



TUGAS AKHIR - SF141501

**ANALISIS PENGARUH TEKANAN TERHADAP
FABRIKASI DAN KARAKTERISASI *DIRECTIONAL
COUPLER* SERAT OPTIK *STEP-INDEXMULTIMODE*
KONFIGURAS 2X2 MENGGUNAKAN METODE *HEATING
AND PRESSING***

HIDAYATUL RIZQIYATI
NRP. 0111134000057

DosenPembimbing:
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si.
Sudarsono, S.Si, M.Si.

Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - SF141501

**ANALISIS PENGARUH TEKANAN TERHADAP FABRIKASI
DAN KARAKTERISASI *DIRECTIONAL COUPLER*SERAT
OPTIK *STEP-INDEX MULTIMODE* KONFIGURASI 2X2
MENGUNAKAN METODE *HEATING AND PRESSING***

**HIDAYATUL RIZQIYATI
NRP. 0111134000057**

**Dosen Pembimbing:
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si.
Sudarsono, S.Si, M.Si.**

**Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



FINAL PROJECT - SF141501

***ANALYSIS OF PRESSURE EFFECT ON FABRICATION AND
CHARACTERIZATION OF DIRECTIONAL COUPLER OF
OPTICAL FIBER STEP-INDEX MULTIMODE 2X2
CONFIGURATION USING HEATING AND PRESSING METHOD***

**HIDAYATUL RIZQIYATI
NRP. 0111134000057**

**Advisor:
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si.
Sudarsono, S.Si, M.Si.**

**Department of Physics
Faculty of Natural Science
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH TEKANAN TERHADAP
FABRIKASI DAN KARAKTERISASI *DIRECTIONAL*
*COUPLER*SERAT OPTIK *STEP-INDEX MULTIMODE*
KONFIGURASI 2X2 MENGGUNAKAN METODE *HEATING*
*AND PRESSING***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Sains

Pada

Bidang Studi Optoelektronika
Program Studi S-1 Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

HIDAYATUL RIZQIYATI
NRP. 0111134000057

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1.Drs. Gontjang Prajitno, M.Si.
NIP. 196601021990031001



2.Sударsono, S.Si, M.Si.
NIP. 1100201301002



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

**ANALISIS PENGARUH TEKANAN TERHADAP
FABRIKASI DAN KARAKTERISASI *DIRECTIONAL
COUPLER* SERAT OPTIK *STEP-INDEX MULTIMODE*
KONFIGURASI 2X2 MENGGUNAKAN METODE *HEATING
AND PRESSING***

Nama : Hidayatul Rizqiyati
NRP : 01111340000057
Departemen : Fisika, FIA ITS
Pembimbing : 1. Drs. Gontjang Prajitno, M.Si.
2. Sudarsono, S.Si, M.Si.

Abstrak

Fabrikasi dan karakterisasi directional coupler serat optik step-index multimode konfigurasi 2x2 telah dilakukan dengan menambahkan variasi beban pada proses heating and pressing. Serat optik dipotong sepanjang 120 mm dan dikupas di bagian tengah-tengah sepanjang 15 mm untuk dihilangkan bagian coating dan claddingnya. Variasi panjang kupasan yaitu 15 mm, 30 mm, dan 45 mm. Penghilangan bagian cladding dilakukan dengan melakukan perendaman pada cairan aseton (99%) dan alkohol (96%) dengan perbandingan 7:3. Serat optik difabrikasi menggunakan logam cetakan yang dipanaskan pada suhu $\pm 118^{\circ}\text{C}$ kemudian dikarakterisasi dengan optical power meter (OPM) pada panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa pemberian tekanan (pressing) melalui penambahan beban pada fabrikasi directional coupler serat optik ini berpengaruh terhadap besarnya rugi daya serat optik akibat adanya mikrobending yang ditimbulkan. Karakterisasi directional coupler memberikan hasil coupling ratio yang seimbang antara output A2 dan B2 dengan perbandingan rasio yaitu 0,55 : 0,45 untuk input A1 dan 0,4 : 0,6 untuk input B1 pada panjang interaksi 33 mm dan massa beban 244.31 gram.

Kata kunci: *Directional Coupler, Fabrikasi, Karakterisasi, Serat Optik, Tekanan.*

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ANALYSIS OF PRESSURE EFFECT ON FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF DIRECTIONAL COUPLER OF OPTICAL FIBER STEP-INDEX MULTIMODE 2X2 CONFIGURATION USING HEATING AND PRESSING METHOD

Name : Hidayatul Rizqiyati
NRP : 0111134000057
Department : Physics, FIA ITS
Advisor : 1. Drs. Gontjang Prajitno, M.Si.
2. Sudarsono, S.Si, M.Si.

Abstract

The fabrication and characterization of 2x2 step-index multimode step-index optical directional coupler has been done by adding load variation to the heating and pressing process. The optical fiber is cut along 120 mm and peeled in the center of the length of 15 mm to remove the coating and cladding parts. Variations in peak lengths are 15 mm, 30 mm, and 45 mm. The removal of the cladding section was done by immersion in acetone liquor (99%) and alcohol (96%) with a ratio of 7: 3. Optical fibers are fabricated using heated molded metal at temperatures of $\pm 118^{\circ}$ C then characterized by optical power meter (OPM) at 1310 nm and 1550 nm wavelengths. Based on the results of research that has been done then it can be concluded that the pressure (pressing) through the addition of load on the fabrication of directional coupler fiber optic effect on the amount of fiber optic power losses due to the microbending generated. Characterization of directional coupler gives balanced coupling ratio between A2 and B2 output with ratio of 0,55: 0,45 for input A1 and 0,4: 0,6 for input B1 at 33 mm interaction length and load mass 244.31 gram.

Key words: Chacaterization, Directional Coupler, Fabrication, , Optical Fiber, Pressure.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kenikmatan, kemudahanserta karunia-Nya. Serta sholawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, suri tauladan dalam kehidupan ini sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Analisis Pengaruh Tekanan terhadap Fabrikasi dan Karakterisasi *Directional Coupler* Serat Optik *Step-Index Multimode* Konfigurasi 2x2 dengan Menggunakan Metode *Heating and Pressing*”** tepat waktu.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan menyelesaikan pendidikan sarjana pada Bidang Studi Optoelektronika, Departemen Fisika, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pelaksanaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala curahan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua Orang Tua penulis yaitu Ibuk Siti Halimah dan Bapak Asyik yang tiada henti memberikan doa, nasehat, motivasi dan dukungannya baik secara material maupun spiritual kepada penulis.
3. M. Harits Ridwan dan M. Halim As Sidiq yang selama ini telah memberikan motivasi dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Drs. Gontjang Prajitno, M.Si dan Bapak Sudarsono, M.Si atas segala pengetahuan dan waktunya dalam membimbing penulis sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng selaku Ketua Departemen Fisika sekaligus dosen wali yang telah memberikan bimbingan, motivasi serta wawasan selama masa perkuliahan di Jurusan Fisika ITS.

6. Kepala Laboratorium Optoelektronika, dan segenap staf laboran, Pak Miftahul Ghofar yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Seluruh Dosen dan Staf Karyawan Departemen Fisika ITS yang telah memberikan arahan, didikan dan motivasinya.
8. Rekan-rekan seperjuangan penelitian laboratorium optoelektronika. Atas kerjasama, diskusi, motivasi dan bantuannya sehingga tugas akhir ini dapat selesai.
9. Teman-teman Fisika ITS Angkatan 2013 atas kebersamaan, semangat, motivasi dan dukungannya kepada penulis selama masa kuliah.

Dengan selesainya laporan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa penelitian Tugas Akhir ini masih belum sempurna, jika masih ada kekurangan diharapkan saran dan kritik agar dapat mengembangkan penelitian ini.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Serat Optik.....	5
2.1.1 Serat Optik Plastik FD-620-10.....	5
2.2 <i>Directional Coupler</i>	9
2.3 Mikrobending.....	11
2.4 Metode <i>Heating and Pressing</i>	12
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Alat dan Bahan.....	15
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	16
3.3 Tahap Fabrikasi <i>Directional Coupler</i>	16
3.3.1 Menghilangkan bagian Jacket Serat Optik (<i>Coating</i>)	17
3.3.2 Menghilangkan bagian kulit (<i>Cladding</i>).....	18
3.4 Proses Penggandengan.....	20
3.5 Karakterisasi <i>directional coupler</i>	23
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Fabrikasi <i>Directional Coupler</i>	25

4.2 Karakterisasi Directional Coupler.....	31
4.3 Pembahasan.....	39
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
5.1 KESIMPULAN.....	43
5.2 SARAN.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN.....	49
BIODATA PENULIS.....	67

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Standarisasi Parameter Directional Coupler	12
Tabel 4.1 Data hasil pengukuran untuk panjang gelombang 1310 nm	32
Tabel 4.2 Data hasil pengukuran untuk panjang gelombang 1550 nm	33
Tabel 4.3 Hasil perhitungan parameter directional coupler pada input A1	37
Tabel 4.4 Hasil perhitungan parameter directional coupler pada input B1	38

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Struktur dasar serat optik.....5
Gambar 2.2	(a) Karakteristik serat optik <i>step-index</i> multimode, (b) Karakteristik serat optik <i>graded-index</i> multimode6
Gambar 2.3	Mekanisme perambatan sinar pada serat optik <i>step-index</i>7
Gambar 2.4	Struktur POF9
Gambar 2.5	Serat optik FD-620-10.....9
Gambar 2.6	<i>Directional coupler</i> struktur simetri 2x2 berbahan serat optik dengan metode <i>fused</i>10
Gambar 2.7	(a) Pembengkokan mikro akibat tekanan dari luar, (b) Penghamburan cahaya13
Gambar 2.8	Hubungan antara coupling ratio (CR) dan panjang kopling (penggandengan).....14
Gambar 3.1	Diagram Alur Penelitian.....16
Gambar 3.2	Proses pemotongan serat optik17
Gambar 3.3	Proses menghilangkan bagian <i>coating</i>18
Gambar 3.4	Hasil serat optik yang telah dihilangkan bagian <i>coating</i> nya..18
Gambar 3.5	Proses perendaman serat optik19
Gambar 3.6	Serat optik yang telah dihilangkan <i>cladding</i> -nya 20
Gambar 3.7	Serat optik yang dibungkus menggunakan aluminium foil.....20
Gambar 3.8	Alat <i>pressing</i> yang terdiri dari cetakan <i>pressing</i> dan batang penekan.....21
Gambar 3.9	Susunan serat optik konfigurasi 2x222
Gambar 3.10	Proses penggandengan serat optik.....22
Gambar 3.11	Proses karakterisasi dengan OPM23
Gambar 3.12	Port-port pada <i>directional coupler</i> konfigurasi 2x2.....24

Gambar 4.1	Hasil perendaman menggunakan cairan aseton...26
Gambar 4.2	<i>Cladding</i> serat optik yang mulai terlihat mengelupas setelah dilakukan perendaman \pm 15 menit.....27
Gambar 4.3	Perbedaan hasil perendaman menggunakan perbandingan 9:1 (serat optik yang patah) dengan perbandingan 7:3 (serat optik yang utuh).....28
Gambar 4.4	Proses penggandengan serat optik.....29
Gambar 4.5	Hasil fabrikasi directional coupler pada panjang kupasan 20 mm untuk massa beban 371,39 gram30
Gambar 4.6	Diameter serat yang terlihat mengecil setelah mengalami proses penggandengan.....31
Gambar 4.7	Hubungan antara variasi beban terhadap coupling ratio pada panjang gelombang 1310 nm untuk panjang interaksi 18 mm35
Gambar 4.8	Hubungan antara variasi beban terhadap coupling ratio pada panjang gelombang 1310 nm untuk panjang interaksi 33 mm35
Gambar 4.9	Hubungan antara variasi beban terhadap coupling ratio pada panjang gelombang 1310 nm untuk panjang interaksi 40 mm36

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran I. Alat Presssing dan Beban	49
Lampiran II. Hasil Fabrikasi.....	50
Lampiran III. Data perhitungan <i>coupling ratio</i>	53
Lampiran IV. Data Sheet <i>Optical Light Source</i>	55
Lampiran V. Data Sheet Optical Power Meter.....	57
Lampiran VI. Data Sheet serat optik plastik FD-620-10.....	59
Lampiran VII. Spesifikasi Aseton.....	61

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Serat optik berfungsi untuk mentransmisikan informasi, selain itu seiring dengan berjalannya waktu, serat optik telah berkembang menjadi piranti optik yang bisa dimanfaatkan lebih luas lagi. Salah satunya dikembangkan menjadi *coupler*. *Coupler* pada serat optik mampu mendistribusikan sinyal optik dari satu serat ke beberapa serat yang lain dan melemahkan sinyal lebih besar daripada jenis konektor lain karena sinyal *input* dibagi menjadi beberapa sinyal *output* (pada proses pembagian daya). Ada beberapa macam desain *coupler* seperti *Y-coupler*, *star coupler*, *tree coupler*, dan yang paling sering dikembangkan yakni *directional coupler*. Jenis *directional coupler* ini biasanya simetri sehingga mampu mentransmisikan jumlah daya yang sama pada *coupler* ketika *input* dan *output* dari serat dibalik.

