TUGAS AKHIR - SF 141501

ANALISIS SENSOR PENGUKURAN KONSENTRASI GLUKOSA PRINSIP *MACROBENDING* PADA SERAT OPTIK *MULTIMODE STEP-INDEX*

Nura Hajar Hafida
NRP 01111340000102

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. rer. nat. Agus Rubiyanto, M. Eng. Sc

Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

TUGAS AKHIR - SF 141501

ANALISIS SENSOR PENGUKURAN KONSENTRASI GLUKOSA PRINSIP *MACROBENDING* PADA SERAT OPTIK *MULTIMODE STEP-INDEX*

Nura Hajar Hafida
NRP 01111340000102

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. rer. nat. Agus Rubiyanto, M. Eng. Sc

Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

FINAL PROJECT - SF 141501

ANALYSIS OF MEASURING GLUCOSE CONCENTRATION WITH MACROBENDING PRINCIPLE ON MULTIMODE STEP INDEX FIBER OPTIC

Nura Hajar Hafida
NRP 0111340000102

Supervisor
Prof. Dr. rer. nat. Agus Rubiyanto, M. Eng. Sc

Department of Physics
Faculty of Natural Sciences
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

ANALISIS SENSOR PENGUKURAN KONSENTRASI GLUKOSA PRINSIP *MACROBENDING* PADA SERAT OPTIK *MULTIMODE STEP-INDEX*

TUGAS AKHIR

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas
Akhir Program Strata 1
Departemen Fisika,
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Nura Hajar Hafida
NRP. 01111340000102

Disetujui oleh tim pembimbing Tugas Akhir

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. rer. nat. Agus Rubiyanto, M. Eng. Sc
NIP. 19650619 198903.1.001 (.....)

Surabaya, Januari 2018

ANALISIS SENSOR PENGUKURAN KONSENTRASI GLUKOSA PRINSIP *MACROBENDING* PADA SERAT OPTIK *MULTIMODE STEP-INDEX*

Nama : Nura Hajar Hafida
NRP : 01111340000102
Jurusan : Fisika, FIA-ITS
Pembimbing : Prof. Dr. rer. nat. Agus Rubiyanto, M. Eng. Sc

Abstrak

Telah dikembangkan sensor konsentrasi glukosa dengan prinsip *macrobending* dari serat optik *multimode step-index* dengan variasi panjang kupasan 2 cm, 3 cm, dan 4 cm. Setiap panjang kupasan dilengkungkan dengan diameter kelengkungan 2 cm, 3 cm, dan 4 cm. Larutan glukosa yang diuji memiliki konsentrasi 0% (aquades), 5%, 10%, 15% dan 25%. Sumber cahaya yang digunakan LED dengan panjang gelombang 660 nm dan detektor yang digunakan yaitu BF5R-D1-N yang telah dikalibrasi dengan menggunakan *Optical Power Meter.* Dari hasil pengukuran diperoleh bahwa semakin besar diameter kelengkungan serat optik semakin besar pula daya keluaran, dan semakin panjang daerah kupasan semakin kecil daya keluaran.

Kata kunci : *Konsentrasi glukosa, macrobending, dan serat optik.*

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALYSIS OF MEASURING GLUCOSE CONCENTRATION WITH MACROBENDING PRINCIPLE ON MULTIMODE STEP INDEX FIBER OPTIC

Name : Nura Hajar Hafida
NRP : 01111340000102
Major : Physics, FIA-ITS
Supervisor: Prof. Dr. rer. nat. Agus Rubiyanto, M. Eng. Sc

Abstrak

A Glucose concentration sensor has been developed with macrobending principle on multimode step-index optical fiber with variation of peel length 2 cm, 3 cm, and 4 cm. Each peel long curved with curvature diameter of 2cm, 3 cm, dan 4 cm. The tested glucose solution had a concentration of 0% (aquades), 5%, 10%, 15% and 25%. A BF5R-D1-N is used as light source and detector which has been calibrated by using Optical Power Meter. The results of experiment show that correlation between optical power output with curvature diameter, and also peeling area of optical fiber.

Keywords* : *Glucose concentration, macrobending, and fiber optic

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan karena dengan rahma Allah SWT, pelaksanaan Tugas Akhir pada semester ganjil 2017/2018 ini dapat berjalan dengan lancar. Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu sejak awal perumusan masalah hingga penulisan laporan tugas akhir dengan judul **"Analisis Sensor Pengukuran Konsentrasi Glukosa Prinsip *Macrobending* Pada Serat Optik *Multimode Step-Index*"** ini telah selesai. Pihak tersebut antara lain :

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Gandos Suwandi dan Ibu Dewi Maslihah yang telah memberikan segala yang terbaik bagi penulis, baik doa, dukungan moril dan materiil, serta pengertian yang tak pernah putus kepada penulis.
2. Adik-adik tercinta Sabila Rahmawati, Syifa Urrosyida, dan Safira Aulia Kusuma yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
3. Bapak Prof. Dr. rer. nat. Agus Rubiyanto, M. Eng. Sc selaku dosen pembimbing selalu memberikan bimbingan dan arahan yang membangun bagi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Yono Hadi P, M. Eng. dan Bapak Triwikantoro selaku Ketua Jurusan dan Dosen Wali saya di Jurusan Fisika FIA ITS yang telah memberikan kemudahan sarana kepada penulis selama kuliah sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
5. Sahabat-sahabat penulis yang selalu memberi semangat meskipun jauh Retno Palupi, Fauzi Hadi, Habibah, Vania Orva, Ayu Aprilia, Afifah, Putri.
6. Teman-teman laboratorium Optoelektronika, teman-teman seperjuangan dalam pengerjaan tugas akhir ini Muhadha S, Puji Kumala P, Wafa Faziatus S, dan Astrid Denaya L.

7. Laboran laboratorium optoelektronika, Bapak Miftahul Ghofar yang selalu membantu penulis dalam penyediaan alat dan bahan selama pengerjaan Tugas akhir ini.
8. Kepada keluarga Fisika ITS 2013 (SUPERNOVA) terutama Eka Yuliana dan Dian Zherlita yang selalu memberi semangat dan dukungan kepada penulis
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kesalahan. Mohon kritik dan saran pembaca guna menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak, baik pihak terkait penelitian, maupun khalayak umum khususnya masyarakat Indonesia. Amiin, Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR GAMBAR

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Glukosa merupakan kelompok senyawa karbohidrat sederhana atau monosakarida. Glukosa berfungsi sebagai sumber energi untuk sel-sel otak, sel saraf, dan sel darah merah. Darah manusia mengandung glukosa dalam konsentrasi tetap yaitu 70-100 mg/dL. Agar berfungsi secara optimal, tubuh hendaknya dapat mempertahankan kosentrasi gula darah 70-120 mg/dL dalam keadaan puasa. Dalam keadaan kekurangan gula darah disebut dengan hipoglikemi yang dapat menyebabkan tubuh tidak mendapat sumber energi, hingga dapat menyebabkan kan kematian. Sedangkan dalamm keadaan kelebihan gula darah disebut dengan hiperglikemi, yang dapat menyebabkan penyakit diabetes. Diabetes merupakan penyakit kronis yang terjadi karena pancreas tidak memproduksi insulin dengan cukup, atau tubuh yang tidak efektif memanfaatkan insulin (insulin resistance), sehingga kadar glukosa dalam tubuh tidak dapat terkontrol. Secara global, menurut WHO sekitar 422 juta orang dewasa pada tahun 2014 menderita diabetes dan pada tahun 2015 sebanyak 1.6 juta penderita diabetes meninggal. Selain itu diabetes dapat meningkatkan resiko penyakit jantung, kebutaan, stroke, serta gagal ginjal. Sehingga dibutuhkan sensor untuk dapat mendeteksi kadar glukosa.

Salah satu cara yang digunakan untuk mendeteksi glukosa yaitu dengan sensor serat optik plastik. Serat optik merupakan devais pandu gelombang cahaya medium dielektrik dan umumnya bekerja sebagai media transmisi gelombang cahaya dengan bentuk silinder. Sensor serat optik polimer mempunyai beberapa kelebihan diantaranya bandwith yang lebar, sederhana, murah, ringan, beroperasi pada cahaya tampak, lebih fleksibel, tidak berinterferensi, sensitivitas tinggi, menggunakan piranti uji sederhana dan murah, dan lebih aman dari serat optik kaca yang memerlukan sumber cahaya laser (Thomas, 1995).

Hingga saat ini telah dikembangkan sensor glukosa menggunakan serat optik polimer diantaranya, Deteksi kadar glukosa air destilasi berbasis sensor pergeseran menggunakan fiber *coupler*, menggunakan sumber cahaya laser He-Ne, fiber coupler 2x2, fotodetektor 818-SL (Fina, 2012). Serat optik berbentuk single-loop dengan menumbuhkan nanopartikel perak pada permukaan inti serat optik untuk meningkatkan spekrum penyerapan glukosa dengan sumber cahaya laser CO_2 (Dachao Li, 2015). Serat optik berbentuk U dengan menumbuhkan nanopartikel perak pada permukaan inti serat optik untuk meningkatkan spekrum penyerapan glukosa dengan sumber cahaya laser CO_2 (Dachao Li, 2013). Dari beberapa pengembangan sensor glukosa menggunakan serat optik plastik tersebut menggunakan metode yang berbeda, proses fabrikasi dan pengambilan data yang rumit dan mahal terutama untuk penumbuhan silver pada permukaan inti serat optik. Oleh karena itu, pada penelitian akan berdasarkan penelitian Dachao Li (2013) dan Dachao Li (2015) tanpa penumbuhan nanopartikel perak keunggulan sensor glukosa ini sistem pengukuran yang sederhana, fabrikasi mudah dan biaya murah, perbedaanya dalam penelitian penulis akan mengetahui pengaruh panjang kupasan dan diameter kelengkungan serat optik berdasarkan pengukuran rugi daya pada bagian serat yang terbuka jaket serta selubungnya.

