



TUGAS AKHIR - SF 184801

**DETEKSI PERUBAHAN KETINGGIAN
PERMUKAAN AIR MENGGUNAKAN SERAT
OPTIK PLASTIK MULTIMODE DENGAN CERMIN
CEKUNG SEBAGAI REFLEKTOR**

**RIZAL MANARUL ILMI
NRP 01111540000074**

**Dosen Pembimbing
Drs. Bachtera Indarto, M.Si
Sudarsono, S.Si., M.Si**

**Departemen Fisika
Fakultas Sains
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - SF 184801

DETECTION OF WATER SURFACE CHANGE USING MULTIMODE PLACTIC OPTICAL FIBER WITH CONCAVE MIRROR AS REFLECTOR

**RIZAL MANARUL ILMI
NRP 01111540000074**

**Supervisor
Drs. Bachtera Indarto, M.Si
Sudarsono, S.Si., M.Si**

**Physics Department
Faculty of Science
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

DETEKSI PERUBAHAN KETINGGIAN PERMUKAAN AIR MENGGUNAKAN SERAT OPTIK PLASTIK MULTIMODE DENGAN CERMIN CEKUNG SEBAGAI REFLEKTOR

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains
pada
Program Studi S-1 Departemen Fisika
Fakultas Sains
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

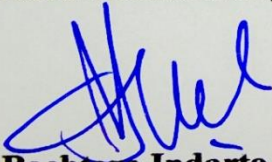
Oleh :

**RIZAL MANARUL ILMI
NRP. 01111540000074**

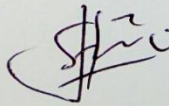
Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



**Drs. Bachtera Indarto, M.Si.
NIP.19610404 199102 001**



**Sudarsono, S.Si., M.Si.
NIP. 19822018 11002**



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DETEKSI PERUBAHAN KETINGGIAN PERMUKAAN AIR MENGGUNAKAN SERAT OPTIK PLASTIK MULTIMODE DENGAN CERMIN CEKUNG SEBAGAI REFLEKTOR

Nama : Rizal Manarul Ilmi
NRP : 01111540000074
Jurusan : Fisika, FS – ITS
Pembimbing : Drs. Bachtera Indarto, M.Si.
Sudarsono, S.Si., M.Si.

Abstrak

Perkembangan teknologi yang mulai banyak mengembangkan sistem berbasis optik mendorong manusia untuk lebih berinovasi dalam pengembangan serat optik. Salah satu pengembangan tersebut yaitu penggunaan serat optik sebagai sensor ketinggian permukaan cairan. Penelitian ini melakukan perancangan suatu sistem yang digunakan sebagai sensor ketinggian dengan menggunakan cermin cekung sebagai reflektor. Sistem ini dinilai memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan sistem lainnya. Cermin cekung digunakan sebagai media pemantul cahaya yang datang dari serat optik menuju ke bagian ujung serat optik lain dengan *cladding* asli yang sudah dikupas serta diganti oleh air dan udara. Bagian serat optik yang dikupas digunakan sebagai *probe sensing*. Pada penelitian ini dilakukan deteksi perubahan ketinggian permukaan cairan berupa air murni (akuades). Perubahan ketinggian air akan memberikan perubahan daerah serat optik yang tertutup air sebagai *cladding*. Pengujian ini menggunakan data berupa nilai intensitas dalam satuan au. Melalui hasil pengujian yang telah didapatkan, pengujian menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang berbanding lurus antara perubahan ketinggian permukaan air dengan perubahan intensitas. Perubahan intensitas rata-rata terdeteksi setiap 6 cm untuk kenaikan ketinggian cairan dan 9 cm untuk penurunan ketinggian cairan.

Kata kunci: Cermin Cekung, *Cladding*, Intensitas Cahaya, Ketinggian Permukaan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DETECTION OF WATER SURFACE CHANGE USING MULTIMODE PLASTIC OPTICAL FIBER WITH CONCAVE MIRROR AS REFLECTOR

Name : Rizal Manarul Ilmi
NRP : 01111540000074
Major : Physics, FS – ITS
Advisor : Drs. Bachtera Indarto, M.Si.
Sudarsono, S.Si., M.Si.

Abstract

Technological developments that began to develop many optical-based systems encouraged people to be more innovative in developing fiber optics. One such development is the use of optical fiber as a liquid surface height sensor. This study designs a system that is used as a height sensor by using a concave mirror as a reflector. This system is considered to have several advantages compared to other systems. Concave mirrors are used as reflective media coming from optical fibers to the ends of other optical fibers with original cladding that has been peeled and replaced by water and air. The shelled part of the optical fiber was used as a sensing probe. In this study the detection of changes in the surface height of the liquid in the form of pure water (aquades) was carried out. Changes in water level will change the optical fiber area covered with water as a cladding. This test uses data in the form of intensity values in au units. Through the results of tests that have been obtained, testing shows that there is a relationship that is directly proportional to the change in water level with changes in intensity. Changes in average intensity are detected every 6 cm to increase the height of the liquid and 9 cm to decrease the height of the liquid

Keywords: *Concave Mirror, Cladding, Light Intensity, Surface Height*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat-Nya, hidayah-Nya, serta memberikan kemudahan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal Tugas Akhir yang berjudul **“DETEKSI PERUBAHAN KETINGGIAN PERMUKAAN AIR MENGGUNAKAN SERAT OPTIK PLASTIK MULTIMODE DENGAN CERMIN CEKUNG SEBAGAI REFLEKTOR”**. Proposal Tugas akhir ini penulis susun untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Departemen Fisika, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Atas bantuan, dorongan, dan juga bimbingan dari berbagai pihak, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal Tugas Akhir dengan baik. Sehubungan dengan hal tersebut, maka penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua serta keluarga yang selalu memberikan dukungan dan doa tanpa henti-hentinya kepada penulis.
2. Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng., sebagai Kepala Departemen Fisika ITS beserta jajarannya.
3. Drs. Bachtera Indarto, M.Si. dan Sudarsono, M.Si., sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan selama proses penelitian dan penyusunan proposal maupun laporan.
4. Teman-teman mahasiswa Fisika ITS angkatan 2015 (POSITRON), terutama bagi teman-teman baik itu di laboratorium optoelektronika, laboratorium elektronika, laboratorium fisika dasar yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
Abstrak	vii
<i>Abstract</i>	ix
Kata Pengantar	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	2
1.3	Batasan Masalah	2
1.4	Tujuan Penelitian	3
1.5	Manfaat penelitian.....	3
1.6	Sistematika Penulisan.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....

2.1	Serat Optik	5
2.2	Pemanduan Cahaya	7
2.3	<i>Sensor</i>	9
2.1	Serat Optik FD-620-10.....	10

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian	13
-----	-------------------------------	----

3.2	Peralatan dan Bahan.....	14
3.2.1	Bahan	14
3.2.2	Peralatan	16
3.3	Prosedur Kerja	17
3.3.1	Pengupasan <i>Coating</i> dan <i>Cladding</i> Serat Optik.....	17
3.3.2	Pembuatan Coating Pengganti dan Wadah Cermin	19
3.3.3	Perakitan Alat Uji	19
3.3.4	Pengujian <i>Probe sensing</i>	20
3.3.5	Pengujian Alat dengan Kenaikan Ketinggian Cairan.....	21
3.3.6	Pengujian Alat dengan Penurunan Ketinggian Cairan	22
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1	Hasil Pengujian <i>Probe sensing</i>	23
4.2	Pengaruh Perubahan Ketinggian Permukaan Cairan terhadap Perubahan Nilai Intensitas	24
4.2.1	Pengaruh Kenaikan Ketinggian Permukaan Cairan	24
4.2.2	Pengaruh Penurunan Ketinggian Permukaan Cairan	26
4.3	Pembahasan	27
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1	Kesimpulan.....	31
5.2	Saran	31
DAFTAR PUSTAKA.....		33
LAMPIRAN		35
BIODATA PENULIS.....		43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Serat optik <i>singlemode</i>	5
Gambar 2.2	Serat optik <i>multimode step index</i>	6
Gambar 2.3	Serat optik <i>multimode graded index</i>	7
Gambar 2.4	Contoh penggambaran cahaya pada serat optik	7
Gambar 2.5	Penggambaran sudut masuk cahaya yang membentuk sudut kritis	8
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	13
Gambar 3.2	Bahan-bahan penelitian	14
Gambar 3.3	Peralatan penelitian	16
Gambar 3.4	Tampak serat optik FD 620-10 (a) <i>cladding</i> normal dan (b) <i>cladding</i> teramplas.....	18
Gambar 3.5	Skema rancangan <i>probe sensing</i>	18
Gambar 3.6	Rancangan sistem pemantulan cahaya datang.....	19
Gambar 3.7	Set-up Alat uji dan metode pengaliran air	20
Gambar 3.8	Mikroskop dan alat bantu pengambilan gambar berupa laptop dan kamera	21
Gambar 4.1	tampak serat optik FD-620-10 (a) <i>cladding</i> normal dan (b) <i>cladding</i> teramplas menggunakan mikroskop cahaya.....	23
Gambar 4.2	Grafik hubungan kenaikan ketinggian akuades terhadap perubahan intensitas yang tertangkap....	25
Gambar 4.3	Grafik hubungan penurunan ketinggian akuades terhadap perubahan intensitas yang tertangkap....	26

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Data Pengujian	35
Lampiran B	Datasheet BF5R-D1-N	41

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berjalannya waktu, manusia tidak henti-hentinya mengembangkan teknologi guna menemukan hal-hal baru yang dapat membuat umat manusia dapat menjalani hidup yang lebih mudah. Sebagai terobosan yang menjanjikan, teknologi transmisi optik yang menunjukkan performa yang melampaui teknologi transmisi listrik menjadikannya salah satu topik hangat yang terus dibahas dan dikembangkan seluruh penjuru dunia. Manusia berhasil mewujudkan transmisi super cepat dengan menggunakan cahaya sebagai media transmisi. Manusia dapat dengan mudah terhubung dengan manusia lain di berbagai belahan bumi sehingga perkembangan teknologi di berbagai bidang mengalami percepatan yang luar biasa. Salah satu andalan yang dikenal secara umum oleh masyarakat ataupun pelaku industri ialah serat optik.

