

Journal Teknik Fisika

Volume 7, Nomor 2, Juni 2012

ISSN.1907 – 266X

**On The Use of Transmissibility Method on Enclosed Spring Mounting
as Vibration Damper in Nail Maker Machine**

Galih Anindita, Priyo Agus Setyawan

**The Quality of Rice Morphology Analysis Based on Indonesian
National Standard (Sni) 6128:2008 Using Image Processing**

Darmawan

**Application of Lavenberg Marquardt Learning Algorithm and Least
Square Estimator for Predicting Working Stress of Titanium Alloys**

Zulkifli Abdullah, Dyah Sawitri, Doty Dewi Risanti, Detak Yan Pratama

Fabrication and Storage Technique of Sol-Gel Fiber Optic pH Sensor

Lizda Johar Mawarani, Agung Budiono, Amelia Ekasari

**Design of Dual-Axis Three Positions Tracking Solar PV
with Active Flat Reflector**

Imam Abadi, Septian Rahyudhi

Ucapan Terima Kasih

Redaksi memberikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para pakar ilmu pengetahuan dan teknologi di bawah ini yang telah bersedia menelaah semua karya ilmiah yang dikirimkan ke Redaksi.

- 1) Ir. Ya'umar, MT (Teknik Fisika FTI ITS)
- 2) Dr.Ir. Ali Musyafa', MSc (Teknik Fisika FTI ITS)
- 3) Dr.-Ing Doty Dewi Risanti, ST, MT (Teknik Fisika FTI ITS)
- 4) Dr. Dhany Arifianto, ST, MEng (Teknik Fisika FTI ITS)
- 5) Dr.rer.nat Ir. Aulia MT Nasution, MSc (Teknik Fisika FTI ITS)

————— potong di sini —————

FORMULIR BERLANGGANAN

Kepada Yth. Ketua Dewan Redaksi "JURNAL TEKNIK FISIKA"
Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111
Telp. 031-5947188; Fax. 031-5923626, E-mail:jurnal@ep.its.ac.id

Yang bertanda tangan di bawah ini saya:

Nama:.....

Alamat:.....

Telp./Fax:.....

E-mail:.....

Mohon didaftar sebagai pelanggan "JURNAL TEKNIK FISIKA" mulai edisi:
Pebruari/Juni/Oktobre*, Volume..... Nomor..... Tahun.....

Bersama ini kami lampirkan copy bukti transfer biaya langganan sebesar:
(pilih salah satu)

[] Rp. 100.000,-/tahun (untuk pulau Jawa dan Bali)

[] Rp. 125.000,-/tahun (untuk luar pulau Jawa dan Bali)

Melalui Bank:

BNI Cab. ITS-Surabaya

No.Rek.:024-5484301

a.n. Totok Soehartanto, Dr. Ir

Selanjutnya saya mohon Jurnal dapat dikirim ke alamat saya tersebut di atas.
Demikian permohonan saya, atas perhatiannya saya sampaikan terima kasih.

.....
Pelanggan
.....

*) : Coret yang tidak perlu
Lampirkan Copy Bukti transfer biaya langganan

Daftar Isi

ON THE USE OF TRANSMISIBILITY METHOD ON ENCLOSED SPRING MOUNTING AS VIBRATION DAMPER IN NAIL MAKER MACHINE	35
<i>Galih Anindita, Priyo Agus Setyawan</i>	
THE QUALITY OF RICE MORPHOLOGY ANALYSIS BASED ON INDONESIAN NATIONAL STANDARD (SNI) 6128:2008 USING IMAGE PROCESSING	41
<i>Darmawan</i>	
APPLICATION OF LAVENBERG MARQUARDT LEARNING ALGORITHM AND LEAST SQUARE ESTIMATOR FOR PREDICTING WORKING STRESS OF TITANIUM ALLOYS	48
<i>Zulkifli Abdullah, Dyah Sawitri, Doty Dewi Risanti, Detak Yan Pratama</i>	
FABRICATION AND STORAGE TECHNIQUE OF SOL-GEL FIBER OPTIC PH SENSOR	52
<i>Lizda Johar Mawarani, Agung Budiono, Amelia Ekasari</i>	
DESIGN OF DUAL-AXIS THREE POSITIONS TRACKING SOLAR PV WITH ACTIVE FLAT REFLECTOR	57
<i>Imam Abadi, Septian Rahyudhi</i>	

