

Analisis Penggunaan Gelatin Sapi dan Gelatin Babi sebagai *Cladding* pada Serat Optik untuk Perancangan Sensor Kelembaban

Wafa Faziatus Sholikhah dan Agus Rubiyanto

Departemen Fisika, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: arubi@physics.its.ac.id

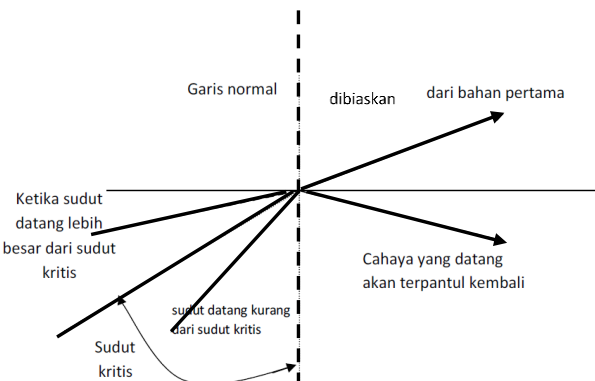
Abstrak—Sensor kelembaban telah dikembangkan menggunakan serat optik plastik jenis *multimode step index*. *Cladding* serat optik diganti dengan lapisan gelatin sapi dan babi di bagian tengahnya sepanjang 3 cm dan 4 cm digunakan sebagai sensor. LED ultra bright panjang gelombang 631 nm digunakan sebagai 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.

I. PENDAHULUAN

KELEMBABAN adalah jumlah air yang terkandung didalam suatu zat melalui proses absorpsi atau adsorbs [1]. Jika besarnya kelembaban tidak tepat sesuai kebutuhan maka akan menimbulkan gangguan dan kerusakan sebab kelembaban dapat mempengaruhi proses-proses fisika, kimia dan biologi di alam. Sebagai contoh, mesin-mesin industri akan mudah berkarat apabila dalam keadaan kelembaban tinggi [2].

Serat optik tidak hanya digunakan sebagai pandu gelombang optik untuk sistem komunikasi [3], tetapi dapat juga dimanfaatkan untuk membuat sensor. Salah satunya digunakan sebagai sensor kelembaban [2]. Penggunaan serat optik sebagai sensor kelembaban telah banyak dilakukan dengan berbagai macam metode dengan hasil rentang kelembaban relatif yang berbeda-beda [4][5][6] dan [7]. Rentang ini juga dipengaruhi oleh materi apa yang digunakan sebagai pengganti *cladding* pada serat optik sebagai sensor kelembaban [2]. Untuk itu perlu adanya inovasi bahan dalam penggantian *cladding* sebagai sensor. Bahan yang dipilih merupakan bahan yang mempunyai sifat optis [8]. Salah satu bahan yang mempunyai sifat optis yaitu gelatin. Gelatin mempunyai sifat dapat membentuk gel [9]. Gelatin merupakan

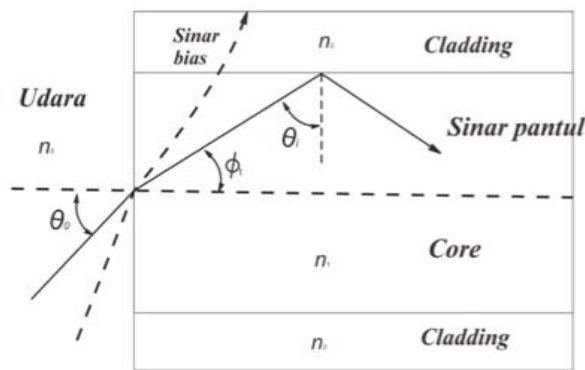


Gambar 1. Proses terjadinya pemantulan dalam total pada serat optik.

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 [10]. Prinsipnya bahan gel gelatin akan mengalami pembengkakan ketika menyerap air [11], sehingga kerapatannya berkurang yang mengakibatkan sifat optiknya juga berubah, yaitu nilai indeks bias [12] berkurang terhadap jumlah air yang diserap [2].

Pada penelitian ini jenis serat optik yang digunakan adalah *multimode step index* [13]. Pada serat optik ini cahaya yang terpandu akan mengalami banyak pemantulan sehingga energi cahaya yang dipancarkan sebagian akan berkurang atau hilang. Pada serat optik ini berkas sinar yang dipandu lebih dari satu berkas, sehingga berkas yang dipandu akan melalui jalur yang berbeda-beda dan memiliki panjang lintasan yang berbeda-beda saat di penerima berkas (Gambar 1). 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* [13].

