



TUGAS AKHIR - SF141501

**ANALISIS PENGGUNAAN GELATIN SAPI DAN GELATIN BABI SEBAGAI *CLADDING* PADA SERAT OPTIK UNTUK PERANCANGAN SENSOR KELEMBABAN**

**Wafa Faziatus Sholikhah**  
NRP 0111134000063

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

Departemen Fisika  
Fakultas Ilmu Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





**TUGAS AKHIR - SF141501**

**ANALISIS PENGGUNAAN GELATIN SAPI DAN GELATIN BABI SEBAGAI *CLADDING* PADA SERAT OPTIK UNTUK PERANCANGAN SENSOR KELEMBABAN**

**Wafa Faziatus Sholikha  
NRP 0111134000063**

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

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





**FINAL PROJECT - SF141501**

**ANALYSIS OF OPTICAL FIBER BASED HUMIDITY  
SENSOR USING COW AND PIG GELATINE CLAD**

**Wafa Faziatus Sholikhah  
NRP. 0111134000063**

**Advisor  
Prof. Dr. rer. nat. Agus Rubiyanto, M. Eng. Sc**

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



**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS PENGGUNAAN GELATIN SAPI DAN  
GELATIN BABI SEBAGAI *CLADDING* PADA SERAT  
OPTIK UNTUK PERANCANGAN SENSOR  
KELEMBABAN**

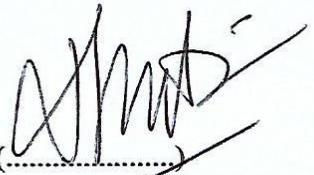
Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas  
Akhir Program Strata 1  
Departemen Fisika  
Fakultas Ilmu Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Wafa Faziatus Sholikhah  
NRP 0111134000063**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Prof. Dr. rer. nat. Agus Rubiyanto, M. Eng. S (.....)  
NIP. 19650619 198903.1.001





**ANALISIS PENGGUNAAN GELATIN SAPI DAN  
GELATIN BABI SEBAGAI *CLADDING* PADA SERAT  
OPTIK UNTUK PERANCANGAN SENSOR  
KELEMBABAN**

**Nama** : Wafa Faziatus Sholikhah  
**NRP** : 0111134000063  
**Departemen** : Fisika  
**Pembimbing** : Prof. Dr. rer. nat. Agus Rubiyanto, M. Eng.  
Sc

**Abstrak**

Sensor kelembaban telah dikembangkan menggunakan serat optik plastik jenis *multimode step index*. *Cladding* serat optik diganti dengan lapisan gelatin sapi dan babi di bagian tengahnya sepanjang 3 cm dan 4 cm digunakan sebagai sensor. LED ultra bright panjang gelombang 631 nm digunakan sebagai sumber cahaya dan photodiode sebagai detektor cahaya. Pengukuran sensor diukur dari rentang kelembaban relative (65-82)%. Hasil pengukuran memperlihatkan sensor hanya dapat digunakan pada kenaikan nilai kelembaban relatif. Sensor dengan *cladding* gelatin babi panjang kupasan 3 cm merupakan sensor dengan nilai linearitas dan rentang respon sensor paling baik yaitu pada rentang kelembaban relatif 76% - 81%, sedangkan untuk sensor yang mempunyai sensitivitas tertinggi pada sensor *cladding* babi dan sapi dengan panjang kupasan 4 cm dengan nilai sensitivitas sebesar 0,0075 V/% kelembaban relatif.

**Kata kunci:** *Cladding*, Gelatin Babi, Gelatin sapi, Serat optik, Sensor kelembaban,



## ANALYSIS OF OPTICAL FIBER BASED HUMIDITY SENSOR USING COW AND PIG GELATINE CLAD

**Name** : Wafa Faziatus Sholikhah  
**NRP** : 01111340000063  
**Major** : Physics  
**Advisor** : Prof. Dr. rer. nat. Agus Rubiyanto, M. Eng. Sc

### *Abstract*

*Humidity sensors have been developed using multimode plastic optical fiber step index. Optical fiber cladding is replaced with a layer of cow and pork gelatin in the middle along 3 cm and 4 cm is used as a sensor. The ultra bright wavelength 631 nm LED is used as a light source and photodiode as a light detector. The measurement of the sensor is measured from the relative humidity range (65-82)%. The measurement results show the sensor can only be used on the increase of relative humidity value. Sensor with gelatin cladding 3 cm long peacock is a sensor with the best linearity and sensor response range that is in the relative humidity range of 76% - 81%, while for sensors that have the highest sensitivity on pig and cow cladding sensors with length of 4 cm in length with sensitivity value of 0.0075 V /% relative humidity.*

**Keywords:** *Cladding, Cow Gelatin, Humidity Sensor, Optical Fiber, Pig Gelatin,*



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar sarjana departemen Fisika ITS dengan judul:

### **“ANALISIS PENGGUNAAN GELATIN SAPI DAN GELATIN BABI SEBAGAI *CLADDING* PADA SERAT OPTIK UNTUK PERANCANGAN SENSOR KELEMBABAN”**

Penulis menyadari dengan terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu.
2. Bapak Saroni dan dan Ibu Shofiati selaku orang tua, dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan do'a serta dukungan moral, spiritual dan finansial kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr.rer.nat. Agus Rubiyanto, M. Eng. Sc. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, pemantauan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
4. Ibu Dr. Melania S. Muntini M.T dan Yanurita M.Sc selaku dosen penguji Tugas Akhir yang memberikan kritik dan saran sehingga laporan Tugas Akhir dapat terselesaikan dengan baik.
5. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono M,si selaku dosen wali yang selalu memberikan dukungan kepada penulis selama masa perkuliahan.

6. Seluruh Staff Pengajar di Departemen Fisika ITS. Kepala Laboratorium Optoelektronika dan segenap staff Tata Usaha yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Staff laboran Laboratorium Optoelektronika, Miftahul Ghofar yang selalu siap sedia membantu penulis dalam hal penyediaan material maupun alat saat pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Rekan-rekan seperjuangan yang ada di Laboratorium Optoelektronika antara lain Adha, Astrid, Luqman, Nura, Puput, dan masih banyak lagi yang telah membantu dan memotivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh suka dan duka.
9. Rekan-rekan seperjuangan asisten laboratorium optoelektronika telah membantu dan memotivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh fikiran dan tenaga.
10. Teman-teman seangkatan yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu yang telah memberikan semangatnya kepada penulis selama kuliah hingga pengerjaan Tugas Akhir.

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan serta memberikan inspirasi bagi pembaca untuk dapat mengembangkan bidang sensor serat optik.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Abstrak .....	vii
<i>Abstract</i> .....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
BAB I .....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan.....	4
BAB II .....	5
DASAR TEORI.....	5
2.1 Serat Optik.....	5
2.2 Jenis Jenis Serat Optik.....	6
2.3 Pemanduan Gelombang Cahaya dalam Serat Optik.....	9
2.4 <i>Numerical Aperture</i> (NA).....	11
2.5 Serat Optik FD-620-10.....	13
2.6 Sensor Serat Optik.....	14
2.7 Kelembaban.....	17
2.8 LED ( <i>Light Emitting Diode</i> ).....	17
2.9 Photodioda.....	18
2.10 Arduino Nano.....	19
2.11 Gelatin.....	23
BAB III.....	25
METODOLOGI .....	25
3.1 Penentuan Bahan .....	25
3.2 Penentuan Peralatan.....	26

3.3	Diagram Penelitian .....	28
3.4	Pembuatan Lapisan <i>Cladding</i> Gelatin .....	29
3.4.1	Pengupasan <i>Cladding</i> Serat Optik .....	29
3.4.2	Pembuatan <i>Cladding</i> Gelatin .....	30
3.5	Pembuatan Rangkaian Sensor Serat Optik Sebagai Sensor Kelembaban .....	32
3.6	Pengukuran Sensor Kelembaban .....	33
BAB IV .....		35
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....		35
4.1	Hasil Pengukuran Sensor Kelembaban <i>Cladding</i> Gelatin Sapi dan <i>Cladding</i> Gelatin Babi untuk Setiap Variasi Kupasan ..	35
4.2	Analisis Pengaruh Panjang Kupasan dan Pelapisan <i>Cladding</i> 41	
BAB V .....		45
KESIMPULAN DAN SARAN .....		45
5.1	Kesimpulan .....	45
5.2	Saran .....	45
DAFTAR PUSTAKA .....		47
LAMPIRAN .....		
BIODATA PENULIS .....		

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b>	Struktur bagian penyusun serat optik.....	5
<b>Gambar 2. 2</b>	Perbandingan Step Index Singlemode, Step Index Multimode, dan Graded Index Multimode(Keiser,1991).....	7
<b>Gambar 2. 3</b>	Proses pemantulan dan pembiasan cahaya pada serat optik.....	9
<b>Gambar 2. 4</b>	Proses terjadinya sudut kritis dan pemantulan dalam total.....	10
<b>Gambar 2. 5</b>	Perambatan sinar pada serat optik step index .....	12
<b>Gambar 2.6</b>	dimensi ukuran kabel duplex pada FD-620-10 .....	13
<b>Gambar 2.6</b>	Skema sensor serat optik (a) ekstrinsik dan (b) intrinsik.....	16
<b>Gambar 2.7</b>	Papan Arduino Nano.....	19
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Penelitian.....	28
<b>Gambar 3.2</b>	Alat bantu pengupas serat optik.....	29
<b>Gambar 3.3</b>	Proses pengelupasan <i>cladding</i> serat optik.....	30
<b>Gambar 3. 5</b>	Proses pembuatan gelatin menggunakan <i>hotplate magnetic stirrer</i> .....	31
<b>Gambar 3. 6</b>	Skema rangkaian sensor kelembaban serat optik..	32
	.....	35
<b>Gambar 4.1</b>	Hubungan antara nilai RH(%) terhadap tegangan (V) pada <i>cladding</i> gelatin babi dengan kupasan 3 cm .....	35
<b>Gambar 4.2</b>	Hubungan antara nilai RH(%) terhadap tegangan (V) pada <i>cladding</i> gelatin babi dengan panjang 4 cm.....	36
	.....	37
<b>Gambar 4.3</b>	Hubungan antara nilai RH(%) terhadap tegangan (V) pada <i>cladding</i> gelatin sapi dengan panjang 3 cm .....	37
<b>Gambar 4.4</b>	Hubungan antara nilai RH(%) terhadap tegangan (V) pada <i>cladding</i> gelatin sapi dengan panjang 4 cm.....	38
<b>Gambar 4.5</b>	Hubungan antara nilai RH(%) terhadap tegangan (V) .....	42
	pada <i>cladding</i> gelatin babi panjang kupasan 3 cm dan 4 cm.....	42
<b>Gambar 4.6</b>	Hubungan antara nilai RH(%) terhadap tegangan (V) pada <i>cladding</i> gelatin sapi panjang kupasan 3 cm dan 4 cm.....	42



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Nilai sensitivitas serat optik.....	41
--	----



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A .....	47
LAMPIRAN B .....	49
LAMPIRAN C .....	50
LAMPIRAN D .....	51



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kelembaban adalah ukuran jumlah uap air di udara. Jumlah uap air mempengaruhi proses-proses fisika, kimia dan biologi di alam, oleh karena itu akan mempengaruhi kenyamanan manusia begitupun terhadap lingkungan. Jika besarnya kandungan uap air melebihi atau kurang dari kebutuhan yang diperlukan, maka akan menimbulkan gangguan dan kerusakan. Sebagai contoh, bahan makanan dan obat-obatan yang disimpan dalam gudang penyimpanan memerlukan kondisi kelembaban tertentu agar tidak cepat rusak. Telah banyak diciptakan alat ukur. Peralatan – elektronik, mesin-mesin industri akan mudah berkarat jika udara disekitarnya memiliki kelembaban yang cukup tinggi. Oleh karena itu, informasi mengenai kelembaban udara pada suatu area tertentu menjadi sesuatu hal yang penting untuk diketahui karena menyangkut efek-efek yang ditimbulkannya. Informasi mengenai nilai kelembaban udara diperoleh dari proses pengukuran. Alat yang biasanya digunakan untuk mengukur kelembaban udara adalah *hygrometer*.

Seiring dengan perkembangan kebutuhan akan kecepatan, keakuratan, dan ketelitian hasil pengukuran yang lebih tinggi maka diperlukan pengembangan alat ukur baru. Sehubungan dengan hal itu, berbagai teknik dan material telah dikembangkan sebagai sensor kelembaban dengan kekurangan dan kelebihan masing-masing. Kelemahan dari sensor yang telah ada dalam perkembangan dunia industri menuntut semakin dikembangkannya serat optik sebagai sensor. Sehingga serat optik tidak hanya digunakan sebagai pandu gelombang optik untuk sistem komunikasi, tetapi dapat juga dimanfaatkan untuk membuat sensor. Salah satunya digunakan sebagai sensor kelembaban.

Penggunaan serat optik sebagai sensor kelembaban telah banyak dilakukan dengan berbagai macam metode dengan hasil *range relative humidity* yang berbeda-beda. *Range* ini juga

dipengaruhi oleh materi apa yang digunakan sebagai pengganti *cladding* pada serat optik sebagai sensor kelembaban. Untuk itu perlu adanya inovasi bahan dalam penggantian *cladding* sebagai sensor. Bahan yang dipilih merupakan bahan yang mudah didapatkan dan melimpah gelatin.

