

Rancang Bangun Alat Ukur Kelembaban Udara Berbasis Sensor Serat Optik *Evanescent* dengan *Cladding* Gelatin Tulang Sapi Menggunakan Transmisi *Ethernet Shield*

Tomi Irawan*, Harmadi

Laboratorium Fisika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika FMIPA Universitas
Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25631

*Tomiirawantd11@gmail.com

ABSTRAK

Telah dirancang bangun alat ukur kelembaban udara berbasis sensor serat optik evanescent dengan menggunakan cladding gelatin tulang sapi. Cladding gelatin tulang sapi dibuat dengan metode hidrolisis HCl dengan variasi perendaman 2 hari dan 4 hari. Variasi panjang pengupasan cladding serat optik adalah 1 cm, 2 cm, dan 3 cm. Pengukuran kelembaban udara dilakukan di dalam humidity chamber. Sistem sensor terdiri dari laser dioda sebagai sumber cahaya, serat optik cladding tulang sapi sebagai pengindra kelembaban, fotodiode sebagai fotodetektor, mikrokontroler sebagai pengolah sinyal dan ethernet shield sebagai transmisi data nilai kelembaban melalui plafon internet thingspeak. Kelembaban diukur berdasarkan tegangan keluaran fotodiode. Semakin tinggi kelembaban udara maka semakin tinggi tegangan keluaran fotodiode. Hasil karakterisasi sensor menunjukkan serat optik dengan panjang pengupasan 1 cm adalah yang paling optimum dalam mengindra kelembaban. Nilai sensitifitas sensor yang dirancang adalah 0,0299 V/%RH dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,977$. Persentase rata-rata kesalahan alat ukur yang dirancang adalah 2,25 % dibandingkan dengan alat ukur acuan (*humidity meter*). Kata kunci: kelembaban udara, sensor serat optik, evanescent, ethernet shield.

ABSTRACT

Humidity meter with evanescent optical fiber sensors using cow bone gelatin cladding has been designed. Cladding cow bone is made by HCl hydrolysis method with variations of immersion of 2 days and 4 days. Stripping length variation of fiber optic cladding were 1 cm, 2 cm, and 3 cm. The humidity was measured by measuring the water vapor in the humidity chamber. The measuring instrument was designed using a sensor system which consists of a diode laser as a light source, optical fiber of cow bone cladding as a sensing humidity, photodiode as a photodetector, a microcontroller as a signal processor and measuring instrument to display the humidity through a personal computer with an additional ethernet shield transmission thingspeak internet ceiling. Humidity was measured based on the output voltage of the photodiode. The higher the humidity the higher the photodiode output voltage. The optical fiber characterization results showed that optical fiber with 1 cm stripping length were the most optimum in sensing humidity. The sensitivity value of the designed sensor was 0.0299 V/%RH with the coefficient of determination $R^2 = 0.977$. The average percentage error of the instrument was 2,25% compared to the reference instrument (humidity meter).

Keywords: humidity, fiber optic, evanescent sensor, ethernet shield.

I. PENDAHULUAN

Gelatin adalah salah satu bahan hidrogel dari polimer alami yang dapat mengalami pembengkakan ketika menyerap air. Gelatin dapat diperoleh dari hidrolisis kolagen parsial turunan dari kulit dan tulang hewan (Rosli dan Sorban, 2015). Gelatin banyak dimanfaatkan dalam industri seperti pengental (*thickener*), pembentuk gel, pengikat air, pengendap, dan pembungkus makanan. Gelatin mempunyai sifat yang khas di antaranya dapat menunjukkan perubahan dari bentuk sol ke gel secara bolak-balik seiring dengan perubahan suhu. Gelatin salah satu material yang peka terhadap uap air sehingga gelatin dapat dimanfaatkan dalam sensor kelembaban udara (Setiawati, 2009).