1.2 Rumusan Permasalahan

Rumusan masalah yang ada pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana fabrikasi sensor pengukuran konsentrasi glukosa prinsip *macrobending* pada serat optik *multimode step-index*.
2. Bagaimana pengaruh diameter kelengkungan dan panjang kupasan jaket dan selubung terhadap hasil pengukuran konsentrasi glukosa.
3. Bagaimana pengaruh diameter kelengkungan dan panjang kupasan jaket dan selubung terhadap sensitivitas sensor konsentrasi glukosa.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir "sensor pengukuran konsentrasi glukosa prinsip *macrobending* pada serat optik *multimode step-index*" antara lain:

1. Jenis serat optik yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis *multimode step-index* type FD-620-10 dengan variasi diameter kelengkungan 2cm, 3cm, dan 4cm dan panjang kupasan jaket serta selubung 2cm, 3cm, dan 4cm.
2. Konsentrasi glukosa yang diukur dalam penelitian ini 5% hingga 25% dengan kenaikan konsentrasi 5%.
3. Sumber cahaya yang digunakan berasal dari BF5R-D1N yang berupa LED merah dengan panjang gelombang 660nm.
4. Detektor yang digunakan yaitu fototransistor yang terdapat pada BF5R-D1N yang telah dikalibrasi dengan *Optical Power Meter* (OPM).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan fabrikasi sensor pengukuran konsentrasi glukosa prinsip *macrobending* pada serat optik *multimode step-index* .
2. Mengetahui pengaruh diameter kelengkungan dan panjang kupasan jaket dan selubung terhadap hasil pengukuran konsentrasi glukosa.
3. Mengetahui pengaruh diameter kelengkungan dan panjang kupasan jaket dan selubung terhadap sensitivitas sensor konsentrasi glukosa.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat yang akan didapat dari penelitian tugas akhir ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai sensor konsetrasi larutan glukosa dan dapat dikembangkan sebagai pengukuran kadar glukosa darah.

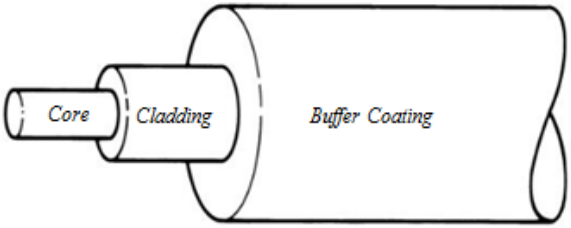
1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Penulisan Tugas Akhir ini terdari dari abstrak yang berisi tentang gambaran umum keseluruhan dari penelitian ini. Bab I merupakan pendahuluan yang memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan terakhir sistematika penulisan. Bab II adalah tinjauan pustakan yang berisi tentang dasar teori yang melandasi penelitian ini serta sebagai acuan dari penelitian ini. Bab III berisi metodologi penelitian. Bab IV berisi hasil penelitian dan pembahasan. Bab V berisi kesimpulan dan saran.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

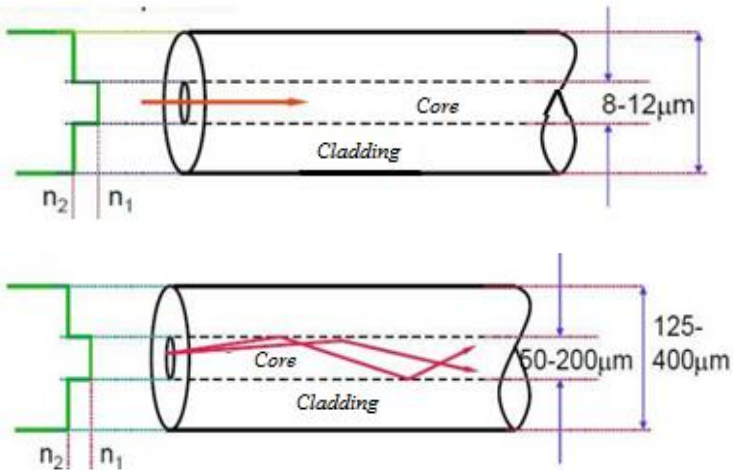
2.1 Serat Optik

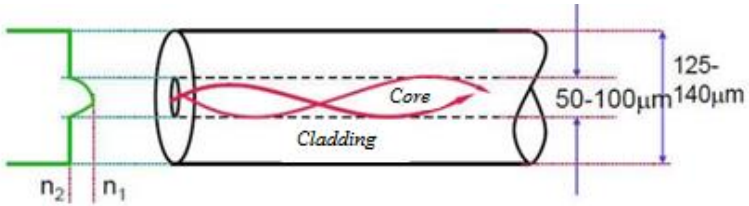
Serat optik adalah devais pandu gelombang yang menggunakan medium dielektrik dan umumnya bekerja sebagai media transmisi gelombang cahaya dengan bentuk silinder. Secara umum serat optik terdiri dari tiga bagian utama yaitu inti (*core*), kulit (*cladding*), dan jaket (*coating*). Bagian *core* merupakan saluran utama pada pemanduan gelombang cahaya yang mempunyai indeks bias terbesar (n_1) (Kaiser, 1983). Inti serat optik adalah sebuah batang silinder terbuat dari bahan dielektrik bahan silica (SiO_2), biasanya diberi doping dengan germanium oksida (GeO_2) atau fosfor penta oksida (P_2O_5) untuk menaikkan indeks biasnya (Wahyudi, 2011). *Cladding* mempunyai indeks bias (n_2) yang lebih rendah dibandingkan indeks bias *core* (Kaiser, 1993). *Cladding* berfungsi untuk mengurangi *loss* dari inti ke udara luar, mengurangi *loss* hamburan dari permukaan inti dan melindungi serat dari kontaminasi penyerapan permukaan serta menambah kekuatan mekanis (Wahyudi, 2011). *Coating* merupakan bagian terluar dari serat optic yang berfungsi sebagai pelindung *core* dan *cladding*. Struktur penyusun serat optik ditunjukan dengan Gambar 2.1 dibawah ini,



Gambar 2.1 Struktur penyusun serat optik (Kaiser,1993).

Berdasarkan struktur dan sifat transmisinya, serat optik dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu serat optik moda tunggal (*single mode fiber*) dan serat optic moda jamak (*multimode fiber*). Pada serat optik moda tunggal ukuran inti kecil sehingga pada serat hanya dapat menjalar satu moda. Sedangkan pada serat optik moda jamak ukuran inti lebih besar daripada serat optik moda tunggal sehingga moda yang menjalar lebih dari satu. Selain itu berdasarkan penjalaran gelombang yang melalui inti, serat optik juga dapat dibagi menjadi dua macam yaitu serat optik *step index* dan serat optik *graded index* (Kaiser, 1983). Pada serat optik *step index*, memiliki satu indeks bias yang homogen baik ditengah *core* sampai batas *core* dengan *cladding*, sedangkan *graded index* memiliki indeks bias semakin besar saat mendekat ke tengah sumbu *core* dan menurun secara gradual pada batas *core* dengan *cladding* (Power, 1997).



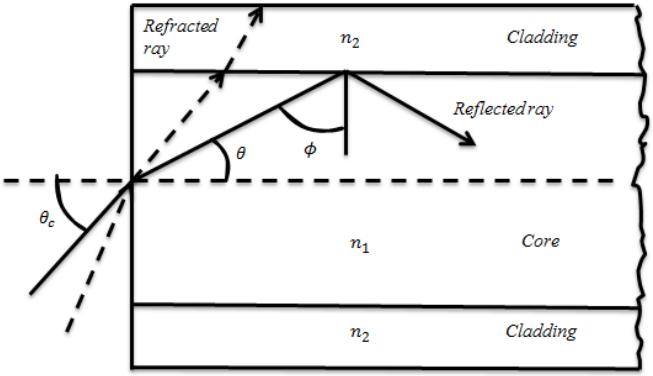


Gambar 2.2 (a) serat optik *single mode step index*, (b) serat optik *multi mode step index*, (c) serat optik *multi mode graded index*

2.2 Pemanduan Gelombang Cahaya dalam Serat Optik

2.2.1 Pemantulan dalam Total dan Sudut Kritis

Perambatan cahaya di dalam serat optik terkait dengan indeks bias dielektrik medium. Indeks bias medium didefinisikan sebagai rasio kecepatan cahaya dalam ruang hampa terhadap kecepatan cahaya dalam medium. Cahaya merambat lebih lambat di dalam media optik yang yang rapat dari pada di dalam medium yang kurang rapat (Thomas, 1995). Mekanisme pemanduan gelombang cahaya dalam serat optik berdasarkan pada prinsip pemantulan dalam total pada bidang batas core dan cladding sesuai hukum Snellius. Untuk memudahkan pemahaman mekanisme pemanduan gelombang cahaya dalam serat optik *step indeks*, digunakan teori sinar dalam mendeskripsiakn perambatan muka gelombang cahaya seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar 2.3 Proses pemanduan cahaya pada serat optik (Kaiser, 1993)

Dari gambar 2.3 diatas, dapat dibuat persamaan menurut hukum Snellius sebagai berikut:

$$n_0 \text{ Sin } \Theta_i = n_1 \text{ Sin } \Theta_r \qquad (2.1)$$

Saat sinar datang dengan sudut Θ_i karena adanya refraksi akibat perbedaan medium udara dengan serat optik, maka sinar akan berbelok menuju garis normal dengan sudut bias Θ_r dengan $n_0$adalah indeks bias udara dan n_1 adalah indeks bias serat optic. Sinar yang terrefraksi ini akan mengalami refraksi kembali sepanjang sepanjang permukaan *core* dan *cladding*. Namun, untuk terjadi pemanduan dibutuhkan sudut datang $\emptyset_c$ dimana $\emptyset_c < n_2/n_1$.

$$\sin \emptyset c = \frac{n2}{n1} \qquad (2.2)$$

Sepanjang perambatan sinar ini, sinar dengan $\emptyset > \emptyset_c$ akan terpandu dalam serat optic. Bila sudut bias 90^0, maka sudut dating harus lebih kecil daripada sudut 90^0. Hal ini adalah batas sudut

pembiasan dan sudut datang disebut sudut kritis $\emptyset_c$, untuk mendapat nilai sudut kritis maka persamaan 2.2 menjadi

$$\emptyset c = \arcsin \frac{n_1}{n_2} \tag{2.3}$$

dengan n_1 dan n_2 merupakan indeks bias *cladding* dan *core*. Bila sudut datang lebih besar daripada sudut kritis, maka berkas cahaya akan dipantulkan kembali ke medium dielektrik awal (Thomas, 1995).

