penerbit ANDI, pp. 1-2
- Hoss, R.J and Lacy, EA. (1993). *Fiber Optics*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Fraden, J. (2010). *Hnadbook of Modern Sensor : Physics, Design* Springer. California
- Mohtar Yuniarto, Ahmad Marzuki, Zuhdi Ismail. (2012). *Desain Alat Ukur Rugi-Rugi Akibat Macrobending pada Multi-Mode Optical Fiber Berbasis Personal Computer*. FMIPA FISIKA Universitas Sebelas Maret : Surakarta. (Indonesian Journal of Applied (2012) vil.2 No.2 hal 138.
- Bin, Ma and Xingou, Zou. (2010). *Study of Vehicle Weight-In-motion System Based on Fiber-optic Microbend Sensor*. International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation.
- Triyono, Gandung. (2011). *Pertimbangan Melakukan Denormalisasi Pada Model Basis Data Relasi*. Fakultas Teknologi Informasi Universitas Budi Luhur. Jurnal TELEMATIKA MKOM, Vol.3 No.2 ISSN 2085-725X.
- Widyana. 2010. *Perancangan Sensor Serat Optik untuk Pengukuran Pergeseran Obyek dalam Orde Mikrometer Menggunakan Serat Optik Multimode*. Surabaya : Insitut Teknologi Surabaya.
- Prasetya, Dwi,. (2009). *Serat Optik*. Teknik Informatika 2006 Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya

Rchmah Dini Oktaviasari, Rachmah Dina, Daniel Setyo. (2015). *Teknik Penyambungan Serat Optik Dengan Metode Penyambungan Fusi*. Malang : Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Kota Malang

Siswanto, Oktavianto Utomo and Santoso, Imam and Setiyono, Budi. (2011). *Analisis Perhitungan Rugi-Rugi Pada Serat Optik*. Undergradute Thesis. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Lampiran 1. Tabel Perhitungan menggunakan *Microsoft Excel* pada Nilai Pengelupasan Jaket Variasi diameter 1,5 cm

Diameter = 1,5 cm Panjang Fiber = 1m Panjang = 20 cm VCC = 9,02 Vtrans =					
Massa (gram)	Vout1	Vout2	Vout3	Rata-rata Nilai Tegangan Keluaran	Tegangan Ternormalisasi
0	4,84	4,84	4,84	4,84	1
50	4,84	4,84	4,84	4,84	1
100	4,84	4,84	4,83	4,83667	0,99931
150	4,84	4,84	4,83	4,83667	0,99931
200	4,84	4,84	4,83	4,83667	0,99931
250	4,84	4,84	4,83	4,83667	0,99931
300	4,84	4,84	4,83	4,83667	0,99931
350	4,84	4,84	4,83	4,83667	0,99931
400	4,84	4,84	4,82	4,83333	0,99862
450	4,84	4,84	4,82	4,83333	0,99862
500	4,83	4,83	4,82	4,82667	0,99725
550	4,83	4,83	4,82	4,82667	0,99725
600	4,83	4,83	4,82	4,82667	0,99725
650	4,83	4,83	4,81	4,82333	0,99724
700	4,83	4,83	4,81	4,82333	0,99724
750	4,83	4,83	4,81	4,82333	0,99656
800	4,83	4,82	4,81	4,82	0,99587
850	4,82	4,82	4,81	4,81667	0,99518
900	4,82	4,82	4,81	4,81667	0,99518
950	4,82	4,82	4,81	4,81667	0,99518



Linear Regression for Data1_B:

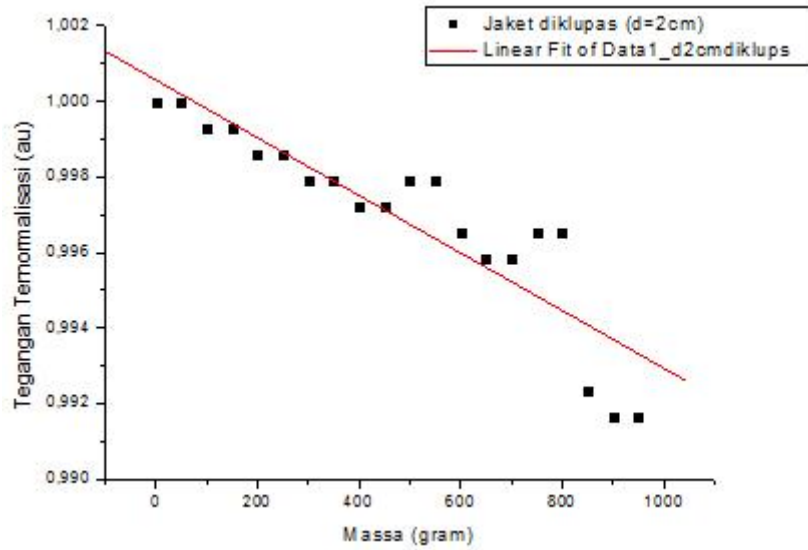
$$Y = A + B \times X$$

Parameter	Value	Error	
A	1	1,29589E-4	
B	-9,71437E-6	2,33219E-7	
R	SD	N	P
-0,99485	3,00707E-4	20	<0,0001

Lampiran 2. Grafik hubungan antara tegangan keluaran (V) terhadap massa beban (g) pada pengelupasan jaket dengan variasi diameter 1,5 cm

Lampiran 3. Tabel Perhitungan menggunakan *Microsoft Exel* pada Nilai Pengelupasan Jaket Variasi diameter 2 cm.

Diameter = 2 cm Panjang Fiber = 1m Panjang = 20 cm VCC = 9,02 Vtrans =					
Massa (gram)	Vout1	Vout2	Vout3	Rata-rata Nilai Tegangan Keluaran	Tegangan Ternormalisasi
0	4,79	4,8	4,8	4,79667	1
50	4,79	4,8	4,8	4,79667	1
100	4,79	4,8	4,79	4,79333	0,999305073
150	4,79	4,8	4,79	4,79333	0,999305073
200	4,79	4,79	4,79	4,79	0,998610146
250	4,79	4,79	4,79	4,79	0,998610146
300	4,79	4,79	4,78	4,78667	0,997915219
350	4,79	4,79	4,78	4,78667	0,997915219
400	4,79	4,79	4,77	4,78333	0,997220292
450	4,79	4,79	4,77	4,78333	0,997220292
500	4,79	4,79	4,77	4,78333	0,997913769
550	4,79	4,79	4,77	4,78333	0,997913769
600	4,79	4,79	4,76	4,78	0,996525365
650	4,78	4,79	4,76	4,77667	0,995830438
700	4,78	4,79	4,76	4,77667	0,995830438
750	4,78	4,79	4,76	4,77667	0,996522949
800	4,78	4,79	4,76	4,77667	0,996522949
850	4,74	4,78	4,76	4,76	0,992355803
900	4,74	4,78	4,75	4,75667	0,991660876
950	4,74	4,78	4,75	4,75667	0,991660876



$Y = A + B \times X$

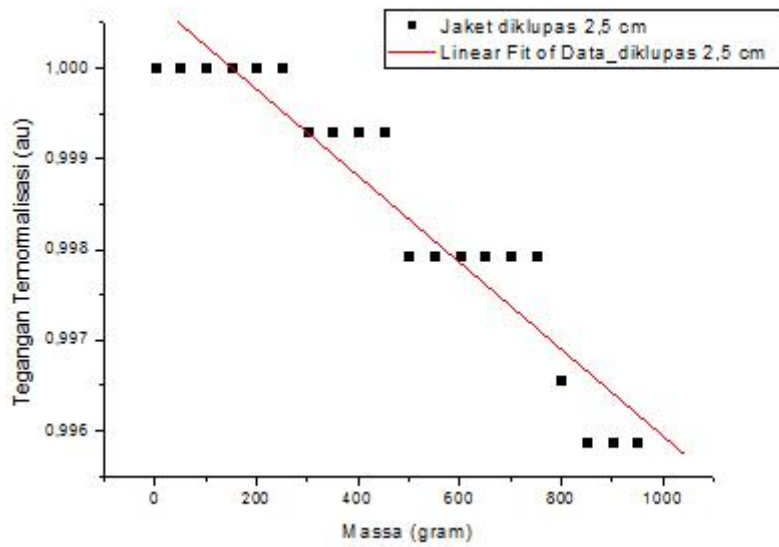
Parameter	Value	Error
A	1,00145	5,27551E-4
B	-9,01425E-6	9,49426E-7