Penggunaan serat optik dalam kehidupan manusia telah mengalami banyak perkembangan. Tidak hanya bisa digunakan sebagai media transfer data dalam bidang telekomunikasi, namun serat optik sendiri dapat dimanfaatkan sebagai teknologi sensor. Sensor serat optik sendiri dapat menjadi salah satu jalan yang ditemukan untuk membuat suatu sistem pengukuran yang memiliki sifat yang peka, akurat, namun murah dalam perancangannya. Penggunaan serat optik sebagai sensor sendiri memiliki keuntungan yang bisa menutupi kelemahan dari sensor-sensor lain. Sensor optik secara sederhana tersusun atas sumber cahaya sebagai pemancar gelombang, serat optik, dan sebuah transduser berupa fotodiode atau *light depending resistor (LDR)*. Ketiga bahan tersebut digolongkan ke dalam bahan yang mudah didapatkan dan tidak mahal. (Mukmin, 2011)

Teknologi pengukuran level cairan sendiri banyak dibutuhkan di berbagai bidang industri dan alarm-alarm

pendeteksi pada sungai atau waduk. Dengan menggunakan sensor optik sebagai pengganti sensor digital maupun sensor analog yang biasa digunakan, pengukuran level cairan yang didapat akan menjadi lebih teliti dalam aplikasinya. Selain itu, penggunaan serat optik juga dapat memperluas jenis cairan yang akan diukur. Hal ini dikarenakan serat optik yang diinteraksikan dengan zat cair memiliki resiko terjadi korosi yang rendah dan aman dari kebakaran maupun ledakan jika zat cair yang diukur memiliki sifat mudah terbakar dan mudah teroksidasi. Dengan memanfaatkan sifat tersebut, pengukuran level yang teliti dapat dilakukan dan pengukuran juga dapat dilakukan pada jenis zat cair yang lebih luas.

Pembuatan sensor serat optik dalam penelitian ini terdiri atas dua bahan inti yang sederhana, yaitu serat optik dan BF5R-D1N. Serat optik yang digunakan adalah serat optik moda jamak *step index* bertipe FD 620-10. BF5R-D1N merupakan sebuah devais yang menyediakan sumber cahaya dan sensor yang dapat menangkap intensitas cahaya yang dikeluarkan oleh serat optik, selain itu BF5R-D1N juga menyediakan layar yang akan menampilkan besar dari nilai intensitas yang ditangkap oleh sensor yang dimilikinya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah

1. Fabrikasi alat deteksi ketinggian permukaan air menggunakan cermin cekung sebagai sistem pemantulan cahaya.
2. Pengaruh perubahan ketinggian permukaan air dengan intensitas yang didapatkan.
3. Kemampuan detektor BF5R dalam mendeteksi perubahan intensitas yang terjadi pada saat pengukuran.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah.

1. Serat optik yang digunakan adalah serat optik dengan jenis *step index multimode* dengan tipe FD-620-10 dengan merk dagang Autonics.
2. Cairan uji yang digunakan yaitu berupa air murni (akuades).
3. Pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran perubahan intensitas cahaya yang ditransmisikan pada serat optik menggunakan sumber cahaya dan detektor yang berasal dari BF5R-D1-N.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan fabrikasi alat deteksi ketinggian permukaan air menggunakan cermin cekung sebagai sistem pemantulan cahaya.
2. Mendapatkan nilai perubahan intensitas cahaya yang dihasilkan pada setiap perubahan ketinggian.
3. Mengetahui kemampuan detektor BF5R dalam melakukan pembacaan intensitas cahaya yang dikeluarkan dari serat optik.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai studi awal dan referensi penelitian lebih lanjut mengenai sensor optik serta dapat diaplikasikan sebagai perancangan sensor ketinggian permukaan cairan yang lain.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan disajikan beberapa teori penunjang yang digunakan dalam memenuhi tujuan dari tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI

Bab ini berisi penjelasan mengenai alat dan bahan yang digunakan, langkah kerja penelitian, dan diagram alir penelitian.

BABI V HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi mengenai penjelasan data-data yang didapatkan selama pengujian yang telah dilakukan, analisa mengenai hasil-hasil yang telah diperoleh selama pengujian, dan pembahasan mengenai hasil yang telah didapatkan, serta berbagai analisa penunjang lain yang dibutuhkan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi mengenai simpulan dari hasil analisis dan pembahasan. Selain itu bab ini juga berisi akan saran-saran yang dapat digunakan untuk menunjang penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Berisi data-data yang didapatkan dalam pengujian yang dilakukan beserta gambar-gambar yang menunjang penelitian tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

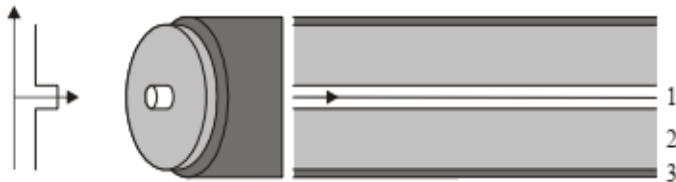
2.1 Serat Optik

Serat optik atau yang biasa disebut dengan fiber optik merupakan sebuah dielektrik berbentuk silinder untuk memandu gelombang yang terbuat dari materi bersifat *low loss*, yang berarti tidak menyebabkan banyak hilang daya saat dialiri oleh gelombang, misalnya kaca silika. Fiber optik memiliki *core*(inti) yang menjadi tempat pemanduan gelombang, dan dilapisi oleh lapisan *cladding* yang memiliki indeks bias sedikit lebih rendah dari *core* (Saleh, 1991). Secara umum, pembagian jenis serat optik dapat dilihat dari dua hal, yaitu:

2.1.1 Berdasarkan jumlah moda yang dirambatkan

a) Moda tunggal (*Singlemode*)

Serat optik *singlemode* memiliki diameter *core* sebesar 8 hingga 10 μm dan *cladding* sebesar 125 μm . Diameter *core* pada serat optik jenis ini memang sengaja dibuat kecil agar moda yang terpandu hanya satu perambatan, seperti pada Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Serat optik *singlemode* (ITU-T Manual, 2009).

Gambar 2.1 menunjukkan serat optik *singlemode* hanya merambatkan moda berjumlah satu akibat ukuran *core* yang kecil. Angka 1 melambangkan daerah *core*, 2 melambangkan lapisan *cladding*, dan 3 melambangkan lapisan coating.

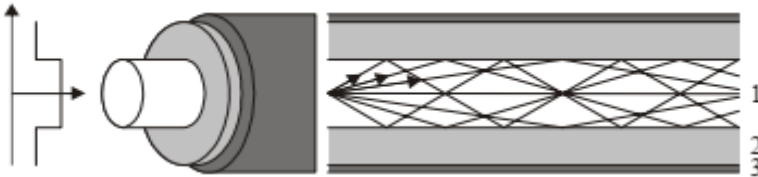
b) Moda banyak (*Multimode*)

Serat optik *multimode* memiliki diameter *core* sebesar 50 hingga 100 μm dan *cladding* sebesar 125 μm . Dengan adanya *core* yang cukup lebar maka cahaya yang ada di dalam *core* akan terpantul-pantul ke dinding *cladding*. Daya akan terdistribusi secara merata ke seluruh moda dimana masing-masing moda memiliki kecepatan yang berbeda bergantung pada lintasan yang dilaluinya. Hal ini menyebabkan dispersi cahaya yang terpandu bertambah, sehingga menyebabkan berkurangnya *bandwidth* dari serat optik jenis ini.