Kelembaban udara merupakan kadar uap air di udara yang dapat mempengaruhi proses fisika, kimia, dan biologi pada bahan. Tingkat kandungan uap air yang lebih dari batas ambang akan menimbulkan gangguan dan kerusakan, maka diperlukan sensor untuk mendeteksi kelembaban udara (Maddu, 2006). Sensor kelembaban udara yang telah ada seperti *higrometer* atau sensor kelembaban yang dikembangkan dari bahan keramik (semikonduktor), polimer organik, dan polimer keramik (Faharani dkk., 2014). Sensor kelembaban udara tersebut belum memanfaatkan pengiriman data kelembaban yang terukur. Hal tersebut menuntut untuk

dikembangkan sensor yang lebih handal dari bahan polimer organik *cladding* tulang sapi dan pengiriman data melalui *ethernet shield*. Sensor dengan proses yang relatif sederhana membuat sensor serat optik bahan polimer organik memberikan harapan terciptanya suatu sensor kelembaban yang murah.

Penelitian mengenai sensor kelembaban udara menggunakan bahan dasar gelatin telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Alwis dkk., (2013) melakukan penelitian sensor kelembaban udara berbasis sensor serat optik. Hasilnya memperlihatkan bahwa film gelatin dapat digunakan pada alat ukur kelembaban udara karena rentang penginderaan yang besar serta waktu respon yang cepat. Khairunnisa dan Harmadi (2017) telah melakukan rancang alat ukur kelembaban udara dengan sensor serat optik *evanescent* dengan *film* gelatin. Hasil karakterisasi serat optik menunjukkan serat optik dengan pengupasan panjang 1 cm adalah yang paling optimum dalam mengindra kelembaban. Hasil yang didapatkan dari sensor serat optik *evanescent* menggunakan *film* gelatin memiliki nilai sensitivitas sensor 0,0186 V/% dan regresi 0,9538 dengan kesalahan rata-rata 1,56%.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa gelatin sangat berpengaruh terhadap respon dari kelembaban udara. Gelatin yang telah digunakan oleh peneliti sebelumnya menggunakan gelatin komersial yang tidak disebutkan bahan baku pembuatan gelatin. Gelatin yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelatin yang berasal dari tulang sapi yang diolah dengan metode hidrolisis HCl 4 M. HCl digunakan bertujuan untuk melarutkan tulang sapi. Telah dirancang alat ukur kelembaban udara berbasis mikrokontroler ATmega328 dengan sensor serat optik *evanescent* menggunakan film gelatin dari tulang sapi. Hasil pengukuran kelembaban udara yang terukur ditampilkan ke PC (*personal computer*) melalui jaringan LAN dengan tambahan komponen *ethernet shield*. Pengukuran yang terbaca akan dibandingkan dengan *humidity meter* (alat ukur kelembaban udara).

II. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan gelas piala, gelas ukur, pipet tetes, corong, cawan porselin, pH Universal, penangas, *hot plate magnetic stirrer*, termometer, oven, timbangan analitik, tulang sapi, aquades, HCl 4 M, kertas saring, *breadboard*, papan PCB, kabel jumper, timah, solder, resistor, trafo, potensiometer, kapasitor, gunting dan pencabut timah solder. Peralatan lain yang digunakan adalah *humidity meter* dengan sebagai alat pengukur kelembaban udara, Arduino Uno, LCD 2x16, laser dioda, fotodioda, PC (*personal computer*), wadah uji kelembaban 16 x 24 cm. Alat dan bahan untuk keperluan pengupasan *cladding* serat optik berupa BF5R (sensor digital serat optik), pisau cutter, pisau pemotong serat optik, dan amplas.

2.2 Pembuatan gelatin tulang sapi.

Proses pembuatan gelatin tulang sapi melalui beberapa tahap. Tulang sapi dibersihkan dari daging dan lemak yang masih menempel, tulang yang telah bersih dipanaskan dengan air mendidih selama 6 jam, kemudian ditiriskan dan dikeringkan. Tulang sapi yang telah dipotong masing-masing sebanyak 100 g direndam dengan HCl 4 M selama 2 hari dan 4 hari. Tulang sapi yang telah lunak (*osein*) dihidrolisis dengan ditambahkan H₂O dalam gelas piala dengan temperatur hidrolisis 70° C sambil diaduk dengan kecepatan 300 rpm. Gelatin yang telah disaring kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 70° C selama ±30 jam sampai membentuk butiran serbuk.