Fabrication and Storage Technique of Sol-Gel Fiber Optic pH Sensor

Lizda Johar Mawarani*, Agung Budiono*, Amelia Ekasari†

Abstract—Fiber optic pH sensor based on sol-gel and its storage technique have been made and determined. The sensor was made of fiber optic of which the cladding was removed and replaced with sol-gel film. The sol-gel itself is composed of TEOS, anhydrous ethanol, bromophenol blue and cresol red with a specific composition. The mixture was heated and stirred simultaneously at 60°C for 30 minutes and subsequently dried for 20 days at room temperature in an atmospheric pressure. Two storage techniques were applied, i.e. in an open and closed container and various temperatures, i.e. room temperature and 9-14°C for 5 days. The measurement range of pH 3-12 and sensitivity of $-3.732 \times 10^{-3} \mu V$ for each pH change were obtained. The optimum storage technique was attained for sensors that were kept in a closed container at room temperature as indicated by its sensitivity of $-3.123 \times 10^{-3} \mu V$.

Keywords—pH sensor, fiber optic, sol-gel, storage technique, sensitivity.

1. PENDAHULUAN

SENSOR pH banyak diaplikasikan di berbagai bidang seperti kimia, biomedis, lingkungan dan teknik. Terdapat berbagai macam cara pengukuran pH diantaranya menggunakan kertas lakmus, kolorimeter dan pH meter [1]. Pada beberapa tahun terakhir ini telah banyak dilakukan penelitian tentang sensor pH yang memanfaatkan serat optik. Serat optik digunakan sebagai sensor karena memiliki beberapa keunggulan seperti tahan terhadap interferensi gelombang elektrik, *transmission loss*-nya rendah, dan *bandwidth*-nya yang lebar sehingga pengukuran yang memanfaatkan serat optik sebagai sensor menjadi lebih akurat[2-4].

Salah satu teknik pembuatan sensor pH yang memanfaatkan serat optik adalah dengan menggunakan metode sol-gel. Teknik ini sering digunakan karena metodenya yang sederhana. Teknik ini dilakukan dengan cara mengganti *cladding* pada serat optik dengan film tipis berupa sol-gel. Beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang pembuatan sensor pH serat optik dengan menggunakan metode sol-gel diantaranya yaitu Gupta dan Sharma [2] yang menggunakan indikator pH *cresol red* (6,5-11), *bromophenol blue* (4-7.5) dan *phenol red* (6.5-8). Penelitian tersebut dilanjutkan dengan proses pencampuran 3 indikator pH *cresol red*, *bromophenol blue*, dan *chlorophenol red* secara bersamaan pada saat pembuatan sol-gel dan didapatkan sensor dengan rentang pengukuran 4,5 - 13 pH. Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa penambahan jumlah indikator pH pada sol-gel dapat memperluas rentang pH yang dapat diukur oleh

sensor[3]. Kelemahan yang dimiliki oleh sensor pH serat optik berbasis sol-gel ini adalah *lifetime*-nya yang relatif rendah. Pada tahun 2007, telah didemonstrasikan penelitian untuk memperpanjang *lifetime* sensor pH serat optik berbasis sol-gel yaitu dilakukannya penambahan triton pada lapisan sol-gelnya[4]. Pada penelitian selanjutnya, sensor pH serat optik berbasis sol-gel yang menggunakan 1 buah indikator saja yaitu *bromophenol blue* dikondisikan untuk direndam di dalam larutan yang memiliki pH 5 dan dipanaskan pada suhu 40°C selama 8 jam, 31 jam dan 57 jam. Dari penelitian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa semakin lama masa pemakaian sensor pH, penurunan performansi pada sensor pH semakin besar [5]. Berdasarkan latar belakang tersebut, performansi suatu sensor pH serat optik berbasis sol-gel perlu dijaga.