Dalam penelitian sebelumnya, Sunil K. Khijwania, dkk dengan konfigurasi probe sensor berbentuk “U” dan menggunakan *cladding* berbahan  $\text{CoCl}_2$ +PVA, diperoleh rentang kelembaban yang dapat dideteksi antara 10-90%. Penelitian lain oleh Anu Vijayan dkk, dengan konfigurasi *probe* sensor berbentuk “U” dan menggunakan *cladding* berbahan *Co-polyaniline* yang digunakan sebagai pengganti *cladding* dari sensor, diperoleh rentang kelembaban yang dapat dideteksi antara 20-100%. Penelitian lain oleh B.D. Gupta dkk, dengan konfigurasi *probe* sensor berbentuk “U” dan menggunakan *cladding* berbahan phenol red+PMMA yang digunakan sebagai pengganti *cladding* dari sensor diperoleh rentang kelembaban yang dideteksi antara 20-80%. Penelitian lain oleh Vidia Ayu Seta menggunakan *probe* sensor berbentuk serat optik plastik dengan *cladding* gelatin+ $\text{CoCl}_2$ . *Probe* dari sensor dibentuk lurus. Dengan membuat probe sensor lurus didapatkan nilai rentang kelembaban 87%-93% dengan nilai korelasi sebesar 0,96. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dirancang dan dibuat sensor kelembaban menggunakan serat optik plastik dengan dua macam *cladding*, yaitu *cladding* gelatin sapi dan *cladding* gelatin babi. Dengan menggunakan dua macam gelatin sebagai *cladding* tersebut diharapkan dapat memperoleh hasil yang lebih baik pada hasil-hasil penelitian sebelumnya.

## 1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pembuatan rangkaian sensor kelembaban menggunakan serat optic dengan *cladding* gelatin sapi dan babi

2. Sensor kelembaban serat optik dengan gelatin manakah yang mempunyai respon paling baik

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat sensor kelembaban menggunakan serat optik dengan *cladding* gelatin sapi dan *cladding* gelatin babi.
2. Mengetahui sensor dengan respon paling baik diantara sensor kelembaban serat optik *cladding* gelatin babi dan sapi

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan Masalah dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Kelembaban yang diukur adalah kelembaban relatif.
2. Sumber cahaya yang digunakan adalah LED *superbright* merah.
3. Fotodetektor yang digunakan photodiode.
4. Serat optik *jenis multimode step index* FD 620-10.
5. Panjang *cladding* gelatin 3 cm, dan 4 cm.
6. Gelatin yang digunakan berupa gelatin babi sapi.
7. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur tegangan keluaran adalah arduino nano.
8. Alat untuk mengukur prosentase kelembaban relatif adalah *hygrometer*.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun anfaat dari penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Dari segi keamanan serat optik lebih aman daripada kabel konvensional, misalnya: pada kabel konvensional, jika terjadi arus pendek dapat memicu kebakaran atau ledakan sedangkan serat optik yang terbuat dari plastik yang merupakan isolator, sehingga bebas dari gangguan listrik.
2. Pengaplikasian pengembangan serat optik sebagai sensor kelembaban

3. Pemanfaatan gelatin dengan lebih aplikatif karena tidak hanya digunakan pada industri makanan dan farmasi namun juga dapat digunakan sebagai sensor.

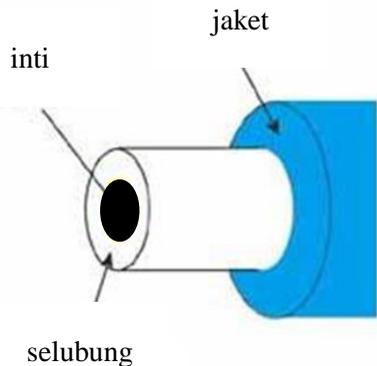
### **1.6 Sistematika Penulisan Laporan**

Penulisan makalah tugas akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi ringkasan dari penelitian. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika penulisan. Bab II dasar teori memuat tentang teori-teori pendukung yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian. Bab III metodologi penelitian memuat tentang metode yang digunakan dalam penelitian. Bab IV hasil penelitian dan pembahasan berisi tentang hasil data dan pengolahan data serta analisis data. Bab V kesimpulan dan saran.

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Serat Optik

Serat optik adalah pandu gelombang berbahan dielektrik, biasanya berbahan *silica* atau plastik, yang berfungsi mentransmisikan gelombang cahaya. Bentuk dari serat optik dapat berupa silinder atau planar, tetapi pada umumnya serat optik yang banyak digunakan dan tersedia bebas dipasaran adalah serat optik berbentuk silinder. Fungsi dari serat optik adalah untuk mentransmisikan gelombang cahaya. Struktur dasar serat optik terdiri dari inti (*core*), bagian selubung (*cladding*) dan bagian terluar yaitu jaket (*coating/buffer*) (Abramczyk, 2008).



**Gambar 2. 1** Struktur bagian penyusun serat optik

Dari gambar diatas dapat diketahui fungsi dari masing-masing bagian yang penyusun serat optik. Bagian utama dari sebuah serat optik adalah inti (*core*) yang berfungsi sebagai media pemandu cahaya. *Core* biasanya terbuat dari kaca atau plastik yang memiliki diameter antara 8-50  $\mu\text{m}$ . Ukuran dari sebuah *core* akan mempengaruhi karakteristik serat optik. *Core* memiliki indeks bias yang lebih besar dari *cladding*. *Cladding* merupakan selubung dari

*core* yang berfungsi sebagai bidang batas pemantul agar cahaya optik yang dirambatkan dapat dipantulkan total lagi ke dalam *core* sehingga cahaya yang dipandu akan sampai ke ujung yang lainnya. Bagian berikutnya adalah *cladding* yang berfungsi sebagai bidang batas pemantul agar cahaya optik yang dirambatkan dapat dipantulkan total ke ujung lainnya. *Cladding* memiliki indeks bias yang lebih kecil dari *core*. Hubungan indeks bias *core* dan *cladding* ini akan mempengaruhi perambatan cahaya pada *core*. Bagian terluar dari serat optik adalah jaket (*coating*) yang terbuat dari plastik dan berfungsi sebagai pelindung mekanis serat optik agar serat optik lebih tahan terhadap gangguan eksternal. *Coating* ini tidak mempunyai indeks bias (Keiser, 1991).

Serat optik plastik (SOP) merupakan serat optik yang berbahan plastik polimer, dimana lapisan *core* terbuat dari Poly methyl metacrylate (PMMA). Sedangkan lapisan *coating* terbuat dari perfluoropolimer. Pada awal SOP dikomersialkan, daya sisipannya yang hilang melebihi 1000 dB/km. Kehilangan sisipan optik yang besar merupakan tantangan bagi para peneliti untuk menciptaka inovasi SOP yang mampu mempunyai kehilangan sisipan optik yang legih rendah (Akhiruddin, 2006).

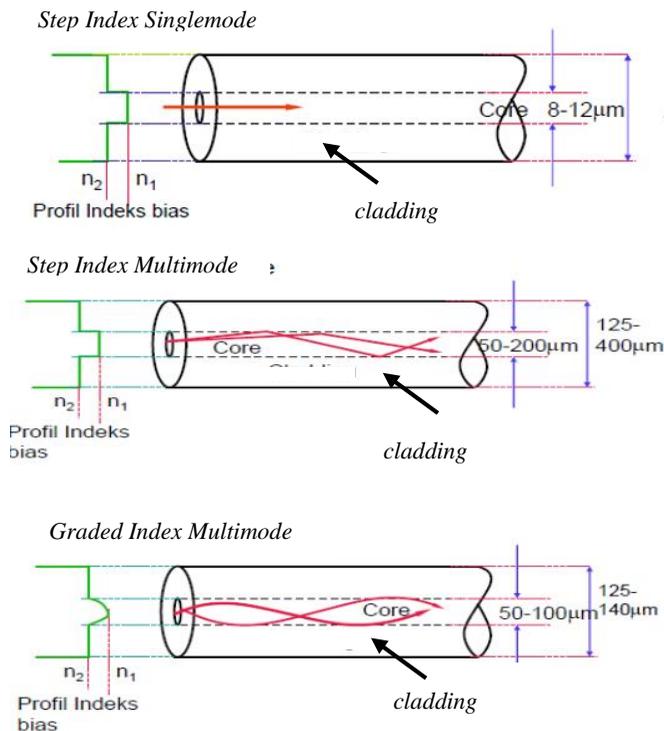
## 2.2 Jenis Jenis Serat Optik

Jenis-jenis serat optik terdiri dari *step index* dan *graded index* jika ditinjau dari struktur indeks bias bahan pada *core*. Pada serat optik jenis *step index*, *core* memiliki satu indeks bias yang homogen baik di tengah sampai batas dengan *cladding*. Sedangkan pada serat optik jenis *graded index* *core* memilliki indeks bias yang beragam besarnya, indeks bias akan semakin besar di pusat sumbu *core* dan akan semakin menurun secara gradual nilai indeks biasanya pada pada daerah batas *core* dengan *cladding* (Power, 1997).

Sedangkan jenis-jenis serat optik yang ditinjau dari moda gelombang yang terpandu terdiri dari serat optik *singlemode* dan *multimode*. Pengertian dari moda adalah banyaknya berkas cahaya yang dipancarkan oleh sumber optik berdasarkan panjang

gelombang yang dimiliki oleh sumber. Disebut *singlemode* jika hanya ada satu moda gelombang yang dapat dipandu, sedangkan *multimode* adalah jika moda gelombang yang dipandu lebih dari satu (Suematzu, 1982).

Perbandingan struktur serat optik *single mode step index*, *multimode step index*, dan *multimode graded index* serta profil dari indeks biasanya dapat diilustrasikan pada gambar 2.2



**Gambar 2. 2** Perbandingan Step Index Singlemode, Step Index Multimode, dan Graded Index Multimode (Keiser, 1991)

Jenis serat optik yang pertama adalah serat optik *Step Index Singlemode*. Pada serat optik ini hanya terjadi satu jenis mode perambatan berkas cahaya saja, sehingga tidak akan terjadi

pelebaran pulsa ditingkat outputnya. Serat optik ini memiliki diameter yang kecil sehingga menyulitkan saat proses penyambungan. Selain itu sumber optik yang dapat digunakan hanya sumber optik yang mempunyai spektrum cahaya yang sangat sempit yang sesuai dengan lebar diameter serat optik, agar efisiensi kopling yang terjadi dari sumber optik ke inti serat optik bernilai tinggi. Karena tidak terjadi dispersi (pelebaran) pulsa maka serat optik ini akan mampu mentransmisikan informasi dengan *bandwidth* yang besar(Keiser, 1991).

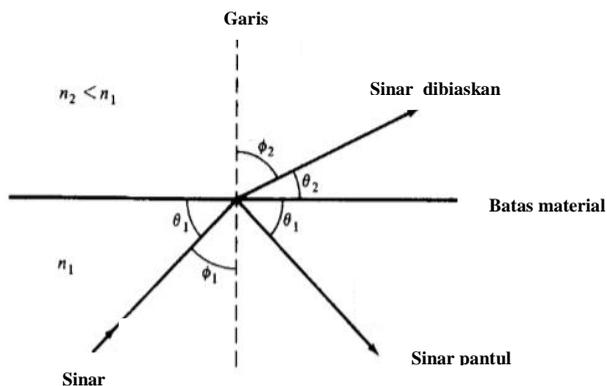
Jenis yang kedua adalah serat optik *Step Index Multimode*. Pada serat optik ini cahaya yang digunakan mengirimkan informasi akan mengalami banyak pemantulan sehingga energi cahaya yang dipancarkan sebagian akan berkurang atau hilang. Pada serat optik ini berkas sinar yang ditransmisikan lebih dari satu berkas, sehingga berkas yang ditransmisikan akan melalui jalur yang berbeda-beda dan memiliki panjang lintasan yang berbeda-beda saat di penerima berkas. Sehingga di bagian detektor cahaya, pulsa yang diterima akan mengalami pelebaran akibat waktu tempuh yang berbeda-beda sehingga penerimaan tidak dalam waktu yang bersamaan, yang disebut dengan *dispersion mode*(Nugroho, 2005).

Sedangkan pada serat optik *Graded Indeks Multimode* terdapat perubahan dalam indeks bias, dimana indeks bias core nilainya semakin mengecil ke arah perbatasan *core* dengan *cladding*. Dengan menurunnya nilai indeks bias batas core dengan *cladding* menyebabkan terjadinya pembiasan inti sehingga perambatan berkas cahayanya akan melengkung sedangkan kecepatan propagasi antara sudut yang datang dengan sudut datang yang lebih besar akan lebih cepat dibandingkan dengan berkas cahaya yang datang dengan sudut datang yang lebih kecil. Jadi walaupun lintasan yang ditempuh mempunyai jarak yang berlainan maka berkas-berkas cahaya yang merambat pada jenis serat optik ini akan mencapai output dalam waktu yang relatif sama sehingga pulsa di output hanya mengalami pelebaran pulsa (dispersi) yang lebih kecil bila dibandingkan dengan pelebaran pulsa output yang terjadi pada serat optik step index multimode(Keiser, 2005).