Terdapat beberapa metode dalam pembuatan *directional coupler* berbahan serat optik plastik yakni metode *fused biconical tapered* (FBT) yang menggabungkan sejumlah serat optik pada panjang kopling tertentu sehingga menjadi *directional coupler* dengan N-port. Namun pada metode tersebut masih belum cukup efektif untuk menghasilkan *coupler* yang dapat membagi daya secara merata akibat adanya kebocoran daya pada celah-celah benang yang dililitkan pada saat proses penggandengan. Oleh karena itu, dikembangkan lagi metode lain untuk dapat membuat *directional coupler*, seperti metode *side polishing*, *twisting and fusing*, *molding*, *mixing rods*, *using hollow waveguide*, *polymer rectangular waveguide*, serta *heating and pressing*.

Pada penelitian ini akan digunakan metode *heating and pressing* dalam proses penggandengan serat optik. Metode ini masih jarang digunakan untuk memfabrikasi *directional coupler*. Sebelumnya metode ini diperkenalkan oleh Kwang Taek Kim dari Honam University, Korea. Ia dan tim nya menerbitkan sebuah jurnal yang berjudul *High-Performance Plastic optical*

fiber coupler based on heating and pressing pada tahun 2011 dan *fabrication and characterization of NxN plastic optical fiber star coupler based on fused combining* pada tahun 2013, yang telah berhasil memfabrikasi *directional coupler* konfigurasi 2x2, 4x4, dan 6x6 menggunakan metode *heating and pressing* (Kim, K.T., 2013).

Pada beberapa waktu yang lalu dilakukan penelitian mengenai fabrikasi dan karakterisasi *directional coupler* konfigurasi 2x2 berbahan serat optik plastik tipe FD-620-10 menggunakan metode *heating and pressing* (Lesa, 2018) dengan membandingkan dua buah cetakan *pressing* yang berbeda dimana salah satu cetakannya ditambahkan sebuah beban agar memberikan tekanan lebih pada serat optik yang akan digandengkan. Pada penelitian tersebut serat optik berhasil digandeng namun masih menggunakan suhu yang relatif tinggi, dan dapat berfungsi sebagai *beam splitter* dengan proporsi mendekati 75%:25% hanya untuk penggunaan beban penekan 122,78 gram. Hal tersebut menunjukkan bahwa fungsi *directional coupler* sebagai pembagi berkas masih bergantung pada parameter fabrikasinya terutama beban penekan, sehingga masih perlu dikembangkan lebih lanjut lagi. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh tekanan terhadap *directional coupler* serat optik *step-index multimode* konfigurasi 2x2 dengan menggunakan metode *heating and pressing*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana analisis pengaruh tekanan pada fabrikasi *directional coupler* serat optik *step index*

multimode konfigurasi 2x2 dengan menggunakan metode *heating and pressing*?

2. Bagaimana karakterisasi *directional coupler* serat optik *step index multimode* konfigurasi 2x2 yang telah difabrikasi?.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini antara lain adalah :

1. Fabrikasi *directional coupler* dilakukan menggunakan serat optik plastic *step-index multimode* tipe FD-620-10 menggunakan metode *heating and pressing*.
2. Karakterisasi *directional coupler* menggunakan *optical power meter* (OPM).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui analisis pengaruh tekanan pada fabrikasi *directional coupler* serat optik *step index multimode* konfigurasi 2x2 dengan menggunakan metode *heating and pressing*.
2. Untuk mengetahui karakterisasi *directional coupler* serat optik *step index multimode* konfigurasi 2x2 yang telah difabrikasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian akan didapatkan hasil analisis mengenai pengaruh pembebanan *directional coupler* konfigurasi 2x2 menggunakan *heating and pressing* yang kedepannya bisa digunakan sebagai acuan untuk meningkatkan keefektifan metode

dalam memfabrikasi sebuah *directional coupler* serat optik sehingga mendapatkan hasil fabrikasi yang lebih baik lagi.

1.6 Sistematika Penulisan

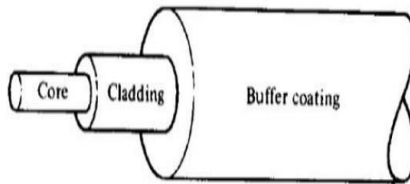
Sistematika penulisan proposal Tugas Akhir ini tersusun atas beberapa bab, yaitu:

1. Bab I Pendahuluan, berisi tentang latar belakang dan permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.
2. Bab II Tinjauan Pustaka, berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian yang dapat menunjang analisa hasil penelitian.
3. Bab III Metodologi Penelitian, berisi tentang peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian serta uraian lengkap tahapan penelitian.
4. Bab IV Hasil dan Pembahasan, berisi data hasil fabrikasi dan karakterisasi yang dilakukan serta analisis dan pembahasan
5. Bab V Kesimpulan dan Saran, berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, beserta saran-saran untuk ditindaklanjuti pada penelitian selanjutnya.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Serat Optik

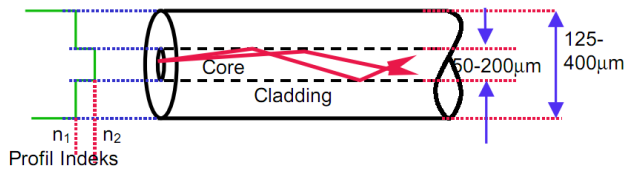
Serat optik merupakan sebuah pandu gelombang dielektrik. Divais optik tersebut berfungsi sebagai media transmisi gelombang cahaya yang terbuat dari bahan silika atau plastik yang berbentuk silinder. Serat optik ini tersusun atas tiga bagian yakni bagian inti (*core*), selubung (*cladding*), dan jaket (*coating*) seperti yang digambarkan pada Gambar 2.1. Dimana bagian *core* memiliki indeks bias paling besar yang dinotasikan sebagai n_1 , bagian *core* ini merupakan jalur utama pemanduan gelombang cahaya. Sedangkan pada bagian *cladding* memiliki indeks bias yang bernilai lebih rendah daripada n_1 dan dinotasikan sebagai n_2 .



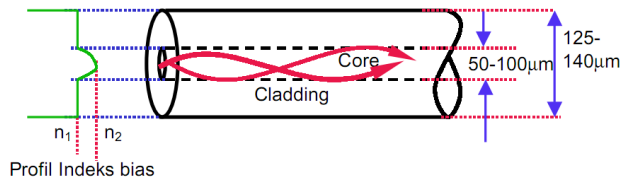
Gambar 2.1 Struktur dasar serat optik (Keiser, 1983)

Serat optik dibedakan atas beberapa kategori. Berdasarkan moda gelombang yang terpandu, serat optik dibedakan menjadi dua yakni serat optik moda tunggal (*single mode*) dan serat optik moda jamak (*multi mode*). *Single mode* memiliki ukuran inti yang kecil sehingga hanya dapat menyalurkan dalam satu moda. Serat optik jenis ini dapat mencegah terjadinya dispersi kromatik dan dapat digunakan untuk komunikasi serat optik jarak jauh. Sedangkan pada *multi mode* memiliki ukuran inti yang lebih besar dan dapat menyalurkan lebih dari satu moda, namun serat optik jenis ini biasanya memiliki performansi yang buruk, *bandwidth* yang sempit dan kapasitas transmisi yang kecil.

Berdasarkan struktur indeks bias bahan pada *core*, serat optik terbagi menjadi dua jenis yakni serat optik *step-index* dan serat optik *graded-index*. Pada Gambar 2.2 ditunjukkan karakteristik *step-index* dan *graded-index* berdasarkan bentuk pemantulan sinarnya.



(a)



(b)

Gambar 2.2(a) Karakteristik serat optik *step-index multimode*,
(b) Karakteristik serat optik *graded-index multimode* (PT. Telkom, 2004)

Core serat optik *step-index* memiliki nilai indeks bias yang sama pada semua daerah *core*, sedangkan pada serat optik *graded-index* memiliki indeks bias yang menurun secara gradual dari sumbu serat sampai ke bidang batas *cladding*. Indeks bias *cladding* pada kedua jenis serat optik tersebut bernilai sama.

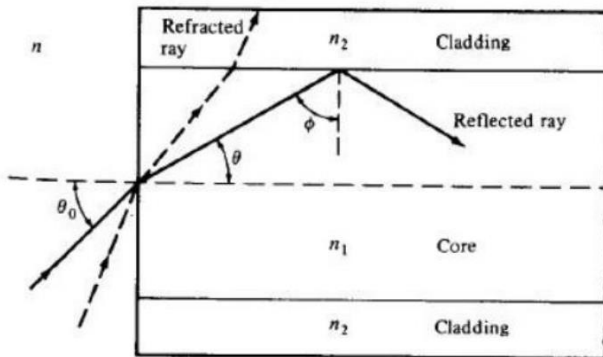
Perbedaan indeks bias (Δ) antara *core* dan *cladding* pada serat optik *step-index* dinyatakan sebagai berikut:

$$\Delta \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (2.1)$$

Mekanisme pemanduan gelombang cahaya dalam serat optik berdasarkan pada prinsip pemantulan dalam total pada bidang batas *core* dan *cladding* sesuai hukum Snellius. Sinar yang datang dari medium rapat (n_1) ke medium kurang rapat (n_2) akan dibiaskan menjauhi garis normal. Saat sudut bias mencapai 90° , maka sinar datang (θ_i) disebut sebagai sudut kritis (θ_c).

$$\theta_i = \theta_c = \sin^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \quad (2.2)$$

Sudut kritis hanya terjadi pada pembiasan sinar yang datang dari medium rapat menuju medium yang lebih renggang. Saat $\theta_i > \theta_c$ maka akan terjadi pemantulan dalam sempurna atau semua berkas akan dipantulkan tanpa adanya bagian yang ditransmisikan ke dalam medium kedua seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Hal ini berlaku untuk medium tanpa absorpsi (Rahayuningtjas, 2003).



Gambar 2.3 Mekanisme perambatan sinar pada serat optik *step-index* (Keiser, 1983).

Untuk mengetahui sudut sinar masukan pada bagian *core* serat optik agar sinar dapat terpandu, diterapkan hukum Snellius pada bidang batas antara *core* dan udara. Agar sinar dapat terpandu, maka sudut $\theta = \theta_c$ dan $\theta_0 = \theta_{0\max}$, dengan demikian persamaan Snellius menjadi :

$$n \sin \theta_{0\max} = n_1 \sin \theta_c \quad (2.3)$$

dengan $\sin \theta_c = \frac{1}{n_1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ sehingga persamaan di atas menjadi,

$$\sin \theta_{0\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.4)$$

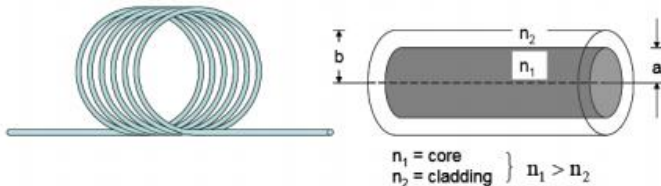
$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.5)$$

NA (*Numerical Aperture*) pada serat optik menyatakan hubungan antara sudut sinar masukan dengan indeks bias ketiga medium yang berinteraksi.

2.1.1 Serat Optik Plastik FD 620-10

Plastic Optical Fiber (POF) merupakan jenis dari serat optik yang berbahan dasar plastik. POF memiliki beberapa kelebihan antara lain *bandwidth* yang sangat lebar, ukuran yang kecil, bebas dari *Electro Magnet Interference* (EMI), berat yang ringan, tidak mengalirkan arus sehingga tidak akan terjadi percikan api, dan sinyal dalam serat optik ini terjamin keamanannya (Massa, 2000). Media transmisi yang digunakan pada penelitian ini adalah serat optik plastik atau POF. Bahan dasar dari POF adalah plastik polimer, dimana lapisan inti (*core*) dibuat dari *Poly Methyl Methacrylate* (PMMA). POF memiliki indeks bias *core* 1,492 dan indeks bias *cladding* 1,406. Diameter POF sebesar 1 mm yang terdiri dari *core* 980 μm dan *cladding*

20 μm (Ziemann, 2008). Pada Gambar 2.4 diperlihatkan bentuk fisik dari POF.