2.1.2 Berdasarkan indeks bias pada *core*

a) *Step index*

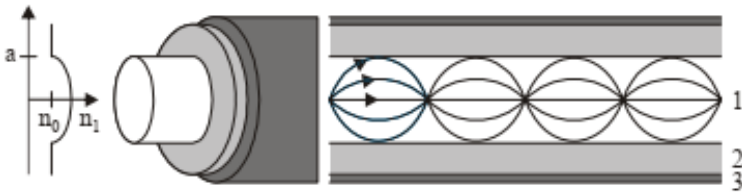
Besar nilai indeks bias yang dimiliki oleh *core* pada serat optik *step index* adalah sama di setiap bagiannya atau bisa disebut homogen sehingga cahaya akan terpantul ekstrim pada saat melewati dinding *cladding*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Serat optik *multimode step index* (ITU-T Manual, 2009)

b) *Graded index*

Serat optik *graded index* berarti serat optik tersebut memiliki *core* yang berindeks bias yang berkurang seiring mendekat ke arah *cladding*. *Core* pada pusat diameter memiliki indeks bias yang paling besar dan nilai indeks bias tersebut semakin kecil menuju ke arah *cladding*. Hal ini dapat membuat pelebaran pulsa yang terjadi dapat diminimalisir, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3.

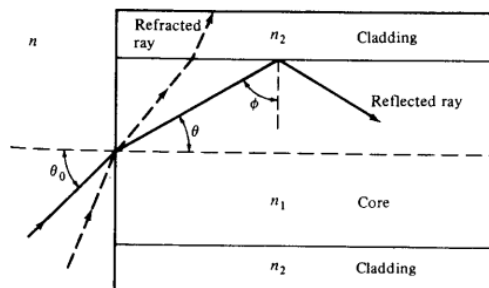


Gambar 2.3 Serat optik *multimode graded index* (ITU-T Manual, 2009).

Gambar 2.3 menunjukkan pemanduan cahaya pada serat optik *graded index*. Dengan pencegahan adanya pelebaran pulsa, lintasan yang dilalui setiap moda akan memendek dan mempercepat transmisi yang dilakukan.

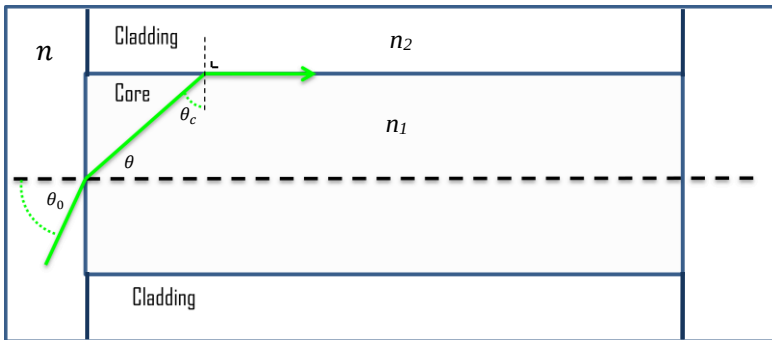
2.2 Pemanduan Cahaya

Pada dasarnya pemanduan gelombang dengan fiber optik merupakan salah satu bentuk pemanfaatan dari adanya fenomena pemantulan dalam total. Pemantulan dalam total terjadi akibat adanya sinar yang akan keluar dari medium ke medium lain yang berindeks bias lebih rendah dan memiliki sudut datang lebih dari sudut kritis. Sudut kritis merupakan sudut datang sinar yang membuat sinar dibiaskan dengan sudut bias sebesar 90° . Jadi, jika sinar yang akan keluar dari suatu medium ke medium lain yang memiliki indeks bias lebih kecil dan memiliki sudut datang yang melebihi dari sudut kritis maka sinar tidak akan terbiaskan namun sinar akan terpantulkan secara sempurna.



Gambar 2.4 Contoh penggambaran perambatan cahaya pada serat optik (Keiser, 1991).

Gambar 2.4 menunjukkan penggambaran perambatan cahaya yang mengalami pemantulan dalam total di dalam sebuah serat optik. θ_0 merupakan sudut sinar masuk ke dalam serat optik, θ merupakan sudut bias pada bidang batas udara (n) dengan *core* (n_1), dan ϕ merupakan sudut datang pada bidang batas *core* dan *cladding* (n_2). Dengan adanya pemantulan dalam total inilah cahaya yang masuk ke dalam serat optik dapat terpandu hingga sampai di ujung serat optik. Dalam pemanduan gelombang, hal yang harus diperhatikan adalah sudut masuk cahaya yang masuk ke dalam fiber. Sebelum masuk ke dalam fiber, normalnya cahaya akan melewati medium lain (n) di luar kabel serat optik. Perambatan cahaya yang menyebabkan terjadinya sudut kritis digambarkan seperti pada Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Penggambaran sudut masuk cahaya yang membentuk sudut kritis.

Gambar 2.5 memperlihatkan penggambaran perjalanan cahaya yang membentuk sudut kritis sehingga cahaya tersebut dapat terpandu di dalam serat optik. Penentuan sudut masuk maksimum cahaya dapat ditentukan dari sudut kritis yang dimiliki oleh serat optik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5, sehingga dengan menggunakan hukum Snellius maka dapat diketahui bahwa

$$n \sin \theta_0 = n_1 \sin \theta \quad (2.1)$$

$$\theta + \theta_c = 90^\circ \quad (2.2)$$

$$\theta_c = 90^\circ - \theta \quad (2.3)$$

di dalam serat optik terjadi pemantulan dalam sempurna yang terjadi di antara *core* dan *cladding*, sehingga besar ϕ harus lebih besar daripada sudut kritis. Misal θ_c merupakan sudut kritis, maka besar sudut kritis dapat dicari dengan

$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90^\circ \quad (2.4)$$

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.5)$$

Dari sudut kritis dapat digunakan untuk mengetahui sudut masuk maksimum. Dalam serat optik, sudut masukan sendiri sangat berhubungan dengan istilah *numeric aperture* (NA). Berikut penurunan persamaan NA yang terjadi pada serat optik *step index*.

$$\text{Sudut datang minimal} = \theta_c = 90^\circ - \theta \quad (2.6)$$

$$\sin \theta_c = \sin(90^\circ - \theta) = \cos \theta = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.7)$$

$$\cos^2 \theta = 1 - \sin^2 \theta = \frac{n_2^2}{n_1^2} \quad (2.8)$$

$$\sin^2 \theta = 1 - \frac{n_2^2}{n_1^2} = \frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2} \quad (2.9)$$

$$\sin \theta = \frac{1}{n_1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.10)$$

Jika medium n merupakan udara maka nilai n adalah 1, sehingga kita dapat mencari sudut masuk maksimal yang boleh diberikan.

$$n \sin \theta_0 = n_1 \sin \theta \quad (2.11)$$

$$\sin \theta_0 = n_1 \frac{1}{n_1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.12)$$

$$\sin \theta_0 = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.13)$$

$$NA = \sin \theta_0 = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.14)$$

2.3 Sensor

Sensor merupakan instrumen yang digunakan untuk mengetahui atau mendeteksi adanya perubahan lingkungan baik itu fisik maupun kimia. Sensor sendiri selalu berdampingan dengan adanya transduser, yang merupakan instrumen pengubah energi non-elektrik menjadi energi listrik itu sendiri. Sensor dan transduser sendiri pada dasarnya bisa dipandang sebagai perangkat atau *device* yang berfungsi mengubah suatu besaran fisik menjadi

besaran listrik, sehingga keluarannya dapat diolah dengan rangkaian listrik atau sistem digital. Dewasa ini, hampir seluruh peralatan memiliki sensor di dalamnya. Terkait dengan perkembangan teknologi yang begitu luar biasa, banyak sensor telah difabrikasi dengan ukuran sangat kecil hingga orde nanometer sehingga menjadikan sensor sangat mudah digunakan dan hemat energi.(Setiawan, 2009)

2.3.1 Prinsip Sensor Serat Optik

Serat optik tidak hanya digunakan sebagai media transmisi, namun serat optik juga dapat digunakan sebagai bahan dasar dari suatu sensor serat optik. Struktur umum sistem serat optik umumnya terdiri dari sumber cahaya (LED, laser, dll), serat optik, elemen sensing, detektor cahaya, dan *electronic processing* (osiloskop, analyzer spektrum cahaya, dll). Banyak keuntungan yang didapatkan ketika serat optik digunakan sebagai sensor, sehingga penelitian lebih sering dikembangkan untuk meningkatkan jenis dari sensor tersebut.

Salah satu jenis sensor serat optik yang dikembangkan adalah sensor level cairan. Sensor level serat optik adalah sensor pendeteksi perubahan level permukaan cairan dengan memanfaatkan rugi-rugi daya yang disebabkan oleh perbedaan indeks bias *cladding*. *Cladding* buatan pabrik yang telah dihilangkan menyebabkan rugi-rugi daya yang besar akibat *cladding* yang digunakan adalah udara. Dengan naiknya permukaan air maka rugi-rugi daya yang terjadi berkurang sebab indeks bias air lebih besar daripada udara, atau dengan kata lain air merupakan *cladding* yang lebih baik daripada udara.