### 2.3 Pemanduan Gelombang Cahaya dalam Serat Optik

Cahaya dalam dalam ruang hampa memiliki kecepatan  $3 \times 10^8$  m/s (Power, 1997). Dalam perambatan cahaya melewati suatu medium, cahaya mengalami perubahan kecepatan yang dipengaruhi oleh tingkat kerapatan medium. Kecepatan cahaya dalam medium rapat lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan cahaya dalam medium renggang (Widodo, 1995). Berdasarkan perbedaan kecepatan cahaya pada medium rambatnya tersebut didefinisikan indeks bias ( $n$ ) adalah perbandingan kecepatan cahaya dalam ruang hampa ( $c$ ) dan kecepatan cahaya dalam suatu medium ( $v$ ) dituliskan dalam persamaan berikut:

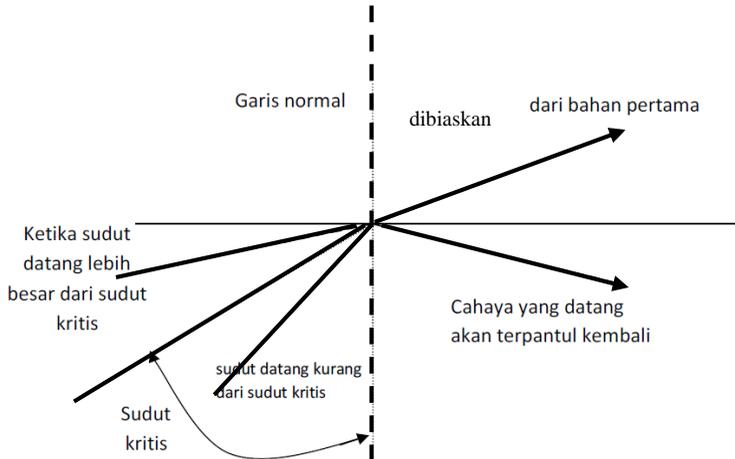
$$n = \frac{c}{v} \quad (2.1)$$



**Gambar 2. 3** Proses pemantulan dan pembiasan cahaya pada serat optik

Lintasan cahaya yang melalui dua medium berbeda dengan indeks bias medium satu ( $n_1$ ) dan indeks bias medium dua ( $n_2$ ) akan mengalami pembiasan sebesar sudut tertentu yang dijelaskan berdasarkan persamaan Snellius (Abramczyk, 2008).

Mekanisme pemanduan gelombang cahaya dalam serat optik didasarkan pada prinsip pemantulan dalam total pada bidang batas *core* dan *cladding* sesuai dengan hukum snellius. Penerapan hukum didasarkan pada proses pemantulan dan pembiasan sinar pada bidang batas antara dua medium yang berbeda.



**Gambar 2. 4** Proses terjadinya sudut kritis dan pemantulan dalam total

Sinar yang datang dari medium rapat ( $n_1$ ) menuju medium kurang rapat ( $n_2$ ) akan dibiaskan menjauhi garis normal, begitu pula sebaliknya. Pada bidang batas antar *core* dan *cladding* dalam gambar 2.3, jika sudut  $\theta_1$  diperbesar secara gradual maka pada sudut tertentu sinar akan dibiaskan pada bidang batas kedua medium yaitu bidang batas *core* dan *cladding* (sinar tidak dibiaskan ke *cladding*) sehingga membentuk sudut bias  $90^\circ$ . Sudut  $\theta_1$  pada keadaan tersebut dinamakan sudut kritis yang

dilambangkan dengan  $\theta_c$ . Dengan menggunakan hukum Snellius diperoleh nilai  $\theta_c$  seperti berikut

$$n_1 \sin \theta = n_2 \sin \theta_1, \text{ dengan nilai } \theta_1 = 90^\circ$$

$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90^\circ$$

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\theta_c = \arcsin \frac{n_2}{n_1} \quad (2.2)$$

Ketika cahaya merambat dengan sudut datang yang kurang dari sudut kritis maka cahaya akan dibiaskan keluar dari inti (*core*) menuju selubung (*cladding*), akan tetapi jika sudut datang lebih besar dari sudut kritis maka berkas cahaya datang tidak ada yang dibiaskan ke *cladding*, melainkan semuanya dipantulkan ke dalam *core* dan inilah yang disebut sebagai pemantulan dalam total (Keiser, 1991).

#### 2.4 Numerical Aperture (NA)

*Numerical Aperture* adalah suatu ukuran kemampuan serat optik untuk menangkap sinar yang berasal dari sumber optik. Sehingga semakin besar NA menandakan semakin tinggi efisiensi dari suatu sumber optik dalam mengkliping sinar-sinar ke dalam serat optik (Keiser, 1991).

Penerapan hukum snellius pada bidang batas udara dan *core* adalah sebagai berikut

$$n_0 \sin \theta_{0,\max} = n_1 \sin \theta_t \quad (2.3)$$

karena  $\theta_t = \frac{\pi}{2} - \theta_c$ , maka persamaan (2.3) menjadi

$$n_0 \sin \theta_{0,\max} = n_1 \cos \theta_c \quad (2.4)$$

Dengan menggunakan relasi trigonometri  $\sin^2 \theta_c + \cos^2 \theta_c = 1$ , persamaan (2.4) dapat ditulis sebagai

$$n_0 \sin \theta_{0,\max} = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 \theta_c} \quad (2.5)$$

substitusi persamaan (2.3) ke persamaan (2.5), maka didapatkan

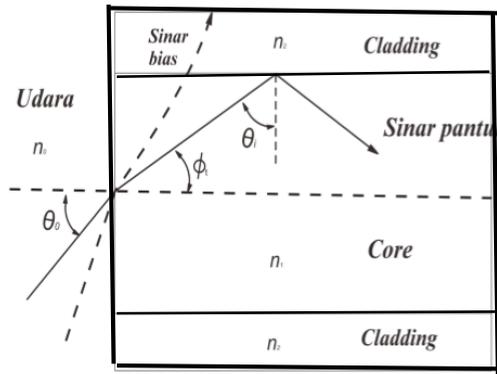
$$n_0 \sin \theta_{0,\max} = n_1 \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}},$$

$$n_0 \sin \theta_{0,\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.6)$$

maka sinar yang memiliki sudut masukan  $\theta_0$  lebih kecil dari  $\theta_{0,\max}$  akan dipantulkan seluruhnya pada bidang antar muka core, cladding. Persamaan (2.6) juga didefinisikan sebagai NA yang menyatakan (udara, core, cladding).

$$NA = n_0 \sin \theta_{0,\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.7)$$

Dengan  $n_0$  adalah indeks bias udara bernilai 1,  $n_1$  adalah indeks bias core dan  $n_2$  adalah indeks bias cladding.

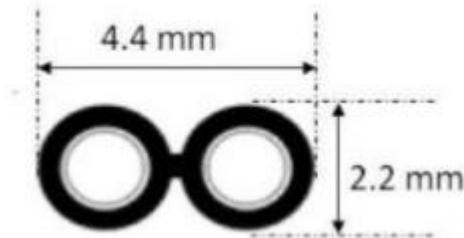


**Gambar 2.5** Perambatan sinar pada serat optik step index (Keiser, 1991)

Berdasarkan gambar 2.5,  $\theta_{0,\max}$  merupakan batas agar sinar dapat melewati serat optik. Dan sudut inilah yang disebut NA. Sinar tidak dapat melewati serat optik jika datang dengan sudut lebih besar dari  $\theta_{0,\max}$ . Semua sudut datang yang kurang dari  $\theta_{0,\max}$  dapat masuk dan melewati didalam serat optik. Nilai NA untuk serat optik *step index* berkisar antar 0,2-0,5 dan serat optik *graded index* sekitar 0,2 (Hoss, 1993).

## 2.5 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.



**Gambar 2.6** dimensi ukuran kabel duplex pada FD-620-10 (Abrate, 2016)

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  $60^\circ$  yang memiliki bentuk seperti kerucut. Pelindung bagian core dan cladding dengan coating terluar terbuat dari karet silicon atau *vinly chloride*. Material *core* dan *cladding* serat optik FD-620-10 terbuat dari resin sintetik *poly acrilik*. Dengan

spesifikasi material penyusun *core plexyglas* yang memiliki indeks bias 1,492 dan suhu transisi sekitar  $105^{\circ}\text{C}$  dan material cladding 1,42 dengan numerical aperture 0,5 yang dimungkinkan karena ketidakcocokan pemasangan pada transmitter atau receiver pada serat optik. Standar fabrikasi serat optik plastik memiliki dimensi core 980  $\mu\text{m}$  dan dimensi lengkap beserta coating 2,2 mm (Abrate,2016).

Saat ini SOP dapat menggantikan penggunaan kabel konvensional untuk penghantaran komunikasi dengan jarak dekat. Kelebihan dari SOP adalah SOP mampu bertahan terhadap benturan dan biayanya murah, serta pemasangan yang ringkas dan mudah. Selain itu SOP juga tahan terhadap derau (noise) karena lapisannya berbahan Perfluoropolimer (Dimas, 2011).

## 2.6 Sensor Serat Optik

Sensor serat optik adalah jenis sensor optik yang menggunakan serat optik dalam mekanisme pendeteksian, baik sebagai komponen aktif sensor maupun sekedar sebagai pemandu gelombang saja. Sistem sensor optik dilengkapi dengan paling tidak tiga komponen utama, yaitu komponen optoelektronik, *link* optik dan probe. Komponen optoelektronika meliputi sumber cahaya, detektor optik dan pengolah sinyal. *Link* optik berupa gelombang serat optik yang berfungsi memandu cahaya ke atau dari bagian penginderaan. Sedangkan probe adalah bagian *sensing* atau *transducing*, baik pada bagian di dalam serat optik atau di luar serat optik, yang bertindak sebagai transduser dan berinteraksi langsung dengan obyek atau besaran yang diukur.

Sensor serat optik didasarkan pada mekanisme modulasi gelombang cahaya dari suatu sumber seperti LED, diode laser, atau yang lainnya. Kuantitas optik yang dimodulasi dapat berupa intensitas atau amplitudo, panjang gelombang, fase gelombang dan polarisasi gelombang optik tersebut. Modulasi ini dapat terjadi di luar maupun di dalam serat optik. Konfigurasi sistem serat optik digambarkan dengan skema pada gambar 2.6. Sumber cahaya dilewatkan melalui salah satu ujung serat optik menuju daerah

modulasi cahaya, modulator atau transduser, selanjutnya diteruskan ke ujung lain serat optik dimana terdapat detektor cahaya, atau dapat juga setelah termodulasi, cahaya tersebut dikembalikan melalui serat optik yang sama menuju detektor. Cahaya tersebut dimodulasi oleh besaran-besaran medium yang diukur, yaitu besaran kimia, biologi atau fisika, sebagai besaran yang akan dideteksi. Besaran-besaran kimia yang dapat dideteksi seperti pH, konsentrasi larutan atau jenis ion maupun konsentrasi gas atau uap kimia. Besaran-besaran biologi seperti jenis dan populasi bakteri atau mikroorganisme lainnya ataupun komponen-komponen biokimia seperti glukosa hingga DNA. Sedangkan besaran-besaran fisika yang dapat dideteksi meliputi suhu, tekanan, strain, perpindahan, percepatan, arus listrik dan sebagainya. Modulasi dalam sensor serat optik dapat dirancang dengan konfigurasi yang berbeda, bergantung pada besaran optik yang dimodulasi. Modulasi intensitas yang paling banyak dikembangkan dapat dilakukan melalui mekanisme *cladding*. Sensor serat optik termodulasi intensitas dengan mengukur intensitas transmisi atau absorpsi yang terjadi baik di luar maupun di dalam serat optik (Akhiruddin, 2006).

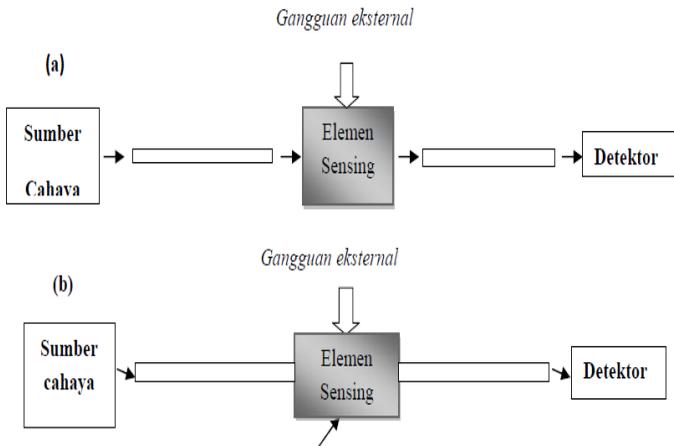
Berdasarkan lokasi proses modulasi, di luar atau di dalam bagian serat optik. Penjelasan untuk jenis sensor serat optik dijelaskan sebagai berikut:

a. Sensor Serat optik Ekstrinsik

Pada tipe sensor serat optik ekstrinsik, serat optik hanya berfungsi sebagai pandu gelombang saja atau penghubung (*link*) cahaya ke sistem sensing eksternal, dengan demikian tidak ada modifikasi pada struktur serat optik untuk fungsi sensing. Proses sensing terjadi di luar serat optik. Dalam proses sensing, cahaya sempat keluar dari serat optik kemudian termodulasi oleh besaran yang diukur pada bagian penginderaan yang selanjutnya diteruskan menuju detector cahaya, tahap akhir adalah dimodulasi untuk mendapatkan informasi kuantitas yang diukur.

b. Sensor Serat optik Intrinsik

Pada sensor serat optik intrinsik, serat optik disamping sebagai pemandu cahaya juga sekaligus berperan dalam proses penginderaan, dimana terdapat bagian serat optik yang berfungsi sebagai komponen pengindera, baik *cladding* atau intinya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6 (b). Pada sensor tipe ini cahaya tidak pernah meninggalkan serat optik dalam proses penginderaan, jadi proses modulasi terjadi di dalam serat optik, dengan demikian ada bagian serat optik berperan aktif sebagai fungsi sensing (*sensing function*). Ada beberapa hal yang dapat dilakukan untuk merealisasikan tipe sensor serat optik intrinsik, yaitu dengan atau tanpa memodifikasi struktur serat optik (*cladding* atau inti). Sebagai contoh dengan memodifikasi *cladding* dengan material sensitif untuk membangkitkan fenomena optik yang diinginkan seperti medan *evanescent*. Sensor serat optik intrinsik juga dapat dilakukan melalui prinsip *microbending* dan *macrobending* pada serat optik, biasanya diaplikasikan sebagai sensor fisis.