Gambar 2.4 Struktur POF (Bahtiar, 2008)

Gambar 2.5 merupakan serat optik plastik FD-620-10. Serat ini merupakan serat optik kabel *duplex* dengan *core* tunggal setiap ulirnya buatan Autonics yang didesain dengan *core* memiliki indeks bias yang lebih tinggi dibandingkan *cladding*-nya. Berkas cahaya pada satu sisi akan terpandu hingga pada sisi lainnya dengan cara pemantulan dalam total pada perbatasan *core* dan *cladding*. Serat optik FD-620-10 memiliki sudut keluaran 60° yang memiliki bentuk seperti kerucut. *Coating* atau pelindung terbuat dari karet silion atau *vinly chloride*. *Core* dan *cladding* serat optik terbuat dari resin sintetik poly akrilik. Spesifikasi material penyusun *core plexyglass* yang memiliki indeks bias 1,492 dan suhu transisi sekitar 1050C dan material *cladding* memiliki indeks bias 1,42 dengan *numerical aperture* 0,5 (Maulana, 2017)



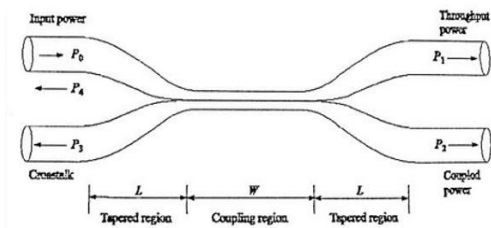
Gambar 2.5 Serat optik FD-620-10

2.2 Directional Coupler

Pada bidang optik, *directional coupler* dapat berfungsi sebagai pemecah (*splitter*) berkas cahaya, pembagi cahaya (*power divider*), *optical switching*, divais WDM, divais interferometer baik Michelson maupun Mach Zender serta divais optik lain.

Directional coupler dapat dibuat dari serat optik moda tunggal maupun moda jamak dengan cara menggabungkan (*fused*) kedua buah serat optik tersebut dengan panjang daerah interaksi dan lebar gap tertentu. Proses kopling atau transfer daya optik pada *directional coupler* serat optik analog dengan pandu gelombang planar. Bedanya distribusi medan yang terkopel pada *directional coupler* serat optik berbentuk fungsi Bessel.

Directional Coupler yang tersusun dari dua buah serat optik mempunyai empat buah port dan disebut *directional coupler* serat optik struktur simetri 2x2. Skema *directional coupler* serat optik struktur simetri 2x2 yang dibuat dengan metode *fused biconal tapered* yang diperlihatkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Directional coupler* struktur simetri 2x2 berbahan serat optik dengan metode *fused* (Fernando,2007)

Untuk serat optik tanpa *losses* maka persamaan yang berlaku untuk menyatakan besarnya daya yang terkopel adalah

$$P_2 = P_0 \sin^2(kz) \quad (2.6)$$

untuk dua serat yang identik berlaku :

$$\begin{aligned} P_1 &= P_0 - P_2 = P_0[1 - \sin^2(kz)] \\ P_1 &= P_0 \cos^2(kz) \end{aligned} \quad (2.7)$$

dengan k merupakan koefisien kopling antar dua serat optik. Parameter directional coupler sebagai divais optik antara lain *coupling ratio* (CR), *insertion loss* (L_{ins}), dan *excess loss* (L_e).

$$CR = \frac{P_{output}}{P_{outputtotal}} \quad (2.8)$$

$$L_{ins} = -10 \log \frac{P_{output}}{P_{input}} \text{ dB} \quad (2.9)$$

$$L_e = -10 \log \left(\frac{P_{totaloutput}}{P_{input}} \right) \text{ Db} \quad (2.10)$$

Coupling ratio (CR) merupakan perbandingan antara daya input terhadap masing-masing daya output, *excess loss* merupakan rugi daya total, *insertion los* merupakan rugi yang terjadi akibat daya dari saluran masukan coupler serat optik terdistribusi di antara saluran keluaran.

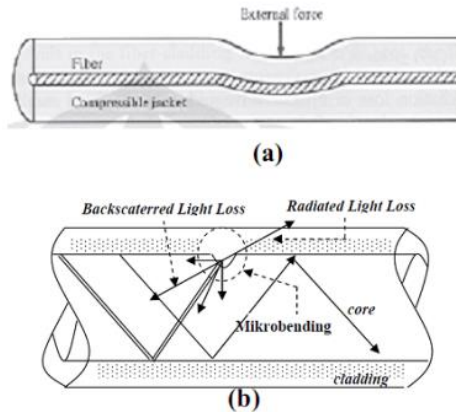
Standarisasi fabrikasi *directional coupler* adalah pemenuhan nilai parameter-parameter *directional coupler* hasil fabrikasi sesuai dengan nilai parameter standar yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Standarisasi Parameter *Directional Coupler* (Hoss dan Lacy, 1993) (Supadi dkk., 2006)

Design Class	Jumlah Port	CR (%)	Toleransi CR	L_c (dB)	C_t (dB)
2x2 Single Mode	2	0.5	2 – 15%		>40
	2	0.25		0.007 - 1	
	2	0.1			
2x2 Multi Mode	2	0.5	5 – 10%	<1	
	2	0.25		1 – 2	
	2	0.1			
	2	0.063			

2.3 Mikrobending

Penurunan daya dalam sistem transmisi disebabkan oleh rugi-rugi transmisi akibat variasi beban. Rugi-rugi transmisi ini menghasilkan penurunan daya cahaya dan penurunan *bandwidth* dari sistem, transmisi informasi yang dibawa, efisiensi, dan kapasitas sistem secara keseluruhan. Salah satu rugi-rugi transmisi pada serat optik, yaitu mikrobending. Mikrobending adalah suatu keadaan kabel yang tidak sempurna yang diakibatkan oleh tekanan dari luar serat optik. Penghamburan cahaya akibat mikrobending ditunjukkan pada Gambar 2.7 (Auzaiy, 2008).



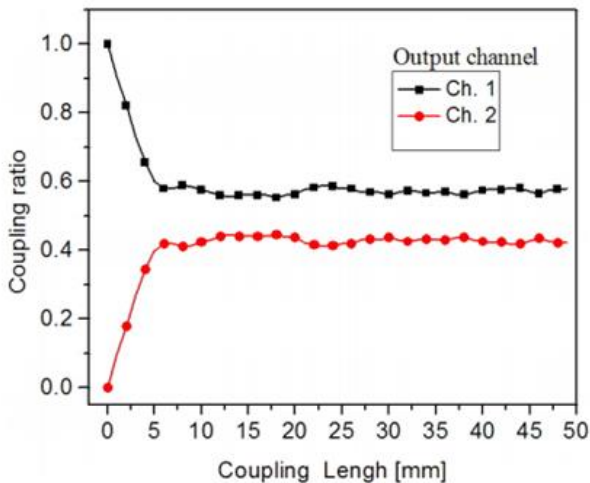
Gambar 2.7 (a) Pembengkokan mikro akibat tekanan dari luar (Auzaiy, 2008), (b) Penghamburan cahaya (Yudistira, 2003)

Ketika tekanan diterapkan pada serat optik, hal ini akan menyebabkan kerusakan pada serat tersebut. Kerusakan ini disebabkan oleh pelemahan kulit terluar (*coating*) pada serat optik (Furukawa, 2013).

2.4 Metode *Heating and Pressing*

Peneliti asal Honam University, Gwangju-Korea, 4 tahun lalu membuat coupler berbahan serat optik plastik konfigurasi 2x2, 4x4 dan 6x6 jenis persegi dengan metode *heating and pressing* yang menghasilkan rugi daya yang kecil. Pada dasarnya, beberapa serat optik plastik disusun persegi panjang, dan kemudian menyatu menjadi satu bentuk yang solid dengan cara *heating and pressing*. Pada daerah transisi, hal ini dimaksudkan bahwa setiap serat optik plastik adalah konversi secara adiabatik dari bentuk melingkar asli ke bentuk persegi tanpa perubahan luas penampang. Oleh karena itu tidak ada diskontinuitas struktural sepanjang arah membujur dari gabungan, yang mengurangi *excess loss*. Wilayah

gabungan dilapisi dengan epoxy yang memiliki indeks bias rendah, untuk melindungi dari dua kerusakan yaitu kerusakan mekanis dan kerusakan kontaminasi. Berkas optik di wilayah *coupling* di pandu oleh pemantulan dalam total pada antar muka antara gabungan serat optik plastik dan epoxy yang melapisi. Sebagai hasilnya, jika wilayah yang dikopling panjang maka diharapkan pembauran berkas optik yang lengkap dan membagi sama ke dalam saluran output tanpa kehilangan yang cukup besar. Berikut ini pada Gambar 2.8 merupakan hasil dari fabrikasi dan karakterisasi yang telah dilakukan pada konfigurasi 2x2 (Kim, KT. 2013).



Gambar 2.8 Hubungan antara coupling ratio (CR) dan panjang kopleng (penggandengan) (Kim, KT., 2013)

BAB III METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

Pada penelitian Tugas Akhir ini peralatan yang digunakan antara lain adalah:

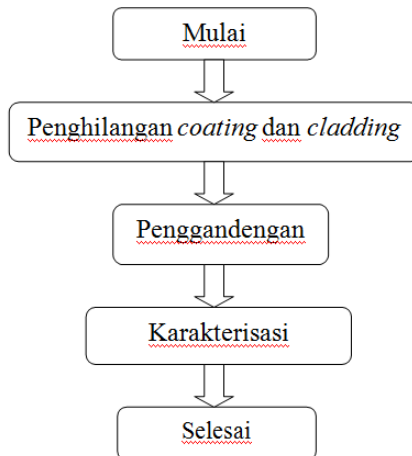
1. Pemotong serat optik
2. Cawan petri
3. *Optical Power Meter* (OPM) JW3208
4. *Optical Light Source* dengan panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm.
5. Penggaris
6. Logam cetakan untuk *heating and pressing*
7. Selotip
8. Gunting
9. *Cutter*
10. *hot plate*
11. Pointer
12. *Thermometer*

Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah:

1. Serat optik plastic step index multimode tipe FD-620-10 buatan Autonics
2. Aseton pro-analisis (keterangan terlampir)
3. Alkohol 96%
4. Alumunium foil
5. Label
6. Akrilik
7. Pita kawat

3.2 Diagram Alir Penelitian

Terdapat beberapa tahapan dalam penelitian Tugas Akhir ini. Berikut ini pada Gambar 3.1 merupakan diagram alur penelitian:



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Tahapan fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 2x2 berbahan serat optik *step-index multimode* dipaparkan dalam sub bab berikut:

3.3 Tahap Fabrikasi *Directional Coupler*

Pada tahap ini hal pertama yang dilakukan adalah mempersiapkan serat optik dengan tipe FD-620-10 buatan Autonics. Kemudian memotong serat optik tersebut dengan menggunakan alat pemotong yang sudah disediakan. Serat optik dipotong kurang lebih sepanjang 120 mm sebanyak 24 buah untuk mendapatkan 12 *directional coupler* dimana terdapat 4 buah

directional coupler untuk masing-masing panjang kupasan. Gambar 3.2 ditunjukkan proses pemotongan menggunakan alat pemotong khusus serat optik.

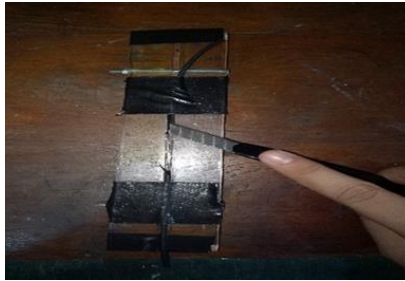


Gambar 3.2 Proses pemotongan serat optik

3.3.1 Menghilangkan bagian Jaket Serat Optik (*Coating*)

Dalam proses menghilangkan bagian *coating* (jaket) digunakan alat yang terbuat dari kaca akrilik. Ketebalan bagian utama dari alat ini adalah 2mm dengan panjang 200 mm. Dalam alat tersebut terdapat daerah kupasan yang menjorok ke atas. Panjang bagian yang menjorok ke atas tersebut sepanjang 35mm, didesain sedemikian rupa untuk menyesuaikan serat optik yang akan digunakan sebagai *directional coupler*.