Dalam penelitian ini dilakukan eksperimen pembuatan sensor pH serat optik berbasis sol-gel dengan rentang pengukuran yang lebar dan bagaimana menentukan teknik penyimpanannya. Pendekatan sistem ditujukan untuk memfokuskan permasalahan yang diteliti, adapun diantaranya adalah sampel diupayakan dibuat identik dari segi dimensi dan komposisi bahan untuk setiap kali pelapisan pada waktu yang sama, sampel dibuat dengan menggunakan 2 buah indikator pH yaitu *bromophenol blue* dan *cresol red*, tempat penyimpanan sampel terbatas pada variasi wadah dan suhu.

2. URAIAN PENELITIAN

A. Persiapan Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan sensor pH adalah serat optik plastik jenis *single-mode* dengan diameter *cladding* (980/1000) dan diameter *core* 20 μm , alkohol, HNO₃ 30%, aquades, TEOS (*Tetra Ethyl Ortho Silicate*), *bromophenol blue*, *cresol red*, dan etanol absolut. Bahan-bahan yang dibutuhkan pada saat uji performansi sensor adalah HCl 0.1 mol/liter, NaOH 0.1 mol/liter, dan aquades.

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan dan pengujian sensor pH serat optik berbasis sol-gel adalah serat optik *toolkit* (*cutter* khusus serat optik, *cutter* biasa, amplas khusus serat optik, pemotong serat optik, dan sebagainya), adaptor, LED, *power meter*, gelas kimia, gelas plastik sebagai tempat pengujian, pH meter, timbangan analitik, dan *hot plate magnetic stirrer*.

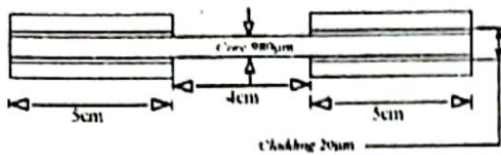
B. Pembuatan Sensor pH

Serat optik plastik dipotong dengan menggunakan *cutter* khusus serat optik sehingga memiliki panjang 14 cm. Bagian tengah serat optik sepanjang 4 cm dikupas jaketnya menggunakan pemotong khusus jaket serat optik dan *cutter* biasa.

* Dosen Jurusan Teknik Fisika—FTI-ITS

† Mahasiswa S1 Jurusan Teknik Fisika—FTI-ITS Kampus ITS, Keputih Sukolilo—Surabaya 60111

Setelah itu *cladding* diampas dengan amplas khusus serat optik sampai *cladding* hilang dan tinggal inti serat optiknya saja.



GAMBAR 1. Ukuran serat optik yang digunakan dalam penelitian

Untuk memastikan bahwa *cladding* terampas semua dapat dialirkan cahaya LED melewati serat optik. Untuk lebih jelasnya seperti digambarkan pada Gambar 1. Serat optik yang dipotong sebanyak 6 buah sehingga nantinya didapatkan 6 buah sampel sensor pH serat optik berbasis sol-gel.

Cladding serat optik diampas kemudian inti serat optik dibersihkan dengan menggunakan aquades dilanjutkan dengan alkohol. *Cladding* tersebut direndam di dalam larutan HNO_3 selama 5 menit. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengaktifkan inti serat sehingga lapisan silika sol-gel yang dibuat dapat menempel di permukaan serat optik.

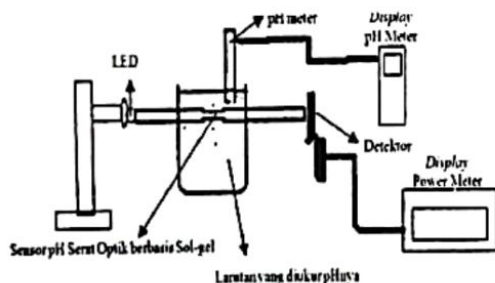
Untuk persiapan sol-gel dilakukan pengadukan campuran antara TEOS sebanyak 30ml sebagai larutan prekursor pembentuk silika, etanol absolut 30 ml berperan sebagai pelarut, 2 ml aquades, 46 mg *cresol red* dan 82 mg *bromophenol blue* pada tekanan atmosfer dan temperatur ruang sampai merata kemudian diaduk pada suhu 60°C selama 30 menit.