**Gambar 2.6** Skema sensor serat optik (a) ekstrinsik dan (b) intrinsik

## 2.7 Kelembaban

Kelembaban merupakan suatu tingkat keadaan lingkungan udara basah yang disebabkan oleh adanya uap air. Kelembaban dapat dibedakan menjadi kelembaban mutlak dan kelembaban relatif. Kelembaban mutlak merupakan kandungan air (dapat dinyatakan dengan massa uap air atau tekanannya) per satuan volume ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ). Pengukuran ini bergantung pada tekanan atmosfer sehingga jarang digunakan dalam pengukuran aplikatif.

Kelembaban relatif adalah istilah *Relative Humidity* merupakan persentase rasio dari jumlah uap air yang terkandung dalam volume tersebut dibandingkan dengan jumlah uap air maksimal yang dapat terkandung dalam volume tersebut (terjadi bila mengalami saturasi). *Relative Humidity* juga merupakan persentase rasio dari tekanan uap air saat dilakukan pengukuran dan tekanan uap air saat mengalami saturasi. Untuk menggambarkan jumlah air yang terkandung di dalam campuran air-udara dalam fasa gas. Kelembaban relatif dari campuran air-udara didefinisikan sebagai rasio dari tekanan uap air dalam campuran terhadap tekanan uap air pada temperatur tersebut. Banyaknya molekul air di udara dapat berubah-ubah dan diwujudkan ke bentuk fisis tekanan uap air di dalam udara. Kelembaban maksimum yang terjaga adalah tekanan uap di udara yang mengalami kejenuhan sangat dipengaruhi oleh temperatur. Kelembaban tinggi artinya ada banyak uap air di udara, sedangkan kelembaban rendah berarti hanya sedikit uap air di udara (Suwana, 2012).

## 2.8 LED (*Light Emitting Diode*)

LED adalah komponen elektronika yang terbuat dari bahan semi konduktor jenis dioda yang mampu memancarkan cahaya seperti lampu. LED mampu menghasilkan cahaya yang berbeda – beda menurut semikonduktor yang digunakan dan jenis bahan semi konduktor tersebut akan menghasilkan panjang gelombang yang berbeda-beda sehingga cahaya yang dihasilkan berbeda pula. LED

adalah salah satu jenis dioda maka LED memiliki 2 kutub yaitu anoda dan katoda. Dalam hal ini LED akan menyala bila ada arus listrik yang mengalir dari anoda menuju katoda. Pemasangan kutub LED tidak boleh terbalik karena apabila terbalik kutubnya, LED tidak akan menyala. LED memiliki karakteristik yang berbeda-beda tergantung pada warna yang dihasilkan. Semakin tinggi arus yang mengalir pada LED maka semakin terang pula cahaya yang dihasilkan. Arus yang diperbolehkan adalah 10mA-20mA. Apabila arus lebih dari range diatas maka LED akan terbakar. Berikut ini merupakan range nilai tegangan menurut warna yang dihasilkan

- a. Infra merah : 1,6 V
- b. Merah : 1,8-2,1V
- c. *Orange* : 2,2V
- d. Kuning : 2,4V
- e. Hijau : 2,6V
- f. Biru : 3,0V-3,5V
- g. Putih : 3,0V-3,6V
- h. Ultraviolet : 3.5V

(Widiya, 2011).

## 2. 9 Photodiode

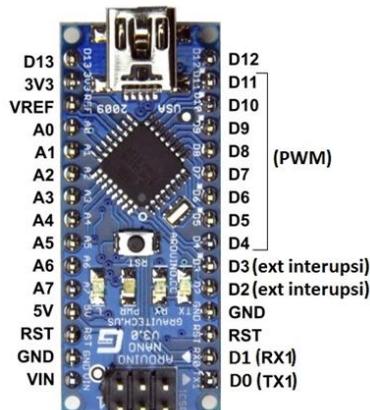
*Photodiodes* dibuat dari semikonduktor dengan bahan yang populer adalah silikon ( Si) atau galium arsenida ( GaAs), dan yang lain meliputi InSb, InAs, PbSe. Material ini menyerap cahaya dengan karakteristik panjang gelombang mencakup 2500 Å - 11000 Å untuk silikon, 8000 Å – 20,000 Å untuk GaAs. Ketika sebuah photon (satu satuan energi dalam cahaya) dari sumber cahaya diserap, hal tersebut membangkitkan suatu elektron dan menghasilkan sepasang pembawa muatan tunggal, sebuah elektron dan sebuah hole, di mana suatu hole adalah bagian dari kisi-kisi semikonduktor yang kehilangan elektron. Arah arus yang melalui sebuah semikonduktor adalah kebalikan dengan gerak muatan pembawa cara tersebut didalam sebuah *photodiode* digunakan untuk mengumpulkan foton menyebabkan pembawa muatan

(seperti arus atau tegangan) mengalir atau terbentuk di bagian-bagian elektroda.

Sebuah photodiode, biasanya mempunyai karakteristik yang lebih baik daripada phototransistor dalam responya terhadap cahaya infra merah. Biasanya photodiode mempunyai respon 100 kali lebih cepat daripada phototransistor. Sebuah photodiode biasanya dikemas dengan plastik transparan yang juga berfungsi sebagai lensa fresnel. Lensa ini merupakan lensa cembung yang mempunyai sifat mengumpulkan cahaya. Lensa tersebut juga merupakan filter cahaya, lebih dikenal sebagai '*optical filter*', yang hanya melewatkan cahaya infra merah saja. Walaupun demikian cahaya yang nampak pun masih bisa mengganggu kerja dari diode infra merah karena tidak semua cahaya nampak bisa difilter dengan baik(Vidia, 2011).

## 2.10 Arduino Nano

Arduino adalah papan elektronik *open source* yang didalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah *chip* mikrokontroler Atmega328 dari jenis AVR dari perusahaan Atmel(M. Syahwil, 2013)



**Gambar 2.7** Papan Arduino Nano  
([www.arduino.cc](http://www.arduino.cc))

Arduino nano adalah board arduino berukuran kecil, lengkap dan berbasis Atmega328 yang mempunyai kelebihan yang sama fungsional dengan Arduino jenis apaun. Bentuk fisik dari Arduino nano ditunjukkan pada gambar 2.8. karakteristik dan struktur arduino adalah sebagai berikut

a. *Integrated Development Environment* (IDE) arduino merupakan multi platform yang dapat dijalankan di berbagai sitem operasi, seperti Windows dan Linux. IDE merupakan program komputer yang memiliki beberapa fasilitas yang diperlukan dalam pembangunan perangkat lunak seperti *editor, compiler, linker* dan *debugger*.

b. Memori

Arduino Nano dapat menggunakan catudaya langsung dari mini-USB port atau menggunakan catudaya luar yang dapat diberikan pada pin 30(+) dan pin 29(-) untuk tegangan kerja 7V – 12V atau pin 28(+) dan pin 29(-) untuk tegangan 5V.

c. *Input dan Output*

Atmega328 dilengkapi dengan *flash* memori sebesar 32 kb dan dikurangi sebesar 2 kb untuk *bootloader*. Selain dilengkapi dengan flash memori, mikrokontroler ATmega328 juga dilengkapi dengan SRAM dan EEPROM. SRAM dan EEPROM dapat digunakan untuk menyimpan data selama program utama bekerja. Besar SRAM untuk ATmega328 adalah 2 kb sedangkan besar EEPROM untuk ATmega328 adalah 1 kb.

Arduino Nano mempunyai 14 pin digital yang dapat digunakan sebagai pin input atau output. Pin ini akan mengeluarkan tegangan 5V untuk mode *HIGH* (logika 1) dan 0V untuk mode *LOW* (logika 0) jika dikonfigurasi sebagai pin output. Jika di konfigurasi sebagai pin input, maka ke 14 pin ini dapat menerima tegangan 5V untuk mode *HIGH* (logika 1) dan 0V untuk mode *LOW* (logika 0). Besar arus listrik yang diijinkan untuk melewati pin digital I/O

adalah 40 mA. Pin digital I/O ini juga sudah dilengkapi dengan resistor *pull-up* sebesar 20-50 k $\Omega$ . Dari 14 pin digital I/O ini selain berfungsi sebagai pin I/O juga mempunyai fungsi khusus yaitu :

Pin D<sub>0</sub> dan pin D<sub>1</sub> juga berfungsi sebagai pin TX dan RX untuk komunikasi data serial. Kedua pin ini terhubung langsung ke pin IC FTDI USB-TTL. Pin D<sub>2</sub> dan pin D<sub>3</sub> juga berfungsi sebagai pin untuk interupsi eksternal. Kedua pin ini dapat dikonfigurasi untuk pemacu interupsi dari sumber eksternal. Interupsi dapat terjadi ketika timbul kenaikan atau penurunan tegangan pada pin D<sub>2</sub> atau pin D<sub>3</sub>. Pin D<sub>4</sub>, pin D<sub>5</sub>, pin D<sub>6</sub>, pin D<sub>9</sub>, pin D<sub>10</sub> dan pin D<sub>11</sub> dapat digunakan sebagai pin PWM (pulse width modulator). Pin D<sub>10</sub>, pin D<sub>11</sub>, pin D<sub>12</sub> dan pin D<sub>13</sub>, ke empat pin ini dapat digunakan untuk komunikasi mode SPI. Pin D<sub>13</sub> terhubung ke sebuah LED.

Arduino Nano juga dilengkapi dengan 8 buah pin analog, yaitu pin A<sub>0</sub>, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub> dan A<sub>7</sub>. Pin analog ini terhubung ke ADC (*analog to digital converter*) internal yang terdapat di dalam mikrokontroler. Pada kondisi awal, pin analog ini dapat mengukur variasi tegangan dari 0V sampai 5 V pada arus searah dengan besar arus maksimum 40 mA. Lebar range ini dapat diubah dengan memberikan sebuah tegangan referensi dari luar melalui pin V<sub>ref</sub>. Pin analog selain dapat digunakan untuk input data analog, juga dapat digunakan sebagai pin digital I/O, kecuali pin A<sub>6</sub> dan A<sub>7</sub> yang hanya dapat digunakan untuk input data analog saja. Fungsi khusus untuk pin analog antara lain : Pin A<sub>4</sub> untuk pin SDA, pin A<sub>5</sub> untuk pin SCL, pin ini dapat digunakan untuk komunikasi I<sup>2</sup>C. Pin A<sub>ref</sub> digunakan sebagai pin tegangan referensi dari luar untuk mengubah range ADC. Pin reset, pin ini digunakan untuk mereset board Arduino Nano, yaitu dengan menghubungkan pin ini ke ground selama beberapa milidetik. Board Arduino Nano selain dapat direset melalui pin reset, juga dapat direset dengan

menggunakan tombol reset yang terpasang pada board Arduino Nano.

d. Komunikasi

Arduino Nano sudah dilengkapi dengan beberapa fasilitas untuk komunikasi yang dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan komputer (PC atau Laptop), atau dengan board mikrokontroler lainnya. ATmega168 dan ATmega328 dilengkapi dengan komunikasi serial UART TTL (5V), yang terdapat pada pin D<sub>0</sub> dan pin D<sub>1</sub>. Board juga dilengkapi dengan sebuah IC FTDI 232 RI yang dapat dihubungkan langsung ke komputer untuk menghasilkan sebuah virtual com-port pada operating sistem.

Software Arduino (sketch) yang digunakan sebagai IDE Arduino juga dilengkapi dengan serial monitor yang memungkinkan programmer untuk menampilkan data serial sederhana yang dapat dikirim atau diterima dari board Arduino Nano. Led RX dan TX yang terpasang pada board Arduino Nano akan berkedip jika terjadi komunikasi data serial antara PC dengan Arduino Nano.

e. Pemrograman

Arduino Nano dapat dengan mudah diprogram dengan menggunakan software Arduino (sketch). Pada menu program, pilih tool – board kemudian pilih jenis board yang akan diprogram. Untuk memprogram board Arduino dapat memilih tipe board Arduino diecimila atau duemilanove atau langsung memilih Nano W/atmega168 atau Nano W/atmega328.