Selanjutnya serat optik yang akan dikupas ditempatkan pada bagian tengah alat tersebut. Agar saat proses pengupasan atau menghilangkan bagian jaket serat optik tidak bergerak, maka serat optik tersebut direkatkan dengan menggunakan selotip. Proses pengupasan jaket pada serat optik menggunakan *cutter*. Serat optik dikupas sesuai dengan panjang kupasan yang telah ditentukan yaitu sepanjang 20 mm, 35 mm, dan 45 mm. Gambar 3.3 merupakan proses pengupasan jaket pada serat optik.



Gambar 3.3 Proses menghilangkan bagian *coating*

Pada proses menghilangkan bagian jaket ini menyisakan bagian kulit (*cladding*) dan bagian inti (*core*) yang dapat dilihat pada Gambar 3.4. Dari hasil kupasan tersebut kemudian dilakukan pemanduan sinar laser, dengan tujuan untuk mengetahui apakah terjadi kebocoran sinar. Serat optik yang diberi sinar laser tampak bening menunjukkan masih terjadi pemantulan dalam total, karena masih terdapat bagian kulit seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4.

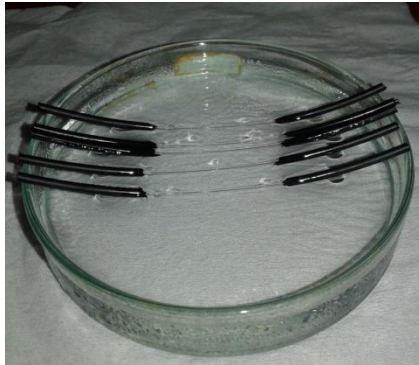


Gambar 3.4 Hasil serat optik yang telah dihilangkan bagian *coating*-nya

3.3.2 Menghilangkan bagian kulit (*cladding*)

Pada proses menghilangkan bagian kulit serat optik, peralatan dan bahan yang digunakan adalah cawan, serat optik yang telah dikupas bagian *coating*-nya, aseton dengan kadar 99% dan alkohol dengan kadar 96%. Pertama-tama cawan diisi oleh

campuran aseton dan alkohol dengan perbandingan 7:3, 7 untuk aseton dan 3 untuk alkohol. Perbandingan ini didapatkan berdasarkan pengujian yang telah dilakukan sebelumnya dengan merendam serat optik menggunakan cairan aseton saja, lalu dilakukan perbandingan 9:1 dan 8:2 hingga akhirnya didapatkan hasil yang cukup efektif pada perbandingan 7:3.



Gambar 3.5 Proses perendaman serat optik

Setelah didapatkan campuran aseton dan alkohol yang tepat kemudian serat optik direndam pada cairan tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5. Kurang lebih selama 15 menit proses perendaman, lapisan terluar pada serat optik akan terlihat terkelupas, jika sudah terkelupas maka harus segera dibersihkan menggunakan tisu (untuk hasil yang lebih baik bisa menggunakan tisu optik), jika lapisan masih sulit dihilangkan maka harus direndam kembali kedalam cawan lalu ditunggu beberapa saat untuk kembali membersihkan lapisan yang terkelupas. Hal ini dilakukan untuk menghindari melekatnya lapisan tersebut pada serat optik. Setelah serat optik sudah bersih tanpa terlihat adanya lapisan yang terkelupas maka selanjutnya dilakukan perendaman lagi selama kurang lebih satu jam hingga ketika serat optik tersebut diberi sumber cahaya oleh pointer

maka cahaya yang melewati panjang kupasan akan terhambur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Serat optik yang telah dihilangkan *cladding*-nya

3.4 Proses penggandengan

Penggandengan dilakukan dengan cara menempelkan kedua serat optik pada bagian yang telah dikupas bagian kulit dan jaket pelindung dengan metode *Heating and Pressing*. Serat optik disusun sejajar kemudian bagian tersebut dibungkus dengan menggunakan aluminium foil dan dililitkan pita kawat agar terbungkus erat. Gambar 3.7 merupakan gambar yang diambil saat membungkus serat optik menggunakan aluminium foil dan pita kawat.



Gambar 3.7 Serat optik yang dibungkus menggunakan aluminium foil

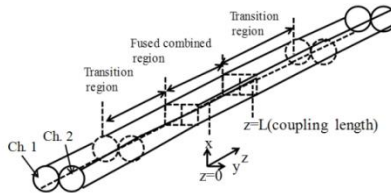
Setelah serat optik dibungkus menggunakan aluminium foil dan diberi pita kawat, yang perlu dipersiapkan selanjutnya adalah cetakan *pressing* dan *hot plate*. Pada penelitian ini temperatur *hot plate* yang digunakan yaitu 200 °C. Alat *pressing* yang digunakan terdapat dua macam yakni 15 mm dan 30 mm, panjang tersebut merupakan panjang tempat diletakkannya serat optik pada alat *pressing*. Gambar 3.8 merupakan alat cetakan *pressing* yang digunakan pada penelitian ini, dimana cetakan 15 mm digunakan untuk menggandeng serat optik dengan panjang kupasan 20 mm sedangkan cetakan 30 mm digunakan untuk menggandeng serat optik dengan panjang kupasan 35 mm dan 45 mm.



Gambar 3.8 Alat *pressing* yang terdiri dari cetakan *pressing* dan batang penekan.

Selanjutnya serat optik diletakkan sejajar ke dalam cetakan *pressing* yang sudah dipanaskan terlebih dahulu di atas *hot plate*. Gambar 3.9 merupakan susunan serat optik yang akan digandeng. Pemanasan cetakan *pressing* dilakukan dalam waktu 10 menit hingga didapatkan suhu sekitar 118°C yang diukur menggunakan thermokopel. Untuk melindungi bagian yang tidak terkopel atau tergandeng, maka pada bagian tersebut dililitkan pita kawat agar tidak meleleh akibat panas yang ditimbulkan oleh *hot plate*. Selain itu untuk meminimalisir lelehan yang

diakibatkan oleh *hot plate*, maka di atas *hot plate* diberi kertas sampul agar serat optik tidak kontak langsung dengan hot plate.



Gambar 3.9 Susunan serat optik konfigurasi 2x2

Kemudian setelah serat optik dimasukkan ke dalam cetakan, serat optik ditekan menggunakan batang penekan yang di atasnya diberi beban sesuai dengan variasi massa beban yang ditentukan yaitu 117.24 gram, 244.31 gram, 371.39 gram, 498.49 gram. Pengandengan dilakukan selama 30 menit untuk panjang kupasan 20 mm dan selama kurang lebih 15 menit untuk panjang kupasan 35 mm dan 45 mm. Proses ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Proses pengandengan serat optik

3.3 Karakterisasi *Directional Coupler*

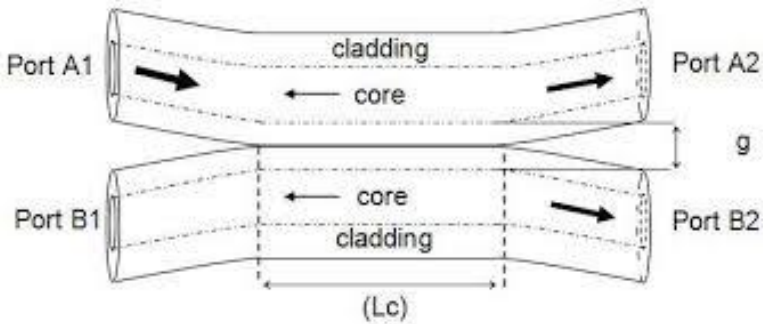
Directional coupler hasil fabrikasi dikarakterisasi dengan menggunakan OPM tipe JW3208. Karakterisasi ini bertujuan untuk memperoleh nilai *parameter directional coupler*.

Pada karakterisasi ini digunakan sebuah *optical light source* dan sebuah OPM (*Optical Power Meter*). Pengambilan data untuk karakterisasi menggunakan OPM ditunjukkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Proses karakterisasi dengan OPM

Proses karakterisasi menggunakan OPM dilakukan dengan dua variasi panjang gelombang yaitu 1310 nm dan 1550 nm. Hasil yang didapat pada OPM berupa data dalam satuan nW.



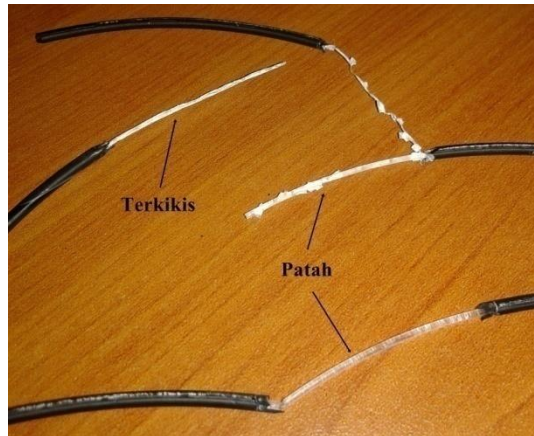
Gambar 3.11 Port-port pada *directional coupler* konfigurasi 2x2

Gambar 3.11 merupakan sketsa *directional coupler* hasil fabrikasi dengan A_1 dan B_1 sebagai input sedangkan A_2 dan B_2 sebagai output.. Sehingga didapatkan dua input yakni A_1 dan B_1 . Pada input A_1 terdapat dua output yakni A_2 dan B_2 untuk masing-masing panjang gelombang. Begitu juga pada input B_1 .

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Fabrikasi *Directional Coupler*

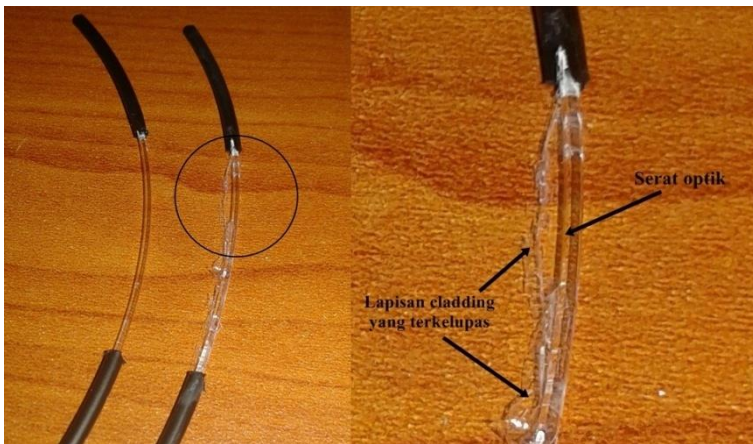
Pada penelitian ini telah difabrikasi 12 buah *directional coupler* serat optik dengan panjang kupasan 20 mm, 35 mm, dan 45 mm. Tiap variasi panjang kupasan difabrikasi dengan empat variasi massa beban yaitu sebesar 117,24 gram, 244,31 gram, 371,39 gram, dan 498,49 gram menggunakan alat *pressing* 15 mm untuk panjang kupasan 20 mm dan alat *pressing* 30 mm untuk panjang kupasan 35 mm dan 45 mm. Fabrikasi *directional coupler* dimulai dengan memotong serat optik sepanjang 120 mm sebanyak 24 buah dengan menggunakan alat pemotong serat optik. Kemudian serat optik dihilangkan bagian *coatingnya* dengan menggunakan akrilik dan *cutter*. Serat optik kemudian dihilangkan bagian *claddingnya* dengan melakukan perendaman pada bagian yang telah dikupas *coatingnya*. Perendaman dilakukan di dalam sebuah cawan yang berisi campuran aseton (99%) dan alkohol (96%) dengan perbandingan 7:3, 7 untuk aseton dan 3 untuk alkohol. Seperti yang telah dijelaskan pada bab metodologi penelitian, perbandingan ini didapatkan melalui proses perendaman dengan variasi perbandingan yang bertahap. Pada awalnya serat optik direndam pada cairan aseton saja. Hanya dalam selang beberapa menit serat optik sudah banyak yang patah seperti yang terlihat pada Gambar 4.1. Pada saat proses perendaman selama kurang lebih 30 menit kondisi serat optik semakin terkikis dan strukturnya menjadi tidak elastis, lalu pada ujung kupasan semakin meruncing sehingga menyebabkan serat optik menjadi patah.