Inti serat optik dicelupkan kedalam larutan sol-gel dan dilapisi dari ujung ke ujung dengan larutan sol-gel sampai merata. Serat optik tersebut dibiarkan pada tekanan atmosfer dan temperatur ruang selama 20 hari. Setelah itu dicelupkan ke dalam aquades untuk menghilangkan lapisan yang tidak berikatan dengan serat optik sebelum dilakukan proses validasi.

C. Uji Performansi Sampel

Uji performansi dilakukan selama dua kali yaitu uji performansi awal dan uji performansi setelah sampel diberi perlakuan. Uji performansi awal dilakukan sebagai tahap awal pengujian sensor pH serat optik berbasis sol-gel. Prosedur pengujianya dapat dijabarkan seperti langkah-langkah berikut ini.

- 1) Setting peralatan seperti Gambar 2 berikut ini



GAMBAR 2. Setting peralatan uji performansi awal

- 2) Sumber cahaya LED yang sudah diberi hambatan dan *power meter* dinyalakan
- 3) Gelas plastik diisi dengan larutan asam dan pH meter dinyalakan. Besarnya pH dan daya yang diterima oleh detektor dicatat.
- 4) Dilakukan titrasi dilakukan pada rentang pH 2 - 12.
- 5) Hal ini dilakukan untuk semua sensor pH serat optik berbasis sol-gel.
- 6) Setelah diuji performansinya sensor pH serat optik berbasis sol-gel disebut sebagai sampel dan diberi perlakuan yang berbeda-beda.

Sampel diberi variasi tempat penyimpanan berdasarkan sistem termodinamika yaitu sistem terbuka, tertutup, dan terisolasi. Oleh karena pembuatan sistem terisolasi sempurna sulit dilakukan secara teknis, maka sistem yang digunakan hanya 2 yaitu sistem tertutup dan sistem terbuka. Setelah dilakukan pengkondisian tempat penyimpanan seperti yang ditabelkan pada Tabel I kemudian sampel diuji performansinya. Pengujian performansi disini memiliki prosedur yang sama ketika dilakukan uji performansi awal sensor pH serat optik berbasis sol-gel yaitu dari langkah 1 sampai 5.

TABEL I
Tempat Penyimpanan Sampel

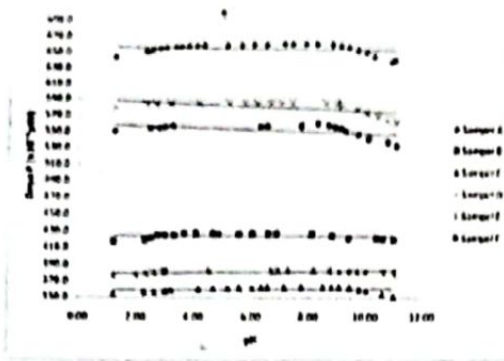
Sampel	Tempat Penyimpanan
A	diletakkan di dalam wadah tertutup pada suhu ruangan selama 5 hari
B	diletakkan di dalam wadah tertutup pada suhu ruangan selama 2 hari kemudian dipindah di wadah tertutup pada suhu lemari es ($9^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C}$) selama 3 hari
C	diletakkan di dalam wadah terbuka pada suhu ruangan selama 5 hari
D	diletakkan di dalam wadah terbuka pada suhu ruangan selama 5 hari
E	diletakkan di dalam wadah tertutup pada suhu lemari es ($9^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C}$) selama 2 hari kemudian dipindah di dalam wadah tertutup pada suhu ruangan selama 3 hari
F	diletakkan di dalam wadah tertutup pada lemari es ($9^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C}$) selama 5 hari