Arduino Nano sudah dilengkapi dengan program bootloader, sehingga programmer dapat langsung meng-upload kode program langsung ke board Arduino Nano tanpa melalui board perantara atau hardware lain. Komunikasi ini menggunakan protokol STK500 keluaran ATMEL([www.atmel.com](http://www.atmel.com)).

## 2.11 Gelatin

Gelatin merupakan polipeptida yang diperoleh melalui hidrolisis kolagen jaringan ikat hewan. Gelatin memiliki sifat yang unik yakni dapat membentuk gel sehingga digunakan secara luas dalam industri makanan dan industri farmasi (Hidaka dan Liu, 2003). Industri gelatin umumnya menggunakan kulit dan tulang babi karena selain mudah dan murah untuk didapatkan, proses pembuatan dari kulit babi lebih cepat dan tidak memerlukan bahan yang banyak. Hal ini dikarenakan jaringan ikat pada kulit babi tidak terlalu kuat dibandingkan sapi, sehingga proses hidrolisis lebih mudah dan tidak membutuhkan zat penghidrolisis, zat penetral, dan zat pencuci yang terlalu banyak (Hana, 2009).

Produsen Gelatin Eropa pada tahun 2011 menyatakan bahwa sumber utama gelatin diekstrak dari kulit babi sebanyak 80%, kulit sapi sebanyak 15%, dan sebanyak 5% sisanya berasal dari tulang babi, tulang sapi serta unggas dan ikan (Jamaludin et al., 2011). Pada tahun 2012 GMIA menyatakan sebanyak 90% gelatin komersial diperoleh dari babi (GMIA, 2012).

Gelatin merupakan sistem koloid padat (protein) dalam cairan (air) sehingga pada suhu dan kadar air yang tinggi gelatin mempunyai kemampuan cairan yang disebut fase sol atau hidrosol, sebaliknya pada suhu dan kadar air yang rendah gelatin mempunyai kemampuan yang lebih kasar atau lebih pekat strukturnya, yang disebut fase gel. Pemanasan dan penambahan air akan mengubah gelatin menjadi fase sol, sebaliknya pendinginan dan pengurangan air akan mengubah gelatin menjadi fase gel (Jannah, 2008).

Gelatin hampir tidak berasa dan tidak berbau, lembaran gelatin bersifat rapuh, padat dan jernih kekuningan, gelatin memiliki kelembaban 813% dan memiliki massa jenis 1,3-1,4 g/cm. Gelatin larut dalam gliserol, propilen glikol, asam asetat, trifluoroethanol dan formamida. Gelatin tidak larut dalam benzene, aseton, alkohol primer dan dimetilformamida (GMIA, 2012). Gelatin mengandung protein yang sangat tinggi dan rendah kadar lemaknya. Gelatin kering dengan kadar air 8–12% mengandung

protein sekitar 84–86%, mineral 2%–4%, serta lemak dan hampir tidak ada vitamin. Gelatin dapat mengembang dalam air dingin, dapat membentuk film, mempengaruhi viskositas suatu bahan dan dapat melindungi sistem koloid. Pada suhu 71°C gelatin mudah larut dalam air dan membentuk gel pada suhu 35–50°C. Gelatin mempunyai kemampuan menyerap air 5–10 kali dan menjadi swelling dalam air dingin. Gelatin bersifat termal reversible yaitu setelah gel dipanaskan dan selanjutnya didinginkan dapat membentuk gel kembali. Gelatin merupakan turunan kolagen yang merupakan protein dengan komponen dasar 50,5% karbon, 6,8% hidrogen, 17% nitrogen dan 25,2% oksigen.

Prinsipnya bahan hidrogel gelatin mengalami pembengkakan ketika menyerap air sehingga kerapatannya berkurang yang mengakibatkan sifat optiknya juga berubah, yaitu nilai indeks bias optiknya berkurang terhadap jumlah air yang diserap. Polimer seperti gelatin membengkak karena air mengisi rongga-rongga pada polimer (diameter rongga membesar), akibatnya akan mengurangi indeks bias polimer, sehingga indeks bias polimer akan mendekati indeks bias air. Gelatin memiliki pori yang relative lebih besar dibandingkan polimer-polimer sintesis. Perubahan sifat optik (indeks bias) polimer gelatin ketika menyerap uap air dapat dimanfaatkan sebagai material sensor kelembaban optik. Perubahan nilai indeks bias gelatin ditentukan oleh jumlah uap air yang diserap. Seiring dengan pembengkakkan gelatin, kerapatan gelatin akan berkurang yang berakibat indeks biasnya mengecil.

## **BAB III METODOLOGI**

Bab ini akan menjelaskan tentang peralatan dan bahan yang akan digunakan, langkah-langkah pengerjaan penelitian, pembuatan rangkaian sensor serat optik sebagai sensor kelembaban, dan prosedur pengukuran.

### **3.1 Penentuan Bahan**

- a. Serat Optik  
Serat optik plastik yang digunakan adalah serat optik plastik tipe FD-620-10. Serat optik ini merupakan serat optik jenis *multimode step index*.
- b. Alkohol dengan kadar 96%  
Larutan alkohol dengan kadar 96% digunakan untuk membersihkan permukaan core dari serat optik yang telah dihilangkan bagian claddingnya.
- c. Larutan HNO<sub>3</sub> 30%  
Larutan HNO<sub>3</sub> 30% digunakan untuk mengaktifkan group OH yang terdapat pada permukaan core, sehingga nantinya lapisan silika sol-gel yang dibuat dapat menempel dengan lebih mudah dipermukaan core serat optik.
- d. Serbuk Gelatin  
Serbuk gelatin yang digunakan terdapat dua jenis gelatin yaitu gelatin yang berasal dari sapi dan gelatin yang berasal dari babi. Serbuk gelatin yang digunakan sebanyak 9 gram. Penggunaan gelatin sebagai cladding bertujuan untuk mendapatkan nilai indeks bias yang lebih besar dibandingkan dengan indeks bias cladding serat optik asli.
- e. Serbuk CoCl<sub>2</sub>  
Serbuk CoCl<sub>2</sub> yang digunakan pada penelitian ini berfungsi sebagai indikator yang peka terhadap perubahan kelembaban. Penggunaan disetiap pembuatan cladding sebesar 82 mg

- f. Etanol dengan kadar 97%  
Cairan etanol ini digunakan sebagai campuran untuk membuat sol gel dari cladding gelatin. Penggunaan etanol sebesar 30ml.
- g. Aquades  
Aquades merupakan air yang sudah dihilangkan ion-ionnya sehingga penggunaannya didalam pembuatan cladding tidak mempengaruhi kandungan dari cairan yang dijadikan cladding. Aquades yang digunakan sebanyak 30ml.
- h. Aseton  
Larutan aseton merupakan bahan kimia yang digunakan untuk mengilangkan cladding dari serat optik.

### 3.2 Penentuan Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

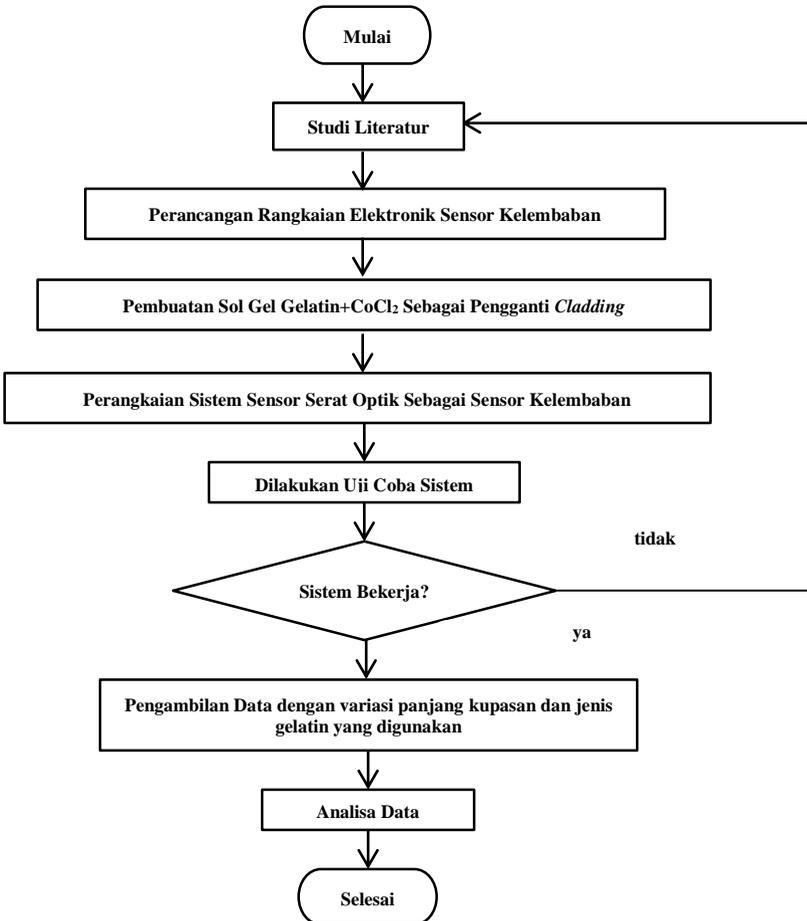
- a. Fiber Optik toolkit  
Fiber optik toolkit ini digunakan untuk mengupas bagian tengah dari serat optik yaitu bagian selimut atau coating dari serat optik.
- b. Gelas kimia  
Gelas kimia digunakan untuk pengukuran larutan-larutan kimia yang dibutuhkan, serta digunakan untuk melakukan reaksi-reaksi kimia dalam pembuatan sol-gel.
- c. Timbangan Digital  
Timbangan digital digunakan untuk menimbang bahan-bahan untuk pembuatan sol gel gelatin.
- d. Higrometer tipe HTC  
Higrometer digunakan untuk mengetahui nilai RH saat pengukuran.
- e. *Heater*  
*Heater* digunakan untuk memanaska air agar menghasilkan uap panas untuk meningkatkan nilai RH
- f. Humidity Chamber  
Humidity chamber pada pengukuran ini terbuat dari akrilik 2mm yang berukuran 17cm×25cm×18,5cm. Ukuran tersebut

disesuaikan dengan volume yang digunakan pada saat percobaan, selanjutnya dibuat skala diperkecil.

- g. Statip  
Statip digunakan untuk menyangga rangkaian sensor kelembaban saat pengukuran.
- h. *Magnetic Stirrer*  
Magnetic stirrer merupakan alat pengaduk berbentuk kapsul yang dapat berputar saat ada medan magnet disekitarnya. Alat ini diaplikasikan bersama hot plate.
- i. Hot plate  
Hot plate digunakan untuk memanaskan saat pembuatan sol gel.
- j. Photodiode  
Photodiode digunakan sebagai sensor cahaya dari serat optik dan kan diteruskan pada arduino nano.
- k. LED Superbright Merah  
LED digunakan sebagai sumber cahaya dengan panjang gelombang 631nm dengan *range* tegangan sebesar 1,8V-2,1V.
- l. Kabel Buaya  
Kabel buaya digunakan untuk penyambungan rangkaian sensor kelembaban
- m. Power Supply  
Power supply merupakan catu daya yang digunakan sebagai sumber tegangan.
- n. Arduino Nano ATmega328p  
Arduino nano pada penelitian ini digunakan sebagai pembaca sinyal analog yang diterima oleh photodiode kemudian akan diubah menjadi sinyal digital berupa nilai tegangan.
- o. Software PLX-DAQ  
Software ini digunakan sebagai pengkonversi nilai tegangan yang telah terbaca pada arduino nano kemudian ditampilkan pada ms. Excel.

### 3.3 Diagram Penelitian

Berdasarkan proses penelitian yang dilakukan terdapat tahapan-tahapan pengerjaan yang secara rinci dapat dilihat pada diagram alir penelitian berikut ini



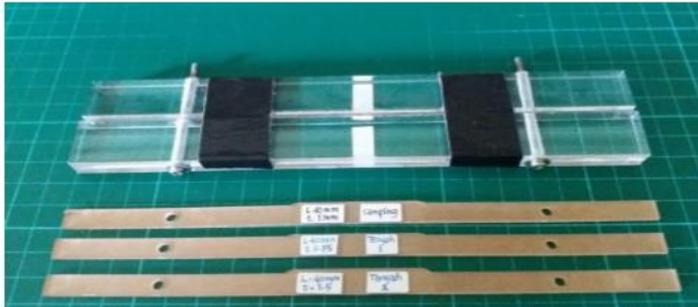
**Gambar 3.1** Diagram Penelitian

### 3.4 Pembuatan Lapisan *Cladding* Gelatin

#### 3.4.1 Pengupasan *Cladding* Serat Optik

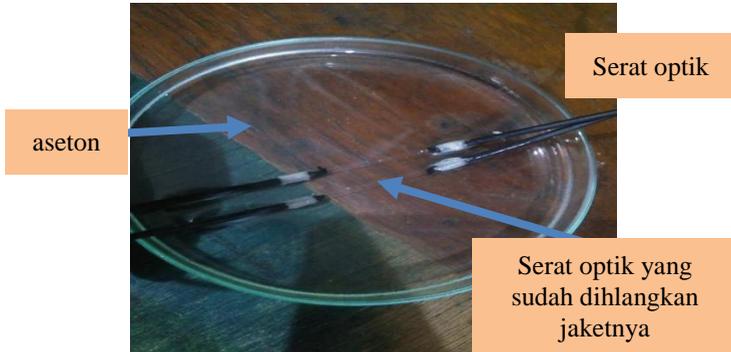
Proses pembuatan sensor serat optik plastik sebagai sensor kelembaban dengan mengganti *cladding* serat optik menggunakan gelatin babi dan gelatin sapi sebagai berikut:

1. Serat optik plastik tipe FD 620-10 yang sudah disiapkan dipotong sepanjang 30 cm
2. Bagian tengah dari serat optik dikupas *coating*nya sepanjang 3 cm dan 4 cm menggunakan akrilik yang telah didesain sesuai dengan ukuran diameter serat optik.