R	SD	N	P
-0,91299	0,00122	20	<0,0001

Lampiran 4. Grafik hubungan antara tegangan keluaran (V) terhadap massa beban (g) pada pengelupasan jaket dengan variasi diameter 2 cm

Lampiran 5. Tabel Perhitungan menggunakan *Microsoft Excel* pada Nilai Pengelupasan Jaket Variasi diameter 2,5cm

Diameter = 2,5 cm Panjang Fiber = 1m Panjang = 20 cm VCC = 9,02 Vtrans =					
Massa (gram)	Vout1	Vout2	Vout3	Rata-rata Nilai Tegangan Keluaran	Tegangan Ternormalisasi
0	4,84	4,84	4,84	4,84	1
50	4,84	4,84	4,84	4,84	1
100	4,83	4,84	4,84	4,836667	0,999311
150	4,83	4,84	4,84	4,836667	0,999311
200	4,83	4,84	4,84	4,836667	0,999311
250	4,83	4,84	4,83	4,833333	0,998623
300	4,83	4,84	4,83	4,833333	0,998623
350	4,83	4,84	4,83	4,833333	0,998623
400	4,83	4,84	4,83	4,833333	0,998623
450	4,83	4,82	4,82	4,823333	0,996556
500	4,81	4,82	4,82	4,816667	0,995179
550	4,81	4,82	4,82	4,816667	0,995179
600	4,81	4,82	4,82	4,816667	0,995179
650	4,81	4,82	4,82	4,816667	0,995179
700	4,8	4,81	4,81	4,806667	0,993113
750	4,8	4,81	4,81	4,806667	0,993113
800	4,8	4,81	4,81	4,806667	0,993113
850	4,8	4,81	4,81	4,806667	0,993113
900	4,8	4,81	4,81	4,806667	0,993113
950	4,8	4,81	4,81	4,806667	0,993113



Linear Regression for Data1_diklupas:

$$Y = A + B \times X$$

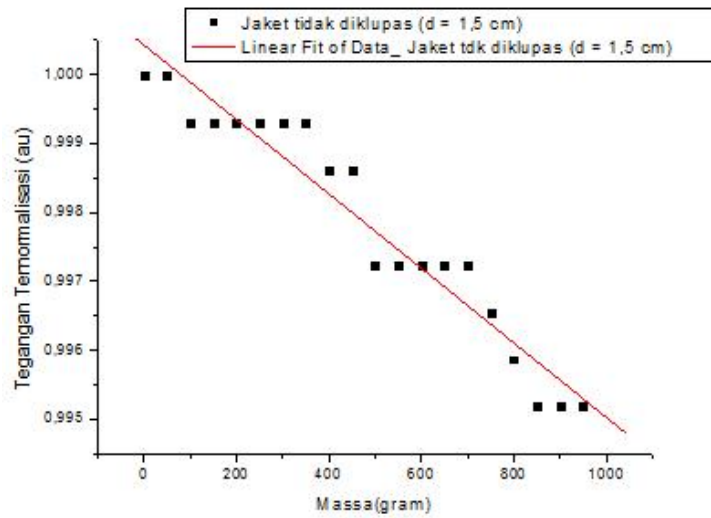
Parameter	Value	Error
A	1,00073	2,11143E-4
B	-4,78187E-6	3,79991E-7

R	SD	N	P
-0,9476	4,89952E-4	20	<0.0001

Lampiran 6. Grafik hubungan antara tegangan keluaran (V) terhadap massa beban (g) pada pengelupasan jaket dengan variasi diameter 2,5 cm