2.2.2 Numerical Aperture

Dalam ungkapan sudut θ melalui hubungan $\theta_r = {}^{\pi}/_{2} - \emptyset c$ sehingga persamaan 2.1 menjadi:

$$n_0 \sin \theta_i = n_1 \sin \left({}^{\pi}/_{2} - \emptyset c \right) \tag{2.4}$$

$$n_0 \sin \theta_i = n_1 \cos \emptyset c \tag{2.5}$$

Dengan n_0 adalah indeks bias udara (n=1), kemudian persamaaan (2.3) distribusi ke dalam persamaan (2.5),

$$\sin \theta_i = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 \emptyset c}$$

$$\sin \theta_i = n_1 \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2}$$

$$\sin \theta_i = n_1 \sqrt{\frac{{n_1}^2 - {n_2}^2}{{n_1}^2}}$$

$$\sin \theta_i = \sqrt{{n_1}^2 - {n_2}^2} \tag{2.6}$$

Persamaan (2.6) menunjukan hubungan antara sudut sinar datang (*input*) dengan indeks bias ketiga medium yang saling berinteraksi. Hubungan tersebut dinyatakan sebagai tingkap

numeris atau NA (*Numerical Aperture*), sehingga nilai NA pada serat optik dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{NA} = \sqrt{{n_1}^2 - {n_2}^2} \tag{2.7}$$

Cahaya pada serat optic akan terdistribusi ke seluruh ruang, sehingga semakin besar sudut θ_i, maka semakin banyak cahaya yang tertampung ke dalam serat optik. Dari persamaan (2.7), terlihat bahwa NA maupun θ_i tidak bergantung pada ukuran atau dimensi serat optik untuk dapat mengumpulkan cahaya. Dimana perbedaan nilai n_1 dan n_2 sangat kecil, sehingga nilai Δ juga kecil. Dengan demikian bentuk persamaan (2.7) menjadi:

$$\text{NA} = n_1\sqrt{2\Delta} \tag{2.8}$$

dengan

$$.\Delta = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1}\right) \tag{2.9}$$

Umumnya nilai Δ berkisar 1% sampai 3% untuk serat optik *multimode* dan 0.2% sampai 1% untuk serat optik *singlemode*. Nilai NA untuk serat optik *step-index* berkisar 0.2 sampai 0.5 dan serat optik *graded-index* di sekitar 0.2. Kemudian untuk serat optik step-index multimode dari bahab plastic berdiameter core besar, nilai NA antara 0.3 sampai 0.5 (Thomas, 1995)

2.3 Serat Optik FD-620-10

Serat optik plastik FD-620-10 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 pantulan dalam total pada perbatasan core dan cladding. Pada serat optik FD-620-10 memiliki besar sudut keluaran 60˚ yang memiliki bentuk seperti kerucut. Pelindung bagian core dan cladding dengan coating terluar terbuat dari karet silion atau vinly cloride.

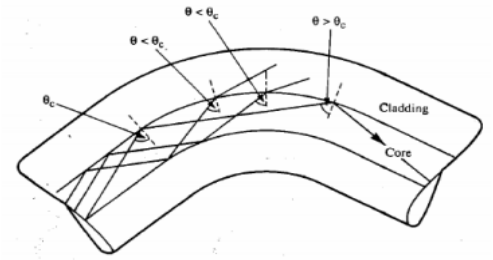
Material core dan cladding serat optik FD-620-10 terbuat dari resin sintetik poly akrilik. Dengan spesifikas material penyusun core plexyglas yang memiliki indeks bias 1,492 dan suhu transisi sekitar 105˚C dan material cladding 1,42 dengan numerical aperture 0,5 yang dimungkikan karena ketidakcocokan pemasangan pada transmitter atau recevier pada serat optik. Standar fabrikasi serat optik plastik memiliki dimensi core 980 µm dan dimensi lengkap beserta coatting 2,2 mm (Abrate,2016)

2.4 Rugi Lekukan Serat Optik

a. *Macrobend* (lekukan skala makro)

Lekukan tajam pada sebuah kabel serat optik dapat menyebabkan timbulnya rugi daya yang cukup serius, dan lebih jauh lagi kemungkinan terjadinya kerusakan mekanis (pecahnya serat optik). Pada gambar 2. berkas cahaya memiliki sudut datang yang melebihi sudut kritis, sehingga berkas cahaya dipantulkan seluruhnya kembali kedalam inti. Sehingga sinar di dalam inti terus terpandu hingga ujung serat optik.

Jika serat optik dilengkungkan, seperti pada gambar 2.4 maka garis normal akan berubah arahnya mengikuti permukaan inti akibatnya sudut sinar datang menjadi lebih kecil dibandingkan dengan sudut kritis, sehingga sinar dapat menembus inti. Semakin kecil jari-jari lengkungan maka semakin besar rugi daya yang timbul (Crisp Elliot, 2005).



Gambar 2.4 Penjalaran sinar pada inti serat optik dengan adanya lengkungan

b. *Microbend* (lekukan skala mikro)

Pada prinsipnya *microbend* menimbulkan efek yang sama dengan *macrobend*, hanya saja ukuran lekukan dan penyebab terjadinya berbeda. Jari-jari lekukan yang timbul dalam kasus ini adalah sama dengan atau kurang dari garis tengah sebuah serat optik tanpa jaket.

Permasalahan *microbend* pada umunya timbul saat proses manufaktur, penyebab yang biasa dijumpai adalai perbedaan laju pemuaian dan penyusutan antara serat optic dan lapisan pelindung luarnya. Ketika serat optik terlalu dingin, maka bagian inti serta cladding dan jaket mengalami penyusutan. Jika inti dan cladding mengalami peyusutan lebih lambat disbanding jaketnya, maka bagian inti dan cladding akan bergeser dari posisi relatifnya semula dan hal ini dapat menimbulkan lekukan-lekukan pada serat optik (Crisp Elliot, 2005).

2.5 Glukosa

Glukosa, suatu gula monosakarida, adalah salah satu karbohidrat terpenting yang digunakan sebagai sumber tenaga utama dalam tubuh. Glukosa merupakan prekursor untuk sintesis semua karbohidrat lain di dalam tubuh seperti glikogen, ribose dan deoxiribose dalam asam nukleat, galaktosa dalam laktosa susu, dalam glikolipid, dan dalam glikoprotein dan proteoglikan (Murray et al., 2003).

Kadar glukosa darah adalah istilah yang mengacu kepada tingkat glukosa di dalam darah. Konsentrasi gula darah, atau tingkat glukosa serum, diatur dengan ketat di dalam tubuh. Umumnya tingkat gula darah bertahan pada batas-batas yang sempit sepanjang hari (70-150 mg/dl). Tingkat ini meningkat setelah makan dan biasanya berada pada level terendah pada pagi hari, sebelum orang makan (Henriksen et al., 2009).

Semua sel dengan tiada hentinya mendapat glukosa ; tubuh mempertahankan kadar glukosa dalam darah yang konstan, yaitu sekitar 80-100 mg/dl bagi dewasa dan 80-90 mg/dl bagi anak, walaupun pasokan makanan dan kebutuhan jaringan berubah-ubah sewaktu kita tidur, makan, dan bekerja (Cranmer et al.,

2009). Proses ini disebut homeostasis glukosa. Kadar glukosa yang rendah, yaitu hipoglikemia dicegah dengan pelepasan glukosa dari simpanan glikogen hati yang besar melalui jalur glikogenolisis dan sintesis glukosa dari laktat, gliserol, dan asam amino di hati melalui jalur glukonoegenesis dan melalui pelepasan asam lemak dari simpanan jaringan adiposa apabila pasokan glukosa tidak mencukupi. Kadar glukosa darah yang tinggi yaitu hiperglikemia dicegah oleh perubahan glukosa menjadi glikogen dan perubahan glukosa menjadi triasilgliserol di jaringan adiposa. Keseimbangan antar jaringan dalam menggunakan dan menyimpan glukosa selama puasa dan makan terutama dilakukan melalui kerja hormon homeostasis metabolik yaitu insulin dan glukagon (Ferry, 2008).

2.6 Gelombang *Evanescent*

Gelombang *evanescent* adalah gelombang yang mengalami penurunan amplitude secara eksponensial akibat melalui medium yang lebih renggang. Di dalam serat optik, sebagian gelombang terserap dalam *cladding* dan daya menurun secara eksponensial. Gelombang *evanescent* terjadi ketika sinar datang yang masuk tidak seluruhnya terpantulkan akan tetapi ada sebagian yang ditransmisikan ke medium antara prisma dengan lapisan tipis yang dikenal dengan peristiwa Frustrated Total Internal Reflection (FTIR) (Pedrotti, 1993).

Pengoplingan gelombang *evanescent* merupakan proses gelombang elektromagnetik yang bertransmisi dari medium satu ke medium lainya seperti medium elektromagnetik *evanescent.* Energi pada medan *evanescent* akan kembali ke medium awal, tetapi pada medium kedua energi tersebut akan diteruskan ke daerah penetrasi dengan demikian medan pada medium lebih renggang tidak sama dengan nol sehingga mengakibatkan penurunan daya (Pedrotti, 1993).

Dalam pembahasan tentang perambatan gelombang cahaya dengan pemantulan dalam total melalui sebuah serat optic disebutkan bahwa terjadi peristiwa *cross-talk*, kopling dari energy gelombang ke dalam medium lain ketika energy tersebut dibawa

cukup dekat dengan gelombang pantul. Rugi energi ini digambarkan sebagai *frustrated total reflection.* Kedalampenetrasi gelombag ini bergantung dari nilai indeks bias *cladding* relative terhadap indeks bias c*ore.* Semakin dalam penetrasi gelombang ini semakin rendah daya yang ditransmisikan (Pedrotti, 1993).

2.7 Hubungan Konsentrasi dengan Indeks Bias

Konsentrasi larutan adalah perbandingan zat terlarut terhadap pelarutnya . Massa zat terlarut berpengaruh terhadap massa jenis larutan, dimana sekain besar massa zat, maka massa jenis akan semakin besar pula, dengan syarat volume tetap.

$$\rho = \frac{m}{v} \tag{2.10}$$

Indeks bias, adalah perbandingan laju cahaya dalam ruang hampa terhadap laju cahaya dalam medium. Konsentrasi larutan dan indeks bias memiliki hubungan linier,artinya semakin besar konsentrasi larutan, indeks bias juga akan semakin besar (Yunus, 1989).

Dalam rugi daya, terjadi pelemahan daya input sehingga menghasilkan daya output yang berkurang atau mengalami peredaman. Peredaman ini mengakibatkan amplitudo masukan menjadi lebih kecil dibandingkan dengan keluaran. Peredaman ini disebabkan beberapa faktor, dari penyerapan, hamburan, dan pelengkungan / *bending* (Farrei, 2002).

Secara mikroskopik, ada beberapa faktor yang menyebabkan beberapa peredaman intensitas cahaya. Yang pertama adalah hamburan dalam serat optik dan juga *microbending*. Pada molekul-molekulini yang mempengaruhi indeks bias, baik pada *cladding* maupun pada bagian *core* (Keiser, 1993).

Dengan pemberian larutan tertentu sebagai pengganti *cladding* akan memberikan variasi pada indeks bias serat optik. Perubahan indeks bias ini mengakibatkan adanya hamburan

Reylegh dari cahaya datang. Berkas sinar cahaya yang mengenai zat dalam serat optik ini akan menyebabkan terhamburnya berkas-berkas ke segala arah, sehingga menjauhkan sinar dari garis normal, dan daya yang terbentuk mengalami penurunan intensitas.

Ditinjau dari segi matematisnya, dengan menggunakan persamaan NA, mampu dilihat besarnya sinus sudut pancaran maksimal dari sumber optik yang merambat pada *core* yang masih dapat dipantulkan total. Bila nilai indeks bias *cladding* semakin besar dan mendekati nilai indeks bias *core*, NA yang terbentuk semakin kecil sehingga cahaya yang merambat pun akan berkurang (D.A.Krohn, 2000).