**Gambar 3.2** Alat bantu pengupas serat optik

3. Setelah bagian *coating* dikupas, bagian *cladding* yang akan diganti dengan sol-gel gelatin dihilangkan dengan menggunakan cairan aseton. Bagian tengah yang telah terkupas *coating*nya direndam dengan larutan aseton kurang lebih selama 30 menit untuk menghilangkan *cladding*nya. Lama waktu lepasnya *cladding* tergantung dari suhu ruangan yang digunakan. Apabila suhu ruangan tinggi cairan aseton akan cepat menguap, sehingga memperlambat proses pelepasan *cladding*. Untuk itu diperlukan suhu ruangan sekitar 25 °C untuk mendapatkan waktu yang lebih efektif untuk menghilangkan *cladding* serat optik.



**Gambar 3.3** Proses pengelupasan *cladding* serat optik

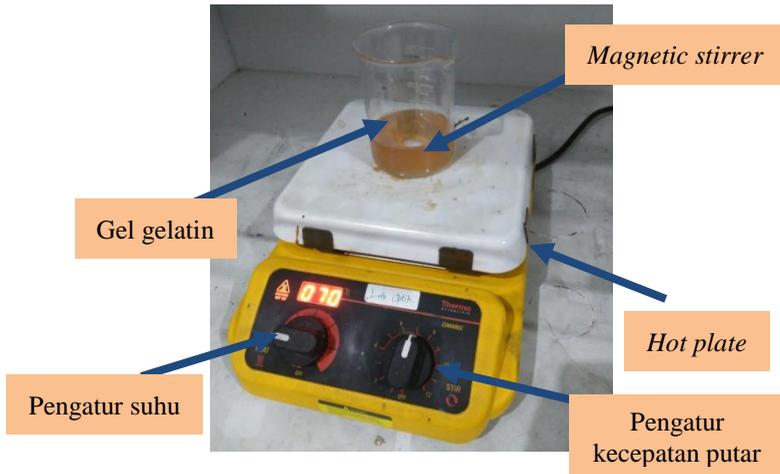
Untuk mengetahui lapisan *cladding* asli serat optik sudah terkelupas atau belum dapat diketahui dengan menembakkan laser pada *core* serat optik. Apabila permukaan cahaya pada *core* terbiaskan seluruhnya berarti lapisan *cladding* asli sudah lepas seluruhnya.

4. Setelah itu bagian yang sudah tidak ada *cladding*nya direndam dalam larutan  $\text{HNO}_3$  dengan kadar 65% selama 5 menit. Hal ini dikarenakan group OH yang ada pada permukaan *core* harus diaktivasi dengan perlakuan asam. Sehingga group OH yang sudah diaktivasi pada permukaan *core* membentuk ikatan dengan molekul gelatin +  $\text{CoCl}_2$  untuk menempel pada bagian *core*. Setelah itu, serat optik yang telah selesai dari proses perendaman OH kembali direndam dengan aquades dan dibersihkan menggunakan alkohol.

### 3.4.2 Pembuatan *Cladding* Gelatin

1. Pembuatan film tipis sol-gel dimulai dengan mencampurkan 9 gram serbuk gelatin, 30 ml larutan etanol, 30 ml larutan aquades dan 82 mg serbuk  $\text{CoCl}_2$ .
2. Setelah semua bahan dan *magnetic stirrer* dimasukkan di dalam gelas beker dan diletakkan diatas *hot plate*. Suhu *hot*

plate diatur sebesar  $70^{\circ}\text{C}$ . Proses pencampuran dilakukan selama 30 menit.

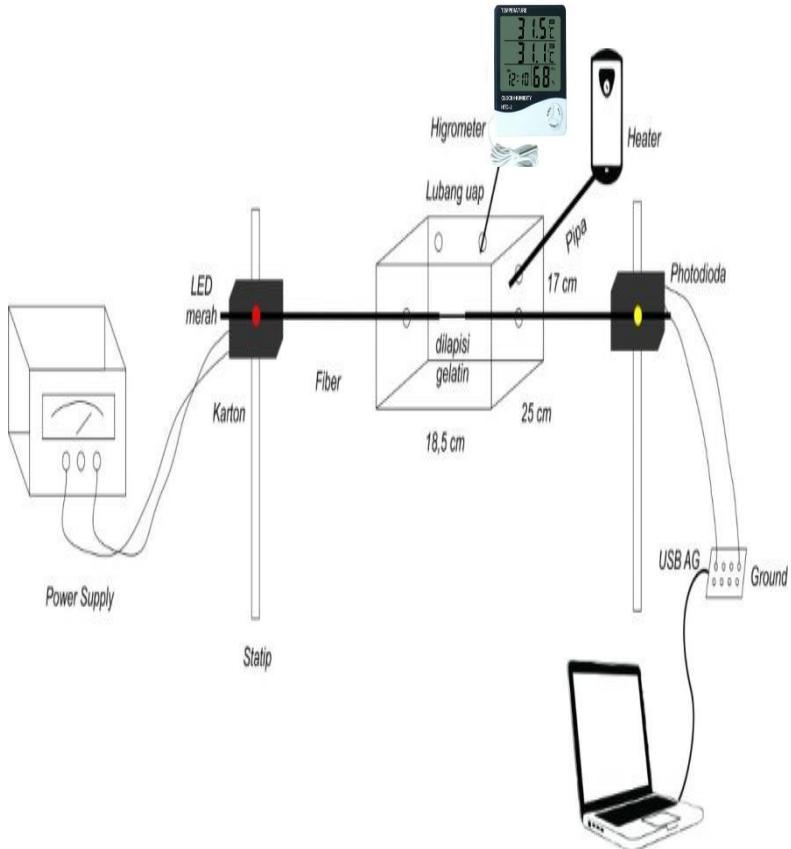


**Gambar 3. 5** Proses pembuatan gel gelatin menggunakan *hotplate magnetic stirrer*

3. Campuran yang sudah tercampur menggunakan *hot plate magnetic stirrer* kemudian didinginkan di udara terbuka sampai 1 menit.
4. Pelapisan serat optik menggunakan teknik dip coating. Teknik ini dimulai dengan dengan mencelupkan serat optik pada campuran atau sol gel gelatin yang telah dibuat. Pelapisan dimulai dengan pencelupan selama 10 detik kemudian ditarik.
5. Setelah pelapisan selesai, serat optik dibiarkan pada tekanan atmosfer dan pada suhu kamar selama 24 jam.

### 3.5 Pembuatan Rangkaian Sensor Serat Optik Sebagai Sensor Kelembaban

Rangkaian sensor kelembaban serat optik *cladding* gelatin sapi dan babi dirangkai sesuai skema rangkaian yang terdapat pada Gambar 3.6 berikut ini



**Gambar 3. 6** Skema rangkaian sensor kelembaban serat optik

Dari skema rangkaian pada Gambar 3.6 dapat dijabarkan prosesnya sebagai berikut

1. *Power supply* dihubungkan dengan LED superbright merah agar dapat menyala dengan range sebesar 1,8 volt sampai 2,1 volt.
2. LED dicoupling dengan serat optik plastic yang menuju ke dalam humidity chamber.
3. *Humidity chamber* yang sudah didesain dan terdapat beberapa lubang yaitu lubang untuk tempat masuknya higrometer, serat optik, serta pipa yang terhubung ke heater tempat masuknya uap panas.
4. Sensor serat optik disusun lurus dan terhubung kembali dengan photodiode.
5. Photodiode *dicoupling* dengan arduino nano yang terhubung dengan laptop .

### **3.6 Pengukuran Sensor Kelembaban**

Setelah rangkaian sensor sudah dirangkai sesuai dengan Gambar 3.6. Kemudian dilakukan pengukuran sensor kelembaban menggunakan serat optik plastik dengan *cladding* gelatin dengan panjang kupasan yang berbeda yaitu 3 cm, dan 4 cm. Setelah pengukuran dengan gelatin sapi selesai maka dilanjutkan dengan penggunaan gelatin babi. Berikut ini adalah langkah-langkahnya:

1. Serat optik plastik dengan *cladding* gelatin sapi untuk panjang 3 cm diletakkan di dalam *chamber*.
2. *Power supply* dinyalakan dan diatur tegangan input sebesar 2,1V sesuai dengan *range* kerja dari LED merah.
3. Diukur %RH awal kemudian %RH dinaikkan menggunakan bantuan uap air dari pipa yang terhubung dengan *heater*
4. Tegangan keluaran dari photodiode yang berupa sinyal analog dikonversikan menggunakan arduino nano yang terhubung dengan laptop sehingga dapat mengubahnya menjadi data digital dengan bantuan software PLX-DAQ

dengan algoritma pemrograman analogreadexcel yang dapat langsung terhubung dengan microsoft excel.

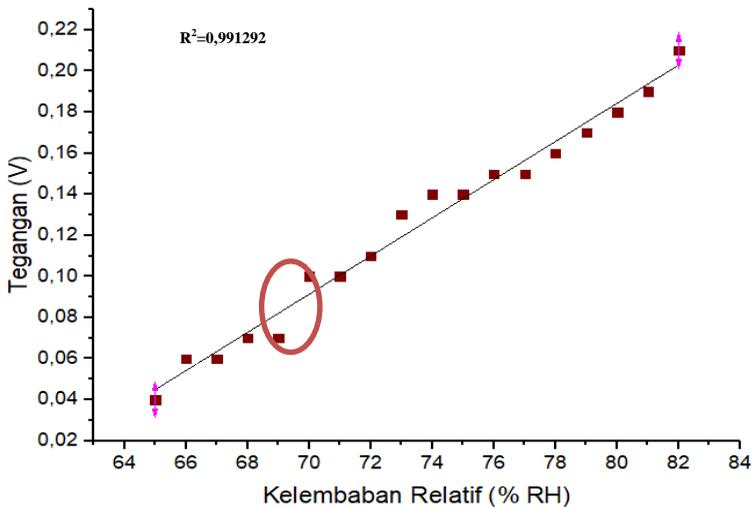
5. Setelah didapatkan data maka diulangi langkah diatas untuk jenis gelatin yang dipakai yaitu babi dan sapi serta variasi panjang kupasan *cladding* 3 cm dan 4 cm.

## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab IV ini, hasil penelitian akan dipaparkan dengan menyajikan hasil pengukuran sensor kelembaban menggunakan serat optik pada *cladding* gelatin sapi dan babi dengan panjang kupaasan 3 cm dan 4 cm. Hasil pengukuran dan analisa hasil pengukuran lebih lanjut dijelaskan sebagai berikut.

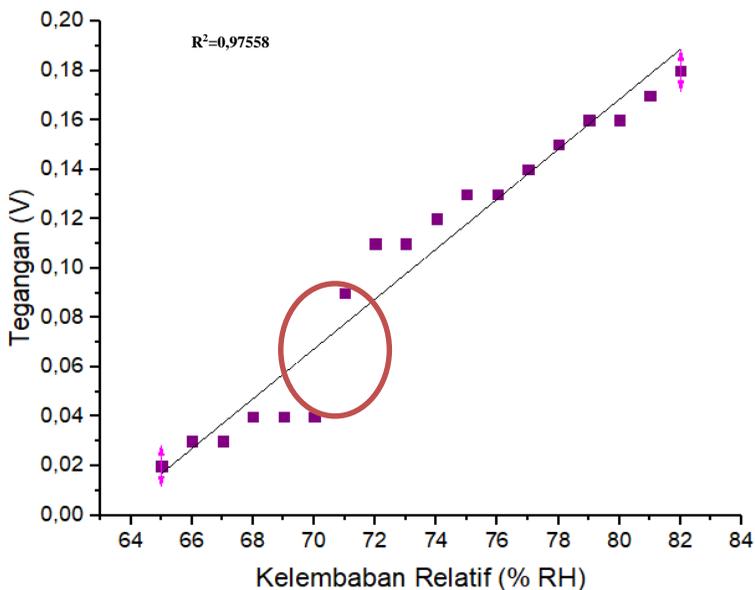
### 4.1 Hasil Pengukuran Sensor Kelembaban *Cladding* Gelatin Sapi dan *Cladding* Gelatin Babi untuk Setiap Variasi Kupaasan

Variasi *cladding* gelatin yang digunakan pada penelitian ini adalah gelatin sapi dan babi. Tegangan keluaran yang terukur pada arduino nano dicatat pada setiap perubahan %RH dimulai dari %RH yang diukur diawal pengukuran. Rentang RH yang digunakan pada penelitian ini adalah 65% - 82%. Berikut ini merupakan grafik hasil pengukuran sensor kelembaban serat optik