Lampiran 7. Tabel Perhitungan menggunakan *Microsoft Excel* pada Nilai Jacket tidak di Klupas dengan Variasi Diameter Paralon 1,5 cm

vcc = 9,02 V					
vtrans = 4,90 v					
panjang = 100 cm					
Diameter = 1,5 cm					
Massa (gram)	Vout 1	Vout 2	Vout 3	Rata-rata Nilai Tegangan Keluaran	Tegangan
					Ternormalisasi
0	4,81	4,83	4,84	4,826667	1
50	4,81	4,83	4,84	4,826667	1
100	4,81	4,82	4,83	4,82	0,99931
150	4,81	4,82	4,83	4,82	0,99931
200	4,81	4,82	4,83	4,82	0,99931
250	4,81	4,82	4,83	4,82	0,99931
300	4,81	4,82	4,83	4,82	0,99931
350	4,81	4,82	4,83	4,82	0,99931
400	4,8	4,82	4,83	4,816667	0,99862
450	4,8	4,82	4,83	4,816667	0,99862
500	4,8	4,82	4,83	4,816667	0,99725
550	4,8	4,82	4,83	4,816667	0,99725
600	4,8	4,82	4,83	4,816667	0,99725
650	4,8	4,82	4,82	4,813333	0,99724
700	4,79	4,82	4,82	4,81	0,99724
750	4,78	4,82	4,82	4,806667	0,99656
800	4,78	4,82	4,82	4,806667	0,99587
850	4,78	4,82	4,82	4,806667	0,99518
900	4,77	4,82	4,82	4,803333	0,99518
950	4,77	4,82	4,82	4,803333	0,99518



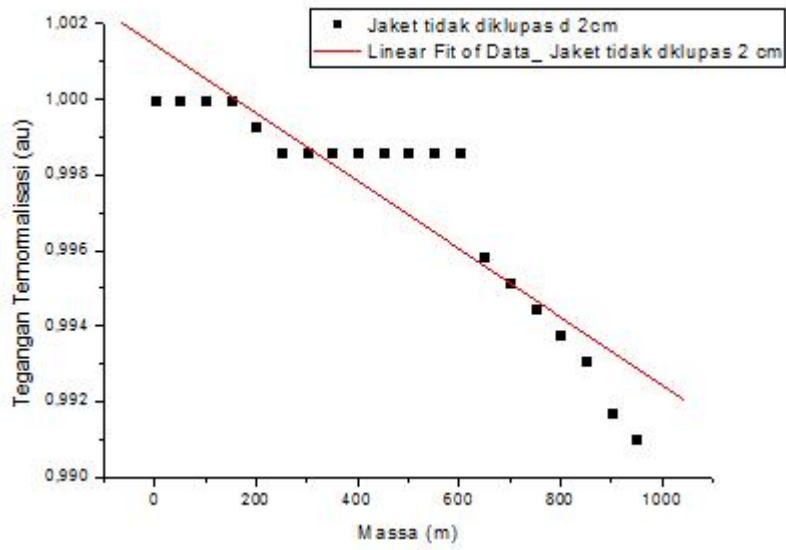
Y = A + B × X

Parameter	Ualue	Error	
A	1,00073	2,11143E-4	
B	-4,78187E-6	3,79991E-7	
R	SD	N	P
-0,9476	4,89952E-4	20	<0.0001

Lampiran 8. Grafik hubungan antara tegangan keluaran (V) terhadap massa beban (g) pada jaket tidak diklupasdengan variasi diameter 1,5 cm

Lampiran 9. Tabel Perhitungan menggunakan *Microsoft Excel* pada Nilai Jacket tidak di Klupus dengan Variasi Diameter Paralon2 cm