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Performansi Awal

Telah dilakukan pembuatan sensor pH serat optik berbasis sol-gel. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, terdapat sensor yang gagal maupun berhasil. Sensor yang gagal merupakan sensor yang memiliki respon yang salah ketika cahaya dialirkan ke dalam inti serat optik, sebaliknya sensor yang berhasil ditunjukkan dengan adanya gradien negatif yang dibentuk antara pH dengan daya optik yang diterima detektor di ujung serat. Berdasarkan hasil uji performansi awal didapatkan grafik antara pH dan daya ($\times 10^{-3}\mu\text{W}$) seperti pada Gambar 3. Adapun regresinya seperti yang ditabelkan pada Tabel II.

Pada Gambar 3 ditunjukkan bahwa setiap sampel memiliki keluaran daya yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan setiap sampel dipersiapkan dengan kondisi sedikit berbeda walaupun dari segi komposisi bahan *cladding* sama. Persiapan yang dimaksud adalah pada saat pelapisan inti serat optik dengan



GAMBAR 3. Uji performansi awal eksperimen ke-3

TABEL II
Regresi linier uji performansi awal eksperimen ke-3

Sampel	Regresi Linier ($\times 10^{-3} \mu W$)	Gradien	R^2
A	$y = -0.395x + 656.4$	-0.395	0.036
B	$y = -0.019x + 423.9$	-0.019	0.000
C	$y = -0.191x + 358.4$	-0.191	0.035
D	$y = -1.451x + 590.3$	-1.451	0.335
E	$y = 0.329x + 378.5$	0.329	0.360
F	$y = -1.107x + 559.2$	-1.107	0.216

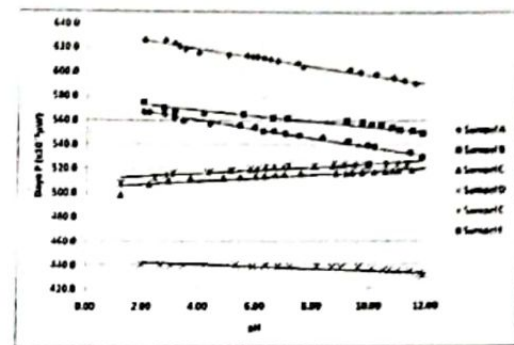
sol-gel antara satu sensor dengan sensor lainnya tidak sama persis dikarenakan pencelupan dilakukan secara manual. Selain itu, setiap ujung permukaan sampel memiliki kerataan yang berbeda-beda. Hal ini akan mempengaruhi besarnya cahaya yang mampu dilewatkan oleh ujung serat optik. Dengan kata lain akan mempengaruhi terjadinya pemantulan total internal[6]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini tidak difokuskan pada seberapa besar daya keluaran yang dimiliki oleh masing-masing sampel melainkan dilihat dari trend grafik yang dibentuk antara pH dan daya ($\times 10^{-3} \mu W$) ketika dilakukan titrasi.

Berdasarkan Tabel II terlihat jelas bahwa masing-masing sampel memiliki gradien dan R^2 yang berbeda-beda. Besarnya gradien menunjukkan tingkat sensitifitas sensor pH serat optik berbasis sol-gel. Hal ini dikarenakan ketika terjadi perubahan pH yang sedikit saja, akan menyebabkan perubahan daya. Semakin negatif gradiennya maka sensor semakin sensitif sebaliknya semakin positif gradiennya maka sensor tersebut semakin tidak sensitif. Kenegatifan gradien menunjukkan respon sensor yang benar karena besarnya daya berbanding terbalik terhadap pH. Semakin besar pH yang terukur oleh sensor maka intensitas cahaya yang ditangkap oleh detektor semakin kecil sehingga dayanya pun menurun. Hal ini dikarenakan terjadi peristiwa absorpsi gelombang *evanescent* yang menyebabkan terjadinya atenuasi atau pelemahan refleksi total ketika terjadi penjarangan cahaya di dalam sensor pH serat optik berbasis sol-gel[7]. Pada tabel tersebut terlihat jelas bahwa terdapat 5 buah sampel yang gradiennya negatif sehingga terdapat 5 buah sampel yang berhasil yaitu sampel A, B, C, D, dan F. Adapun 1 sampel yang gagal adalah sampel E. Dari 5 sampel yang berhasil, dapat dilihat dari Tabel II bahwa gradien terbesar dimiliki oleh sampel F dan gradien terkecil dimiliki