2.3 Perancangan dan karakterisasi sensor serat optik

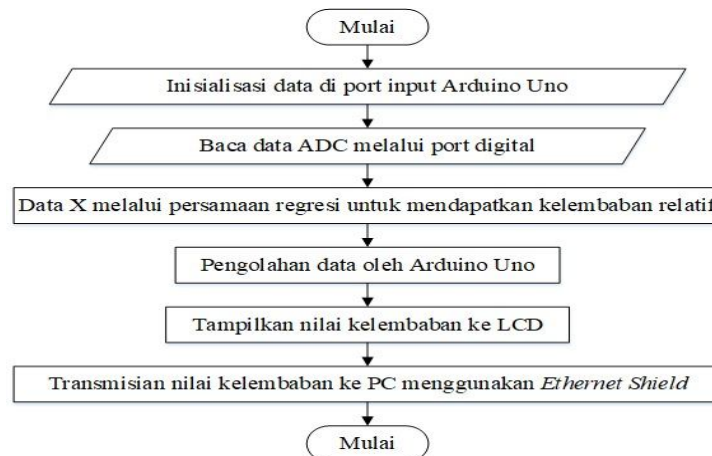
Gelatin dari tulang sapi dimasukkan ke dalam air pada suhu 70°C sambil diaduk dengan pengaduk magnetik hingga bubuk gelatin larut merata. Larutan gelatin didinginkan di udara terbuka hingga mencapai suhu 25°C dan larutan gelatin membentuk gel. Pelapisan (*coating*) inti serat optik dilakukan dengan teknik pencelupan (*dip-coating*) yaitu dengan mencelupkan bagian

inti tanpa *cladding* ke dalam gel gelatin kemudian ditarik pelan-pelan dari wadah gel, selanjutnya dibiarkan mengering sehari semalam.

Karakterisasi yang pertama adalah melihat perbedaan tegangan keluaran berdasarkan panjang pengupasan 1 cm, 2 cm, dan 3 cm dari sensor serat optik *cladding* udara, *cladding* dari tulang sapi di udara terbuka selanjutnya karakterisasi sensor serat optik yang *cladding*-nya sudah dilapisi *cladding* gelatin tulang sapi di dalam *humidity chamber* yang dialirkan uap air kemudian tegangan keluaran diukur dengan mutimeter digital. Nilai sensitifitas serat optik dilihat dari nilai fungsi transfer serat optik.

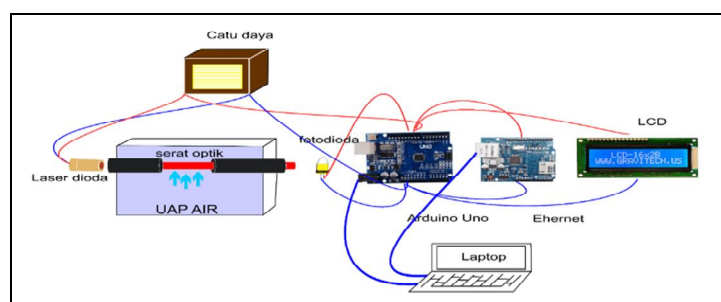
2.4 Karakterisasi fungsi transfer serat optik

Karakterisasi sensor serat optik berdasarkan nilai fungsi transfer dengan perbandingan kelembaban udara terhadap nilai desimal ADC Arduino Uno. Perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh fotodiode mengakibatkan perubahan tegangan keluaran fotodiode. Tegangan keluaran yang terbaca akan dikonveksi ke nilai desimal ADC. Fungsi transfer ini ditulis ke dalam bahasa pemrograman untuk memperoleh nilai RH pada alat ukur yang dirancang. Perangkat lunak yang dirancang dalam sistem ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Perancangan perangkat lunak kelembaban udara