Vcc = 9,02 V					
Vtrans = 4,88 V					
Panjang = 100 cm					
Diameter 2 cm					
Massa	Vout 1	Vout 2	Vout 3	Rata-rata Nilai Tegangan Keluaran	Tegangan Ternormalisasi
0	4,8	4,84	4,84	4,826667	1
50	4,8	4,84	4,84	4,826667	1
100	4,8	4,84	4,84	4,826667	1
150	4,8	4,84	4,84	4,826667	1
200	4,8	4,84	4,83	4,823333	0,999309
250	4,8	4,83	4,83	4,82	0,998619
300	4,8	4,83	4,83	4,82	0,998619
350	4,8	4,83	4,83	4,82	0,998619
400	4,8	4,83	4,83	4,82	0,998619
450	4,8	4,83	4,83	4,82	0,998619
500	4,8	4,83	4,83	4,82	0,998619
550	4,8	4,83	4,83	4,82	0,998619
600	4,8	4,83	4,83	4,82	0,998619
650	4,76	4,83	4,83	4,806667	0,995856
700	4,75	4,83	4,83	4,803333	0,995166
750	4,75	4,83	4,82	4,8	0,994475
800	4,74	4,83	4,82	4,796667	0,993785
850	4,74	4,82	4,82	4,793333	0,993094
900	4,72	4,82	4,82	4,786667	0,991713
950	4,71	4,82	4,82	4,783333	0,991022



$$Y = A + B \times X$$

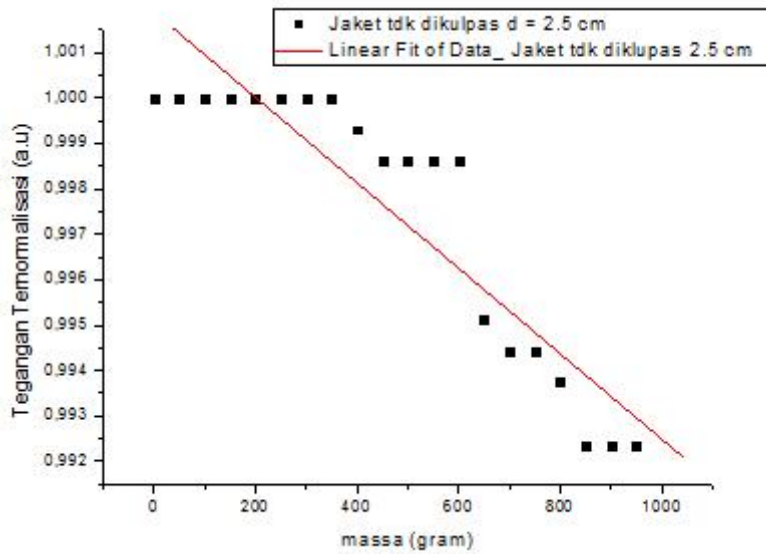
Parameter	Value	Error
A	1,00057	4,80864E-4
B	-7,62948E-6	8,65403E-7

R	SD	N	P
-0,90109	0,00112	20	<0.0001

Lampiran 10. Grafik hubungan antara tegangan keluaran (V) terhadap massa beban (g) pada pengelupasan jaket dengan variasi diameter 1,5 cm

Lampiran 11. Tabel Perhitungan menggunakan *Microsoft Excel* pada Nilai Jaket tidak di Klupas dengan Variasi Diameter Paralon 2,5cm

Vcc = 9,02 V					
Vtrans = 4, 88 V					
Panjang = 100 cm					
diameter = 2,5 cm					
Massa	Vout 1	Vout 2	Vout 3	Rata-rata	Tegangan
				Nilai Tegangan Keluaran	Ternormalisasi
0	4,79	4,8	4,82	4,803333	1
50	4,79	4,8	4,82	4,803333	1
100	4,79	4,8	4,82	4,803333	1
150	4,79	4,8	4,82	4,803333	1
200	4,78	4,8	4,82	4,8	0,999306
250	4,78	4,8	4,82	4,8	0,999306
300	4,78	4,8	4,81	4,796667	0,998612
350	4,78	4,8	4,81	4,796667	0,998612
400	4,78	4,79	4,81	4,793333	0,997918
450	4,78	4,79	4,81	4,793333	0,997918
500	4,78	4,79	4,81	4,793333	0,997918
550	4,78	4,79	4,8	4,79	0,997224
600	4,77	4,79	4,8	4,786667	0,99653
650	4,77	4,79	4,78	4,78	0,995142
700	4,77	4,78	4,76	4,77	0,99306
750	4,76	4,78	4,76	4,766667	0,992366
800	4,76	4,78	4,76	4,766667	0,992366
850	4,74	4,78	4,76	4,76	0,990978
900	4,73	4,78	4,76	4,756667	0,990285
950	4,73	4,77	4,75	4,75	0,988897