oleh sampel B. Artinya adalah sampel F memiliki sensitifitas awal tertinggi dan sampel B memiliki sensitifitas terendah dibandingkan dengan sampel lainnya. Jika dilihat dari nilai R^2 yang dimiliki masing-masing sampel, belum ada sampel yang memiliki keragaman informasi melebihi 70%. Hal ini mengindikasikan bahwa data yang diperoleh belum sesuai dengan yang diharapkan, namun penelitian tetap dilanjutkan.

B. Uji Performansi Setelah Perlakuan

Setelah dilakukan uji performansi awal, sampel diberi pengkondisian yang berbeda-beda. Adapun pengkondisiannya adalah seperti yang ditabelkan pada Tabel I. Setelah dikondisikan selama 5 hari, setiap sampel diuji lagi performansinya. Dengan menggunakan prosedur yang sama seperti pengujian performansi awal, maka didapatkan grafik uji performansi sampel seperti pada Gambar 4 berikut ini.



GAMBAR 4. Uji performansi sampel A, B, C, D, E, dan F setelah perlakuan

Untuk mengetahui perbedaan grafik di atas dengan uji performansi awal, maka hasil uji performansi setelah perlakuan juga diregresi linier. Adapun hasilnya seperti yang ditabelkan pada Tabel III.

TABEL III
Regresi linier untuk uji performansi setelah perlakuan

Sampel	Regresi Linier ($\times 10^{-3} \mu W$)	Gradien	R^2
A	$y = -3.518x + 633.3$	-3.518	0.979
B	$y = -2.251x + 577.4$	-2.251	0.930
C	$y = 1.325x + 504.4$	1.325	0.801
D	$y = -0.933x + 444.4$	-0.933	0.685
E	$y = 1.311x + 510.7$	1.311	0.852
F	$y = -3.723x + 488.0$	-3.723	0.975

Gambar 4 menunjukkan bahwa pada uji performansi setelah perlakuan terdapat 4 buah sampel yang mampu memberikan respon dengan baik yaitu sampel A, B, D, dan F. Adapun sampel C dan E menunjukkan respon yang salah. Perubahan jumlah sampel yang masih menunjukkan respon yang baik dari semula 5 menjadi 4 menunjukkan bahwa kondisi tempat penyimpanan berpengaruh terhadap performansi yang dimiliki oleh sampel. Pada uji performansi setelah perlakuan terlihat bahwa sensitifitas tertinggi dimiliki oleh sampel F, artinya adalah sampel F merupakan sampel terbaik dibandingkan sampel lainnya. Setelah itu secara berurutan terdapat sampel A, B, D, E dan C.

Untuk mengetahui pengaruh teknik penyimpanan terhadap performansi sampel tidak dapat dilihat berdasarkan hasil akhir uji performansi. Namun, berdasarkan perubahan kelinieran dari uji performansi awal dan uji performansi setelah adanya perlakuan. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari kondisi penyimpanan maka perlu dibandingkan gradien dari masing-masing sampel seperti pada Tabel IV di bawah ini.

TABEL IV
Perbandingan perubahan gradien pada masing-masing sampel

Sampel	Gradien Awal	Gradien Akhir	Selisih	Keterangan
A	-0.395	-3.518	-3.123	↑ ^a
B	-0.019	-2.251	-2.232	↑
C	-0.191	1.325	1.134	↓ ^b
D	-1.451	-0.933	0.518	↓
E	0.329	1.311	0.982	↓
F	-1.107	-3.723	-2.616	↑

^aSensitifitas naik

^bSensitifitas turun

Pada Tabel IV terlihat selisih gradien antara hasil performansi awal dan uji performansi setelah perlakuan. Pada tabel tersebut terlihat jelas bahwa 3 sampel yang memiliki kenaikan gradien yang semakin negatif yaitu sampel A, B, dan F. Adapun sampel yang mengalami kenaikan gradien yang semakin positif adalah sampel C, D, dan E. Kenaikan gradien yang semakin negatif menunjukkan bahwa sampel tersebut mengalami kenaikan sensitifitas, sebaliknya kenaikan gradien yang semakin positif menunjukkan bahwa sampel tersebut mengalami penurunan sensitifitas.