Alat ukur kelembaban udara dirancang dengan serat optik dengan *cladding* yang peka terhadap kelembaban. Kabel serat optik yang digunakan adalah FD 620-10. Sumber cahaya yang digunakan berasal dari laser dioda. Sumber tegangan yang digunakan untuk fotodiode dan LCD memanfaatkan tegangan keluaran dari Arduino Uno. Cahaya merambat ke dalam serat optik yang telah dilapisi gelatin tulang sapi yang peka terhadap kelembaban, intensitas cahaya yang diterima oleh fotodiode menurunkan tegangan fotodiode sesuai dengan besar intensitas cahaya yang diterima. Tegangan yang terbaca sebagai sinyal analog akan dikonveksi menjadi sinyal digital dikirim ke port A₀ pada Arduino Uno dan diubah menjadi sinyal digital oleh ADC Arduino Uno. Perubahan tegangan keluaran pada fotodiode akan diproses oleh Arduino Uno dan nilai kelembaban udara terbaca di LCD dan serial monitor. Hasil yang di baca oleh LCD akan ditransmisikan ke laptop melalui jaringan internet dengan tambahan *Ethernet Shield*. Secara umum desain prototipe alat ukur kelembaban udara dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 bentuk fisik alat ukur kelembaban udara

Hasil pengukuran kelembaban udara yang terbaca pada alat akan dibandingkan dengan alat ukur standar (*humidity meter*) dan hasil yang sama dapat diamati pada PC (*Personal Computer*).

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil Pembuatan Gelatin Tulang Sapi

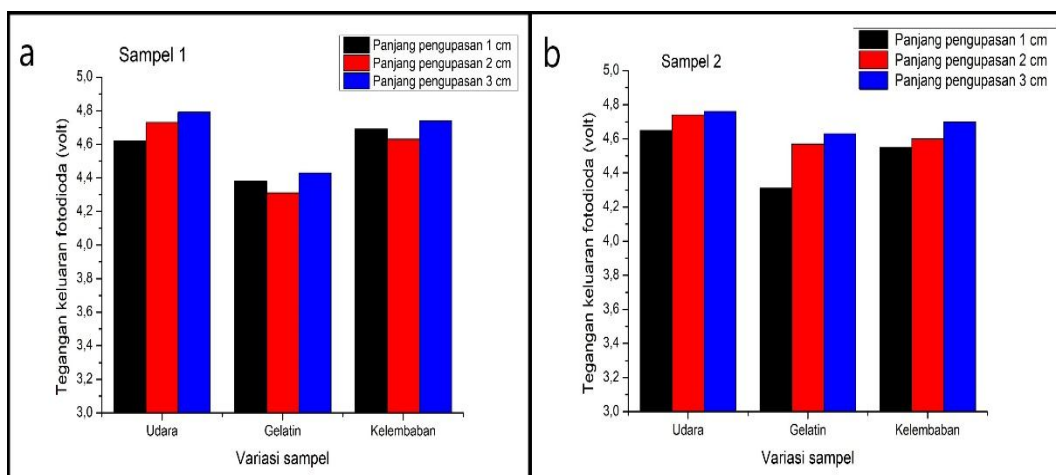
Hasil pembuatan gelatin dari tulang sapi menggunakan hidrolisis HCl 4 M dengan perendaman 2 hari (sampel 1) dan 4 hari (sampel 2). Gelatin yang didapatkan dari sampel 1 dan sampel 2 ditinjau dari fisik gelatin memiliki perbedaan warna yang signifikan, semakin lama perendaman maka semakin gelap warna gelatin. Menurut Hinterwaldner (1977) menyatakan pada proses pembuatan gelatin perlu dilakukan proses pemucatan yaitu dengan cara penambahan senyawa pereduksi seperti sulfur dioksida. Gelatin tulang sapi membutuhkan waktu rata-rata 48 jam untuk mengubah sampel cair menjadi bubuk. Hasil pembuatan gelatin dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Hasil pembuatan gelatin tulang sapi {(a) sampel 1(perendaman tulang sapi 2 hari)} (b) sampel 2 (perendaman tulang sapi 4 hari)

3.2 Hasil Karakterisasi Sensor Fotodiode

Karakterisasi sensor dilakukan untuk menggambarkan kemampuan sensor serat optik dengan membandingkan tegangan keluaran serat optik dengan *cladding* udara, *cladding* gelatin, dan *cladding* kelembaban. Data hasil karakterisasi dapat dilihat pada Gambar 4.