Gambar 4.1 Hasil perendaman menggunakan cairan aseton

Karena didapatkan hasil yang tidak sesuai, maka dilakukan pengenceran dengan menambahkan cairan alkohol ke dalam cairan aseton. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wayan Suana pada tahun 2012, perendaman dilakukan menggunakan campuran aseton dan alkohol dengan perbandingan 9:1. Sehingga pada penelitian ini dicoba menggunakan perbandingan tersebut dalam proses perendaman. Setelah dilakukan proses perendaman, didapatkan hasil yang sama dengan perendaman sebelumnya yang menggunakan cairan aseton saja. Sehingga perbandingan volume aseton dan alkohol diubah menjadi 8:2. Namun masih didapatkan hasil yang belum sesuai karena masih dapat mengikis serat optik. Kemudian digunakan perbandingan 7:3, pada awalnya selama proses perendaman hampir satu jam, serat optik yang direndam tidak patah dan tidak terkikis, namun terlihat ada endapan berwarna putih yang melekat pada serat optik dan sulit dihilangkan meskipun sudah digosok-gosok. Sehingga dilakukan pengamatan lebih detail selama proses perendaman. Ketika proses

perendaman berlangsung selama kurang lebih 15 menit, lapisan *cladding* sudah mulai terkelupas, seperti yang terlihat pada Gambar 4.2. Kemudian serat optik diangkat dan dibersihkan menggunakan tisu yang telah dibasahi menggunakan cairan tersebut dengan sedikit menggosok-gosokkan pada bagian serat optik hingga lapisan yang terkelupas hilang. Setelah itu serat optik disinari dengan pointer untuk melihat apakah cahaya pada bagian yang dikupas mengeluarkan cahaya dari pointer atau tidak, jika tidak maka serat optik perlu direndam kembali hingga ketika disinari dengan pointer serat optik mengeluarkan cahaya. Perendaman ini berlangsung sekitar satu jam.



Gambar 4.2 *Cladding* serat optik yang mulai terlihat mengelupas setelah dilakukan perendaman \pm 15 menit

Pada penelitian ini, proses penghilangan lapisan *cladding* dengan melakukan perendaman dilakukan dalam waktu yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan jika dilakukan perendaman dalam waktu yang sama hasil yang dihasilkan berbeda, sehingga dalam hal ini batas perendaman dihentikan ketika serat optik yang disinari pointer pada salah satu ujungnya telah memancarkan cahayanya di bagian serat optik yang dikupas. Gambar 4.3

merupakan perbedaan hasil perendaman pada perbandingan aseton dan alkohol yang berbeda. Terlihat bahwa pada serat optik yang direndam menggunakan perbandingan 9:1 memiliki permukaan serat yang kasar akibat adanya endapan yang melekat pada serat optik, sedangkan pada perbandingan 7:3 memiliki struktur yang bagus dengan permukaan yang rata dan bening seperti pada kondisi serat optik sebelum direndam.



Gambar 4.3 Perbedaan hasil perendaman menggunakan perbandingan 9:1 (serat optik yang patah) dengan perbandingan 7:3 (serat optik yang utuh).

Proses fabrikasi selanjutnya yaitu proses penggandengan serat optik konfigurasi 2x2. Dua buah serat optik yang telah dihilangkan bagian *coating* dan *claddingnya*, selanjutnya digabung pada bagian *corenya* dengan dibungkus aluminium foil dan dililiti pita kawat pada ujung bagian serat optik yang dikupas. Logam cetakan untuk proses penggandengan dipanaskan terlebih dahulu pada hot plate dengan suhu 200°C selama 10 menit, selanjutnya diukur suhu pada cetakan dengan menggunakan termokopel. Berdasarkan hasil pengukuran, didapatkan suhu pada cetakan sebesar $\pm 118^{\circ}\text{C}$. Kemudian serat optik yang telah

disiapkan sebelumnya diletakkan di dalam cetakan kemudian diberi beban tambahan di atasnya dan dipanaskan selama 30 menit.



Gambar 4.4 Proses pengandengan serat optik

Gambar 4.4 merupakan contoh proses pengandengan serat optik pada panjang kupasan 20 mm dengan variasi massa beban yaitu 244.31 gram. Serat optik yang telah mengalami proses *heating and pressing*, selanjutnya dikeluarkan dari cetakan dan dilihat bagaimana strukturnya. Sebagian ujung kupasan serat optik yang telah digandeng terdapat lelehan *coating* yang menyebar diantara dua serat optik yang digandeng di sekitar ujung kupasan, namun tidak menyebabkan serat optik patah, hanya sedikit mengalami pembengkokan akibat adanya panas dari hot plate yang mengenai ujung-ujung kupasan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.

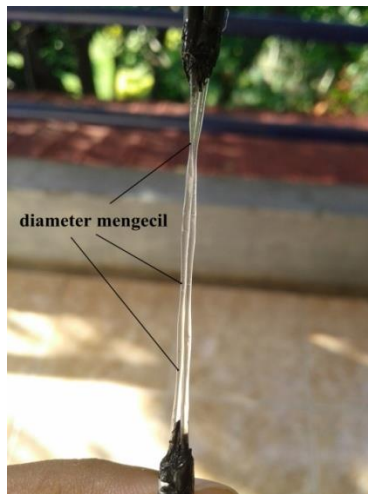


Gambar 4.5 Hasil fabrikasi *directional coupler* pada panjang kupasan 20 mm untuk massa beban 371.39 gram

Dalam fabrikasi ini, tidak terjadi penyusutan maupun pemuaian panjang serat optik, namun tidak semua panjang kupasan terganggu dengan sempurna seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, dimana terdapat lelehan coating yang berada di sela-sela serat optik yang akan digandeng. Pada variasi panjang kupasan 20 mm menghasilkan panjang interaksi 18 mm, dimana panjang interaksi merupakan panjang serat optik yang terganggu. Pada variasi panjang kupasan 35 mm menghasilkan panjang interaksi 33 mm dan pada panjang kupasan 45 mm menghasilkan panjang interaksi 40 mm.

Pada proses fabrikasi *directional coupler* untuk panjang interaksi 18 mm dibutuhkan waktu selama 30 menit setelah serat optik dimasukkan ke dalam alat pressing. Namun pada panjang interaksi 40 mm ketika proses fabrikasi dilakukan selama 30 menit diameter serat yang digandeng semakin mengecil pada bagian tertentu, sehingga permukaan luar serat optik seperti bergelombang, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6. Hal

yang sama juga terjadi pada proses fabrikasi selama 20 menit dan 15 menit, hingga serat optik mampu terganggu dan tidak merubah diameter serat pada waktu penggangguan selama 10 menit. Oleh karena itu pada proses fabrikasi selanjutnya dengan menggunakan variasi beban yang lain, digunakan waktu yang sama yakni 10 menit. Adanya perbedaan lamanya penggangguan panjang interaksi 18 mm dan 33 mm dikarenakan bahan alat pressing yang digunakan berbeda.



Gambar 4.6 Diameter serat yang terlihat mengecil setelah mengalami proses penggangguan.

4.2 Karakterisasi Directional Coupler menggunakan OPM

Proses karakterisasi directional coupler serat optik ini menggunakan *Optical Power Meter* (OPM). OPM merupakan suatu alat yang berfungsi untuk menentukan rugi daya cahaya pada saluran serat optik. Pada proses karakterisasi ini digunakan sebuah OPM tipe JW3208 dan sebuah *Optical Light Source* dengan sumber panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm yang berfungsi sebagai pemancar sinyal optik dan memancarkan sinar

laser. Pada kedua alat tersebut terdapat sebuah tombol yang berfungsi untuk mengatur panjang gelombang. Dalam hal ini panjang gelombang yang digunakan yaitu 1310 nm dan 1550 nm. Berdasarkan hasil karakterisasi yang telah dilakukan didapatkan nilai daya *output* dalam satuan nW.

Tabel 4.1 Data hasil pengukuran untuk panjang gelombang 1310 nm

Variasi Beban (gram)	Input	Output	Daya Keluaran (nW)		
			S ₁	S ₂	S ₃
117.2	A ₁	A ₂	420.3	163.2	1831
		B ₂	632.2	53.62	53.62
	B ₁	A ₂	525.4	71.18	66.1
		B ₂	1875	83.05	1108
244.3	A ₁	A ₂	2548	10	2818
		B ₂	132.2	34.18	18.57
	B ₁	A ₂	864	10	18.57
		B ₂	1012	64.4	1132
371.4	A ₁	A ₂	57.08	571.8	7147
		B ₂	10	10	22.75
	B ₁	A ₂	10	10	16.36
		B ₂	187.3	457.3	7284
498.5	A ₁	A ₂	1092	214.4	7118
		B ₂	22.75	66.1	10
	B ₁	A ₂	77.96	50.15	10
		B ₂	110.1	219.4	4109

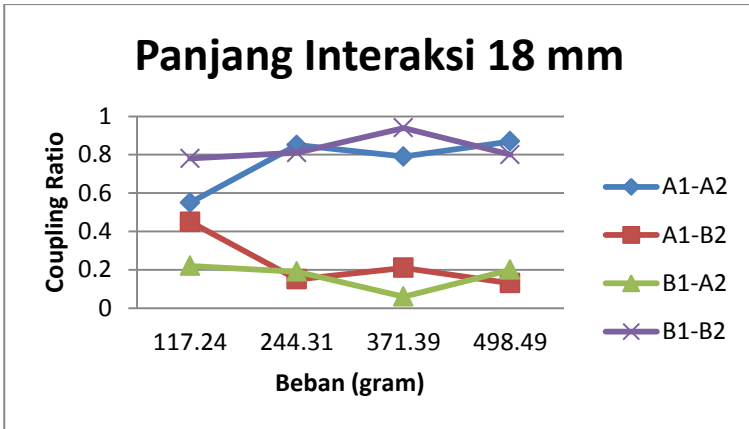
Pada Tabel 4.1 dipaparkan hasil pengukuran pada OPM menggunakan panjang gelombang 1310 nm. Dimana A_1 dan B_1 merupakan input yang sama-sama memiliki output A_2 dan B_2 . S_1 merupakan sampel dengan panjang interaksi 18 mm, S_2 merupakan sampel dengan panjang interaksi 33 mm, dan S_3 merupakan hasil sampel pada panjang interaksi 40 mm. Pada Tabel 4.2 dipaparkan data hasil pengukuran pada OPM menggunakan panjang gelombang 1550 nm,

Tabel 4.2 Data hasil pengukuran untuk panjang gelombang 1550 nm

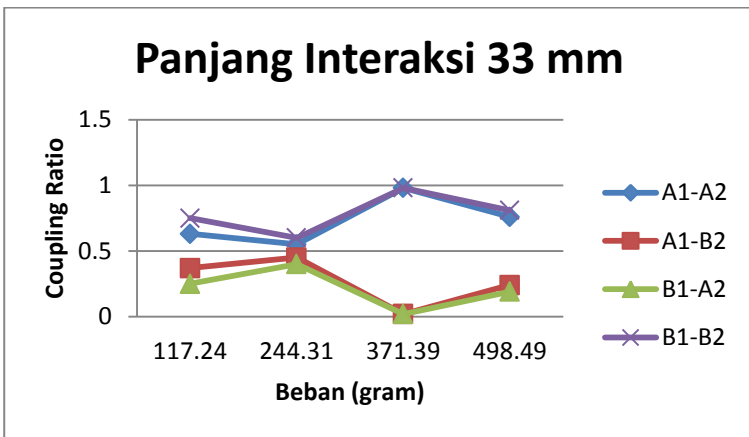
Variasi Beban (gram)	Input	Output	Daya Keluaran (nW)		
			S_1	S_2	S_3
117.2	A_1	A_2	272.9	99.25	1064
		B_2	410.2	42.82	37.71
	B_1	A_2	334	46.18	41.12
		B_2	1202	54.51	601.9
244.3	A_1	A_2	1645	10	1507
		B_2	103.3	23.35	10
	B_1	A_2	548.7	10	10
		B_2	654.7	42.82	644.5
371.4	A_1	A_2	37.71	328.6	4247
		B_2	10	10	12.9
	B_1	A_2	10	10	10.53
		B_2	125.9	275.6	4003
498.5	A_1	A_2	849.2	130.7	3843
		B_2	19.4	47.86	10
	B_1	A_2	51.19	32.5	10
		B_2	76.17	131.8	2300

Berdasarkan Tabel 4.1 dan 4.2 didapatkan data pengukuran berupa daya keluaran dalam satuan nW. Pada keempat variasi beban untuk panjang kupasan yang berbeda didapatkan nilai daya yang bervariasi. Jika dilihat pada grafik hubungan antara variasi beban terhadap daya keluaran untuk port A_1 dan B_1 didapatkan nilai daya keluaran yang dominan pada port yang berasal dari serat optik yang sama (memiliki label yang sama). Seperti pada *input* A_1 , daya keluaran terbesar berada pada port *output* A_2 . Begitu pun pada *input* B_1 , daya keluaran terbesar terdapat pada port *output* B_2 . Hal ini terjadi pada panjang gelombang 1310 nm maupun 1550 nm. Proporsi daya pada *directional coupler* yang telah dibuat dapat dijelaskan sesuai dengan teori moda terkopel. Untuk lebar gap yang kecil pada daerah *coupling* (berhimpit), gelombang evanescent moda dasar dari *core* yang bersebelahan sepanjang daerah *coupling* saling berinteraksi menghasilkan efek *coupling* yang kekuatannya tergantung pada panjang gelombang optik yang merambat di dalamnya. Pada panjang gelombang 1310 nm menghasilkan daya keluaran yang lebih besar daripada panjang gelombang 1550 nm.