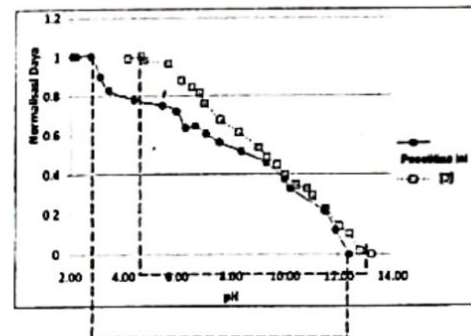
Peninjauan dari segi wadah yaitu sampel yang diletakkan di dalam wadah tertutup dan sampel yang diletakkan di dalam wadah terbuka. Untuk sampel yang diletakkan di wadah tertutup terdapat 4 buah sampel yaitu A, B, E, dan F sedangkan sampel yang diletakkan di dalam wadah terbuka ada 2 buah yaitu C, dan D. Berdasarkan Tabel IV, sampel-sampel yang diletakkan di dalam wadah tertutup memiliki kenaikan sensitifitas yang lebih besar dibandingkan dengan sampel yang diletakkan di dalam wadah terbuka. Artinya adalah penyimpanan di dalam wadah tertutup lebih baik jika dibandingkan dengan penyimpanan di dalam wadah terbuka. Hal ini dikarenakan kelembaban sampel di dalam wadah tertutup lebih terjaga dibandingkan kelembaban udara di dalam wadah terbuka. Hal ini dapat dihubungkan secara teori bahwa reagen silika dalam hal ini adalah TEOS yang relatif sensitif terhadap kelembaban [4]. Oleh karena itu, ketika terdapat beberapa pengkondisian tempat penyimpanan yang mengakibatkan perbedaan kelembaban pada sampel dapat mempengaruhi performansi dari sampel. Khusus untuk sampel E, sampel ini justru mengalami penurunan sensitifitas. Hal ini diakibatkan respon awal dari sampel E sudah tidak sesuai, sehingga ketika sampel E diberi perlakuan tetap memberikan respon yang tidak sesuai.

Pengaruh kondisi suhu tempat penyimpanan sampel terhadap performansi sampel dapat dilakukan dengan cara membandingkan sampel A, B, E, dan F. Sampel-sampel ini dapat dibandingkan karena semuanya diletakkan di dalam wadah tertutup. Berdasarkan kenaikan sensitifitasnya, secara berurutan dari yang paling besar sensitifitasnya menuju sensitifitas

terkecil terdapat sampel A, F, B, dan E. Sampel A yang diletakkan pada suhu ruangan memiliki sensitifitas tertinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa penyimpanan pada suhu ruang merupakan penyimpanan terbaik. Setelah itu disusul dengan sampel E yang diletakkan di dalam lemari es dengan suhu 9°C - 14°C. Kemudian terdapat sampel B yang selama 2 hari diletakkan di suhu ruangan kemudian diletakkan di dalam lemari es selama 3 hari. Walaupun sampel A, B, dan F memiliki perbedaan suhu pengkondisian yang sangat berbeda, namun perbedaan kenaikan sensitifitasnya relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa suhu ruangan tidak terlalu berpengaruh terhadap sensitifitas suatu sensor pH serat optik berbasis sol-gel. Untuk sampel E pengecualian karena respon awal dari sampel ini sudah tidak sesuai.

C. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Perbandingan sensor pH serat optik berbasis sol-gel dengan penelitian sebelumnya dilakukan dengan membandingkan hasil penelitian dengan data sensor yang dimiliki oleh Gupta [3]. Perbandingan dilakukan antara sampel terbaik (sampel F) dari penelitian ini dengan sampel yang telah dibuat Gupta [3] dimana pada penelitian tersebut menggunakan 3 buah indikator pH yaitu *bromophenol blue*, *cresol red*, dan *chlorophenol red*. Data yang dibandingkan pada penelitian ini berupa hubungan antara daya ($\times 10^{-3} \mu W$) yang sudah dinormalisasi terhadap pH larutan. Perbandingan grafik antara pH dan daya dengan antara penelitian ini dan penelitian sebelumnya terdapat pada Gambar 5.



GAMBAR 5. Perbandingan rentang pengukuran sensor pH serat optik berbasis sol-gel dengan penelitian sebelumnya [3].

Gambar 5 merupakan grafik perbandingan antara kurva daya yang dihasilkan dari penelitian untuk sampel F dengan kurva daya yang dihasilkan dari penelitian sebelumnya [3] terhadap pH yang dapat diukur dengan sensor pH serat optik berbasis sol-gel. Pada gambar tersebut terlihat jelas bahwa kedua sensor memiliki trend grafik yang mirip.

Oleh karena itu sensor pH serat optik berbasis sol-gel yang dibuat dapat dikatakan valid. Pada grafik menunjukkan bahwa rentang pengukuran untuk sensor pH pada penelitian sebelumnya adalah berkisar 4.5 - 13 pH untuk 3 buah indikator pH sedangkan pada penelitian ini dihasilkan rentang 3 - 12 pH hanya dengan 2 buah indikator pH dan sensitifitas yang dimiliki oleh sensor sebesar $3.723 \times 10^{-3} \mu W$ tiap perubahan pH.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat dari penelitian yang telah dilakukan tentang pembuatan sensor pH serat optik berbasis sol-gel dan penentuan teknik penyimpanannya adalah sebagai berikut:

- Sensor pH serat optik berbasis sol-gel yang dihasilkan memiliki rentang pengukuran 3-12 pH dan sensitifitas sebesar $-3.723 \times 10^{-3} \mu W$ tiap perubahan pH.
- Teknik penyimpanan terbaik untuk sensor pH serat optik berbasis sol-gel adalah diletakkan di dalam wadah tertutup pada suhu ruangan dengan nilai sensitifitas sebesar $-3.123 \times 10^{-3} \mu W$ tiap perubahan pH.
- Performansi sensor pH serat optik berbasis sol-gel dipengaruhi oleh kelembaban udara.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F.J. Kohlmann, *What is pH, and How is it measured? A Technical Handbook for Industry*. Hach Company, 2003.
- [2] B.D. Gupta, D.K. Sharma, Evanescent Wave Absorption Based Fiber Optic pH Sensor Prepared by Dye Doped Sol-gel Immobilization Technique. *Optics. Communications*, 140, 32-35, 1997.
- [3] B.D. Gupta, S. Sharma, A Long-range Fiber Optic pH Sensor Prepared by Dye Doped Sol-gel Immobilization Technique, *Optics. Communications*, 154, 282-284, 1998.
- [4] Saying Dong, Ming Luo, Gangding Peng, Wenhua Cheng, Broad range pH sensor based on sol-gel entrapped indicators on Fibre optic. *Sensors and Actuators B* 129, 94-984, 2008.
- [5] A. Bahtiar S. *Analisa Performansi Sensor pH Berbasis Serat Optik berdasarkan Pengamatan Kondisi Sol - Gel pada Optrode*. Teknik Fisika ITS, 2010.
- [6] J. Crisp, *Introduction to Fiber Optics*, 2nd Edition, British Library : Plant A Tree, 2001.
- [7] A. Maddu, A. Muhsin, S. Sardy, H. Zain, Sensor pH Serat Optik Berdasarkan Absorpsi Gelombang Evanescent dengan Menggunakan Cladding Polimer Berdoping Dye Indikator, *Instrumentasi*, Vol 30, No.1 Januari - Juni, 2006.