2.4 Serat Optik FD-620-10

Serat optik plastik FD-620-10 merupakan serat optik kabel duplex dengan *core* tunggal di setiap ulirnya. Kabel ini diproduksi oleh Autonics dengan desain *core* dan *cladding* yang terbuat dari bahan PMMA (Polymethyl Metacrylat) dan memiliki indeks bias 1,492 untuk *core* dan 1,417 untuk *cladding*. Serat optik ini memiliki tebal *cladding* sebesar 50 μm dan diameter inti

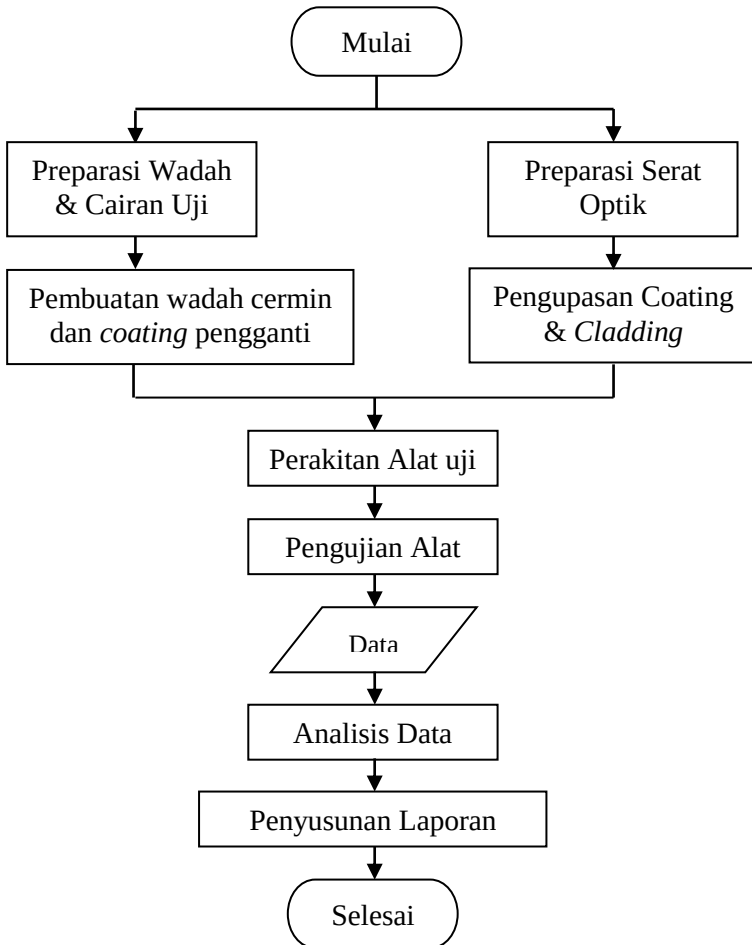
950 μm yang menunjukkan bahwa serat optik ini berjenis *large core optical fiber*. Serat optik ini memiliki nilai *numerical aperture* (NA) sebesar 0,47 dan sudut penerimaan $28,03^\circ$. (Mukmin, 2011)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah diagram alir penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan urutan prosedur kerja dalam penelitian yang dilakukan dari mulai preparasi alat hingga penyusunan laporan.

3.2 Peralatan dan Bahan

Penelitian yang dilakukan membutuhkan peralatan dan bahan-bahan sebagai berikut ini.

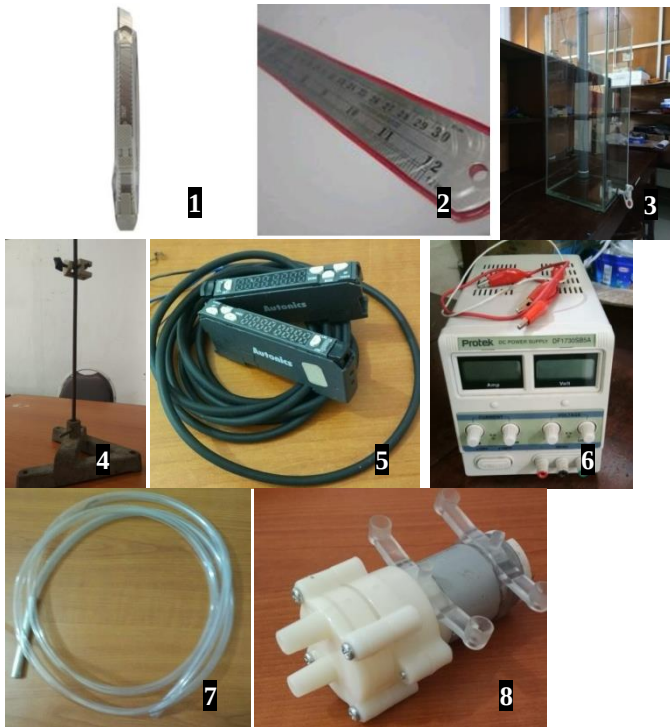
3.2.1 Bahan



Gambar 3.2 Bahan-bahan Penelitian

- 1) Serat Optik FD 620-10
Serat optik berjenis moda jamak *step index* yang digunakan sebagai sensor dalam rancang bangun alat. FD 620-10 dengan merk dagang Autonics, memiliki diameter serat sebesar 120 mm.
- 2) Amplas
Amplas digunakan untuk melakukan perusakan pada *cladding* serat optik yang akan digunakan. Amplas yang digunakan adalah amplas 5000 cccw.
- 3) Alkohol 96%
Alkohol digunakan sebagai bahan campuran untuk melarutkan *cladding* dari serat optik.
- 4) Aseton
Aseton digunakan sebagai bahan campuran untuk melarutkan *cladding* dari serat optik.
- 5) Pipa PVC
Pipa PVC digunakan sebagai *coating* pada pandu gelombang, yang dimaksudkan untuk mengisolasi daerah kupasan pada serat optik agar tidak ada cahaya dari luar yang masuk ke dalam pandu gelombang yang dibuat.
- 6) Lem PVC
Lem PVC digunakan untuk menyambung bahan pipa PVC pada perakitan alat.
- 7) Solatip kran
Solatip kran digunakan untuk menutup celah-celah pada sambungan pipa PVC yang kedap air, sehingga air tidak akan masuk ke dalam bagian yang ruangan cermin.
- 8) Cermin Cekung
Cermin cekung digunakan sebagai pemantul cahaya datang pada dasar alat yang dirancang.

3.2.2 Peralatan



Gambar 3.3 Peralatan Penelitian

- 1) *Cutter*
Cutter digunakan sebagai alat yang digunakan untuk memotong *coating* serat optik.
- 2) Mistar
 Mistar berfungsi sebagai alat ukur panjang (ketinggian) secara manual.
- 3) Kotak kaca
 Kotak kaca digunakan sebagai wadah dari zat cair yang digunakan pada pengujian ini.
- 4) Statif

Statif berfungsi sebagai alat bantu untuk menjaga kedudukan BF5R-D1-N tetap di posisinya.

5) BF5R-D1-N

BF5R-D1-N dalam pengujian ini berperan sebagai sumber cahaya berupa cahaya merah dan detektor cahaya yang dikeluarkan oleh serat optik yang di uji.

6) Power supply

Power Supply digunakan sebagai penyedia daya listrik yang untuk BF5R-D1-N dan pompa air DC.

7) Selang air mini

Selang air berfungsi sebagai media pengalir atau jalur untuk cairan baik itu menuju atau keluar dari kotak kaca.

8) Pompa air DC

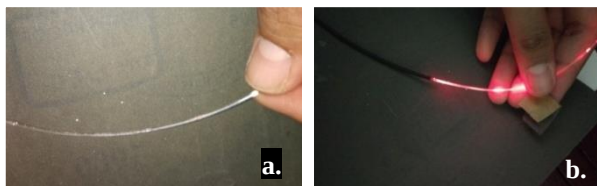
Pompa air digunakan untuk alat bantu pemindah cairan baik itu menuju atau keluar dari kotak kaca.

3.3 Prosedur Kerja

Prosedur kerja yang dilakukan untuk melaksanakan penelitian ini terdiri atas pengupasan *coating* serta *cladding* serat optik, perancangan alat dan pengujian alat menggunakan BF5R-D1-N.

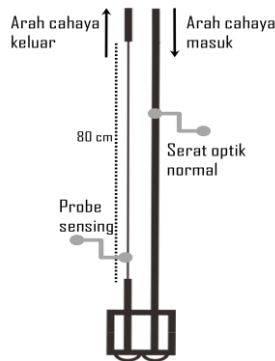
3.3.1 Pengupasan *Coating* dan *Cladding* Serat Optik

Pengupasan *coating* serat optik dilakukan dengan menggunakan *cutter*. Tampak serat setelah pengupasan *coating* dapat dilihat pada Gambar 3.4 (a).



Gambar 3.4 Tampak serat optik FD 620-10 (a) *cladding* normal dan (b) *cladding* teramplas.

Gambar 3.4 menunjukkan tampak dari serat optik dengan *cladding* yang normal dan *cladding* yang sudah teramplas. Satu kabel FD 620-10 terdiri atas dua serat optik yang disusun secara sejajar. Pengupasan dilakukan pada salah satu serat optik saja yang nantinya akan digunakan sebagai *probe sensing*. Sedangkan bagian lainnya tidak diberi perlakuan. Secara garis besar rancangan dari *probe sensing* dapat dilihat pada Gambar 3.5.