Linear Regression for Data1_B:

$$Y = A + B \times X$$

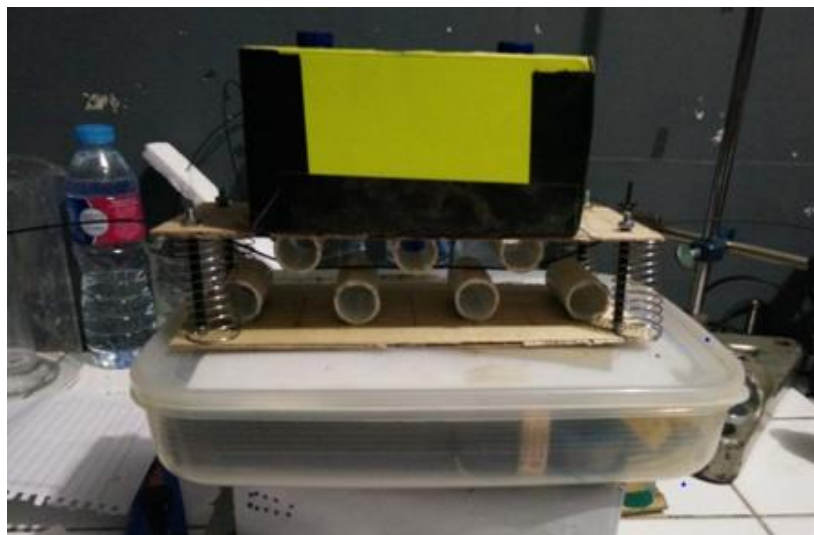
Parameter	Ualue	Error
A	1,0019	5,45725E-4
B	-9,41157E-6	9,82133E-7

R	SD	N	P
-0,91439	0,00127	20	<0.0001

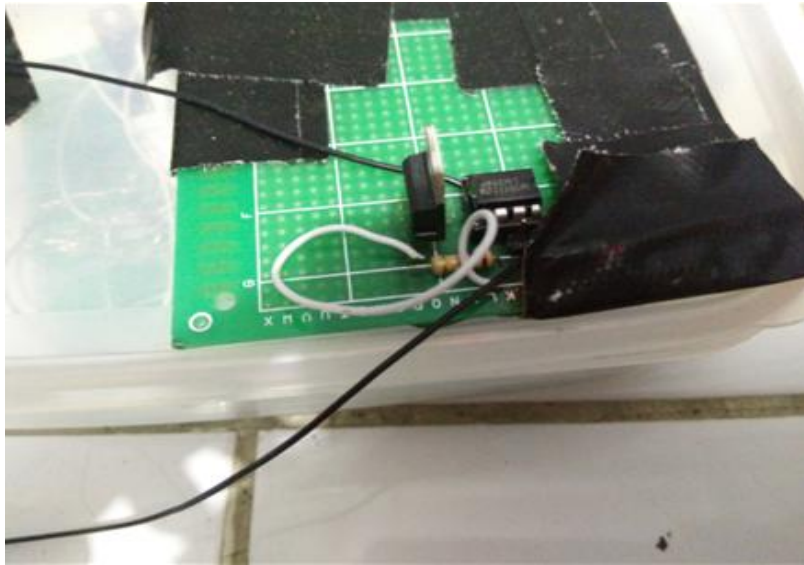
Lampiran 12. Grafik hubungan antara tegangan keluaran (V) terhadap massa beban (g) pada jakettidak diklupasdengan variasi diameter 2,5 cm



Lampiran 13. Gambar Rangkaian Penelitian



Lampran 14. Gambar desain penelitian pemberian massa pada fiber optik



Lampiran 15. Gambar rangkaian pengikut tegangan