**Gambar 4.1** Hubungan antara nilai RH(%) terhadap tegangan (V) pada *cladding* gelatin babi dengan kupaasan 3 cm

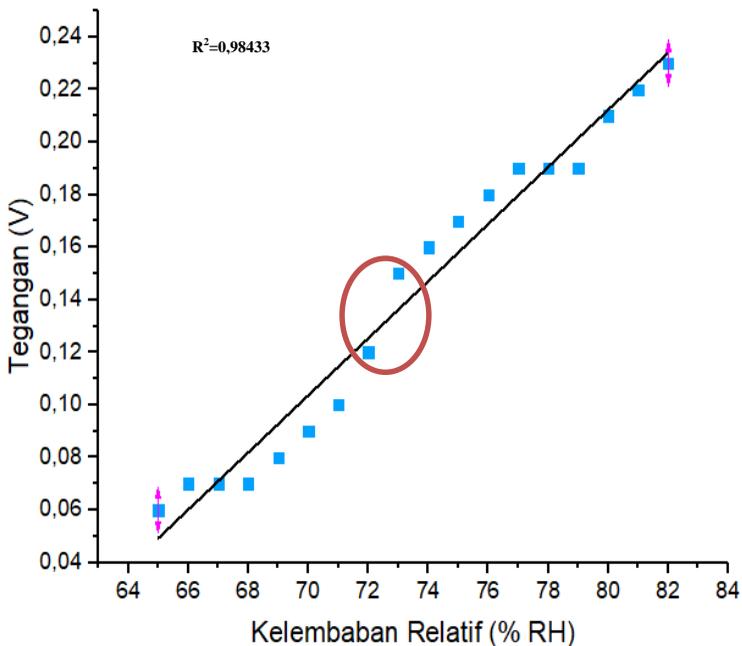
Berdasarkan Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa sensor dengan *cladding* gelatin babi sepanjang 3 cm memiliki respon *linear* untuk kenaikan RH dengan tingkat korelasi antara hasil nilai pengukuran RH dengan nilai hasil tegangan sebesar 0,991292. Rentang hasil tegangan keluaran yang dihasilkan adalah 0,04V – 0,21 dengan rentang %RH yang digunakan 65%-82%. Pada gambar 4.1 terdapat lingkaran warna hitam yang menunjukkan peningkatan hasil tegangan keluaran tertinggi di sepanjang grafik. Peningkatan ini terjadi pada 69% RH dengan tegangan 0,07V sampai dengan 71% RH dengan tegangan 0,10V, sehingga terjadi perubahan tegangan sebesar 0,03V. Pada gambar 4.1 dapat diketahui respon sensor terbaik terjadi pada rentang %RH 77% - 80%.



**Gambar 4.2** Hubungan antara nilai RH(%) terhadap tegangan (V) pada *cladding* gelatin babi dengan panjang 4 cm

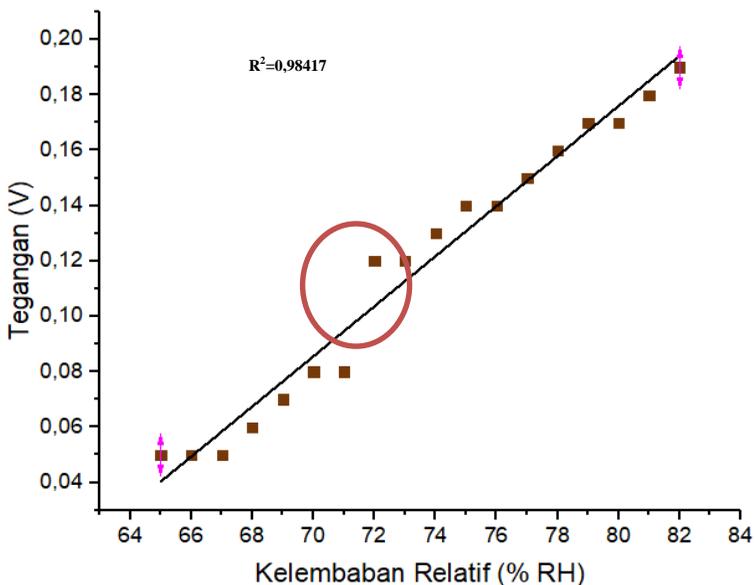
Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa sensor dengan *cladding* gelatin babi sepanjang 4 cm memiliki respon

linear untuk kenaikan RH dengan tingkat korelasi antara hasil nilai RH dengan nilai hasil tegangan keluaran sebesar 0,97558. Rentang hasil tegangan keluaran yang dihasilkan adalah 0,02V – 0,18V dengan rentang %RH yang digunakan 65%-82%. Pada gambar 4.2 terdapat lingkaran warna hitam yang menunjukkan peningkatan hasil tegangan keluaran yang tertinggi di sepanjang grafik. Pada *cladding* babi panjang 4 cm peningkatan tertinggi terjadi pada rentang %kelembaban relatif yaitu 70% dengan tegangan keluaran 0,04V sampai dengan %kelembaban relatif 72% dengan tegangan keluaran 0,09V, sehingga terjadi perubahan tegangan sebesar 0,05V. Pada Gambar 4.2 dapat diketahui rentang respon sensor terbaik terjadi pada 77% - 80% kelembaban relatif.



**Gambar 4.3** Hubungan antara nilai RH(%) terhadap tegangan (V) pada *cladding* gelatin sapi dengan panjang 3 cm

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa sensor dengan *cladding* gelatin sapi sepanjang 3 cm memiliki respon linear untuk kenaikan RH dengan tingkat korelasi antara hasil nilai RH dengan nilai hasil tegangan keluaran sebesar 0,98433. Rentang hasil tegangan keluaran yang dihasilkan adalah 0,06V – 0,23V dengan rentang %RH yang digunakan 65%-82%. Pada Gambar 4.3 terdapat lingkaran warna hitam yang menunjukkan peningkatan hasil tegangan keluaran yang tertinggi di sepanjang grafik. Pada *cladding* sapi panjang 3 cm peningkatan tertinggi terjadi pada rentang %kelembaban relatif yaitu 72% dengan tegangan keluaran 0,12V sampai dengan %kelembaban relatif 73% dengan tegangan keluaran 0,15V, sehingga terjadi perubahan tegangan sebesar 0,05V. Pada gambar 4.1 dapat diketahui rentang respon sensor terbaik terjadi pada 80% - 82% kelembaban relatif.



**Gambar 4.4** Hubungan antara nilai RH(%) terhadap tegangan (V) pada *cladding* gelatin sapi dengan panjang 4 cm

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa sensor dengan *cladding* gelatin sapi sepanjang 4 cm memiliki respon linear untuk kenaikan RH dengan tingkat korelasi antara hasil nilai RH dengan nilai hasil tegangan keluaran sebesar 0,98417. Rentang hasil tegangan keluaran yang dihasilkan adalah 0,04V – 0,18V dengan rentang %RH yang digunakan 65%-82%. Pada Gambar 4.4 terdapat lingkaran warna hitam yang menunjukkan peningkatan hasil tegangan keluaran yang tertinggi di sepanjang grafik. Pada *cladding* gelatin sapi panjang 4 cm peningkatan tertinggi terjadi pada rentang %kelembaban relatif yaitu 71% dengan tegangan keluaran 0,08V sampai dengan %kelembaban relatif 72% dengan tegangan keluaran 0,12V, sehingga terjadi perubahan tegangan sebesar 0,04V. Pada Gambar 4.1 dapat diketahui rentang respon sensor terbaik terjadi pada 76% - 79% kelembaban relatif.

Dari Gambar 4.1 sampai 4.4 dapat diketahui bahwa sensor mengalami peningkatan hasil tegangan keluaran hal ini disebabkan adanya perubahan indeks bias *cladding* gelatin akibat pengaruh perubahan nilai kelembaban. Kelembaban ditandai oleh adanya jumlah uap air di udara. Perubahan nilai indeks bias gelatin ditentukan oleh jumlah uap air yang diserap oleh lapisan gelatin. Uap air yang diserap oleh lapisan gelatin akan memasuki rongga-rongga di dalam gelatin yang menyebabkan gelatin membesar (*swelling*). Semakin luas bagian permukaan sensor yang dapat menyerap uap air sehingga seiring dengan pembengkakan gelatin kerapatan gelatin akan berkurang yang berakibat indeks biasnya mengecil. Perubahan indeks bias pada *cladding* akibat *swelling* menyebabkan berubahnya sudut kritis pada pemantulan dalam total di dalam inti serat optik (*core*), akibatnya sebagian energi cahaya terserap oleh *cladding* keluar dari inti serat secara eksponensial sebagai gelombang *evanescent*. Penyerapan cahaya yang disebutkan oleh perubahan indeks bias *cladding* berpengaruh terhadap besarnya intensitas cahaya yang dipandu, besarnya perubahan intensitas cahaya yang dipandu secara tidak langsung akibat perubahan kelembaban. Besarnya energi cahaya yang terserap oleh *cladding* sebagai gelombang *evanescent*. Semakin tinggi kelembaban relatif maka penyerapan medan *evanescent* semakin menurun. Menurunnya penyerapan medan *evanescent*

mengakibatkan cahaya yang terpandu pada serat optik mengalami peningkatan dan pada akhirnya menaikkan tegangan keluaran sensor.

Pada pengukuran sensor ini terdapat rugi daya dimana masukan sensor sebesar 2,1 V menghasilkan keluaran sensor sebesar (0,02- 0,023) V hal ini disebabkan beberapa hal yaitu hamburan, hamburan yang terjadi adalah hamburan pada sumber cahaya yaitu LED dimana diameter LED lebih besar dari diameter serat optik sehingga sebagian cahaya akan dipandu ke dalam serat optik dan sebagian akan terhambur keluar dari serat optik.

Dari Gambar 4.1 sampai 4.4 dapat diketahui sensor hanya dapat digunakan pada pengukuran dengan kenaikan % kelembaban relatif, sedangkan untuk pengukuran sensor pada penurunan nilai % kelembaban relatif, sensor tidak dapat dilakukan. Apabila ingin melakukan pengukuran sensor dengan penurunan nilai kelembaban relatif maka perlu melakukan penyusutan pada *cladding* gelatin.

Saat pengukuran menggunakan kelembaban relatif dikarenakan apabila menggunakan kelembaban mutlak akan bergantung pada tekanan atmosfer. Banyaknya molekul air di udara dapat berubah-ubah dan diwujudkan ke bentuk fisis tekanan uap air di dalam udara. Kelembaban maksimum yang terjaga adalah tekanan uap di udara yang mengalami kejenuhan sangat dipengaruhi oleh temperatur. Kelembaban tinggi artinya ada banyak uap air di udarasedangkan kelembaban rendah berarti hanya sedikit uap air di udara.

Grafik-grafik yang diperoleh tidak cukup linear untuk rentang nilai kelembaban yang diujikan, yaitu dari 65%RH sampai hingga 82%RH seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1 sampai 4.4. Namun demikian pada kurva-kurva tersebut ada yang cukup linear sehingga dapat dikatakan rentang tersebut merupakan rentang terbaik dari sensor tersebut. Dengan mengetahui hal tersebut maka dapat dihitung nilai sensitivitas menggunakan hubungan berikut ini

$$S = \frac{\Delta V}{\Delta \% RH} \quad (2.7)$$

Dengan  $\Delta V$  adalah perubahan tegangan keluaran berupa volt dan  $\Delta \% RH$  adalah variasi kelembaban yang diujikan. Untuk hasil nilai sensitivitas disajikan pada Tabel 4.1 berikut ini

**Tabel 4.1** Nilai sensitivitas serat optik

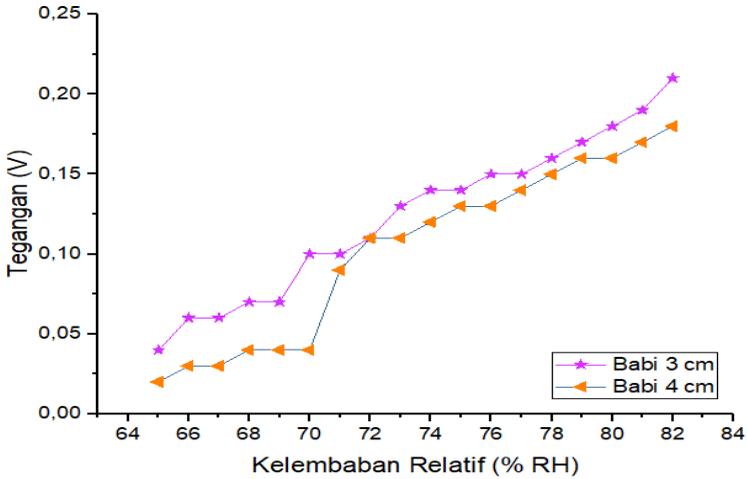
Gelatin	Panjang <i>cladding</i>	Rentang %RH	Rentang Tegangan(V)	Sensitivitas
Babi	3 cm	76% - 81%	0,15 - 0,19	0,0066
	4cm	76% - 79%	0,14 - 0,16	0,0075
Sapi	3cm	80% - 82%	0,21 - 0,23	0,0066
	4cm	76 % - 79%	0,14 -0,17	0,0075

Diperoleh nilai sensitivitas yang berbeda pada kedua gelatin serta panjang kupasannya. Nilai sensitivitas terbesar terdapat pada sensor serat optik *cladding* sapi dan babi panjang kupasan 4 cm. Hal ini membuktikan bahwa semakin panjang kupasan *cladding* yang diganti dengan *cladding* gelatin babi dan sapi maka semakin besar nilai sensitivitasnya.

