

# Industri

Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi

**Echo Data Hiding Steganography and RSA Cryptography on Audio Media**

Ary Mazharuddin Shiddiqi, Tirta Priambadha, Baskoro Adi Pratomo

**Pollutant Dispersion in Some Fishing Coast Areas of East Java Indonesia**

Lieke Riadi, Ali Altway

**Hydrocracking Oleic Acid and Palm Oil over Alumina Silica based Catalyst**

Achmad Roesyadi, Erlan Rosyadi, Unggul Priyanto, Suprpto

**Hydrogen Production over  $\text{La}_{0.02}\text{Na}_{0.98}\text{TaO}_3$  Photocatalysts  
from Pure Water and an Aqueous Methanol Solution**

Husni Husin, Wei-Nien Su, Bing Joe Hwang

**Sintesis  $\alpha$ -Terpineol dari Terpentin dengan Katalisator Asam Kloro Asetat secara Batch**

Herti Utami, Sutijan, Roto, Wahyudi Budi Sediawan

**Biodiesel Production from Palm Oil using  $\text{CaO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  as a Solid Base Catalyst**

Nyoman Puspa Asri, Farisa Rizki, Aiyum Anisa,  
Santi Dyah Savitri, Achmad Roesyadi, Kusno Budikarjono, Suprpto, Ignatius Gunardi

**Kinetic Model Development of Enzymatic Hydrolysis  
of Sorghum Flour to Readily Fermentable Sugar for Biomethanol**

Soeprijanto, Katherin Indriawati, Nurlita Abdulgani

**Studi Lifetime Sensor pH Berbasis Serat Optik**

Lizda Johar Mawarani, Katherin Indriawati, Agus M. Hatta

**Thermally Grown Oxide and Microstructure Analysis on Coating Ceramic  $\text{Al}_2\text{O}_3$   
and Bond Coat Ni-Al during Thermal Fatigue Cycle**

Hariyati Purwaningsih, Charta Kharisma, Rindang Fajarin, Lukman Noerochim, Sulistijono

INDUSTRI

Volume 11

Nomor 1

Halaman  
1 - 56

Februari  
2012

# Industri

Jurnal ilmiah sains dan teknologi

ISSN 1693-0533

Volume 11 Nomor 1 Februari 2012

Terakreditasi : SK Dirjen Dikti

No. 83/DIKTI/Kep/2009

**Pimpinan Umum :**

Dr. Bambang L Widjiantoro, ST., MT.

**Ketua Penyunting :**

Dr. Ir. Sumarno, M. Eng.

**Penyunting Ahli :**

Prof. Dr. Ir. Sutardi, M. Eng. (ITS)  
Prof. Dr. Ir. Imam Robandi, MT. (ITS)  
Prof. Ir. Ali Altway, MS. (ITS)  
Dr. Dhany Arifianto, S.T., M. Eng (ITS)  
Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono,  
M. Eng., Sc. (ITS)  
Dr. Ir. Sungging Pintowantoro, MT. (ITS)  
Dr. Ir. Dedi Priadi, DEA. (UI)  
Ir. Dwiwahju Sasongko, M. Sc. Ph. D. (ITB)  
Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA. (UGM)  
Dr. Ir. Ari Samadhi (ITB)  
Ir. Rukmi Sari Hartati, MT. Ph. D. (Udayana)

**Penyunting Pelaksana :**

Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA. (ITS)  
Ir. Sudjud Darsopuspito, MT. (ITS)

**Sekretariat Pelaksana :**

Drs. Ec. Mochamad Takrip  
Eko Priyambodo  
Nanang Setio Utomo  
Hafidah Khoiriah  
Soetrisno  
Sumardi

**Alamat Penerbit :**

Fakultas Teknologi Industri - ITS  
Gedung Rektorat ITS Lantai III  
Kampus ITS Sukolilo - Surabaya  
Telp. (031) 5947843, 5922938  
Fax. (031) 5947843, 5933228  
E-mail : [fti@its.ac.id](mailto:fti@its.ac.id)