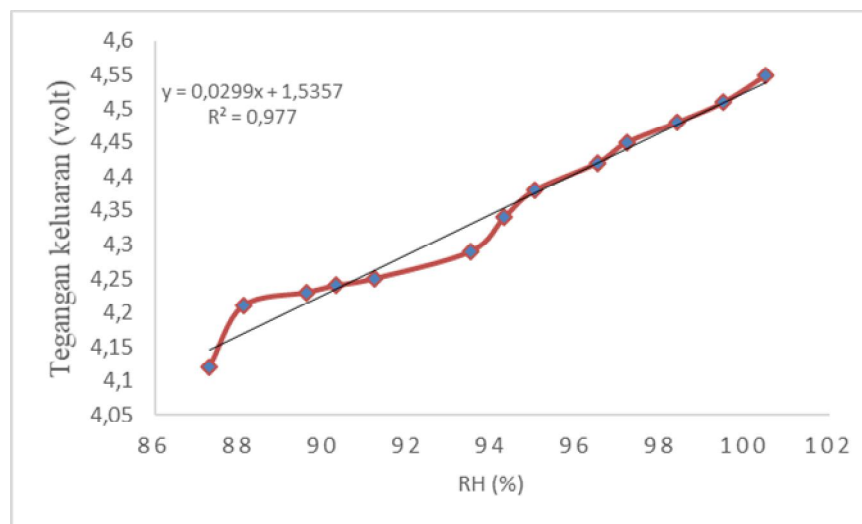
Gambar 4 Grafik hasil karakterisasi tegangan keluaran (a) karakterisasi sampel 1 (b) karakterisasi sampel 2

Karakterisasi sampel 1 dan sampel 2 pengelupasan yang terbaik berdasarkan nilai keluar tegangan semakin kecil setelah penggantian *cladding* gelatin dan peningkatan tegangan saat diberikan kelembaban. Karakterisasi serat optik juga dipengaruhi oleh panjang pengupasan, semakin panjang pengupasan maka semakin besar tegangan keluaran dari fotodiode.

Berdasarkan grafik tegangan keluaran yang terbaca oleh fotodiode maka diambil satu pengupasan terbaik.

Karakterisasi sampel 1 didapatkan nilai tegangan keluaran pada panjang pengupasan 2 cm lebih kecil dibandingkan dengan panjang pengupasan 1 cm dan 3 cm ketika dilapisi film gelatin dan tegangan akan meningkat ketika diberikan kelembaban. Berdasarkan pengaruh nilai keluaran pada panjang pengupasan maka diambil panjang 2 cm yang terbaik. Pada sampel 2 didapatkan nilai keluaran terkecil pada pengelupasan 1 cm, hal yang sama terjadi ketika diberikan *cladding* gelatin dan kelembaban sedangkan pengupasan 2 cm dan 3 cm pada *cladding* gelatin menghasilkan tegangan yang besar. Tegangan yang besar memperlihatkan terjadinya kebocoran serat optik maka pada sampel 2 pengupasan terbaik pada pengupasan 1 cm. Data hasil karakterisasi menggunakan lux meter untuk mendapatkan sensor paling optimal. Pada sampel 1 panjang pengupasan 2 cm didapatkan hasil pengukuran intensitas cahaya dilapisi gelatin bernilai 57,7 lux dan setelah diberikan kelembaban di *humidity chamber* intensitas cahaya yang terbaca sebesar 44,4 lux. Pada sampel 2 panjang pengupasan 1 didapatkan hasil pengukuran intensitas cahaya dilapisi gelatin bernilai 82,1 lux dan pemberian kelembaban di dalam *humidity chamber* intensitas menjadi 25,1 lux. Berdasarkan dari percobaan pengukuran intensitas cahaya menggunakan lux meter didapatkan sampel 2 panjang pengupasan 1 cm yang akan dijadikan sebagai sensor kelembaban udara. Hal ini disebabkan oleh semakin pendek pengupasan serat optik maka semakin besar intensitas cahaya yang diteruskan melalui serat optik dan besarnya intensitas cahaya yang diterima oleh lux meter terhadap *cladding* kelembaban dibandingkan *cladding* gelatin.