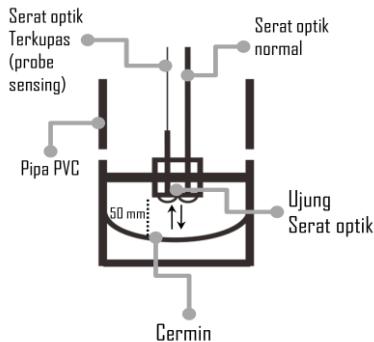
Gambar 3.5 Skema rancangan *probe sensing*.

Gambar 3.5 menunjukkan skema rancangan probe sensing yang dirancang dalam penelitian ini. *Coating* serat optik yang dikupas memiliki panjang 80 cm. pengupasan dilakukan pada jarak 9 cm dari ujung serat optik yang akan berhadapan dengan cermin. Pengupasan dilakukan secara berhati-hati agar proses pengupasan tidak melukai *core* dari serat optik. Setelah proses pengupasan *coating* selesai, langkah yang dilakukan berikutnya adalah melakukan pengupasan *cladding* serat optik dengan pengamplasan menggunakan amplas 5000 cccw dan pengelapan serat optik yang telah diamplas menggunakan larutan aseton dan alkohol dengan perbandingan aseton : alkohol sebesar 2 : 3. Kedua perlakuan ini ditujukan untuk menghilangkan lapisan *cladding* yang dimiliki oleh serat optik tersebut. Untuk mengetahui apakah lapisan *cladding* telah terkelupas dengan baik, dilakukan penembakan cahaya (LED) berwarna merah pada salah satu ujung serat optik sehingga kita akan mengetahui bahwa

lapisan tanpa *cladding* akan terlihat mengeluarkan cahaya merah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 (b).

3.3.2 Pembuatan Coating Pengganti dan Wadah Cermin

Probe sensing memerlukan suatu kondisi tanpa ada pengaruh cahaya luar agar tidak mempengaruhi nilai intensitas yang terdeteksi BF5R-D1-N. Kondisi ini dapat dicapai dengan mengisolasi ruang tempat berinteraksinya serat optik dengan cairan yang akan diuji. Oleh karena itu, dalam penelitian ini penulis menggunakan pipa PVC untuk mengisolasi area tempat berinteraksinya serat optik dengan cairan yang diuji. Pada bagian bawah alat merupakan wadah cermin cekung yang dibuat kedap cairan. Wadah kedap cairan dipilih agar sistem tetap dapat digunakan untuk pengujian dengan cairan yang keruh. Jarak antara ujung serat optik dengan permukaan cermin yaitu sebesar 0,5 cm. Skema rancangan dari *coating* pengganti dan wadah cermin digambarkan seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Rancangan sistem pemantulan cahaya datang.

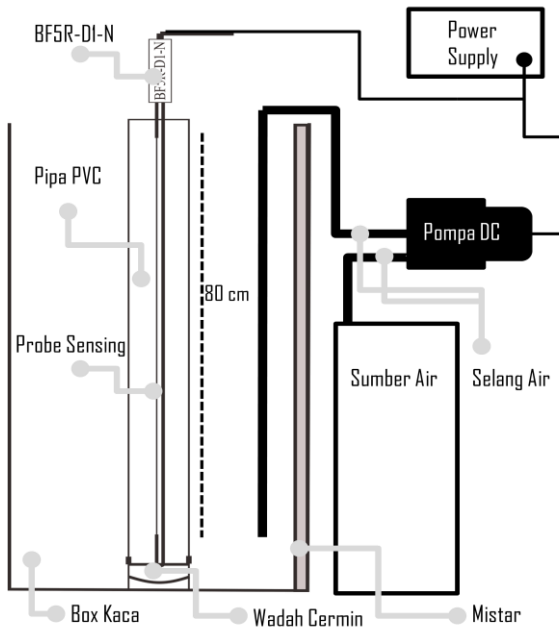
Gambar 3.6 menunjukkan rancangan untuk wadah cermin yang menjadi sistem pemantul cahaya yang datang dari serat optik normal menuju serat optik yang sudah diampelas.

3.3.3 Perakitan Alat Uji

Selain pembuatan wadah isolasi dari serat optik, juga dirancang kotak kaca sebagai wadah cairan yang akan diuji.

Kotak kaca tersebut dilengkapi dengan alat ukur ketinggian berupa penggaris yang ditempelkan pada ujung samping luar kotak kaca, sehingga ketinggian cairan bisa dipantau dari luar kotak kaca. BF5R diletakkan di atas kotak kaca yang digunakan sebagai sumber cahaya (LED merah) dan detektor. Sumber cahaya kemudian dihubungkan dengan serat optik yang tidak dikupas sedangkan detektor dihubungkan dengan serat optik yang telah dikupas bagian *claddingnya*. Pada sistem ini serat optik digunakan dalam keadaan lurus vertikal.

Untuk peralatan tambahan berupa pompa air DC dan selang air mini digunakan untuk mempermudah memindahkan cairan baik ke dalam maupun ke luar kotak kaca. Selain itu digunakan sebuah power supply sebagai sumber tegangan dari BF5R-D1-N dan pompa air yang digunakan. Untuk lebih jelasnya, skema dari alat uji dapat dilihat seperti pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7 Set-up alat uji dan metode pengaliran fluida.

Gambar 3.7 menunjukkan sketsa dari rancangan alat uji dan juga metode yang digunakan untuk mengalirkan cairan uji secara dua dimensi.

3.3.4 Pengujian *Probe sensing*

Pengujian *probe sensing* terdiri atas uji kerataan dan uji intensitas. Uji kerataan dilakukan dengan menggunakan mikroskop cahaya yang ada di Laboratorium Optoelektronika dan Elektromagnetika Terapan Departemen Fisika ITS. Pengujian kerataan ditujukan untuk melihat ada atau tidaknya ketidaknormalan permukaan *probe sensing* setelah dilakukan pengupasan *cladding*. Untuk uji intensitas dilakukan dengan bantuan alat BF5R-D1-N sebagai sumber cahaya dan detektor cahaya yang dapat langsung menampilkan hasil nilai dengan satuan au. Peralatan dari uji *probe sensing* dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Mikroskop dan alat bantu pengambilan gambar berupa laptop dan kamera.

Gambar 3.8 menunjukkan foto dari mikroskop cahaya dan alat bantu pengambilan gambar (laptop dan kamera) yang digunakan untuk melakukan uji kerataan.

3.3.5 Pengujian Alat dengan Kenaikan Ketinggian Cairan

Pengujian dilakukan dengan cairan berupa air murni atau akuades. Akuades dipilih sebagai cairan uji karena bersifat netral dari asam basa. Akuades merupakan bahan uji yang mudah

didapat dan tidak berubah-ubah standarnya di berbagai tempat. Pengujian dilawali dengan pemberian tegangan sebesar 12 V pada BF5R-D1-N dan pompa DC. Dengan adanya tegangan masuk maka air mulai terpompa menuju kotak kaca. Data berupa intensitas yang terlihat pada layar BF5R-D1-N mulai dicatat disaat permukaan cairan sudah mencapai awal kupasan serat optik, yaitu 9 cm dari permukaan kotak kaca. Pencatatan data dilakukan setiap kenaikan ketinggian sebesar 1 cm dan dilakukan hingga mencapai ketinggian 70 cm dari tinggi awal kupasan serat optik.

3.3.6 Pengujian Alat dengan Penurunan Ketinggian Cairan

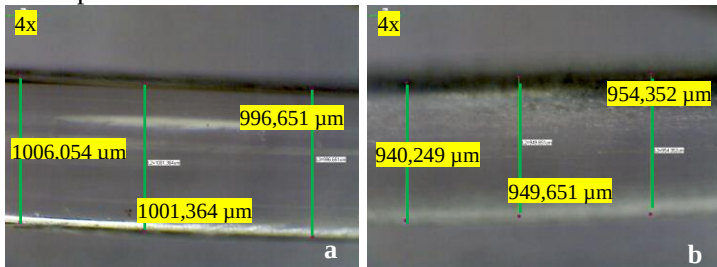
Sama seperti pengujian dengan kenaikan permukaan cairan yakni cairan yang digunakan adalah air murni. Set-up aliran pada pompa dibalik sehingga aliran berarah keluar dari kotak kaca. Pengujian dimulai dengan pemberian tegangan pada BF5R-D1-N dan pompa DC sebesar 12 V. Dengan aktifnya pompa maka air akan mulai terpompa keluar dari kotak kaca. Pengambilan data dimulai ketika ketinggian permukaan cairan sebesar 70 cm dan data berupa intensitas dicatat setiap penurunan ketinggian permukaan cairan setinggi 1 cm hingga ketinggian permukaan cairan mencapai 9 cm dari permukaan kotak kaca.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian *Probe Sensing*

Pengujian *probe sensing*, dilakukan di Laboratorium Optoelektronika dan Elektromagnetika Terapan Departemen Fisika ITS, terdiri atas uji kerataan permukaan probe sensing dan uji intensitas. Pengujian kerataan dilakukan untuk mengetahui adanya ketidaknormalan pada probe sensing, seperti pengupasan yang terlalu dalam sehingga merusak *core* yang nantinya dapat mempengaruhi kinerja dari detektor yang dirancang. Dalam pengujian ini terlihat bahwa pengupasan *cladding* dengan cara pengamplasan dan pengelapan menggunakan larutan aseton memiliki kerataan yang cukup baik. Gambar 4.1 menunjukkan foto tampak serat optik yang belum diampelas dan serat optik yang telah diampelas.