Data-data yang telah diperoleh sebelumnya kemudian dihitung nilai-nilai parameter pokok dalam *directional coupler*. Sehingga terdapat nilai *coupling ratio*, *excess loss*, dan *insertion loss*. Daya input masukan (P_{in}) yang digunakan yaitu 11840 nW untuk panjang gelombang 1310 nm dan 8112 nW untuk panjang gelombang 1550 nm. Gambar 4.7 merupakan grafik hubungan antara variasi beban terhadap *coupling ratio*. Dimana hanya pada *input* A_1 pada variasi beban 117.24 gram yang didapatkan perbandingan yang seimbang. Namun pada *input* B_1 perbandingan *coupling ratio*-nya 0.8:0.2.



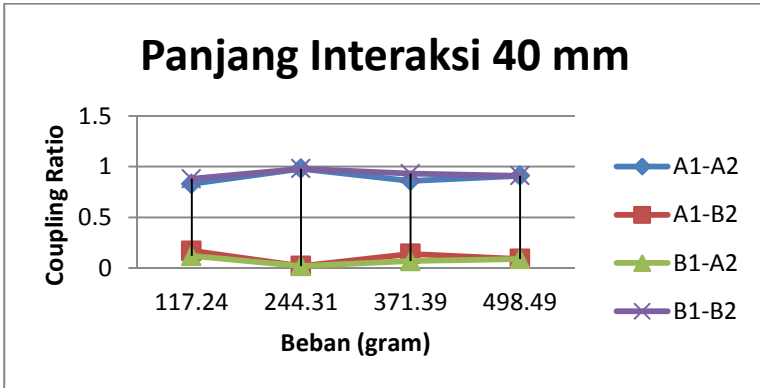
Gambar 4.7 Hubungan antara variasi beban terhadap *coupling ratio* pada panjang gelombang 1310 nm untuk panjang interaksi 18 mm



Gambar 4.8 Hubungan antara variasi beban terhadap *coupling ratio* pada panjang gelombang 1310 nm untuk panjang interaksi 33 mm

Selanjutnya pada Gambar 4.8 ditunjukkan grafik hubungan antara variasi beban dan *coupling ratio* untuk panjang interaksi 33 mm.

Pada variasi panjang interaksi ini didapatkan perbandingan *coupling ratio* yang seimbang antara A_2 dan B_2 pada variasi beban 244.31 gram.



Gambar 4.9 Hubungan antara variasi beban terhadap *coupling ratio* pada panjang gelombang 1310 nm untuk panjang interaksi 40 mm

Pada Gambar 4.9 ditunjukkan grafik hubungan variasi beban terhadap *coupling ratio* untuk panjang interaksi 40 mm. *Input* A_1 dan B_1 sama-sama memiliki selisih yang jauh antara *coupling ratio* pada *output* A_2 dan B_2 . Pada *input* A_1 terlihat nilai *coupling ratio* pada *output* A_2 lebih besar daripada *output* B_2 untuk semua variasi beban yang diberikan. Sedangkan pada *input* B_1 terlihat nilai *coupling ratio* pada *output* B_2 lebih besar daripada *output* A_2 . Pada panjang interaksi 40 mm, serat optik yang difabrikasi tidak tergendeng dengan maksimal dan masih terdapat gap diantara kedua serat optik tersebut. Hal ini dikarenakan proses penggendengan yang dilakukan pada suhu 118°C dengan penambahan variasi beban menyebabkan rusaknya struktur

directional coupler pada selang waktu 30 menit, 20 menit dan 15 menit. Sedangkan pada waktu penggantian 10 menit, serat optik sudah berhasil terdang namun masih terdapat celah diantara kedua serat sehingga hanya ada sedikit sinar yang terkopling pada serat yang bukan berasal dari serat input. Berdasarkan Tabel 4.1 untuk panjang interaksi 40 mm pada variasi beban 117.24 gram, pada input A1 daya keluaran A2 adalah 1831 nW sedangkan daya keluaran B2 adalah 53.62 nW. Selisih antara daya keluaran A2 dan B2 cukup jauh, sehingga didapatkan perbandingan coupling ratio yang cukup jauh yaitu 0,832 : 0,168.

Selanjutnya pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 akan dipaparkan hasil perhitungan untuk parameter *directional coupler* yang lain yakni *insertion loss* dan *excess loss*;

Tabel 4.3 Hasil perhitungan parameter *directional coupler* pada input A₁

Panjang Interaksi (nm)	Massa (gram)	Lins A ₂		Lins B ₂		Le (dB)	
		1310 nm	1550 nm	1310 nm	1550 nm	1310 nm	1550 nm
18	117.24	16.7	16.9	17.5	17.6	14.1	14.3
	244.31	10.2	11.8	17.6	17.8	9.47	10.8
	371.39	25	24.8	30.7	29.1	23.9	23.4
	498.49	9.91	11.2	18.3	18.7	9.32	10.5
33	117.24	21.2	21.5	23.4	23.7	19.2	19.5
	244.31	25.9	26.2	26.8	27.3	23.3	23.7
	371.39	13.2	13.9	30.7	29.1	13.1	13.8
	498.49	17.4	17.9	22.5	22.3	16.3	16.6
40	117.24	3.2	3.92	10.2	11.1	2.41	3.16
	244.31	7.48	8.51	24.4	24.8	7.39	8.41
	371.39	2.2	4.71	10.2	11.3	1.57	3.84
	498.49	5.09	6.18	14.9	15.8	4.66	5.72

Tabel 4.3 Hasil perhitungan parameter directional coupler pada input B₁

Panjang Interaksi (nm)	Massa (gram)	Lins A ₂		Lins B ₂		Le (dB)	
		1310 nm	1550 nm	1310 nm	1550 nm	1310 nm	1550 nm
18	117.24	17.4	17.5	11.8	10.8	10.7	10
	244.31	15	15.6	8.54	7.98	7.65	7.29
	371.39	30.7	29.1	18.9	19	18.6	18.6
	498.49	20.7	20.6	14.7	14	13.7	13.1
33	117.24	24.2	24.5	19.4	19.9	18.2	18.6
	244.31	30.1	28.9	28.3	27	26.1	24.8
	371.39	30.7	29.1	14.1	14.7	14	14.5
	498.49	23.7	24	17.3	17.9	16.4	16.9
40	117.24	11	11.7	2.27	3.04	1.73	2.48
	244.31	26.2	26.2	10.3	10.4	10.2	10.3
	371.39	12.8	13.5	1.69	2.75	1.36	2.4
	498.49	16.4	17	6.07	6.63	5.68	6.25

Berdasarkan Tabel 4.3 pada input A₁ terlihat bahwa nilai rugi daya pada tiap variasi massa beban memiliki nilai yang fluktuatif untuk ketiga variasi panjang kupasan. Namun rugi daya yang dihasilkan pada saat diberi panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm memiliki nilai yang hampir sama namun ada yang lebih besar nilai rugi dayanya pada panjang gelombang 1550 nm. Pada penjelasan sebelumnya telah dijelaskan bahwa semakin besar panjang gelombang maka daya keluaran yang diterima serat optik akan semakin kecil pada penggunaan serat optik *multimode*. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 untuk input B₁, nilai rugi

daya total (L_e) pada panjang gelombang 1550 nm sebesar 2,48 dB dan pada panjang gelombang 1310 nm sebesar 1,73 dB untuk variasi massa beban 117,24 pada panjang interaksi 40 mm.

4.3 Pembahasan

Serat optik plastik *step-index multimode* tipe FD-620-10 merupakan serat optik yang memiliki *core* dengan diameter yang cukup besar, sehingga pada proses pengelupasan *cladding* tidak bisa dibedakan secara kasat mata antara yang masih terdapat *cladding* dengan yang sudah terkelupas *cladding*-nya. Penentuan terkelupasnya *cladding* ini ditentukan dengan menyinari salah satu ujung serat optik yang telah direndam dengan sebuah pointer.

Ketika serat optik memancarkan sinar dari pointer pada bagian tengah-tengah serat optik atau pada bagian yang dihilangkan lapisan *coating* dan *cladding*-nya, maka hal ini menandakan bahwa terdapat banyak lubang pada *cladding* dalam ukuran mikro yang menyebabkan cahaya bocor dan terhambur keluar sehingga tidak terjadi lagi pemantulan dalam total. Mode-mode yang awalnya terpandu akhirnya akan dibiaskan keluar dari *core*. Pada *directional coupler* serat optik konfigurasi 2x2 yang telah difabrikasi, mode-mode yang keluar dari serat optik A maupun B akan diteruskan keluar dari *core* masing-masing sehingga akan saling merambat pada serat optik yang berbeda satu sama lain. Hal ini akan memungkinkan terjadinya kopling. Kopling menyebabkan terjadinya pertukaran daya antara dua serat optik yang bisa mengakibatkan hilangnya daya tersebut.

Berdasarkan Tabel 4.1 dan 4.2 didapatkan data pengukuran berupa daya keluaran dalam satuan nW. Pada keempat variasi beban untuk panjang kupasan yang berbeda didapatkan nilai daya yang bervariasi. Jika dilihat pada grafik hubungan antara variasi beban terhadap daya keluaran untuk port A_1 dan B_1 didapatkan nilai daya keluaran yang dominan pada port yang berasal dari serat optik yang sama (memiliki label yang sama). Seperti pada input A_1 , daya keluaran terbesar berada pada port output A_2 . Begitu pun pada input B_1 , daya keluaran terbesar terdapat pada port output B_2 . Hal ini terjadi pada panjang gelombang 1310 nm

maupun 1550 nm. Proporsi daya pada *directional coupler* yang telah dibuat dapat dijelaskan sesuai dengan teori moda terkopel. Untuk lebar gap yang kecil pada daerah *coupling* (berhimpit), gelombang *evanescent* moda dasar dari *core* yang bersebelahan sepanjang daerah *coupling* saling berinteraksi menghasilkan efek *coupling* yang kekuatannya tergantung pada panjang gelombang optik yang merambat di dalamnya. Pada panjang gelombang 1310 nm menghasilkan daya keluaran yang lebih besar daripada panjang gelombang 1550 nm. Hal ini menandakan pada panjang gelombang 1310 sensitivitas serat optik terhadap perubahan suhu lebih tinggi jika dibandingkan dengan sensitivitas serat optik pada panjang gelombang 1550 nm. Panjang gelombang yang dimiliki sumber cahaya optik yang ditransmisikan mempengaruhi moda-moda yang merambat pada serat optik. Moda merupakan banyaknya berkas cahaya yang dipancarkan oleh sumber optik berdasarkan panjang gelombang yang berbeda pada masing-masing berkas. Panjang gelombang sumber berkaitan dengan nilai indeks bias efektif serat optik, nilai indeks bias ini dipengaruhi oleh indeks bias *core*. Agar terjadi pemanduan gelombang pada serat optik maka nilai indeks bias efektif harus lebih kecil dari indeks bias *core* dan lebih besar dari indeks bias *cladding*. Sehingga panjang gelombang sumber menentukan pemanduan gelombang cahaya pada serat.