Karakterisasi serat optik juga dapat dilihat melalui kurva linearitas dan histerisis sensor. Data diambil dengan mengamati tegangan keluaran terhadap kelembaban pada suhu ruang *humidity chamber* 25-30°C. Kelembaban didapatkan dengan cara mengalirkan uap air ke *humidity chamber* yang telah dipanaskan terlebih dahulu. Gambar 4 memperlihatkan linearitas sensor untuk sampel 2 panjang pengupasan 1.

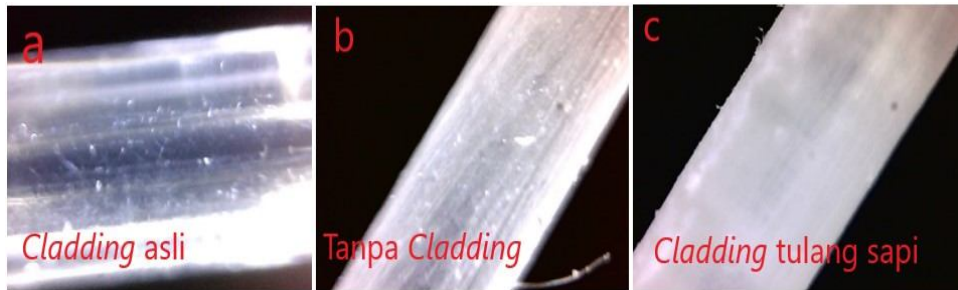


Gambar 5 Grafik hubungan kelembaban udara dengan tegangan keluaran

Gambar 5 menunjukan karakterisasi sensor serat optik terhadap kelembaban udara. Hasil tersebut menyatakan semakin tinggi kelembaban udara maka semakin tinggi pula tegangan yang dihasilkan oleh keluaran fotodiode. Intensitas cahaya yang semakin kecil disebabkan oleh gelombang *evanescent* yang menembus *cladding* semakin dalam.

3.3 Hasil Pengamatan Struktur Lapisan Serat Optik

Struktur lapisan serat optik sebelum dan setelah dilapisi dilihat dengan *microscope optik*. Serat optik tersebut dilihat strukturnya untuk membandingkan antara yang belum terlapisi dan sudah terlapisi. Struktur tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.

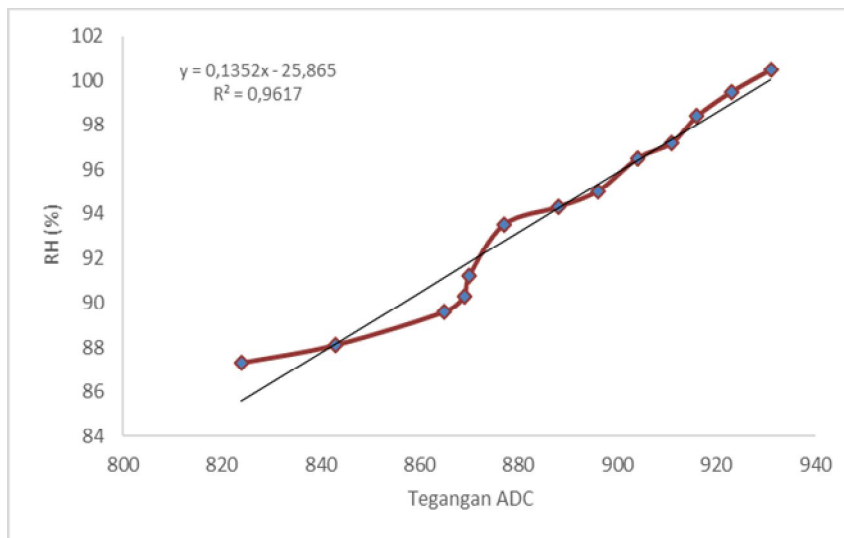


Gambar 6 Struktur lapisan serat optik (a) serat optik *cladding* asli (b) serat optik tanpa *cladding* (c) serat optik *cladding* tulang sapi