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III
METODOLOGI

3.1 Peralatan dan Bahan

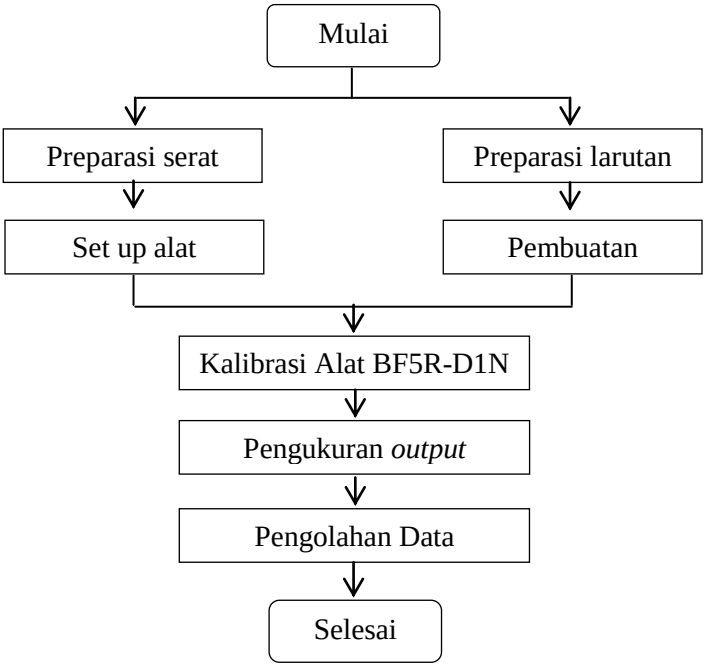
Peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Power Supply
2. BF5R D1-N 2 buah
3. DIN Rail 2 buah
4. Statip
5. Selotip
6. Gunting
7. Cutter
8. Penggaris
9. Pengupas Serat Optik (Akrilik)
10. *Fiber Cutter*
11. Gelas beker 250 mL
12. *Magnetic Stirer* dan *Hot Plate*
13. Timbangan
14. Gelas Plastik
15. Mikroskop Stereo
16. *Optical Power Meter* (OPM)

Bahan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Serat Optik Multimode Step Index FD-620-10
2. Aseton 96%
3. Glukosa
4. Aquades

3.2 Diagram Alir Penelitian

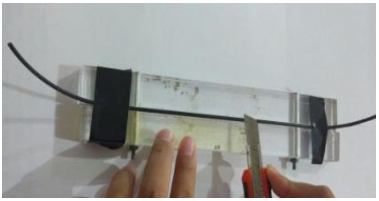


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.3 Pengupasan Coating dan Cladding Serat Optik

Serat optik yang digunakan pada penelitian ini sepanjang 30cm dengan jumlah 9 buah, pemotongan dilakukan dengan menggunakan *fiber cutter*. Selanjutnya dilakukan pengupasan ditengah bagian serat dengan panjang kupasan 2 cm, 3 cm, dan 4 cm yang masing-masing sebanyak 3 buah, dengan menggunakan pengupas serat optik (akrilik) dan *cutter*. Selanjutnya dilakukan pengupasan *cladding* dengan cara merendam bagian serat optik yang telah terkelupas *coating*nya kedalam aseton 96% selama kurang lebih 30 menit.

(a)

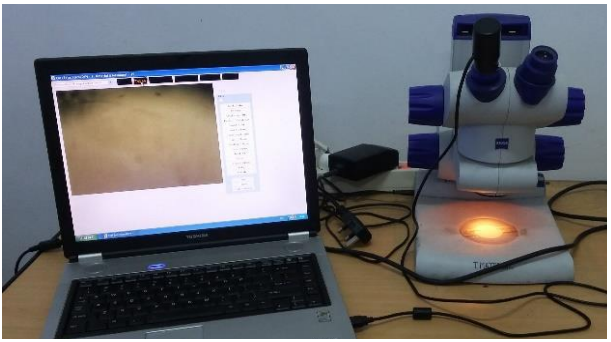


(b)

(c)

Gambar 3.2 Proses fabrikasi daerah *sensing* (a) Pemotongan serat optik, (b) Pengupasan *coating*, dan (c) Perendaman serat optik pada aseton 96%

3.4 Pengamatan Struktur Permukaan *Core*



Gambar 3.3 Pengamatan struktur permukaan core

Pengamatan struktur permukaan *core* dilakukan di Laboratorium Metal, Jurusan Material Metalurgi ITS. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui kerataan permukaan *core.* Pengamatan ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop

stereo dengan meletakan serat optik yang telah dikupas pada meja preparat dan dilakukan perbesaran mikro sehingga dapat diamati pada komputer yang terhubung ke mikroskop *stereo*.

3.5 Pembuatan Larutan Glukosa

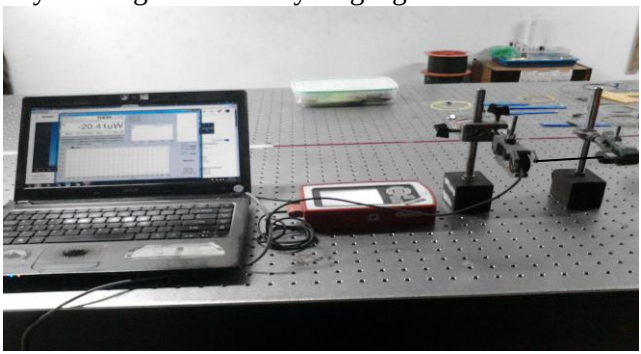
Larutan glukosa yang akan dibuat terdiri dari 6 konsentrasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Pada pembuatan larutan glukosa 5% dibutuhkan 5 gram glukosa dalam 100ml aquades. Langkah awal melarutkan glukosa dalam aquades yaitu menimbang glukosa dengan menggunakan timbangan, kemudian glukosa yang sudah ditimbang ditambahkan aquades 30ml yang selajutnya diaduk dengan *magnetic stirrer* dan *hot plate* diberi suhu 110° C selama 15 menit atau sampai glukosa terlarut seluruhnya yang ditandai dengan larutan menjadi bening, setelah glukosa terlarut oleh aquades sebanyak 30ml, ditambahkan lagi aquades 70ml. Hal ini bertujuan untuk mempercepat proses pelarutan glukosa. Jika dilakukan proses pelarutan dengan langsung menambahkan aquades sebanyak 100ml waktu yang dibutuhkan untuk melarutkan glukosa menjadi lebih lama.

Gambar 3.4 Pembuatan larutan glukosa

3.6 Kalibrasi BF5R-D1N

Kalibrasi BF5R-D1N dilakukan di Laboratorium Rekayasa Fotonika Departemen Teknik Fisika ITS. Kalibrasi dilakukan

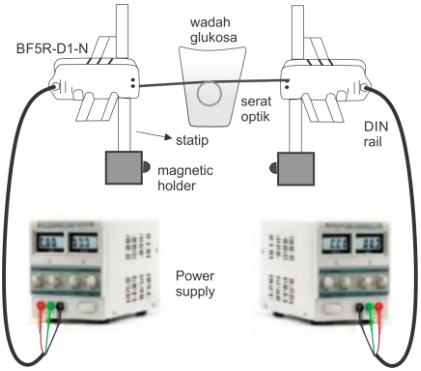
dengan cara menghubungkan input BF5R-D1-N dengan output BF5R-D1-N menggunakan serat optik sepanjang 10 cm, diamati perubahan keluaranya seiring dengan bertambahnya tegangan yang diberikan, dan dilakukan hal yang sama input BF5R-D1-N dihubungkan dengan detektor pada *Optical Power Meter* dengan serat optik sepanjang 10 cm dan diamati perubahan daya keluaranya seiring bertambahnya tegangan.



Gambar 3.5 Skema Kalibrasi BF5R-D1-N

3.7 Tahap Pengukuran Daya Keluaran

Pengukuran daya keluaran dilakukan sesuai dengan skema alat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Skema alat

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

4.1.1 Analisa Fabrikasi *Probe Sensing* dengan Mikroskop Stereo

Proses pengupasan coating pada serat optik merupakan hal yang penting pada penelitian ini. Kesalahan dalam mengupas *coating* akan mempengaruhi kondisi *cladding* dan *core* serat optik. Kesalahan dalam proses pengupasan *coating*, seperti *cladding* lecet karena terkena pisau cutter, mengakibatkan serat optik mudah patah saat direndam dalam aseton. Selain itu, lecet karena ketidak hati-hatian dalam mengupas coating juga mengakibatkan core mengalami cacat, hal ini akan berpengaruh pada hasil pengukuran daya keluaran. Oleh karena itu, untuk mengetahui permukaan *core* setelah dikupas *coating* dan *cladding* dilakukan pengamatan dengan menggunakan mikroskop stereo.

Fabrikasi daerah *sensing* telah selesai dilakukan dengan panjang kupasan 2 cm, 3 cm, dan 4 dengan tahap seperti pada bab III, yang kemudian dilakukan pengamatan struktur permukaan core dengan hasil seperti pada Gambar 4.1.

(a)

(b)

(c)

Gambar 4.1 Hasil pengamatan permukaan core serat optik menggunakan mikroskop stereo (a) panjang kupasan 2 cm, (b) panjang kupasan 3 cm, dan (c) panjang kupasan 4 cm.

Hasil pengamatan yang didapat permukaan *core* tidak mengalami kecacatan tetapi masih ada *cladding* berupa serabut tipis yang masih melekat pada *core*. Sehingga dilakukan perendaman kembali dengan waktu singkat untuk membersihkan sisa-sisa *cladding* yang tersisa.

Serat optik yang hanya tersisa core jika disinari menggunakan sumber cahaya (laser maupun LED) akan terjadi pembiasan cahaya dari *core* menuju udara sepanjang daerah kupasan. Hal ini terjadi karena udara menjadi cladding pengganti, sehingga nilai sudut kritis sepanjang daerah sudut kritis menjadi lebih besar. Berubahnya sudut kritis menyebabkan cahaya dengan sudut datang yang lebih kecil dari sudut kritis akan terbias keluar dari *core* menuju udara.

Sembilan buah serat optik yang telah dikupas bagian *coating* dan *cladding* selanjutnya dibentuk menjadi single loop dengan variasi diameter kelengkungan 2 cm, 3 cm, dan 4 cm.

4.1.2 Analisa Hasil Kalibrasi BF5R-D1-N dengan Menggunakan *Optical Power Meter*

BF5R-D1-N merupakan sensor serat optik yang terdiri dari sumber cahaya dan detektor. Sumber cahaya pada BF5R-D1-N merupakan LED warna merah dengan panjang gelombang 660 nm. Detektor pada BF5R-D1-N adalah fototransistor tipe NPN.