Berdasarkan Gambar 4.6 pada panjang interaksi 18 mm dan massa beban 117.24 gram nilai coupling ratio untuk panjang gelombang 1310 nm yakni 0.55 : 0.45, hal ini menandakan pada *directional coupler* ini intensitas yang disalurkan pada port A2 dan B2 terbagi merata. Sedangkan pada variasi massa beban yang lain coupling ratio pada output A2 lebih besar daripada B2, sehingga dapat dikatakan bahwa cahaya yang dirambatkan pada serat optik A hanya sebagian saja yang terkopling pada serat optik

B. Hal ini dapat dikarenakan adanya gap diantara kedua serat setelah difabrikasi.

Suatu serat optik apabila dikenai panas atau kalor pada suhu tinggi akan mengalami perubahan susunan partikel-partikel sehingga jarak antar partikel dalam zat akan semakin renggang. Hal ini dikarenakan saat dipanaskan partikel-partikel zat menyerap energi panas sehingga energi panas tersebut digunakan partikel-partikel untuk bergetar (*vibration*) dan bergerak saling menjauh. Kerenggangan partikel tersebut menyebabkan jalannya cahaya tidak teratur karena terdapat sebagian cahaya yang memasuki daerah renggang (terdifraksi), sehingga lewatnya sebagian cahaya ini mempengaruhi perubahan kecepatan gelombang cahaya. Proses difraksi mengakibatkan cahaya menyebar ke segala arah, cahaya yang terdifraksi terus merambat dan ada sebagian yang lolos ke luar core. Adanya berkas cahaya yang lolos ke luar ini menyebabkan atenuasi pada transmisi serat optik. Adanya perubahan suhu yang semakin panas mengakibatkan indeks bias core pada serat optik semakin kecil. Dengan mengecilnya indeks bias core maka semakin banyak sinar yang dibiaskan ke luar sehingga pemantulan dalam total pada core tidak terjadi sempurna. Hal ini yang menyebabkan nilai intensitas daya keluaran yang terdeteksi semakin kecil, karena pada serat tersebut terjadi rugi daya (*loss*).

Ketidak sesuaian hasil yang didapatkan terhadap nilai standart parameter *directional coupler* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 dimungkinkan karena adanya atenuasi yang dialami. Atenuasi menyebabkan pelemahan energi sehingga amplitude gelombang yang sampai pada penerima menjadi lebih kecil daripada amplitude yang dikirimkan oleh sumber. Salah satu faktor penyebab adanya atenuasi pada serat optik yakni mikrobending. Pada penelitian digunakan variasi beban pada proses fabrikasi untuk memberikan tekanan lebih pada serat optik yang sedang digandeng. Pada dasarnya tekanan pada proses ini bertujuan untuk membuat serat optik tergandeng

dengan maksimal sehingga mampu meminimalisir adanya jarak gap yang besar. Namun jika tekanan yang diberikan terlalu besar justru mengakibatkan adanya mikrobending pada serat optik. Jika serat optik mengalami mikrobending maka cahaya yang merambat di dalamnya akan berbelok dari arah transmisi (sepanjang *core*) dan kemudian hilang, hal ini menyebabkan adanya rugi daya pada serat optik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses perendaman untuk menghilangkan lapisan *cladding* menggunakan perbandingan volume 7:3 dimana 7 untuk aseton (pro analisis) dan 3 untuk alkohol (96%)
2. Pengaruh tekanan melalui penambahan beban pada proses fabrikasi menimbulkan adanya rugi daya yang semakin besar.
3. Karakterisasi *directional coupler* menggunakan OPM memberikan hasil *coupling ratio* yang seimbang antara output A2 dan B2 dengan perbandingan rasio yaitu 0,55 : 0,45 untuk A1 dan 0,4 : 0.6 untuk input B1 pada panjang interaksi 33 mm dan massa beban 244.31 gram.

5.2 Saran

Dari hasil penulisan tugas akhir ini disarankan:

1. Pada proses perendaman fiber optik untuk menghilangkan lapisan *cladding* sebaiknya digunakan cairan aseton dengan kadar 96% sehingga tidak perlu dicampurkan dengan alkohol.
2. Pada proses penggandengan diberikan suhu yang lebih rendah agar tidak terjadi pelengkungan pada serat optik akibat terlalu panas.
3. Digunakan sumber dengan panjang gelombang yang sesuai dengan karakteristik serat optik yang digunakan.
4. Digunakan cetakan pressing dengan bahan yang sama untuk variasi panjang kopler yang berbeda.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Auzaiy. 2008. **“Analisis Power Budget”**. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Crisp, J., dan Elliott, B.2005, **Introduction to Fiber Optics**, Jordan Hill, Oxford.
- Farrel, 2002, **Optical Communication System Optical Fibre Couplers and Switch**, Dublin Institute of Technology.
- Fernando, X., 2007. **Adroit Group, Lecture handout :WDM Concept and Component**, Ryerson University.
- Furukawa. 2013. **“Lateral Pressure Resistant Optical Fiber Cable ‘Gorilla Cable’”**. Okano Electric Cable Co., Ltd.
- Giancoli, Douglas, C. 2005. **Physics : Principles with Applications Sixth Edition**. New Jersey, Prentice-Hall.
- Hoss, R.J., Lacy, E.A., 1993. **Fiber Optics**. Prentice-hall Inc, New Jersey.
- Jones Jr dan Willian B, 1998, **Introduction to Optical Fiber Communication Systems**, Holt, Rinehart & Winston, University Michigan.
- Kim, Kwang Taek, dkk., 2013. **Fabrication and Characterization of NxN Plastic Optical Fiber Star Coupler based on Fused Combining**. Korean Journal of Optics and Photonics, Vol.24 No.1 Daegu, Korea.
- Kim, K.T., Han, B. J., 2011, **High-Permormance Plastic Optical Fiber Coupler Based on Heating and Pressing**. IEEE Photonics Technology Letter, Vol.23 No. 24..

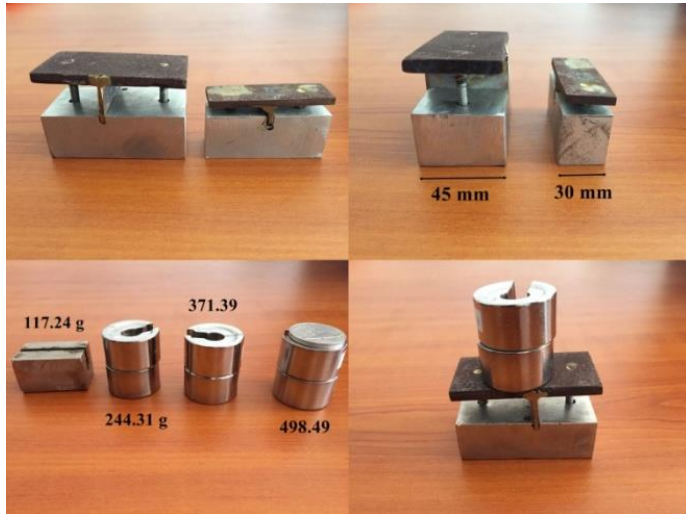
- Keiser, G., 1991, **Optical Fiber Communication 2nd Edition**, Mc Graw Hill, New York.
- Krohn D.A., 2000, **Fiber Optic Sensors : Fundamentals and Applications, 3rd**, Isa, Pennsylvania State University.
- Leno dan Frank, 1993, **Introduction to Optics, 2nd edition**, Prentice-Hall, United State America.
- Lesa, Astrid Denaya, 2018, **Fabrikasi dan Karakterisasi Directional Coupler Konfigurasi 2x2 Berbahan Serat Optik Plastik Tipe FD-620-10 Menggunakan Metode Heating and Pressing**, Tugas Akhir, ITS Surabaya.
- Nuraini, Elis., 2007, **Studi Awal Fabrikasi dan Karakterisasi Directional Coupler Konfigurasi 4x4 Serat Optik Plastik Step Index Multimode Tipe FD-620-10 Menggunakan metode Heating and Pressing**, Tugas Akhir, ITS Surabaya.
- Powers, John, 1997. **An Introduction To Fiber Optic System 2nd Edition**, Mc. Graw Hill, New York.
- PT. Telkom. 2004. **Dasar Sistem Komunikasi Optik**, Optical Access Network versi 1.0. PL-1.1. Bandung: PT Telekeomunikasi Indonesia, tbk.
- Rahayuningtjas, ES., Rohedi, A.Y., Yuodoyono, G., 2003. **Diktat Kuliah Optik**. Due Like Jurusan Fisika FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya-Indonesia.

- Rubiyanto, A., dkk., 2006, **Analisis Directional Coupler Sebagai Pembagi Daya untuk Mode TE**, Jurnal Fisika dan Aplikasinya Volume 2, Nomer 1, Januari, ITS Surabaya
- Saleh, B.E.A., Teich, M.C., 2007, **Fundamentals of Photonics**. John Wiley & Sons, New York.
- Sekartedjo dkk, 2007, **Study of Switching Characteristics in Directional Coupler, International Symposium of Modern Optics and ITS Applications (ISMOA)**, Departement of Physics ITB Agust 6-10-2007, Bandung.
- Suematzu, Y., Iga, K., 1982, **Introduction to Optical Fiber Communication**, John Willey & Sons, Inc.
- Supadi, Pramono, Y. hadi, Yudhoyono, G., 2006, **Fabrikasi dan Karakterisasi Directional Coupler sebagai Divais Pembagi Daya**, Jurnal Fisika dan Aplikasinya, 060106-1-060106-6.
- Widodo, 1995, **Optoelektronika**, Yogyakarta, Penerbit Andi.
- Yudistira, Made. 2003. "**Komunikasi Serat Optik**". PT. Telekomunikasi Indonesia KANDISTEL. Solo.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

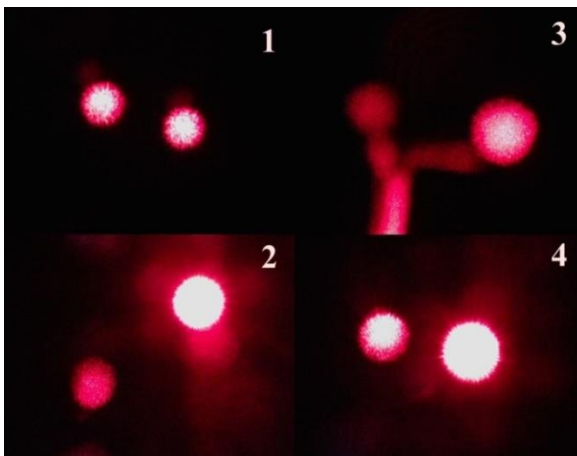
Lampiran I

1. Alat pressing dan beban

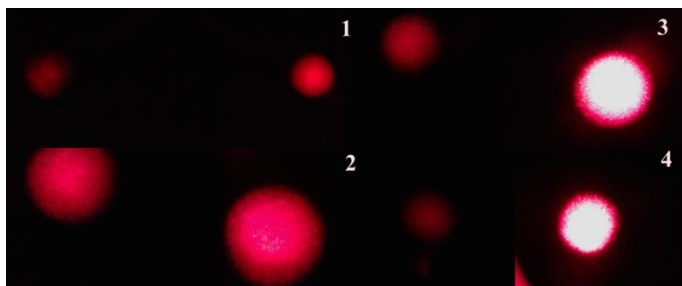
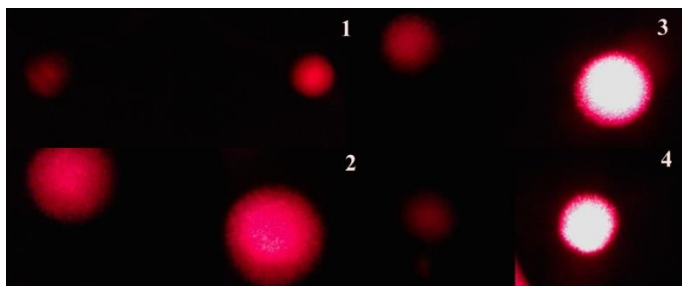


Lampiran II

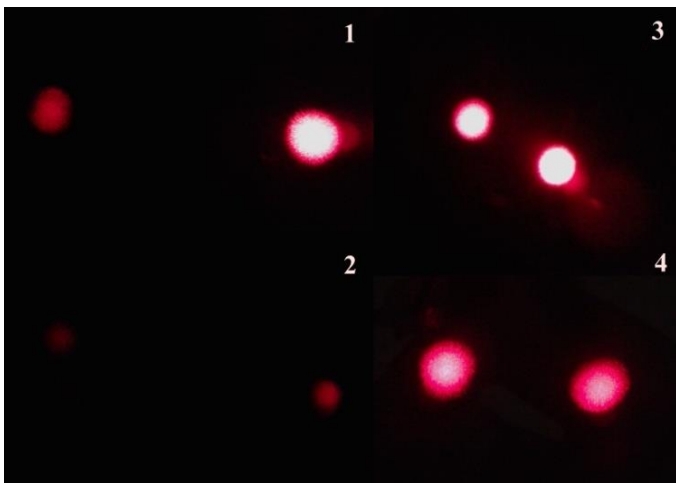
1. Hasil fabrikasi untuk panjang kupasan 20 mm