Gambar 6 menunjukkan serat optik sampel 2 panjang pengupasan 1 cm dengan *cladding* belum dikupas, terlihat permukaan serat optik yang halus dan *cladding* yang melapisi serat optik berwarna bening transparan mengambarkan *cladding*-nya telah dihilangkan dengan cara mengamplas. Tampak permukaan serat optik tersebut cukup kasar setelah dilakukan pengamplasan. Pengamplasan bertujuan menghilangkan *cladding* bawaan untuk digantikan *cladding* gelatin tulang sapi.

3.4 Hasil Karakterisasi Kelembaban Udara Terhadap ADC

Karakterisasi hubungan antara kelembaban udara dengan ADC dilakukan untuk mendapatkan fungsi transfer yang digunakan di dalam modul Arduino UNO untuk mendapatkan hasil pengukuran kelembaban udara.



Gambar 7 Grafik hubungan tegangan ADC terhadap kelembaban

Gambar 7 menunjukkan hubungan kelembaban udara terhadap tegangan *analog to digital converter* (ADC) pada sampel 2 panjang pengupasan 1 cm di peroleh persamaan $y = 0,1352x - 25,865$, diman nilai x adalah tegangan masukan ADC dari keluaran fotodiode yang dihubungkan pada kaki (A_0) Arduino Uno dan y adalah keluaran ADC yang sebagai nilai kelembaban udara terukur yang ditampilkan pada LCD dan PC menggunakan *ethernet shield*. Nilai 0,1352 merupakan besarnya faktor konveksi ADC, sedangkan nilai -25,865 merupakan tegangan offset dari ADC. Hasil koefisien korelasi (R^2) yang didapatkan sebesar 0,9617, dan Grafik yang terbentuk mendekati linearitas.

3.5 Hasil Pengujian Akhir Alat Ukur Kelembaban Udara

Pengujian akhir alat ukur kelembaban ini merupakan hasil pembacaan sensor serat optik, melihat seberapa akurat tingkat ketelitian dari alat ukur yang dirancang dengan alat ukur standar kelembaban (*humadity meter*). Hasil pengujian alat ukur dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan alat ukur serat optik dengan *humidity meter*

Kelembaban udara alat ukur yang dirancang (%)	Kelembaban udara alat ukur <i>humidity meter</i>	Error(%)
87,3	84,7	2,98
88,1	85,4	3,06
89,6	87,7	2,12
90,3	88,3	2,21
91,2	89,0	2,41
93,5	91,1	2,57
94,3	92,0	2,44
95,02	93,6	1,49
96,5	94,1	2,49
97,2	95,9	1,34
98,4	96,1	2,34
100	97,2	2,80
100	99	1,00
Rata-rata error		2,25

Hasil pengukuran antara alat yang dibuat dengan alat standar (*humidity mater*) didapatkan nilai error sebesar 2,25 %. Beberapa faktor yang menyebabkan besarnya nilai *error* yang didapatkan disebabkan karena sensor yang dirancang masih sangat rentang terhadap kesalahan sistematis dan pemakaian sensor serat optik secara berulang-ulang mengakibatkan kemampuan gelatin untuk menyerap kelembaban berkurang sehingga mengakibatkan kurang stabil dalam penyerapan intensitas cahaya.