Mekanisme pemanduan gelombang cahaya dalam serat optik didasarkan pada prinsip pemantulan dalam total pada bidang batas core dan *cladding* sesuai dengan hukum Snellius.



Gambar 2. Ilustrasi *numerical aperture*.

Penerapan hukum didasarkan pada proses pemantulan dan pembiasan sinar pada bidang batas antara dua medium yang berbeda [8]. Syarat terpandunya gelombang cahaya yaitu indeks bias inti harus lebih besar dari indeks bias *cladding* dan sudut datang harus lebih besar dari sudut kritis. Ketika cahaya merambat dengan sudut datang yang kurang dari sudut kritis maka cahaya akan dibiaskan keluar dari inti 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 [8].

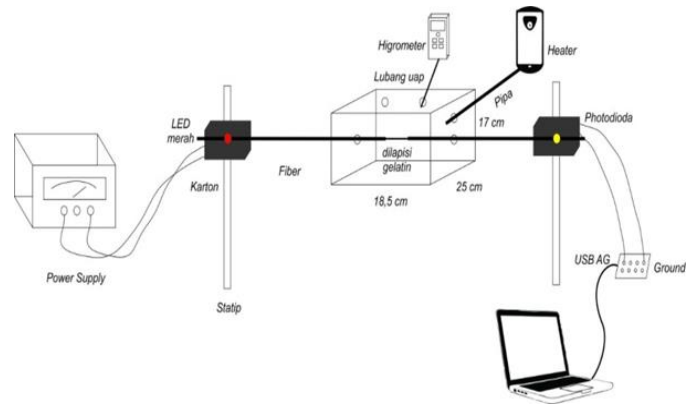
Numerical Aperture adalah suatu ukuran kemampuan serat optik untuk menangkap sinar yang berasal dari sumber optik. Sehingga semakin besar NA menandakan semakin tinggi efisiensi dari suatu sumber optik dalam mengkloning sinar-sinar ke dalam serat optik [8].

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

Dengan adalah indeks bias udara bernilai 1, n_1 adalah indeks bias core dan n_2 adalah indeks bias *cladding*. Berdasarkan

Gambar 2, $\theta_{0,max}$ 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.

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



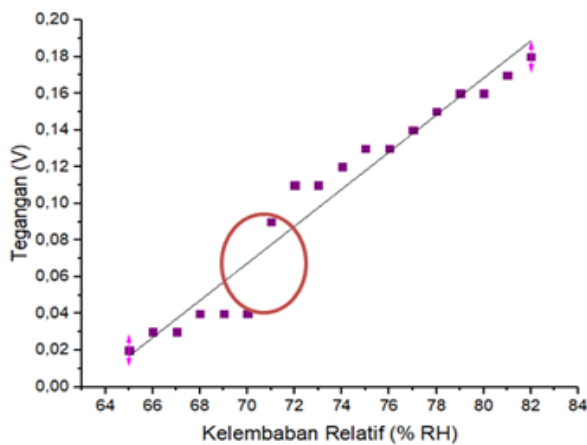
Gambar 3. Skema rangkaian sensor kelembaban.

langsung dengan obyek atau besaran yang diukur [2]. 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.. 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 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 [1].

II. METODE PENELITIAN

A. Pengupasan *Cladding* Serat Optik

Proses pembuatan sensor serat optik plastik sebagai sensor kelembaban dengan mengganti *cladding* serat optik menggunakan gelatin babi dan gelatin sapi yaitu serat optik plastik tipe FD 620-10 yang sudah disiapkan dipotong sepanjang 30 cm. Bagian tengah dari serat optik dikupas coatingnya sepanjang 3 cm dan 4 cm menggunakan akrilik yang telah didesain sesuai dengan ukuran diameter serat optik. Setelah bagian coating dikupas, bagian *cladding* yang akan diganti dengan sol-gel gelatin dihilangkan dengan menggunakan cairan aseton. Bagian tengah yang telah terkupas coatingnya direndam dengan larutan aseton kurang lebih selama 30-45 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. Untuk mengetahui lapisan *cladding* asli serat optik sudah terkelupas atau belum dapat diketahui dengan menembakkan laser pada core serat optik.



Gambar 4. Hubungan antara nilai RH(%) terhadap tegangan (V).