Gambar 4.1 Tampak serat optik FD 620-10 (a) *cladding* normal dan (b) *cladding* terampelas menggunakan mikroskop cahaya.

Dari Gambar 4.1 terlihat perbedaan antara serat optik yang belum diampelas dengan yang sudah diberi perlakuan pengamplasan. Lecet-lecet pada Gambar 4.1 (b) menunjukkan bahwa *cladding* telah terampelas. Serat optik FD-620-10 memiliki diameter serat sebesar 1000 μm yang terdiri atas lapisan *core* dan *cladding*. *Core* memiliki diameter sebesar 950 μm dan lapisan *cladding* memiliki tebal sebesar 50 μm . Gambar 4.1 (a) menunjukkan bahwa diameter serat terukur mendekati nilai 1000 μm sedangkan pada Gambar 4.1 (b) menunjukkan bahwa setelah

diamplas, diameter serat mendekati nilai 950 μm . Hal tersebut menunjukkan bahwa pengamplasan berhasil mengikis dengan tebal mendekati 50 μm . Hal tersebut menunjukkan proses pengupasan menghasilkan *probe sensing* berupa *core* tanpa *cladding*. Pada daerah serat optik yang diamplas, *core* akan dilapisi *cladding* baru berupa udara. Dengan adanya perubahan *cladding* maka sudut kritis yang dimiliki pada daerah tersebut juga akan berubah (bertambah besar dalam kasus ini). Hal ini menyebabkan sinar datang dalam serat optik yang memiliki sudut datang lebih kecil dari sudut kritis akan terbiaskan menuju udara. Hal ini menyebabkan dapat terlihatnya kebocoran sinar sepanjang daerah kupasan.

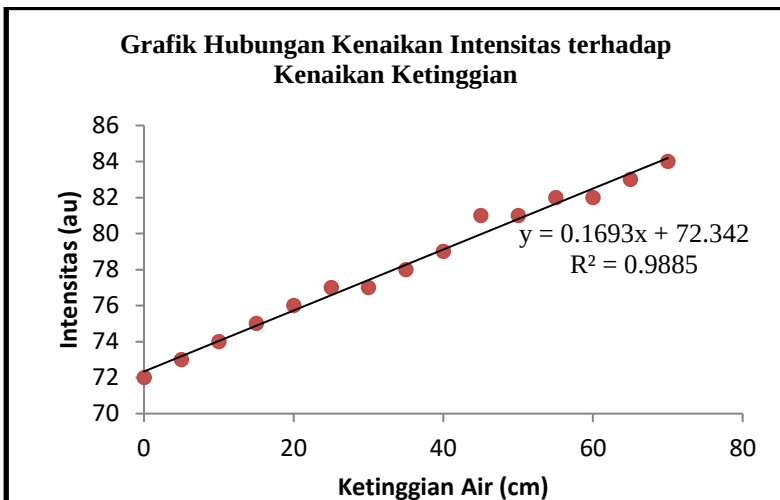
Pengujian yang kedua yakni uji intensitas menggunakan BF5R-D1-N untuk mengetahui intensitas keluaran serat optik yang diamplas. Sebelum mengalami pengamplasan, uji intensitas pada serat optik FD 620-10 menunjukkan nilai intensitas pada BF5R-D1-N sebesar 4000 au. Setelah dilakukan pengamplasan, uji intensitas pada serat optik dengan *cladding* udara menunjukkan nilai intensitas sebesar 72 au. Berbeda jauh dengan serat optik yang belum diamplas, nilai tersebut tentunya dapat dimaklumi karena adanya perbedaan *cladding* yang digunakan untuk memandu cahaya. Setelah dilakukan pengamplasan, serat optik kehilangan *cladding* sehingga cahaya tidak dapat terpandu dan cahaya terbiaskan keluar dari *probe sensing*. Akibatnya intensitas keluaran yang ditangkap bernilai jauh lebih kecil ketimbang intensitas masuk.

4.2 Hasil Pengujian Detektor Ketinggian Cairan

4.2.1 Pengaruh Kenaikan Ketinggian Permukaan Cairan

Pengujian dilakukan menggunakan BF5R-D1-N. Pengujian dengan perlakuan kenaikan ketinggian permukaan cairan, air murni (akuades), dilakukan dari ketinggian 1 cm dari awal kupasan hingga 70 cm dari awal kupasan. Perubahan ketinggian permukaan air akan mengubah intensitas cahaya yang dikeluarkan akibat semakin banyak daerah *core* serat optik yang ter*cladding* oleh akuades. Semakin banyak daerah *core* yang

terlapisi oleh akuades maka semakin banyak cahaya yang dapat terpandu. Gambar 4.2 menunjukkan terjadi perubahan intensitas yang berkala hingga mencapai 12 au saat ketinggian air mencapai 70 cm dari awal kupasan pada serat optik. Kenaikan ketinggian permukaan air tidak selalu diiringi oleh kenaikan perubahan intensitas yang ditunjukkan oleh BF5R-D1-N. Terdapat beberapa titik pengujian menunjukkan data yang relatif konstan, seperti pada ketinggian 1-2 cm, 3-7 cm, 8-18 cm, 19-23 cm, dan seterusnya. Data yang relatif konstan tidak bisa dijadikan dasar bahwa tidak terjadi perubahan intensitas pada rentang titik-titik tersebut, sebab skala terkecil perubahan intensitas yang dapat ditangkap oleh BF5R-D1-N sendiri hanya sebesar 1 au. Hal ini menyebabkan pengujian tidak dapat melihat adanya perubahan intensitas dibawah 1 au.



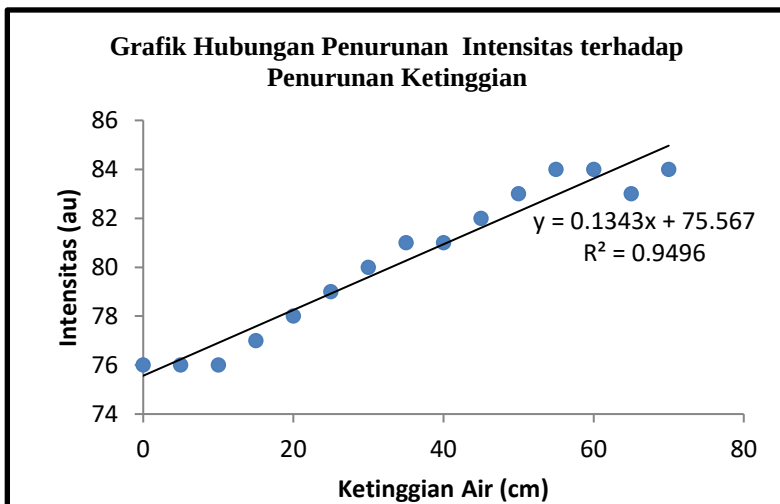
Gambar 4.2 Grafik hubungan perubahan intensitas yang tertangkap terhadap kenaikan ketinggian air.

Grafik pada Gambar 4.2 menunjukkan adanya kenaikan pada perubahan intensitas yang tertangkap meskipun secara berkala, sehingga dapat disimpulkan bahwa kenaikan permukaan air akan memberikan akibat pada terjadinya kenaikan intensitas

yang didapatkan. Jika diambil garis lurus yang mewakili data yang didapatkan, maka akan diperoleh sebuah linearitas hubungan antara kenaikan intensitas dengan kenaikan ketinggian permukaan zat cair yang diuji. Sehingga jika dirata-rata setiap kenaikan permukaan air sebesar 1 cm akan terjadi kenaikan intensitas sebesar 0,169 au.

4.2.2 Pengaruh Penurunan Ketinggian Permukaan Cairan

Pengujian juga dilakukan dengan perlakuan penurunan ketinggian permukaan zat cair. Sama seperti pengujian kenaikan permukaan cairan, pengujian ini menggunakan air murni (akuades) sebagai zat cairan yang diuji. Pengujian dilakukan dari ketinggian 69 cm dari awal kupasan hingga mencapai ketinggian awal kupasan pada serat optik. Gambar 4.3 menunjukkan grafik hubungan penurunan ketinggian permukaan akuades terhadap perubahan intensitas yang terjadi.



Gambar 4.3 Grafik hubungan perubahan intensitas yang tertangkap terhadap penurunan ketinggian akuades.