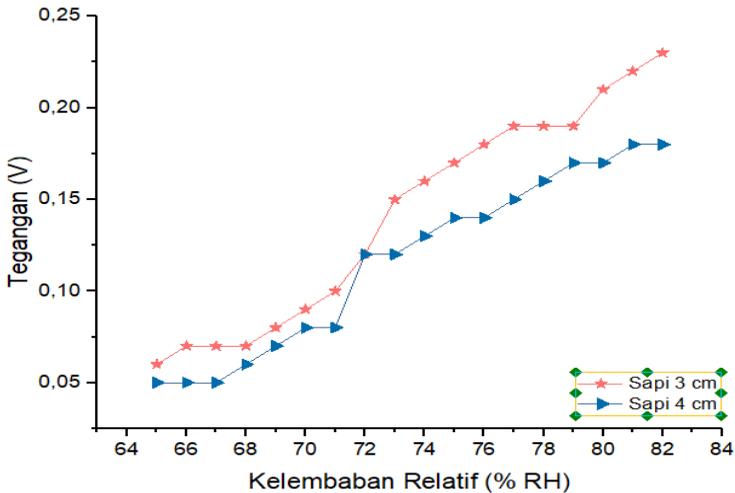
Panjang *cladding* yang dikupas dan diganti dengan gelatin ini berpengaruh sebab semakin panjang *cladding* gelatin maka semakin luas juga bidang penyerapan uap air yang ditandai dengan peningkatan nilai kelembaban udara sehingga mengakibatkan nilai indeks bias *cladding* semakin mengecil. Turunnya nilai indeks bias *cladding* membuat kedalaman penetrasi mengecil. Semakin kecil kedalaman penetrasi, semakin besar medan *evanescent* yang terpandu sehingga membuat keluaran sensor menjadi naik. Saat keluaran sensor mengalami kenaikan dengan mendekati linearitas dengan rentang yang panjang maka sensitivitasnya semakin besar.

## 4.2 Analisis Pengaruh Panjang Kupasan dan Pelapisan *Cladding*

Variasi panjang kupasan yang digunakan pada penelitian ini adalah 3 cm dan 4 cm. Berikut merupakan perbandingan panjang kupasan pada setiap perubahan %RH pada *cladding* sapi dan babi pada panjang kupasan 3 cm dan 4 cm



**Gambar 4.5** Hubungan antara nilai RH(%) terhadap tegangan (V) pada *cladding* gelatin babi panjang kupasan 3 cm dan 4 cm



**Gambar 4.6** Hubungan antara nilai RH(%) terhadap tegangan (V) pada *cladding* gelatin sapi panjang kupasan 3 cm dan 4 cm

Berdasarkan Gambar 4.5 dan 4.6 dapat diketahui adanya pengaruh panjang kupasan *cladding* terhadap tegangan keluaran yang dihasilkan. Pada kedua *cladding* gelatin sapi dan babi rentang hasil tegangan keluaran pada kupasan 3 cm lebih besar dibandingkan pada kupasan 4 cm. Hal ini diakibatkan pada proses pengelupasan jaket (*coating*) terjadi goresan pada inti serat optik sehingga menyebabkan kebocoran cahaya saat dipandu. Serat optik yang hanya tersisa bagian core ini jika diberikan sumber cahaya laser maka akan terjadi kebocoran cahaya sepanjang daerah kupasan. Penggunaan akrilik dan cutter dalam menghilangkan jaket menyebabkan permukaan selubung (*cladding*) sampai inti (*core*) tergores yang menyebabkan normal bidang pada permukaan berubah. Peristiwa ini menyebabkan berubahnya nilai sudut kritis pada daerah kupasan. Berubahnya normal bidang permukaan menyebabkan besar sudut datang cahaya terhadap normal bidang berubah sehingga terdapat cahaya yang datang lebih kecil dari pada sudut kritisnya. Akibatnya cahaya yang datang lebih kecil dari sudut kritisnya akan dibiaskan keluar medium inti (*core*) menuju selubung (*cladding*) sehingga terjadi kebocoran cahaya.

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diamati hubungan antara RH dengan tegangan keluaran detektor, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Lapisan *cladding* gelatin+CoCl<sub>2</sub> dapat digunakan sebagai elemen sensor kelembaban, karena sifat optik gelatin babi dan sapi yang sensitif terhadap uap air didapatkan hasil dari pengukuran dapat merespon perubahan kelembaban udara dari 65%-82%RH
2. Sensor kelembaban serat optik *cladding* gelatin babi panjang kupasan 3 cm merupakan sensor dengan nilai linearitas dan rentang respon paling baik, sedangkan untuk sensor yang mempunyai sensitivitas tertinggi terdapat pada sensor serat optik *cladding* babi dan sapi dengan kupasan 4 cm.

#### 5.2 Saran

Berapa saran dari peneliti untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk lebih memvariasi panjang kupasan *cladding* serat optik, yakni rentang panjang kupasan 5 cm sampai 8 cm agar didapatkan nilai sensitivitas yang lebih baik dari serat optik saat pengukuran sensor kelembaban.
2. Penulis juga menyarankan untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan *chamber* yang terbuat dari bahan yang dapat menyimpan panas sehingga lebih mudah untuk meningkatkan nilai %RH.
3. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan variasi gelatin yang digunakan selain babi dan sapi.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- Abramczyk. 2008. **Fundamentals of Optical Fiber Transmission**. Berlin: Technical University of Lodz.
- Abrate, Silvio, dkk. 2016. **Current Developments in Optical Fiber Technology**. Torino: Instituto Superiore Boella Turner, Phil, et al. 2005. *Molecular Biology Third Edition*. New York : Taylor & Francis Group.
- Anu Vijayan et al, 2008. **Optical Fiber Based Humidity Sensor Using Co-Polyaniline Clad**. University Of Pune : India.
- Arduino Nano. [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc). 12 Nopember 2018
- Arduino Nano. [www.atmel.com.12](http://www.atmel.com.12) Nopember 2018
- B. D. Gupta et al, 2001. **A Novel Probe For A Fiber Optic Humidity Sensor**. Indian Institute Of Technology Delhi : India.
- GMIA, 2012. **Gelatin Handbook**, USA: Gelatin Manufacturers Institute of America.
- Jannah, Akhyunul. 2008. **Tinjauan Kehalalan dan Alternatif Produksi**. UIN Malang Press, Malang.
- Keiser, Gerd.1991.**Optical Fiber Communications 2nd Edition**. New York: McGraw-Hil.
- Powers, John. 1997. **An Introduction To Fiber Optic Systems. 2nd Edition**. New York: Mc Graw Hill.
- Suematsu, Yazuharu. 1982. **Optical Device And Fiber**. Tokyo: OHM
- Sunil K. Khijwania et al, 2005. **An Evanescent Wave Optical Fiber Relative Humidity Sensor With Enhanced Sensitivity**. Mississippi State University : USA.
- Vidia, 2011. **Perancangan Sensor Kelembaban Menggunakan Serat Optik Dengan Cladding Gelatin+CoCl2**. ITS : Surabaya
- Widyana, 2010. **Perancangan Sensor Serat Optik untuk Pengukuran Pergeseran Obyek dalam Orde Mikrometer Menggunakan Serat Optik Multimode**. ITS : Surabaya
- Yoga, Dimas M., 2011. **Rancang Bangun Sistem Transmisi Data Menggunakan Serat Optik Plastik Untuk Pengukuran Suhu**. Surabaya: ITS.

Suwana, Wayan, Melania, Hatta, **Pengembangan Sensor Napas Berbasis Serat Optik Plastik dengan Cladding Terkelupas untuk aplikasi di Bidang Medis.** ITS : Surabaya (2012).

## LAMPIRAN A

### Data Hasil Pengukuran Sensor Kelembaban Serat Optik dengan Panjang Kupasan 3 cm dan 4 cm

Data hasil pengukuran *cladding* babi dengan panjang kupasan 3 cm

% RH	Tegangan (V)
65	0,04
66	0,06
67	0,06
68	0,07
69	0,07
70	0,1
71	0,1
72	0,11
73	0,13
74	0,14
75	0,14
76	0,15
77	0,15
78	0,16
79	0,17
80	0,18
81	0,19
82	0,21

Data hasil pengukuran sensor *cladding* babi kupasan 4 cm

% RH	Tegangan (V)
65	0,02
66	0,03
67	0,03
68	0,04
69	0,04
70	0,04
71	0,09
72	0,11
73	0,11
74	0,12
75	0,13
76	0,13
77	0,14
78	0,15
79	0,16
80	0,16
81	0,17
82	0,18

Data hasil pengukuran *cladding* sapi dengan panjang kupasan 3 cm

% RH	Tegangan (V)
65	0,06
66	0,07
67	0,07
68	0,07
69	0,08
70	0,09
71	0,1
72	0,12
73	0,15
74	0,16
75	0,17
76	0,18
77	0,19
78	0,19
79	0,19
80	0,21
81	0,22
82	0,23

Data hasil pengukuran *cladding* sapi dengan panjang kupasan 4 cm

% RH	Tegangan (V)
65	0,05
66	0,05
67	0,05
68	0,06
69	0,07
70	0,08
71	0,08
72	0,12
73	0,12
74	0,13
75	0,14
76	0,14
77	0,15
78	0,16
79	0,17
80	0,17
81	0,18
82	0,18

## LAMPIRAN B

### Algoritma Analogread Arduino Nano

```

Analogread2_excel | Arduino 1.6.12
File Edit Sketch Tools Help
Analogread2_excel
//Declarations - set up the variables to be used in the applicati
//byte ledPin[] = {4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,11,12,13}; // Create array
int sensorPin = A6; // select the input pin for the potentiometer
int delayData = 80; // Set a delay period for the data transferred
//int x = 0; //Set the initial counter for LED OUTPUT
int row = 0; // Set the starting Excel row
int sensorValue = 0; // variable to store the value coming from t
//-----
// Set up the Arduino Serial port rate, clear all previous data ar
void setup() {
  Serial.begin(9600); // opens serial port, sets data rate128000 bps
  Serial.println("CLEARDATA"); //clears any residual data
  Serial.println("LABEL,Time,Volt");
}

void loop() {
  // read the value from the sensor:
  sensorValue = analogRead(sensorPin);

  -----
  float Volt = sensorValue*(5.0/1023.0);
  Serial.print("Nilai Baca Sensor =");
  Serial.println(sensorValue);
  delay(100);
  Serial.print("Nilai Baca Tegangan =");
  Serial.println(Volt);
  delay(100);

  // Send the data to excel and delay the next step for teh set pe
  Serial.print("DATA,TIME,");
  Serial.println(Volt);
  Serial.print(",");
  //Serial.println("sensorValue");
  //Serial.print(",");
  row++;
  delay (delayData);
}

```

## LAMPIRAN C

### Datasheet Higrometer HTC-2



#### Spesifikasi

- Temperature range:  $-50^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$  ( $-58^{\circ}\text{F} \sim +158^{\circ}\text{F}$ )  
Temperature accuracy:  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  ( $1.8^{\circ}\text{F}$ )
- Temperature resolution:  $0.1^{\circ}\text{C}$  ( $0.2^{\circ}\text{F}$ )
- Humidity range: 10%~99% RH
- Humidity accuracy:  $\pm 5\%$  RH
- Humidity resolution: 1% RH
- Power source: 1\*AAA (1.5V) battery (Included)
- Material: ABS
- Color: White+Black
- Dimensions: 105x97x23mm, ( 4 3/16" H x 3 7/8 " W x 7/8" Thick

## LAMPIRAN D

### Datasheet LED superbright

LED *round type* 5 mm

Spesifikasi:

- Warna cahaya : *ultra bright red* (631 nm)
- Warna lensa : *water clear*
- *Forward voltage* : 2,1V
- Arus : 20mA
- Material : AlGaInP
- Sudut pancaran : 10 derajat
- Luminasi : 2000mCd @ If=20mA

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BIODATA PENULIS**



Wafa Faziatus Sholikhah merupakan nama dari penulis. Anak pertama dari pasangan Saroni dan Shofiati. Putri kelahiran Blitar tanggal 07 Agustus 1994. Memulai pendidikan di TK AL-HIDAYAH dan SDN TULISKRIYO 02 Tuliskriyo, Kecamatan Sanankulon. Melanjutkan pendidikan menengah di MTsN BLITAR. Pendidikan Atas di SMAN 1 BLITAR.

Setelah itu melanjutkan di perguruan tinggi pada tahun 2013 di Departemen Fisika ITS Hingga sekarang dengan NRP 01111340000063. Selain aktif di bangku perkuliahan penulis juga aktif di organisasi mahasiswa Forum Perempuan ITS Fisika ITS, Selain itu penulis juga turut berkontribusi dalam pengembangan laboratorium optoelektronika sebagai asisten laboratorium optoelektronika pada 2016. Untuk keterangan lebih jelas mengenai tugas akhir ini dapat menghubungi penulis melalui email [wafafazia77us@gmail.com](mailto:wafafazia77us@gmail.com).