Kalibrasi ini dilakukan karena nilai yang terbaca pada BF5R-D1-N merupakan nilai tanpa satuan, sehingga dibutuhkan kalibrasi dengan mengan menggunakan *Optical Power Meter* sehingga didapat nilai daya keluaran dengan satuan Watt. Nilai yang terbaca pada BF5R-D1-N dan *Optical Power Meter* dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1 Nilai yang terbaca pada BF5R-D1-N

Tegangan (V)	BF5R-D1-N
8	1997
8,5	2253
9	2325
9,5	2432
10	2465

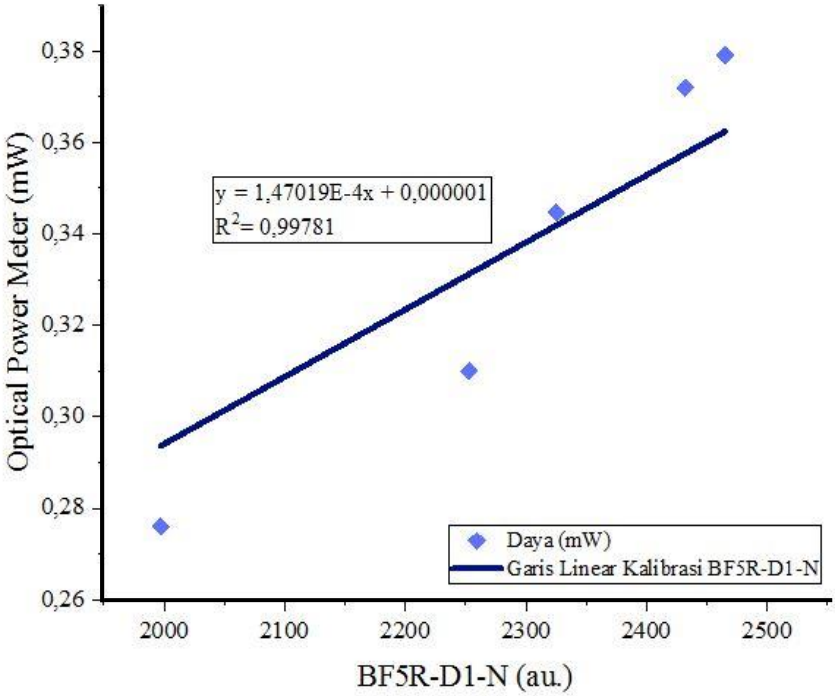
Tabel 4.2 Nilai yang terbaca pada *Optical Power Meter*

Tegangan (V)	OPM (mW)
8	0,276
8,5	0,310
9	0,345
9,5	0,372
10	0,379

Dari data diatas kemudian diolah menjadi grafik pada Gambar 4.1 dan didapat regresi linearnya. Regresi linear merupakan suatu persamaan yang membentuk hubungan antara variabel terikat y dan variabel bebas x. Pada grafik tersebut nilai

regresi linear y=1,47019E-4x+ 0,000001, dan koefisien determinasi R^2=0,99781 hal ini berarti 99,78 % nilai yang terbaca pada BF5R-D1-N berkorelasi dengan nilai daya yang terbaca pada *Optical Power Meter*.

Pengambilan data kalibrasi ini dilakukan pengulangan sebanyak sepuluh kali, kemudian diambil nilai rata-ratanya. Tegangan yang digunakan 8V-10V, sebab pada saat diberikan tegangan dibawah 8V BF5R-D1-N tidak menyala dan saat diberikan tegangan lebih dari 10V nilai yang terbaca pada BF5R-D1-N dan *Optical Power Meter* memiliki nilai yang tetap.



Gambar 4.3 Kalibrasi BF5R-D1-N dengan *Optical Power Meter*

4.1.3 Analisa Daya Keluaran pada Panjang Kupasan 2 cm

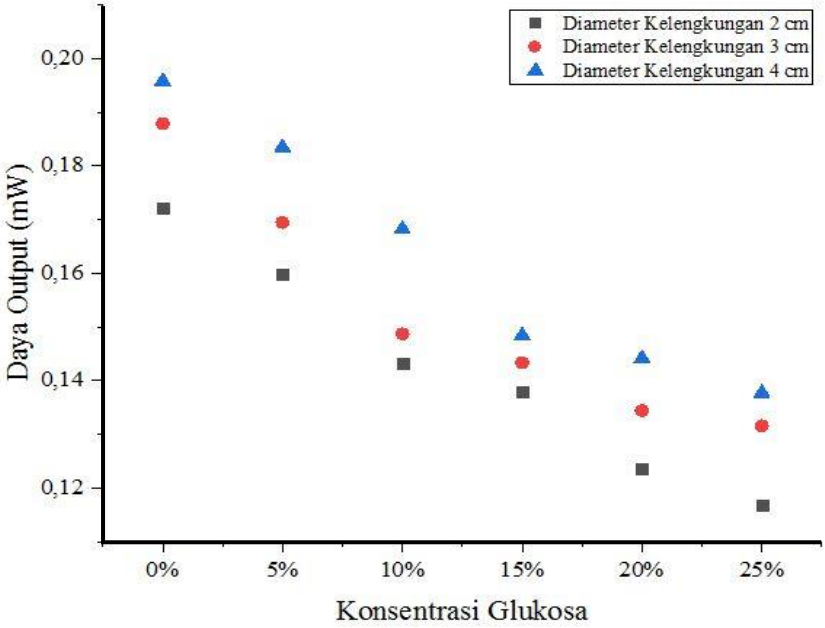
Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan pada serat optik dengan panjang kupasan 2 cm didapat daya keluaran (mW) pada tiap-tiap diameter kelengkungan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengukuran daya keluaran pada panjang kupasan 2 cm

Konsentrasi	Daya Keluaran (mW)		
	Diameter Kelengkungan		
	2 cm	3 cm	4 cm
0%	0,172219	0,187891	0,191126
5%	0,159958	0,169485	0,183481
10%	0,143139	0,148725	0,16822
15%	0,137934	0,143374	0,148431
20%	0,123703	0,134465	0,144168
25%	0,116911	0,131583	0,137728

Dari data yang telah disajikan pada Tabel 4.3 dapat dibuat dalam bentuk grafik hubungan antara daya keluaran dengan konsentrasi glukosa seperti pada Gambar 4.4, dalam grafik tersebut masing-masing warna titik yang sama mewakili serat optik dengan diameter kelengkungan 2 cm, 3 cm, dan 4cm.

Dari grafik tersebut dapat dilihat seiring bertambahnya konsentrasi glukosa yang diberikan 0% hingga 25% semakin menurun daya keluaran yang terukur. Selain itu nilai daya keluaran juga dipengaruhi oleh diameter kelengkungan, semakin besar diameter kelengkungan nilai daya keluaran semakin besar pula.



Gambar 4.4 Hubungan Daya Keluaran dengan Konsentrasi Glukosa pada Panjang Kupasan 2 cm

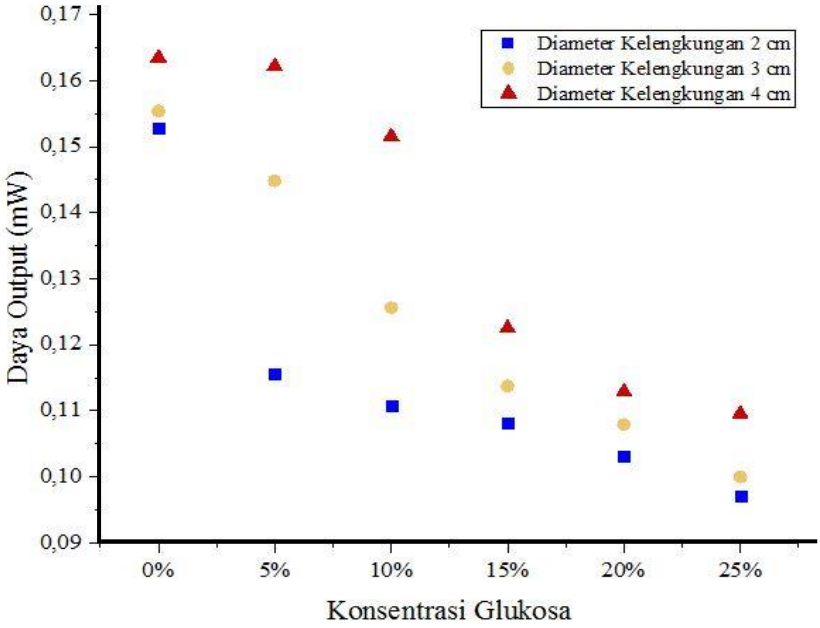
4.1.4 Analisa Daya Keluaran pada Panjang Kupasan 3 cm

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan pada serat optik dengan panjang kupasan 3 cm didapat daya keluaran (mW) pada tiap-tiap diameter kelengkungan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil pengukuran daya keluaran pada panjang kupasan 3 cm

Konsentrasi	Daya Keluaran (mW)		
	Diameter Kelengkungan		
	2 cm	3 cm	4 cm
0%	0,152901	0,1554	0,163486

5%	0,115646	0,144844	0,162163
10%	0,110795	0,125585	0,151548
15%	0,108089	0,113764	0,122497
20%	0,103061	0,107884	0,112853
25%	0,097034	0,099974	0,10953



Gambar 4.5 Hubungan Daya Keluaran dengan Konsentrasi Glukosa pada Panjang Kupasan 3 cm

Dari data yang telah disajikan pada Tabel 4.4 dapat dibuat dalam bentuk grafik hubungan antara daya keluaran dengan konsentrasi glukosa seperti pada Gambar 4.5, dalam grafik

tersebut masing-masing warna titik yang sama mewakili serat optik dengan diameter kelengkungan 2 cm, 3 cm, dan 4cm.

Dari grafik tersebut dapat dilihat seiring bertambahnya konsentrasi glukosa yang diberikan 0% hingga 25% semakin menurun daya keluaran yang terukur. Selain itu nilai daya keluaran juga dipengaruhi oleh diameter kelengkungan, semakin besar diameter kelengkungan nilai daya keluaran semakin besar pula.

4.1.5 Analisa Daya Keluaran pada Panjang Kupasan 4 cm

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan pada serat optik dengan panjang kupasan 3 cm didapat daya keluaran (mW) pada tiap-tiap diameter kelengkungan pada Tabel 4.5.