Dari Gambar 4.3 menunjukkan bahwa nilai intensitas relatif turun seiring dengan penurunan ketinggian cairan. Pada

penurunan ketinggian 65 cm hingga 60 cm, intensitas tercatat mengalami kenaikan. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan data antara perlakuan kenaikan dan penurunan ketinggian cairan. Bila ditinjau dari keadaan yang ada saat dilakukan pengujian, hal ini diperkirakan terjadi akibat adanya sisa-sisa air yang masih menempel pada serat optik meskipun permukaan air sudah mengalami penurunan ketinggian. Kejadian tersebut dapat disebabkan oleh sifat adhesi dari molekul-molekul air terhadap serat optik yang telah dikupas tersebut. Hal ini juga didukung oleh hasil yang menunjukkan bahwa pada penurunan 70 cm dari akhir kupasan, hanya didapatkan perubahan intensitas sebesar 8 au. Sedangkan pada perlakuan dengan memberikan kenaikan ketinggian permukaan air, kita mendapatkan perubahan intensitas sebesar 12 au. Perbedaan ini dapat disebabkan adanya adhesi air pada serat optik sehingga penurunan intensitas saat penurunan permukaan air memiliki beda yang cukup besar dengan kenaikan permukaan cairan.

Jika melihat dari rentang daerah ketinggian 55 cm hingga 0 cm, data menunjukkan penurunan intensitas yang terdeteksi seiring dengan penurunan ketinggian cairan. Melalui rentang daerah tersebut, dapat dibuktikan bahwa penurunan ketinggian permukaan air akan menurunkan intensitas cahaya yang dikeluarkan oleh serat optik yang diuji, dengan kata lain semakin besar perubahan ketinggian maka semakin besar pula perubahan intensitas yang terjadi. Gambar 4.3 menunjukkan jika garis lurus dibuat untuk mewakili hubungan antara ketinggian cairan dengan intensitas yang didapat maka akan diperoleh setiap adanya penurunan ketinggian sebesar 1 cm maka intensitas akan mengalami perubahan (penurunan) sebesar 0,134 au.

4.3 Pembahasan

Dalam penelitian ini, dilakukan uji rancangan detektor ketinggian cairan yang menggunakan serat optik sebagai dasar sensor. Ide dasar dari penelitian ini adalah mendeteksi suatu perubahan keluaran cahaya suatu serat optik dengan mengganti *cladding* serat optik menjadi fluida yang akan diuji. Salah satu syarat wajib dari terjadinya pemantulan dalam total dalam

fenomena pandu gelombang adalah indeks bias dari bahan inti (*core*) yang harus lebih besar dari milik bahan penyusun *cladding*. Dengan mengganti *cladding* pada serat optik FD 620-10 dengan fluida berupa udara dan cairan, diharapkan terdapat perubahan hasil intensitas cahaya yang dikeluarkan oleh serat optik. Perubahan ketinggian cairan akan menyebabkan perubahan panjang *cladding* serat optik dari udara menjadi air. Dengan adanya pergantian bahan penyusun *cladding*, maka indeks bias dari sebagian *cladding* yang digunakan menjadi berubah. Dengan adanya perubahan ini, akan terjadi perubahan intensitas cahaya yang keluar dari ujung pandu gelombang. Dengan menangkap adanya perubahan intensitas tersebut, maka didapatkan hubungan antara ketinggian permukaan cairan dengan intensitas yang dikeluarkan pada ujung pandu gelombang yang digunakan.

Pengujian kerataan pada *probe sensing* dilakukan untuk melihat kerataan hasil pengupasan *cladding* asli kabel FD 620-10. Proses pengupasan *cladding* yang tidak rata dapat menyebabkan adanya sisa *cladding* asli pada *probe sensing*. Adanya ketidakrataan ini akan mempengaruhi nilai intensitas yang didapatkan setiap perubahan ketinggian air. Selain itu adanya lecet pada *core probe sensing* dapat menyebabkan terjadinya pemantulan baur yang dapat mempengaruhi pengujian detektor yang dirancang. Oleh karena itu, amplas 5000 cccw dipilih dan digunakan untuk proses pengamplasan dengan harapan mengurangi potensi kerusakan *core* selama pengamplasan *cladding* berlangsung.

Cahaya LED merah yang dihasilkan oleh sumber cahaya pada BF5R-D1-N dihubungkan menuju serat optik yang normal, yang akan memandu cahaya tersebut menuju cermin cekung yang ada di dasar *coating* buatan. Dengan adanya cermin cekung maka cahaya akan dipantulkan kembali, dan memasuki ke ujung serat optik yang telah dikupas *cladding* aslinya. Air dan udara digunakan sebagai *cladding* pengganti pada pandu gelombang yang digunakan maka sebagian cahaya akan terpandu hingga mencapai detektor cahaya yang ada di dalam BF5R-D1-N. Pada *probe sensing* yang terendam air, cahaya akan mengalami

pemantulan dalam total akibat adanya perbedaan indeks bias antara air dan inti serat optik. Meskipun udara juga dapat berfungsi sebagai *cladding* pada pandu gelombang, namun udara sendiri memiliki indeks bias yang lebih kecil dibandingkan air murni. Sehingga intensitas cahaya yang dapat terpandu dengan *cladding* udara akan lebih sedikit dibandingkan dengan *cladding* air. Jika permukaan air berubah maka intensitas yang akan ditangkap oleh BF5R-D1-N juga akan berubah. Perubahan intensitas inilah yang dapat digunakan sebagai pembanding dengan perubahan ketinggian permukaan air. Semakin banyak daerah serat optik yang direndam oleh air atau dengan kata lain semakin tinggi permukaan air, semakin tinggi pula perubahan intensitas yang didapat.

Dalam penelitian ini, digunakan sistem pemantulan cahaya menggunakan cermin cekung yang diletakkan pada dasar detektor yang dirancang. Dengan menggunakan sistem ini, permasalahan dari adanya *bending* pada serat optik yang digunakan dapat dihindari. Pada penelitian sebelumnya mengenai deteksi ketinggian permukaan cairan, digunakan metode yang sama yakni mengganti *cladding* asli dengan zat cair yang dideteksi namun tidak menggunakan sistem pemantulan menggunakan cermin, melainkan langsung memberikan lekukan pada serat optik sehingga inputan dan outputan sama-sama berada di atas cairan yang dideteksi. Dengan sistem tersebut, diketahui bahwa terdapat masalah *bending* akibat lekukan yang menyebabkan data perubahan intensitas terhadap perubahan ketinggian permukaan cairan menjadi tidak linier. Hasil penelitian tersebut menyebutkan bahwa hal tersebut diakibatkan adanya perbedaan luasan *core* dari serat optik antara bagian atas dengan bagian dasar yang akan dilapisi cairan sebagai *cladding*. Dengan menggunakan metode pemantulan cahaya datang dengan menggunakan cermin cekung, masalah dari adanya lekukan tadi dapat diatasi, sehingga daerah yang akan dilapisi cairan sebagai *cladding* juga akan sama di setiap bagiannya. Selain itu, daerah pemantulan dirancang menjadi daerah yang terisolasi dari cairan uji sehingga apapun cairan uji yang digunakan, pemantulan cahaya datang akan terjadi

pada medium udara. Tentunya ini menjadi sebuah keuntungan dimana sistem ini juga tidak hanya dapat diuji pada cairan yang bersih, namun juga pada cairan yang terkontaminasi oleh materi lain yang dapat membuat cairan menjadi keruh.

Perambatan cahaya yang ada di dalam serat optik yang menjadi *probe sensing* pada detektor ketinggian yang dirancang memanfaatkan prinsip pemantulan dalam total yang terjadi ketika cahaya mencapai batas antara *core* dengan *cladding*, dan sudut datang memiliki nilai yang lebih besar dibanding sudut kritis yang dimiliki pandu gelombang yang terjadi. Dengan adanya *cladding* berupa air, sebagian cahaya dapat terpandu hingga menuju detektor pada BF5R-D1-N. Semakin tinggi permukaan air, semakin luas daerah *probe sensing* yang terlapisi oleh *cladding* berupa air dan nilai intensitas yang terdeteksi semakin besar. Begitu pula dengan penurunan permukaan air, dimana semakin menurunnya ketinggian permukaan air maka semakin sedikit luasan *probe sensing* yang terlapisi oleh air dan nilai intensitas yang terdeteksi semakin menurun.

Dengan menggunakan BF5R-D1-N, perubahan intensitas terdeteksi setiap kenaikan 6 cm permukaan air dan penurunan 9 cm permukaan air. Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 menunjukkan grafik hubungan antara ketinggian cairan dengan besar nilai intensitas. Melalui Gambar 4.2 dan Gambar 4.3, didapatkan hubungan yang berbanding lurus sehingga bila diambil linearitasnya, maka kenaikan 1 cm menyebabkan kenaikan intensitas 0,169 au dan penurunan 1 cm menyebabkan penurunan intensitas 0,134 au.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Telah dibuat alat deteksi ketinggian permukaan air dibantu cermin cekung sebagai sistem pemantulan cahaya.
2. Alat deteksi ketinggian permukaan air yang dibuat dapat mendeteksi perubahan ketinggian dengan rata-rata setiap kenaikan $6 \pm 0,05$ cm dan setiap penurunan $8 \pm 0,05$ cm.
3. BF5R-D1-N dapat membaca perubahan intensitas cahaya yang dikeluarkan oleh serat optik dengan skala terkecil sebesar 1 au, dimana hal ini menyebabkan beberapa kondisi stagnan (tanpa perubahan) pada data pengujian.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian tugas akhir ini terdapat beberapa saran untuk penelitian lebih lanjut yaitu sebagai berikut.