2. Hasil fabrikasi untuk panjang kupasan 35 mm



3. Hasil fabrikasi untuk panjang kupasan 45 mm



LAMPIRAN III

1. Data perhitungan coupling ratio untuk input A1

Panjang Interaksi (mm)	Massa (gram)	CR 1310 nm		CR 1550 nm	
		A2	B2	A2	B2
18	117.24	0.55	0.45	0.539	0.46
	244.31	0.847	0.153	0.8	0.2
	371.39	0.791	0.209	0.73	0.27
	498.49	0.873	0.127	0.85	0.15
33	117.24	0.626	0.374	0.628	0.37
	244.31	0.552	0.448	0.561	0.44
	371.39	0.983	0.017	0.97	0.03
	498.49	0.764	0.236	0.732	0.27
45	117.24	0.832	0.168	0.84	0.16
	244.31	0.98	0.02	0.977	0.02
	371.39	0.864	0.136	0.82	0.18
	498.49	0.906	0.094	0.901	0.1

2. Data perhitungan coupling ratio untuk input B1

Panjang Interaksi (mm)	Massa (gram)	CR 1310 nm		CR 1550 nm	
		A2	B2	A2	B2
18	117.24	0.217	0.783	0.177	0.823
	244.31	0.185	0.815	0.148	0.852
	371.39	0.061	0.939	0.089	0.911
	498.49	0.2	0.8	0.18	0.82
33	117.24	0.248	0.752	0.259	0.741
	244.31	0.402	0.598	0.392	0.608
	371.39	0.021	0.979	0.035	0.965
	498.49	0.186	0.814	0.198	0.802
45	117.24	0.117	0.883	0.12	0.88
	244.31	0.025	0.975	0.025	0.975
	371.39	0.071	0.929	0.077	0.923
	498.49	0.085	0.915	0.083	0.917

LAMPIRAN IV

TPR321 Optical Light Source



Description

TPR321 series of high stability of the laser light source is a self-developed instrument, Which features advanced control technology , high output, ultra low-power operation. It can work at 1625nm, 1550nm, 1490nm, 1310nm, 1300nm, 850nm, 650nm, single wavelength, dual-wavelength or tri -wavelength. It can export a variety of modulation frequency (CW, 270HZ, 1KHZ, 2KHZ). It is widely used in optical communication, optical measurement, optical fiber sensing, and so on.

Features:

1. Good stability in output power
2. Optional auto-shutdown
3. Large LCD display and backlight
4. Battery power display

Application

1. Maintenance Telecom
2. Maintenance CATV
3. Test Lab of Fiber Optic
4. Optical fiber sensors

Specifications:

Type	TPR321
Emitter Type	FP-LD
Wavelength (nm)	650、850、1300、1310、1490、1550 、1625 (1-3 wave)
Optical Connector	FC (SC/ST ca1310n be optional)
Output Power (dBm)	≥ 3m w @ 650nm; ≥ -7dBm @ 850/1300nm ≥ -7,-3,0dBm @ /1490/1550/1625nm
Output Stability(dB)	±0.04@20°C@15min
Modulation Frequencies	CW,2Hz@650nm;CW,270Hz,1KHz,2K Hz@others
Fiber Type	SM、MM
Power Supply	AAA 1.5V(3pcs batteries)
working time(h)	40hours
Operating Temperature(°C)	-10~+50
Storage Temperature (°C)	-20~+70
Dimension (mm)	125*65*29mm
Weight (g)	160

LAMPIRAN V

Optical Power Meter JW3208 Series

JW3208 handheld optical power meter is a compact and an easy-to-use testing instrument for optical fiber networks, which can be used for absolute optical power measurements as well as for relative loss measurements in optical fibers. It features ingenious appearance, wide range of power measurement, high accuracy and user self-calibration function with high performance-to-price ratio.

Features :

- User self calibration function
- Comfortable LCD display and optional backlight LCD display supports night operation
- Power measurements in dBm or mw and insertion loss in dB
- Low battery consumption, more than 240 hours continual operation time for three 1.5V alkaline batteries
- 10 minutes Auto-off function can be activated or deactivated.

Applications :

- Maintenance in Telecom
- Maintenance CATV
- Fiber Optic Lab Testing
- Other Fiber Optic Measurements

Specifications :

Type	JW3208A	JW3208C
Wavelength(nm)	800 ~ 1700 nm	
Detector	InGaAs	
Measurement Range (dBm)	-70~+3	-50~+26
Uncertainty	±5%	
Calibrated Wavelength(nm)	850, 980, 1300, 1310, 1490, 1550	
Resolution(dB)	0.01	
Optical Connector	FC(interchangeable SC,ST) / as well as 2.5mm universal	
Power Supply	Alkaline Battery(3 AA 1.5V batteries)	
Battery Operating Time	240 h with 1.5V Battery(3)	
Operating Temperature(°C)	-10 ~ +60	
Storage Temperature(°C)	-25 ~ +70	
Relative Humidity	0 to 95% (non-condensing)	
Dimension(mm)	175x82x33	
Weight(g)	310	

Standard Packages :





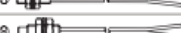
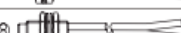










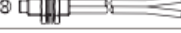




MODEL	INCLUDES
All JW3208 Models	JW3208 Optical Power Meter, Protective Rubber Boot, 3pcs 1.5V batteries, User Manual, Cotton swabs and Soft carrying case.

LAMPIRAN VI

Fiber Optic Cable

■ Specifications (diffuse reflective type)

(based on Non-glossy white paper)

Type	Appearance	Feature	Model	Sensing distance (mm)	Min. sensing target ⁽¹⁾	Allowable bend radius	Cable length(L) ⁽⁴⁾	Temp.
Flexible type ⁽²⁾		Flat type /Top view	FDFU-210-05R	35 ⁽¹⁾	00.0125	R1	5m Free cut	-40 to 60°C
		Flat type /Side view	FDFN-210-05R	30 ⁽¹⁾				
		Flat type /Flat view	FDF-210-05R	30 ⁽¹⁾				
		M3 Bolt	FD-320-05R	35 ⁽¹⁾				
		M4 Bolt	FD-420-05R	35 ⁽¹⁾				
		M6 Bolt	FD-620-10R	130 ⁽¹⁾				
Break-resistant type ⁽³⁾		M3 Bolt	FD-320-06B	35 ⁽¹⁾	00.0125	R5	2m Free cut	-40 to 70°C
		O3 Cylinder type	FDC-320-06B					
		M4 Bolt	FD-420-06B					
		M6 Bolt	FD-620-13B					
Standard type		M3 Bolt	FD-320-05	40 ⁽¹⁾	00.03	R15	2m Free cut	-40 to 70°C
		M4 Bolt	FD-420-05					
		O3 Cylinder type	FDC-320-05					
		M3 Bolt SUS type 90mm	FDS-320-05					
		M3 Bolt SUS type 45mm	FDS-320-05					
		M4 Bolt SUS type 90mm	FDS-420-05					
		M4 Bolt SUS type 45mm	FDS-420-05					
		M6 Bolt	FD-620-10					
		M6 Bolt SUS type 90mm	FDS-620-10					
		M6 Bolt SUS type 45mm	FDS-620-10					
		Plastic	FDP-320-10	120 ⁽¹⁾		R30		

- (1) Photo electric sensor
- (2) Flexible sensor
- (3) Break-resistant sensor
- (4) Free cut
- (5) Precision sensor
- (6) Precision sensor
- (7) Rotary encoder
- (8) Connector/Socket
- (9) Temp. controller
- (10) SRR Power controller
- (11) Controller
- (12) Sensor
- (13) Panel sensor
- (14) Tactile/Repeat/Probe sensor
- (15) Backlight unit
- (16) Sensor controller
- (17) Switching and/or power supply
- (18) Storage motor&Encoder/Controller
- (19) Display/Light panel
- (20) Photo network device
- (21) Software
- (22) Part

Fiber Optic Cable

■ Lens unit for long distance detection(sold separately)

③ Model : FTL-M26



<Lens unit>

<Mounting at cable>

③ Mounting of lens

Mount the lens unit on the 3mm projecting point of the front hood.

③ Ambient temperature range of lens unit

It should be used within -40 to 100°C.(not over 100°C.)

③ Applicable fiber optic cable and max. mounting distance

- FT-420-10 : 2500mm
- FT-420-10H : 1500mm

③ Dimensions



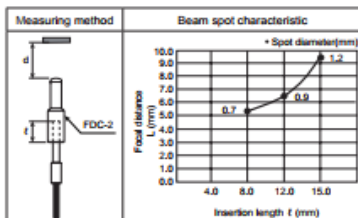
(unit:mm)

■ Micro spot fiber optic cable and lens unit(sold separately)

③ Model

- Fiber optic cable: FDC-320-F
- Micro spot lens: FDC-2

③ Feature data

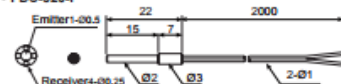


③ Ambient temperature range of lens unit
It should be used within -40 to 100°C. (not over 100°C.)

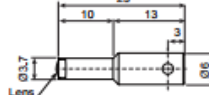
③ Dimensions

(unit:mm)

• FDC-320-F



• FDC-2



■ Protection tube for fiber optic cable (sold separately)

③ Application

: Protect cable from impact or cutting (unit:mm)

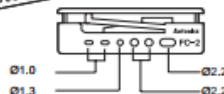
Model	Appearance and Dimension
FTH-310	
FTH-410	
FDH-610	

■ Accessory

③ Fiber cutter

Applications: Cutting fiber optic cable, free cut type

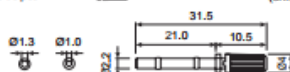
• FC-2



③ Adapter


Adapter: Adapter marked fiber optic cable should be used

with adapter (unit:mm)



(A)	Photo electric sensor
(B)	Four wire sensor
(C)	Darkline sensor
(D)	Proximity sensor
(E)	Pressure sensor
(F)	Passy encoder
(G)	Counter
(H)	Temp. controller
(I)	Power controller
(J)	Counter
(K)	Timer
(L)	Panel meter
(M)	Relay
(N)	Relay
(O)	Relay
(P)	Relay
(Q)	Relay
(R)	Relay
(S)	Relay
(T)	Relay
(U)	Relay
(V)	Relay
(W)	Relay
(X)	Relay
(Y)	Relay
(Z)	Relay

LAMPIRAN VII

500 ml	
SAP CHEMICALS	
ACETON	
	C_3H_6O MW : 58,08
	Spesification Assay : > 99% Heavy metals : < 0,0005% 1 liter : ~ 0,79 kg Water : < 0,3% Density (20°C) : 0,789 - 0,791 Boiling point : 55,5-56,5°C Residue after evaporation : < 0,002%
R : 11 S : 9-16-23.2-33	Expiration : Feb'19

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Hidayatul Rizqiyati merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan Asyik dan Siti Halimah. Penulis lahir di Tulungagung, pada tanggal 12 Februari 11995. Pendidikan formal yang ditempuh penulis adalah TK Mambaul Hikam Botoran, SDN Botoran II, SMPN 1 Kedungwaru, dan SMAN 1 Kedungwaru. Setelah lulus dari SMA penulis mengikuti seleksi penerimaan mahasiswa baru dan diterima di program S1 jurusan fisika ITS melalui jalur seleksi SNMPTN Undangan dengan NRP 1113100057. Selama masa perkuliahan penulis aktif dalam berbagai kegiatan dan organisasi mahasiswa antara lain sebagai staf Departemen Dalam Negeri BEM FMIPA ITS (2014-2015) dan staf ahli PSDA UKM Badminton ITS (2015-2016), dan staf FSLDJ JMMI ITS (2016-2017). Penulis juga aktif mengikuti berbagai seminar, workshop dan pelatihan. Apabila pembaca memiliki kritik dan saran atau berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini dengan penulis dapat dihubungi melalui email hidayatul.rizqiyati@gmail.com.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"