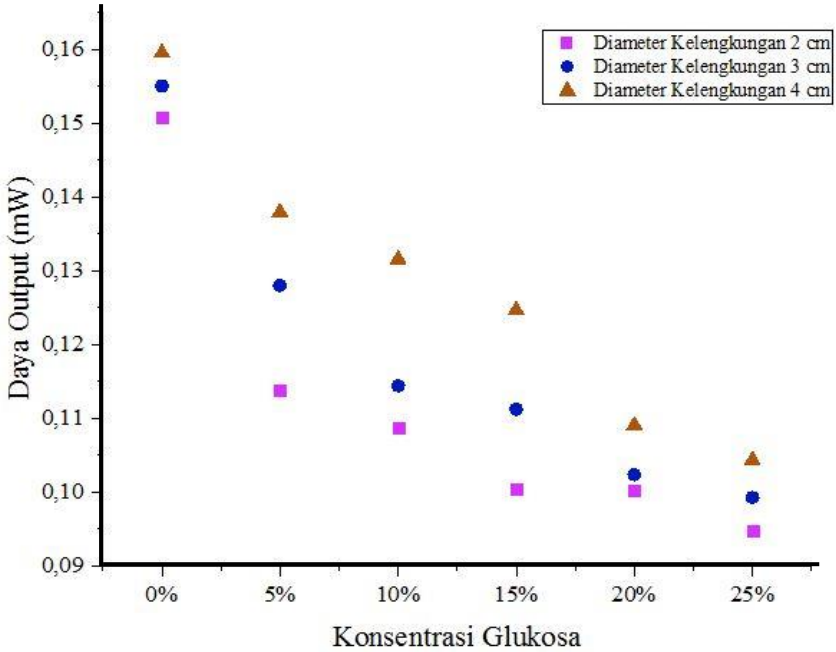
Tabel 4.5 Hasil pengukuran daya keluaran pada panjang kupasan 4 cm

Konsentrasi	Daya Keluaran (mW)		
	Diameter Kelengkungan		
	2 cm	3 cm	4 cm
0%	0,150842	0,155018	0,159517
5%	0,113794	0,127996	0,137905
10%	0,108795	0,114382	0,131554
15%	0,100444	0,111206	0,124644
20%	0,10015	0,102356	0,10903
25%	0,094828	0,099239	0,104326

Dari data yang telah disajikan pada Tabel 4.5 dapat dibuat dalam bentuk grafik hubungan antara daya keluaran dengan konsentrasi glukosa seperti pada Gambar 4.6, dalam grafik tersebut masing-masing warna titik yang sama mewakili serat optik dengan diameter kelengkungan 2 cm, 3 cm, dan 4cm.

Dari grafik tersebut dapat dilihat seiring bertambahnya konsentrasi glukosa yang diberikan 0% hingga 25% semakin

menurun daya keluaran yang terukur. Selain itu nilai daya keluaran juga dipengaruhi oleh dimeter kelengkungan, semakin besar diameter kelengkungan nilai daya keluaran semakin besar pula.



Gambar 4.6 Hubungan Daya Keluaran dengan Konsentrasi Glukosa pada Panjang Kupasan 4 cm

4.1.6 Analisa Nilai Sensitivitas Sensor

Dari hasil pengukuran daya keluaran yang telah disajikan pada Tabel 4.3, 4.4, dan 4.5 dapat dilakukan perhitungan nilai sensitivitas dan resolusi. Sensitivitas yaitu perbandingan perubahan daya keluaran terhadap perubahan konsentrasi, dan resolusi yaitu nilai kosentrasi terkecil yang dapat diukur oleh sensor.

Sensitivitas pada penelitian ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$S=\frac{W_{max}-W_{min}}{\%_{max}}$$

dimana $\%_{max}$ merupakan persen konsentrasi glukosa maksimum pada pengukuran ini.

Resolusi pada penelitian ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$R=\frac{N}{S}$$

dimana N adalah skala terkecil dari *optical power meter* yaitu 0,001 µW dan S adalah nilah sensitivitas.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan nilai sensitivitas dan resolusi sensor

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Nilai Sensitivitas (mW/%)	Resolusi
2 cm	2 cm	0,221	0,000005
	3 cm	0,214	0,000005
	4 cm	0,214	0,000005
3 cm	2 cm	0,223	0,000004
	3 cm	0,222	0,000005
	4 cm	0,216	0,000005
4cm	2 cm	0,224	0,000004
	3 cm	0,223	0,000004
	4 cm	0,221	0,000005

4.2 Pembahasan

Penelitian analisis sensor pengukuran konsentrasi glukosa dengan prinsip *macrobending* pada serat optik *multimode step-index* telah dilakukan dengan variasi diameter kelengkungan sebesar 2 cm, 3 cm, dan 4 cm dan panjang kupasan 2 cm, 3 cm,

dan 4 cm. Larutan glukosa yang diuji memiliki konsentrasi 0% (aquades), 5%, 10%, 15% dan 25%. Sumber cahaya digunakan dalam penelitian ini yaitu LED merah yang terdapat pada BF5R-D1-N dengan panjang gelombang 660 nm. LED yaitu semikonduktor dengan sambungan p-n yang memancarkan cahaya bila diberi tegangan bias maju. Detektor yang digunakan juga terdapat pada BF5R-D1-N yaitu fototransistor tipe NPN. Fototransistor tipe NPN yaitu semikonduktor tipe P yang diapit oleh tipe N, dimana semikonduktor tipe P menjadi basis, semikonduktor tipe N dengan elektron lebih banyak menjadi emitor, sedangkan semikonduktor tipe N dengan elektron lebih sedikit sebagai kolektor.

Dalam penelitian ini sebelum dilakukan proses pengambilan data dilakukan kalibrasi alat terlebih dahulu dengan membandingkan hasil keluaran pada BF5R-D1-N dengan *optical power meter* dengan cara menghubungkan input BF5R-D1-N dengan output BF5R-D1-N menggunakan serat optik sepanjang 10 cm, diamati perubahan keluaranya seiring dengan bertambahnya tegangan yang diberikan dan didapatkan hasil pengukuran pada Tabel 4.1, dan dilakukan hal yang sama input BF5R-D1-N dihubungkan dengan detektor pada *optical power meter* dengan serat optik sepanjang 10 cm dan diamati perubahan daya keluaranya seiring bertambahnya tegangan yang diberikan dan didapatkan hasil pengukuran seperti pada Tabel 4.2. Dari kedua hasil pengukuran tersebut dapat disajikan dalam bentuk grafik yang terlihat pada Gambar 4.3, dan didapat regresi linier, sebagai persamaan kalibrasi.

Pada pembuatan daerah sensing, harus sangat berhati-hati agar tidak ada cacat didaerah permukaan *core*, karena hal ini berpotensi mempengaruhi daya keluaran. Pembuatan daerah sensing atau daerah kupasan yang tidak rata menyebabkan pemantulam dalam total terjadi, karena yang terjadi adalah pemantulan baur. Sehingga diperlukan pengamatan kerataan permukaan *core* dengan mikroskop stereo.

Konsentrasi larutan merupakan perbandingan antara zat terlarut terhadap pelarutnya dalam percobaan ini menggunakan glukosa sebagai zat terlarut dan aquades sebagai pelarutnya. Hubungan antara konsentrasi larutan dengan rugi daya dapat dijelaskan sebagai berikut, semakin besar konsentrasi, maka medium juga semakin rapat sehingga kecepatan cahaya dalam medium semakin rendah, indeks bias semakin besar. Indeks bias dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara kecepatan cahaya dalam ruang hampa udara dengan cepat rambat cahaya pada suatu medium.

Perambatan cahaya dalam serat optik berdasarkan prinsip pemantulan dalam total. Cahaya dapat mengalami pemantulan dalam total jika memenuhi dua persyaratan yaitu indeks bias *core* lebih besar dari indeks bias *cladding* dan sudut datang cahaya lebih besar dari sudut kritis. Besar sudut kritis ini bergantung pada indeks bias *core* dan *cladding*. Pada penelitian ini, sepanjang daerah kupasan peran cladding digantikan oleh larutan glukosa dengan konsentrasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 25%. Besarnya konsentrasi mempengaruhi indeks bias sehingga hal ini berpengaruh pada sudut kritis. Indeks bias cladding yang semakin besar, membuat sudut kritis semakin besar pula. Hal ini menyebabkan sinar yang ditransmisikan pada daerah sepanjang kupasan menurun, karena banyak sinar dengan sudut datang yang lebih kecil menyebabkan sinar terbias keluar dari *core*.

Besar daya keluaran selain dipengaruhi oleh konsentrasi larutan, juga dipengaruhi oleh panjang kupasan. Semakin panjang daerah kupasan semakin banyak sinar yang dibiaskan keluar dari *core*, sehingga daya keluaran semakin kecil saat panjang kupasan semakin besar. Besar diameter kelengkungan juga mempengaruhi daya keluaran, semakin kecil diameter kelengkungan sinar yang terbias keluar dari *core* semakin banyak, hal ini dikarenakan perubahan bidang normal pada batas permukaan *core* dan larutan dari posisi sebelum dilengkungkan besar, menyebabkan sinar terbias keluar dari *core* semakin besar.

Besar pengaruh panjang kupasan, diameter kelengkungan, dan konsentrasi dapat dilihat pada grafik Gambar 4.4, 4.5, dan 4.6. Pada ketiga grafik tersebut dapat diketahui semakin besar konsentrasi larutan glukosa yang diuji semakin kecil daya keluaran yang terukur. Semakin panjang daerah kupasan semakin kecildaya keluaran, dan semakin besar diameter kelengkungan semakin besar pula daya keluaran yang terukur hal ini dikarenkan sesuai dengan pembahasan pada paragraf sebelumnya.

Adapun faktor lain yang dapat mempengaruhi daya keluaran yang terukur adalah *evanescent wave*. Pada faktor ini yang berpengaruh juga perbedaan indeks bias core dan indeks bias larutan pada daerah kupasan. Semakin besar indeks bias larutan semakin besar pula nilai *dp* (kedalaman penetrasi) yang dialami, sinar yang melewati *core* serat optik dengan cladding larutan glukosa akan mengalami absorpsi sehingga terjadi pelemahan.

Pada penelitian ini, dihitung pula nilai sensitivitas dan resolusi. Sensitifitas yaitu perbandingan antara perubahan daya keluaran dengan perubahan konsentrasi. Nilai sensitivitas semakin besar jika ukuran diameter kelengkungan diperkecil, dan panjang kupasan diperbesar. Nilai sensitivitas telah disajikan pada Tabel 4.6, nilai sensitivitas terbesar yaitu 0,224 mW/% pada serat optik dengan diameter kelengkungan 4 cm dan panjang kupasan 2 cm. Nilai resolusi juga telah disajikan pada Tabel 4.6. Resolusi adalah nilai konsentrasi terkecil yang dapat diukur, nilai resolusi berbanding terbalik dengan sensitivitas, pada penelitian ini resolusi pengukuran sebesar 0,000005% dan 0,000004%.

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan dapat diambil kesimpulan diantaranya:

1. Telah dihasilkan sensor pengukuran konsentrasi glukosa prinsip *macrobending* pada serat optik *multimode step-index*
2. Pengaruh diameter kelengkungan terhadap daya keluaran berbanding lurus, semakin besar diameter kelengkungan semakin besar daya keluaran. Sedangkan pengaruh panjang kupasan terhadap daya keluaran berbanding terbalik , semakin besar panjang kupasan semakin kecil daya keluaran yang didapat.
3. Sensitivitas semakin besar seiring bertambahnya panjang kupasan, dan semakin kecilnya diameter kelengkungan yang diberikan, dimana nilai sensitivitas terbesar yaitu 0,224 mW/% pada serat optik dengan diameter kelengkungan 4 cm dan panjang kupasan 2 cm. Sedangkan resolusi berbanding terbalik dengan sensitivitas, dimana nilai resolusi sebesar 0,000005% dan 0,000004%.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian ini yaitu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi diameter kelengkungan dan panjang kupasan dengan kenaikan 0,5 cm.