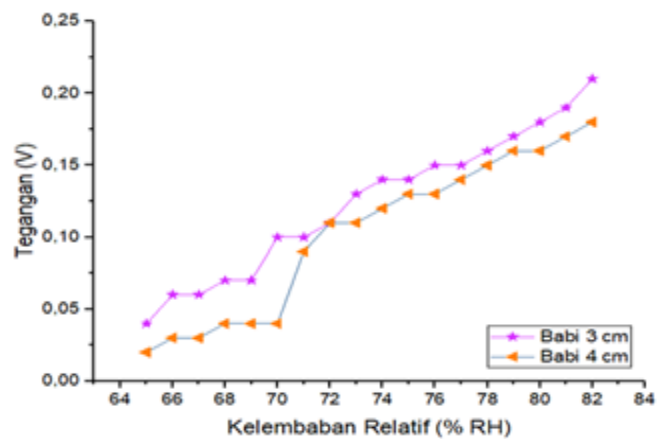
Apabila permukaan cahaya pada core terbiaskan seluruhnya berarti lapisan cladding asli sudah lepas seluruhnya. Setelah itu bagian yang sudah tidak ada claddingnya direndam dalam larutan HNO₃ dengan kadar 65% selama 5 menit. Hal ini dikarenakan group OH yang ada pada permukaan inti harus diaktivasi dengan perlakuan asam. Sehingga group OH yang sudah diaktivasi pada permukaan core membentuk ikatan dengan molekul gelatin + CoCl₂ untuk menempel pada bagian inti. Setelah itu, serat optik yang telah selesai dari proses perendaman OH kembali direndam dengan aquades dan dibersihkan menggunakan alkohol.

B. Tahap Pembuatan Lapisan Gel Gelatin

Pembuatan film tipis sol-gel dimulai dengan mencampurkan 9 gram serbuk gelatin, 30 ml larutan etanol, 30 ml larutan aquades dan 82 mg serbuk CoCl₂. Setelah semua bahan dan *magnetic stirrer* dimasukkan di dalam gelas beker dan diletakkan diatas hot plate. Suhu hot plate diatur sebesar 70°C. Proses pencampuran dilakukan selama 30 menit. Campuran yang sudah tercampur menggunakan hot plate magnetic stirrer kemudian didinginkan di udara terbuka sampai 1 menit. Pelapisan serat optik menggunakan teknik dip coating. Teknik ini dimulai dengan mencelupkan serat optik pada campuran atau sol gel gelatin yang telah dibuat. Pelapisan dimulai dengan pencelupan selama 10 detik kemudian ditarik. Setelah pelapisan selesai, serat optik dibiarkan pada tekanan atmosfer dan pada suhu kamar selama 24 jam.

C. Pembuatan Rangkaian Sensor Kelembaban

Rangkaian sensor kelembaban serat optik cladding gelatin sapi dan babi dirangkai sesuai skema rangkaian yang terdapat pada Gambar 3 berikut ini. Dari skema rangkaian pada Gambar 3.6 dapat dijabarkan prosesnya yang pertama adalah Power supply dihubungkan dengan LED superbright merah agar dapat menyala dengan range sebesar 1,8 volt sampai 2,1 volt. LED dikopling dengan serat optik plastik yang menuju ke dalam *humidity chamber*. *Humidity chamber* yang sudah didesain dan terdapat beberapa lubang yaitu lubang untuk tempat masuknya higrometer, serat optik, serta pipa yang



Gambar 5. Hubungan antara nilai RH(%) terhadap tegangan (V) pada cladding gelatin babi panjang kupasan 3 cm dan 4 cm.

terhubung ke heater tempat masuknya uap panas. Sensor serat optik disusun lurus dan terhubung kembali dengan photodiode. Photodiode dicoupling dengan arduino nano yang terhubung dengan laptop.

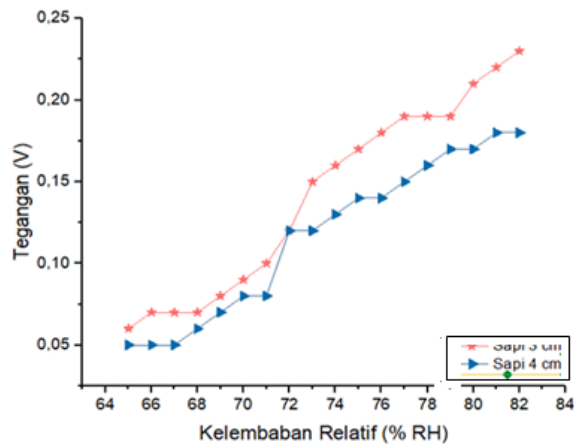
D. Pengukuran Sensor Kelembaban

Setelah rangkaian sensor sudah dirangkai sesuai dengan Gambar 3. 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 serat optik plastik dengan *cladding* gelatin sapi untuk panjang 3 cm diletakkan di dalam *chamber*. *Power supply* dinyalakan dan diatur tegangan input sebesar 2,1V sesuai dengan *range* kerja dari LED merah. Diukur %RH awal kemudian %RH dinaikkan menggunakan bantuan uap air dari pipa yang terhubung dengan *heater*. 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. 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.

III. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Dari Gambar 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 membengkak (*swelling*). Semakin luas bagian permukaan sensor yang dapat menyerap uap air sehingga



Gambar 6. Hubungan antara nilai RH(%) terhadap tegangan (V) pada cladding gelatin sapi panjang kupasan 3 cm dan 4 cm.

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 sampai 7 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.

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 sampai 7 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

$$S = \frac{\Delta V}{\Delta \% RH} \quad (2)$$

Dengan ΔV adalah perubahan tegangan keluaran berupa volt dan $\Delta \% RH$ adalah variasi kelembaban yang diujikan. Untuk hasil nilai sensitivitas disajikan pada Tabel 1.

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.

B. Analisis Pengaruh Panjang Kupasan

Variasi panjang kupasan yang digunakan pada penelitian ini adalah 3 cm dan 4 cm. Tegangan keluaran yang diukur pada arduino nano diukur pada setiap perubahan %RH dimulai dari %RH yang diukur diawal pengukuran. Rentang RH yang digunakan pada penelitian ini adalah 65% - 82%. Berikut merupakan gambar yang membandingkan nilai tegangan keluaran dengan %RH dari gelatin babi dan sapi pada panjang kupasan 3 cm dan 4 cm.

Berdasarkan Gambar 5 dan 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 dibiarkan keluar medium inti (*core*) menuju selubung (*cladding*) sehingga terjadi kebocoran cahaya.

Tabel 1.
Nilai sensitivitas sensor kelembaban serat optik

Gelatin	Panjang Kupasan (cm)	Sensitivitas(V/%RH)
Babi	3	0,0066
Babi	4	0,0075
Sapi	3	0,0066
Sapi	4	0,0075

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diamati hubungan antara RH dengan tegangan keluaran detektor, dapat disimpulkan lapisan *cladding* gelatin+CoCl₂ 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 sdari 65%-82%RH. 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.gambar dan tabel telah memenuhi kriteria yang telah disebutkan. Ssensor kelembaban serat optik hanya dapat digunakan pada kenaikan nilai kelembaban relatif.

V.SARAN

Berapa saran dari peneliti untuk penelitian selanjutnya adalah 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. Penggunaan *chamber* yang

terbuat dari bahan yang dapat menyimpan panas sehingga lebih mudah untuk meningkatkan nilai %RH. Peningkatan nilai kelembaban relative memakai *humidifier*. Serta dapat dilakukan variasi gelatin yang digunakan selain babi dan sapi contohnya gelatin ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Wayan, M. S. Muntini, and A. M. Hatta, "Pengembangan Sensor Napas Berbasis Serat Optik Plastik dengan Cladding Terkelupas untuk Aplikasi di Bidang Medis," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 8, no. 2, 2012.
- [2] Akhiruddin, "Pengembangan Probe Sensor Kelembaban Serat Optik dengan Cladding Gelatin," 2006.
- [3] Abramczyk, "Fundamentals of Optical Fiber Transmission," Berlin, 2008.
- [4] A. Vijayan and et al, "Optical Fiber Based Humidity Sensor Using Co-Polyaniline Clad," New Delhi, 2008.
- [5] B. D. Gupta and et al, "A Novel Probe For A Fiber Optic Humidity Sensor," New Delhi, 2001.
- [6] K. Khijwania and et al, "An Evanescent Wave Optical Fiber Relative Humidity Sensor With Enhanced Sensitivity," USA, 2005.
- [7] Vidia, "Perancangan Sensor Kelembaban Menggunakan Serat Optik Dengan Cladding Gelatin+CoCl₂," Surabaya, 2011.
- [8] G. Keiser, *Optical Fiber Communications*. New York: Mc Graw Hill, 1991.
- [9] J. Akhyunul, *Tinjauan Kehalalan dan Alternatif Produksi*. Malang: UIN Malang Press, 2008.
- [10] Gelatin Manufacturers Institute of America, "Gelatin Handbook," USA, 2012.
- [11] J. Power, *An Introduction To Fiber Optic Systems*, 2nd ed. New York: Mc Graw Hill, 1997.
- [12] Y. Suematsu, *Optical Device And Fiber*. Tokyo: OHM, 1982.
- [13] M. Yoga, "Rancang Bangun Sistem Transmisi Data Menggunakan Serat Optik Pastik Untuk Pengukuran Suhu," Surabaya, 2011.