3.6 Data Hasil Kelembaban Udara Pengiriman Ethernet Shield

Data hasil kelembaban relatif (RH) yang dirancang akan ditransmisikan ke PC melalui *ethernet shield*. Pengiriman data yang dilakuakna melalui *database* gratis melalui *plafon internet thingspeak* dengan tambahan *ethernet shield*. Data hasil pengukuran yang diolah oleh Arduino Uno akan terkirim ke akun *thingspeak* yang telah dibuat. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Data kelembaban udara yang ditransmisikan dengan Ethernet shield

Percobaan	Waktu	Data yang masuk	Kelembaban relatif	
			<i>Ethernet shield</i>	Alat ukur standar
1	2018-19-09-18:01:23	1	93,13	94,4
	2018-19-09-18:01:45	2	93,14	
	2018-19-09-18:02:09	3	93,32	
	2018-19-09-18:02:19	4	94,15	
	2018-19-09-18:02:32	5	94,6	
2	2018-19-09-18:03:03	1	95,12	96,8
	2018-19-09-18:03:14	2	95,43	
	2018-19-09-18:04:15	3	95,90	
	2018-19-09-18:04:20	4	96,02	
	2018-19-09-18:04:32	5	96,43	
3	2018-19-09-18:05:06	1	98,12	100
	2018-19-09-18:05:17	2	98,23	
	2018-19-09-18:06:28	3	99,21	
	2018-19-09-18:06:39	4	99,15	
	2018-19-09-18:06:45	5	100	

Pengambilan data dilakukan dalam 3 kali pengulangan yang tampil pada *thingspeak*. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa *ethernet shield* dapat berperan dalam pengiriman

data. Data yang ditransmisikan juga dapat diakses langsung pada akun yang telah dibuat jika alat yang dirancang selalu terhubung dengan router melalui kabel LAN.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan. Sensor kelembaban udara yang dirancang berhasil dilakukan. Hasil karakterisasi sensor didapatkan sampel 2 (perendaman 4 hari) dengan pengupasan panjang serat optik 1 cm sebagai sensor kelembaban. Rancangan sensor kelembaban yang didapatkan berbanding lurus antara tegangan keluaran dengan kelembaban udara di dalam *humidity chamber*, dapat dilihat dari fungsi transfer kelembaban udara terhadap ADC yaitu $y = 0,1352x - 25,865$. Sensitivitas sensor bergantung pada panjang pengupasan *cladding*, nilai sensitivitas yang didapatkan sebesar 0,1352 termaksud sensitivitas yang cukup baik. Nilai rata-rata error yang didapatkan dari alat yang dirancang dengan alat ukur *humidity meter* sebesar 2,25 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwis, L., Sun, T., Grattan, K. T. V., *Optical Fiber Based Sensor Technology For Humidity And Moisture Measurement; Review Of Recent Progress (Elsevier, Amsterdam, 2013)*, hal 4052-4074.
- Faharani, H., Waginan, R., Hamidan, M. N., *Humidity Sensor Principle, Mecharisme., And Febrication Technologies, (A Comprehensive Review Sensor, Basel, 2014)* hal 739-781.
- Hinterwaldner, R., *Technology of gelatin manufacture, in the science and technology of gelatin, A.G ward and A. Courts, (Academic press, London, 1997)* hal 56-62.
- Khairunnisa, F., dan Harmadi, 2017, Rancang Bangun Alat Ukut Kelembaban Udara Berbasis Mikrokontroler Atmega328 Dengan Sensor Serat Optik *Evanescent* Menggunakan Film Gelatin, (Jurnal Fisika Unand, padan, 2017), hal 217-224.
- Maddu, A., Modjahidin, K., Sardy, S., Zain, H., Pengembangan Probe Sensor kelembaban Serat Optik dengan *Cladding* Gelatin, (Makara, Jakarta, 2016), hal 45-50.
- Rosli, N., dan Sorban, M., *Physicochemical and Struktural Properti Of Asian Swamp Eel (Monopterus Albus) Skin Gelatin As Compared To Boving Gelatin, School Of Food And Technology, (Univesitas Malaysia Terengganu, Kuala Terengganu Malaysia, 2015)*, hal 699-706.
- Setiawati, I.H., Karakterisasi mutu fisika kimia gelatin kulit ikan kakap merah (*Lutjanus sp*) hasil proses perlakuan asam, *Skripsi*, IPB, 2009.