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Abrate, Silvio, 2016. ***Current Developments in Optical Fiber Technology***. Torino: Instuto Superiore Boella

Autonics, 2013. **FD-620-10**.

Cranmer H, Shannon M, 2009. ***Hypoglycemia***. Available from: http://www.medscape.com/viewarticle/ 802334

Crisp, Elliot, 2005. **Sebuah Pengantar: Serat Optik**. Jakarta: Erlangga

D.A.Krohn, 2000. ***Fiber Optic Sensors: Fundamental and Applications***. Pennsylvania: Pennsylvania State University.

Dachao Li, 2015. ***U-shaped fiber-optic ATR sensor enhanced by silver nanoparticles for continuous glucose monitoring. Biosensor and Bioelectronics*** 72(2015)370-375

Dachao Li, 2015. ***A-single-loop fiber attenuated total reflection sensor enhanced by silver nanoparticles for continuous glucose monitoring*. Sensors and Actuators B 220 (2015) 1033-1042**

Fina Nurul Aini, 2012, **Deteksi Kadar Glukosa dalam Air Destilasi Berbasis Sensor Pergeseran menggunakan Fiber Coupler**

Ferry R. J., 2008. **Fructose 1,6-Diphosphatase Deficiency**, available: http://emedicine.medscape.com/article/943882-overview

Henrikson JE, Bech-Nielsen H, 2009. **Blood Glucose Levels**. Available from: http://www.netdoctor.co.uk/healthadvice/ .htm

Imam Khambali., Endarko, 2014. **Rancang Bangun Sensor Polimer Serat Optik untuk Pendeteksi Konsentrasi Ion Ca^{2+} dalam Air**. Volume 4 nomor 2 ISSN:2089-6158

Keiser, Gerd.1993.***Optical Fiber Communications 3rd Edition*.** New York: McGraw-Hil

Murray RK, Granner DK, Mayes PA, Rodwell, 2003. **Carbohydrates of Physiologic Significance**. In: Meyes P. A., Bender D. A. 26th ed. Harper'sIllustrated Biochemistry. USA: Appleton & Lange, 102-110.

Nugraha, Andi Rahman. 2006. **Serat Optik**. Yogyakarta: Andi

Pedrotti, F.L. 1993. ***Introduction to Optics***. USA: Prentice-Hall International Inc.

Powers, John. 1997. ***An Introduction To Fiber Optic Systems. 2nd Edition***. New York: Mc Graw Hill.

Thomas. 1995. **Optoelektronika Komunikasi Serat Optik**. Yogyakarta: Andi

Yunus, W. M. 1989. ***Refractive Index of Solution at High Concentrations***. OSA.

Lampiran I

1. Data hasil pengukuran panjang kupasan 2 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 0%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
2	2	0%	1171
			1172
			1172
			1170
			1172
	3		1266
			1262
			1263
			1250
			1252
	4		1300
			1301
			1299
			1300
			1300

2. Data hasil pengukuran panjang kupasan 2 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 5%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
2	2	5%	1088
			1089

			1088
			1087
			1088
	3		1154
			1153
			1154
			1153
			1150
	4		1248
			1248
			1246
			1252
			1246

3. Data hasil pengukuran panjang kupasan 2 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 10%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
2	2	10%	972
			973
			976
			975
			972
	3		1011
			1012
			1013
			1012
			1010

	4		1144
			1143
			1143
			1146
			1145

4. Data hasil pengukuran panjang kupasan 2 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 15%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
2	2	15%	937
			938
			939
			940
			937
	3		976
			975
			974
			976
			975
	4		1009
			1010
			1009
			1010
			1010

5. Data hasil pengukuran panjang kupasan 2 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 20%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
2	2	20%	841
			842
			839
			843
			842
	3		915
			914
			915
			915
			914
	4		981
			980
			979
			982
			981

6. Data hasil pengukuran panjang kupasan 2 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 25%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
2	2	25%	796
			794
			795

			795
			796
	3		896
			895
			894
			895
			895
	4		936
			937
			936
			938
			937

7. Data hasil pengukuran panjang kupasan 3 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 0%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
3	2	0%	1040
			1040
			1040
			1040
			1040
	3		1057
			1057
			1057
			1057
			1057
	4		1112

			1112
			1112
			1112
			1112

8. Data hasil pengukuran panjang kupasan 3 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 5%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
3	2	5%	788
			785
			788
			785
			787
	3		986
			985
			983
			985
			987
	4		1103
			1103
			1103
			1103
			1103

9. Data hasil pengukuran panjang kupasan 3 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 10%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
3	2	10%	755
			754
			753
			754
			752
	3		856
			853
			855
			854
			853
	4		1030
			1031
			1032
			1030
			1031

10. Data hasil pengukuran panjang kupasan 3 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 15%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
3	2	15%	736
			735
			736

			736
			733
	3		776
			774
			772
			774
			773
	4		835
			833
			832
			834
			832

11. Data hasil pengukuran panjang kupasan 3 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 20%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
3	2	20%	700
			700
			701
			702
			702
	3		734
			735
			733
			735
			732
	4		767

			768
			767
			767
			769

12. Data hasil pengukuran panjang kupasan 3 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 25%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
3	2	25%	660
			660
			660
			660
			660
	3		680
			680
			680
			680
			680
	4		745
			746
			744
			745
			745

13. Data hasil pengukuran panjang kupasan 4 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 0%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
4	2	0%	1026
			1026
			1026
			1026
			1026
	3		1056
			1053
			1055
			1054
			1054
	4		1122
			1123
			1122
			1122
			1123

14. Data hasil pengukuran panjang kupasan 4 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 5%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
4	2	5%	773
			774
			774

			774
			775
	3		870
			871
			871
			871
			870
	4		938
			938
			938
			938
			938

15. Data hasil pengukuran panjang kupasan 4 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 10%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
4	2	10%	738
			741
			738
			741
			742
	3		780
			776
			780
			778
			776
	4		896

			894
			897
			892
			895

16. Data hasil pengukuran panjang kupasan 4 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 15%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
4	2	15%	682
			683
			684
			684
			683
	3		756
			757
			757
			756
			756
	4		846
			849
			848
			849
			847

17. Data hasil pengukuran panjang kupasan 4 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 20%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
4	2	20%	645
			645
			645
			645
			645
	3		675
			675
			675
			675
			675
	4		740
			742
			743
			741
			742

18. Data hasil pengukuran panjang kupasan 4 cm dengan konsentrasi larutan glukosa 25%

Panjang Kupasan	Diameter Kelengkungan	Konsentrasi	Hasil
4	2	25%	671
			673
			672

			672
			673
	3		682
			683
			683
			682
			683
	4		710
			709
			710
			711
			708

LAMPIRAN II

Fiber Optic Cable

Specifications (diffuse reflective type)

(based on Non-glossy white paper)

Type	Appearance	Feature	Model	Sensing distance (mm)	Min. sensing target*3	Allowable bend radius	Cable length(L)*4	Temp.
Flexible type*2	Line-up	Flat type /Top view	FDFU-210-05R	35*1	Ø0.0125	R1	1m Free cut	-40 to 60°C
	Line-up	Flat type /Side view	FDFN-210-05R	30*1				
	Line-up	Flat type /Flat view	FDF-210-05R					
	Line-up	M3 Bolt	FD-320-05R	35*1	Ø0.0125		2m Free cut	
	Line-up	M4 Bolt	FD-420-05R					
	Line-up	M6 Bolt	FD-620-10R	130*1	Ø0.04			
Bracket-mounted type*2	Line-up	M3 Bolt	FD-320-06B	35*2	Ø0.0125	R5		
	Line-up	Ø3 Cylinder type	FDC-320-06B					
	Line-up	M4 Bolt	FD-420-06B					
	Line-up	M6 Bolt	FD-620-13B	100*2				
Standard type		M3 Bolt	FD-320-05	40*2	Ø0.03	R15		-40 to 70°C
		M4 Bolt	FD-420-05					
		Ø3 Cylinder type	FDC-320-05					
		Ø3 Cylinder type SUS type (90mm)	FDCS-320-05			15R (SUS part 10R)		
		M3 Bolt SUS type (90mm)	FDS-320-05					
		M3 Bolt SUS type (45mm)	FDS2-320-05					
		M4 Bolt SUS type (90mm)	FDS-420-05					
		M4 Bolt SUS type (45mm)	FDS2-420-05					
		M6 Bolt	FD-620-10	120*2		R30		
		M6 Bolt SUS type (90mm)	FDS-620-10			30R (SUS part 10R)		
		M6 Bolt SUS type (45mm)	FDS2-620-10					
		Plastic	FDP-320-10			R30		

■ Lens unit for long distance detection(sold separately)

◎ Model : FTL-M26

<Lens unit> <Mounting at cable>

◎ Mounting of lens

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

◎ Ambient temperature range of lens unit

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

◎ Applicable fiber optic cable and max. mounting distance

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

◎ Dimensions

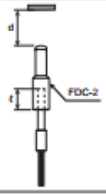
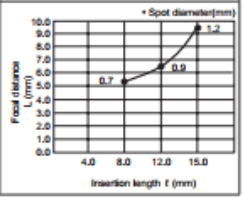
(unit: mm)

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

◎ Model

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

◎ Feature data

Measuring method	Beam spot characteristic
	

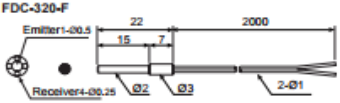
◎ Ambient temperature range of lens unit

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

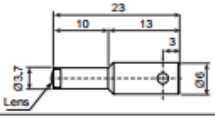
◎ Dimensions

(unit:mm)

• FDC-320-F



• FDC-2

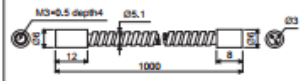
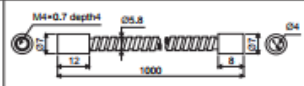
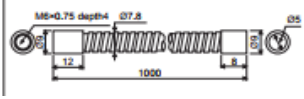


■ Protection tube for fiber optic cable (sold separately)

◎ Application

: Protect cable from impact or cutting

(unit:mm)

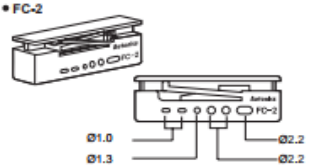
Model	Appearance and Dimension
FTH-310	
FTH-410	
FDH-610	