1. Pembuatan detektor ketinggian permukaan perlu menggunakan detektor cahaya lain yang memiliki skala lebih kecil dari pada BF5R-D1-N agar lebih memperbaiki rancangan alat yang sudah ada.
2. Perlu adanya penanganan mengenai fenomena adhesi cairan dengan serat optik yang digunakan agar tidak mempengaruhi data yang didapat saat perlakuan permukaan air turun.
3. Perlu adanya sistem yang menjaga posisi dan keadaan serat optik yang diuji agar tetap diam dan lurus meskipun terdapat gangguan seperti gelombang pada cairan yang bertambah sehingga intensitas keluaran tidak akan mudah berubah-ubah oleh faktor luar seperti bergetarnya alat uji atau semacamnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, Puspita F. 2016. “Analisis Pengaruh Panjang Kupasan dan Perubahan Suhu Terhadap Pancaran Intensitas pada Serat Optik Plastik Multimode FD-620-10”. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hafida, Nura H. 2018. “Analisis Sensor Pengukuran Konsentrasi Glukosa Prinsip *Macrobending* pada Serat Optik *Multimode Step Index*”. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hidayat, Taufik. 2019. “Aplikasi Directional Coupler Fiber Optik Plastik Sebagai Sensor Konsentrasi Larutan NaCl”. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mukmin, Achul. 2011. ”Rancang Bangun Sensor Serat Optik untuk Mengukur Level Cairan secara Kontinyu”. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- ITU-T Manual. 2009. “*Optical Fibres, Cables, and Systems*”. Jenewa: International Telecommunication Union (ITU).
- Keiser, Gerd. 1991. “*Optical Fiber Communications Second Edition*”. New York: McGraw-Hill International Edition.
- Saleh, Bahaa E.A. 1991. “*Fundamentals of Photonics*”. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Setiawan, Iwan. 2009. “*Buku Ajar Sensor dan Tranduser*”. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Yeoh, S. dkk. 2018. “ *Plastic Fiber Evanescent Sensor in Measurement of Turbidity*”. Pulau Pinang: Universiti Sains Malaysia.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A

1. Data Pengujian Pengujian dengan Perlakuan Kenaikan Ketinggian Permukaan Cairan

Tabel 1. Data Kenaikan Ketinggian

Ketinggian dari-		Intensitas
kupasan	titik nol	
0	9	72
1	10	72
2	11	72
3	12	73
4	13	73
5	14	73
6	15	73
7	16	73
8	17	74
9	18	74
10	19	74
11	20	74
12	21	74
13	22	74
14	23	75
15	24	75
16	25	75
17	26	75
18	27	75
19	28	76
20	29	76
21	30	76
22	31	76

23	32	76
24	33	77
25	34	77
26	35	77
27	36	77
28	37	77
29	38	77
30	39	77
31	40	77
32	41	78
33	42	78
34	43	78
35	44	78
36	45	78
37	46	78
38	47	78
39	48	79
40	49	79
41	50	79
42	51	80
43	52	80
44	53	80
45	54	81
46	55	81
47	56	81
48	57	81
49	58	81
50	59	81
51	60	81
52	61	82

53	62	82
54	63	82
55	64	82
56	65	82
57	66	82
58	67	82
59	68	82
60	69	82
61	70	82
62	71	83
63	72	83
64	73	83
65	74	83
66	75	84
67	76	84
68	77	84
69	78	84
70	79	84

2. Data Pengujian Pengujian dengan Perlakuan Kenaikan Ketinggian Permukaan Cairan

Tabel 2. Data Penurunan Ketinggian

Ketinggian dari-		Intensitas
kupasan	titik nol	
70	79	84
69	78	84
68	77	84
67	76	84
66	75	83

65	74	83
64	73	84
63	72	84
62	71	84
61	70	84
60	69	84
59	68	83
58	67	83
57	66	84
56	65	84
55	64	84
54	63	83
53	62	83
52	61	83
51	60	83
50	59	83
49	58	83
48	57	83
47	56	83
46	55	82
45	54	82
44	53	82
43	52	82
42	51	81
41	50	81
40	49	81
39	48	81
38	47	81
37	46	81
36	45	81

35	44	81
34	43	81
33	42	80
32	41	80
31	40	80
30	39	80
29	38	80
28	37	79
27	36	79
26	35	79
25	34	79
24	33	79
23	32	78
22	31	78
21	30	78
20	29	78
19	28	78
18	27	77
17	26	77
16	25	77
15	24	77
14	23	77
13	22	76
12	21	76
11	20	76
10	19	76
9	18	76
8	17	76
7	16	76
6	15	76

5	14	76
4	13	76
3	12	76
2	11	76
1	10	76
0	9	76

LAMPIRAN B

1. Datasheet BF5R-D1-N

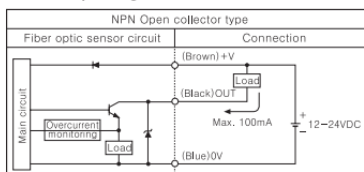
Selection Guide

Digital indicating type fiber optic sensor(BF5 series)

■ Specifications

Model	Dual Display type	Single Display type
	BF5R-D1-N	BF5R-S1-N
Appearances & Dimensions	 [W12 × H32.8 × L66mm]	
Light source	Red LED(660nm) ≡ Pulse modulated light	
Power supply	12~24VDC ± 10%	
Current consumption	Max. 50mA	
Control output	NPN Open collector(Sink Current :Max. 100mA, Applied Voltage:Max. 24V, Residual voltag:Max. 1V)	
Protection circuit	Reverse polarity protection, Overcurrent protection, Surge absorption	
Response time	Ultra Fast:50μs, Fast:150μs, STD:500μs, Long:4 ms	Fast:150μs, STD:500μs, Long:4 ms
Display	- Incident light level: Red, 4 digit, 7Segment - SV : Green, 4 digit, 7Segment - Main output Indicator : Red LED	- Incident light level / SV : Red, 4 digit, 7Segment - Main output indicator : Red LED
Display function	Incident light level / SV display (4000/10000 resolution), Percentage display, Peak / Bottom value display, Normal / Reversed display	
Sensitivity setting	Auto tuning mode, 1 point teaching, 2 point teaching, Positioning teaching	Auto tuning mode
Mutual interference prevention	Max. 8 unit sets (Automatically set regardless of response time)	
Initializing	Initializing to factory mode	
Power saving	Normal / Power save 1 / Power save 2	
Timer	OFF, Off delay, On delay, One shot	OFF, 10ms off delay timer, 40ms off delay timer

■ Control output diagram and terminal connections



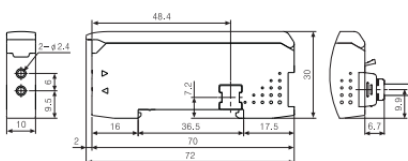
*Connect Diode at external terminal for inductive load.

■ Dimensions

● BF5R-D1-N



● BF5R-S1-N



Unit:mm

Counter
Timer
Temp. controller
Power controller
Temp./Humidity transducer
Thermo couples & RTD
Panel meter
Tacho/Speed/Pulse meter
Display unit
Serial converter module
Graphic panel
Sensor controller/Balancing power supply
Proximity sensor
Photo electric sensor
Pressure sensor
Rotary encoder
Stepping motor driver & Controller
Field replacement device

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis yaitu Rizal Manarul Ilmi, lebih biasa dipanggil Manarul. Penulis dilahirkan di Jombang, 6 Mei 1997. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Ayah penulis bernama Supriyono(Alm) dan Ibu bernama Siti Insiyah. Saat ini penulis berdomisili di Perumahan Dosen ITS (PERUMDOS), Jalan Teknik Lingkungan blok I nomor 5. Selama ini, penulis telah menjalani pendidikan formal di TK Nasional Madiun, SDN Kepajen II Jombang (2003-2009), SMPN 2 Jombang (2009-2012), dan SMAN 2 Jombang (2012-2015). Di tahun 2015, penulis berhasil diterima di Jurusan Fisika FMIPA (sekarang Departemen Fisika FIA) ITS melalui jalur SBMPTN 2015. Penulis pun menjalani studi dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 01111540000074.

Selama menjalani studi, penulis aktif menjalani kegiatan akademik. Di Departemen Fisika ini penulis tertarik untuk menjalani berbagai bidang studi, namun akhirnya penulis memutuskan untuk lebih mendalami bidang studi optoelektronika terutama dalam bidang serat optik. Selain itu penulis juga memiliki ketertarikan pada bidang instrumentasi. Selain kegiatan akademik, penulis juga tidak jarang mengikuti kegiatan non-akademik seperti dengan menjadi anggota dalam UKM IFLS dan mengikuti beberapa kegiatan yang dibenderai oleh BIDIK MISI ITS. Penulis juga pernah mengikuti Kerja Praktek di PT.TELKOMSEL Regional Jawa Timur di tahun 2019. Untuk informasi lebih lanjut, berikut e-mail aktif yang dapat dihubungi.

E-mail : rizzailmi047@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”