■ Accessory

◎ Fiber cutter

Applications: Cutting fiber optic cable, free cut type

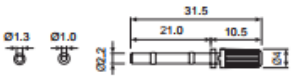
• FC-2



◎ Adapter

Adapter: Adapter marked fiber optic cable should be used with adapter

(unit: mm)



LAMPIRAN III

BF5 Series — Fiber Optic Amplifier

Dual digital display type fiber optic amplifiers

PNP output model

Line-up

Features

- **Dual-display for light incident level and setting value(BF5□-D)**
- **Minute object sensing available with 1/10,000 high resolution**
- Enables to detect with high-speed(20,000 times per sec.) moving objects
- 4 response speeds
  : Ultra fast mode(50μs), high speed mode(150μs), standard mode(500μs), long distance mode(4ms)
- Long lasting amplifier regardless of element's life degradation or temperature change
- Multiple sensitivity setting modes available
  : auto tuning, 1 point(maximum sensitivity), 2 point, positioning teaching
- Up to 8 units enable to stack with mutual interference prevention function using side connectors
- Auto channel setting function for multiple installations
- Slim design(W10×H30×L70mm)

⚠ **Please read "Caution for your safety" in operation manual before using.**

CE

Specifications

Display type		Dual Display type			Single Display type
Model	NPN open collector output	**BF5R-D1-N**	**BF5G-D1-N**	**BF5B-D1-N**	**BF5R-S1-N**
	PNP open collector output	**BF5R-D1-P**	**BF5G-D1-P**	**BF5B-D1-P**	**BF5R-S1-P**
Light source		Red LED (660nm, modulated)	Green LED (530nm, modulated)	Blue LED (470nm, modulated)	Red LED (660nm, modulated)
Power supply		12-24VDC±10%			
Current consumption		Max. 50mA			
Operation mode		Light ON / Dark ON Selectable			
Control output		NPN or PNP open collector •Load voltage: Max. 24VDC •Load current: Max. 100mA •Residual voltage - NPN:Max. 1V, PNP:Max. 3V			
Protection circuit		Reverse polarity protection, overcurrent protection, surge absorption			
Response time		Ultra Fast : 50μs(only for dual display type), Fast : 150μs,STD : 500μs, Long : 4ms			
Display method		•Incident light level: Red, 4digit, 7Segment •SV : Green, 4digit, 7Segment •Main output indicator : Red LED			•Incident light level / SV : Red, 4digit, 7Segment •Main output indicator : Red LED
Display function		Incident light level / SV display [4,000/10,000 resolution], Percentage display, High/Low peak value display, Normal / Reversed display (only for dual display type)			
Sensitivity setting		Manual sensitivity setting, teaching sensitivity setting (Auto tuning, 1 point, 2 point teaching, positioning teaching)			Manual sensitivity setting, teaching sensitivity setting (auto tuning)
Mutual interference prevention		Max. 8 unit sets (Automatically set regardless of response time)			
Initializing		Initializing to factory mode			—
Energy saving		Normal / Energy saving 1 / Energy saving 2			—
Timer		OFF, OFF Delay, ON Delay, One-shot			OFF, 10ms OFF Delay timer, 40ms OFF Delay timer
Insulation resistance		Min. 20MΩ(at 500VDC megger)			
Dielectric strength		1,000VAC 50/60Hz for 1 min.			
Vibration		1.5mm amplitude or 300m/s² at frequency of 10 to 55Hz(for 1 min.) in each X, Y, Z directions for 2 hours			
Shock		500m/s² (approx. 50G) in each X, Y, Z directions for 3 times			
Environment	Ambient illumination	Incandescent lamp : Max. 3000lx Sunlight : Max. 11000lx (received illumination)			
	Ambient temperature	-10 to 50°C, storage: -20 to 70°C			
	Ambient humidity	35 to 85%RH, storage: 35 to 85%RH			
Protection		IP40(IEC standards)			
Material		Case : PBT, Cover : PC			
Fiber cable Tightening torque		Min. 2kgf			
Accessory		Connector type wire(Ø4, 3-wire, length: 2m) (AWG22, Core diameter: 0.08mm, Number of cores: 60, Insulator out diameter: Ø1.25), Side connector			
Approval		CE			
Unit weight		Approx. 20g			

LAMPIRAN IV

THORLABS

Operation Manual

Thorlabs Instrumentation

Optical Power and Energy Meter

PM100D

1.2 Ordering Codes and Accessories

Order Code	Description
PM100D	Handheld Power/Energy Meter Console

Photodiode Power Sensors:

Order Code	Type	Detector	Aperture mm	Wavelength nm	Power W
S120C	Compact Sensor	Si	∅ 9.5	400 - 1100	50n - 50m
S120VC	Compact Sensor	UV-Si	∅ 9.5	200 - 1100	50n - 50m
S121C	Compact Sensor	Si	∅ 9.5	400 - 1100	500n - 500m
S122C	Compact Sensor	Ge	∅ 9.5	700 - 1800	50n - 40m
S130C	Slim Sensor Dual Range	Si	∅ 9.5	400 - 1100	5n - 5m 500n - 500m
S130VC	Slim Sensor Dual Range	UV-Si	∅ 9.5	200 - 1100	5n - 5m 50n - 50m
S132C	Slim Sensor Dual Range	Ge	∅ 9.5	700 - 1800 1200 - 1800	5n - 5m 500n - 500m
S140C	Integr. Sphere (1")	Si	∅ 5.0	350 - 1100	1µ - 500m
S144C	Integr. Sphere (1")	InGaAs	∅ 5.0	800 - 1700	1µ - 500m
S142C	Integr. Sphere (2")	Si	∅ 12	350 - 1100	10µ - 20
S145C	Integr. Sphere (2")	InGaAs	∅ 12	800 - 1700	1µ - 3
S145C	Integr. Sphere (2")	InGaAs	∅ 12	800 - 1700	10µ - 20
S150C	Fiber Head	Si	3.6 x 3.6	350 - 1100	100p - 5m
S151C	Fiber Head	Si	3.6 x 3.6	400 - 1100	1n - 20m
S154C	Fiber Head	InGaAs	∅ 2.0	700 - 1700	100p - 5m
S155C	Fiber Head	InGaAs	∅ 2.0	700 - 1700	1n – 20m

Figure 1 Physical Overview Front Panel

General Data	
Detector Compatibility	Photodiode Sensors S100C Series Thermal Sensors S300C Series Pyroelectric Sensors ES100C/ES200C Series Photodiodes (max. 5.5mA) Thermopiles (max. 1.1V) Pyros (max. 110V)
Display Type	4" Graphical LCD 320 x 240 pixels
Viewing Area	81,4 x 61,0 mm
Display Update Rate (max)	20 Hz
Display Format	Numerical, Bargraph, Trendgraph, Histogram, Statistics, Simulated Analog Needle
Backlight Display and Keypad	LED
Dimensions (H x W x D) Overall	183 x 109 x 40 mm³ with rubber boot
Options	Kickstand; 1/4"-20 Post thread
Weight	< 0.5 kg
Operating Temperature	0°C - +40°C
Storage Temperature	-40°C - +70°C
Relative Humidity	Max. 80% up to 31 °C, decreasing to 50% at 40 °C
Operation Altitude	< 3000 m
Current Input (Photodiode Sensors)	
Connector	DB9F, left side
Units	W, dBm, W/cm², A
Measurement Ranges	6 decades; 50 nA … 5 mA Ranges selectable in W or A, sensor depending
Display Resolution	1 pA / responsivity value (A/W)
AD Converter	16 bit
Accuracy	+/- 0.2% f.s. (5 µA – 5 mA) +/- 0.5% f.s. (50nA)
Bandwidth	DC – 100 kHz, depending on sensor and settings
Photodiode Polarity	Cathode ground
Max. Photodiode Impedance	10 nF
Input Resistance	0 Ω (virtual ground)
Wavelength Correction	nm (A/W)
Beam Diameter Setting	1/e²

Voltage Input (Thermopile Sensors)	
Connector	DB9F, left side
Units	W, dBm, W/cm², V
Measurement Ranges	4 decades; 1 mV … 1V Ranges selectable in W or V, sensor depending
Display Resolution	1 µV / responsivity value (V/W)
AD Converter	16 bit
Accuracy	+/- 0.5% f.s.
Bandwidth	DC - 10Hz, depending on sensor and settings
Input Impedance	1 MΩ
Time Constant Correction Range	1 s – 30 s
Wavelength Correction	Sensor depending; nm, (V/W)
Beam Diameter Setting	1/e²

Voltage Input (Pyro Sensors)	
Connector	DB9F, left side
Units	J, J/cm², W, W/cm², V
Measurement Ranges	4 decades; 100mV ... 100V Ranges selectable in J or V, sensor depending
Display Resolution	100µV / responsitivity value (V/J)
AD Converter	16 bit
Accuracy	+/- 0.5% f.s.
Trigger Threshold	0.1% - 99.9% f.s.
max. Repetition Rate	3 kHz
Input Impedance	1 MΩ
Wavelength Correction	Sensor depending; nm, (V/J)
Beam Diameter Setting	1/e²
Analog Outputs	
Connector	SMA, left side
Signal	amplified input signal
Voltage Range	0 .. 2 V
Bandwidth	up to 100 kHz, depending on sensor and settings
Sensor Temperature Control	
Supported temperature sensor	Thermistor
Temperature measurement range	-10 °C .. +80 °C
Sound	
Type	Speaker 300 Hz – 5 kHz
Function	Laser tuning support, console function support
Memory	
Type	SD Card
Size	2 GB
Interface	
Type	USB2.0
Connector	Mini USB, left side
Power Management	
Battery	LiPo 3.7 V 1300 mAh
External power supply DC Input	5 VDC
AC adapter input	100 V – 240 V; 50 Hz – 60 Hz
Accessories	
AC Adapter	X
Hardcase	X
Instrument Drivers on USB Stick	X
Application Software on USB Stick	X
User Manual	X
SD Memory Card 1GB	X

BIOGRAFI PENULIS

Nura Hajar Hafida lahir di Ponorogo, 19 Mei 1995 asal Kediri dan telah menempuh pendidikan formal di SDI Al-Huda Kediri, MtsN Kediri II, Man 3 Kota Kediri. Penulis diterima di Jurusan Fisika FIA-ITS 2013 melalui jalur SBMPTN dan terdafar dengan NRP 1113100102. Selama menjadi mahasiswa ITS aktif dalam organisasi BEM FMIPA sebagai staff RESDEV pada tahun (2014-2015), staff BPU JMMI ITS (2015-2016), dan kepala divisi departemen RESDEV BEM FMIPA-ITS (2015-2016). Dalam hal akademik penulis pernah sebagai asisten laboratorium optoelektronika, dan PKM-P didanai DIKTI. Untuk kritik dan saran dapat menghubungi penulis melalui email: nurahajar@gmail.com

”Halaman ini sengaja dikosongkan”