## EDITORIAL

Jurnal industri merupakan forum/wahana publikasi hasil-hasil penelitian sains dan teknologi dibidang kimia, kelistrikan, fisika, mekanik, industri, dan material. Semua paper dalam terbitan kali ini merupakan pengembangan teori dan eksperimen, yang berguna bagi pengembangan riset lanjutan maupun terapan di industri. Komunikasi lanjut antara peneliti/penulis, pembaca, dan para praktisi di industri sangat perlu untuk dilaksanakan.

Kami menyampaikan ucapan terima kasih atas kesediaan para penulis/peneliti mengirimkan artikel. Redaksi senantiasa membuka kesempatan kepada penulis untuk mempublikasikan artikel (review) atau hasil penelitian guna dimuat pada Jurnal "Industri". Kami berharap artikel-artikel dimaksud memberikan kontribusi pada pengembangan sains dan teknologi serta dapat menjawab tantangan pengembangan iptek pada masa mendatang.

Redaksi

INDUSTRI, Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi, diterbitkan setiap bulan Februari, Juni dan Oktober oleh Fakultas Teknologi Industri ITS. Penanggung Jawab : Dekan FTI - ITS. Terbit pertama Oktober 2002. Redaksi mengundang para peneliti, praktisi dan profesional di bidang ilmu teknik, khususnya Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Kimia, Teknik Fisika, Teknik Industri dan Teknik Material untuk menyumbangkan hasil penelitiannya ke dalam jurnal ini. Bagi para pembaca yang berminat untuk mendapatkan terbitan jurnal INDUSTRI secara teratur, dapat menghubungi redaksi.

## Daftar Isi

### **Echo Data Hiding Steganography and RSA Cryptography on Audio Media**

Ary Mazharuddin Shiddiqi, Tirta Priambadha, Baskoro Adl Pratomo

### **Pollutant Dispersion in Some Fishing Coast Areas of East Java Indonesia**

Lieke Riadi, Ali Altway

### **Hydrocracking Oleic Acid and Palm Oil over Alumina Silica based Catalyst**

Achmad Roesyadi, Erlan Rosyadi, Unggul Priyanto, Suprpto

### **Hydrogen Production over $\text{La}_{0.02}\text{Na}_{0.98}\text{TaO}_3$ Photocatalysts from Pure Water and an Aqueous Methanol Solution**

Husni Husin, Wei-Nien Su, Bing Joe Hwang

### **Sintesis $\alpha$ -Terpineol dari Terpentin dengan Katalisator Asam Kloro Asetat secara Batch**

Herti Utami, Sutijan, Roto, Wahyudi Budi Sediawan

### **Biodiesel Production from Palm Oil using $\text{CaO} / \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ as a Solid Base Catalyst**

Nyoman Puspa Asri, Farisa Rizki, Aiyum Anisa, Santi Dyah Savitri, Achmad Roesyadi, Kusno Budikarjono, Suprpto, Ignatius Gunardi

### **Kinetic Model Development of Enzymatic Hydrolysis of Sorghum Flour to Readily Fermentable Sugar for Biomethanol**

Soeprijanto, Katherin Indriawati, Nurlita Abdulgani

### **Studi Lifetime Sensor pH Berbasis Serat Optik**

Lizda Johar Mawarani, Katherin Indriawati, Agus M. Hatta

### **Thermally Grown Oxide and Microstructure Analysis on Coating Ceramic $\text{Al}_2\text{O}_3$ and Bond Coat Ni-Al during Thermal Fatigue Cycle**

Hariyati Purwaningsih, Charta Kharisma, Rindang Fajarin, Lukman Noerochim, Sulistijono

## STUDI LIFETIME SENSOR PH BERBASIS SERAT OPTIK

Lizda Johar Mawarani, Katherin Indriawati, Agus M. Hatta

Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia  
Email : lizda@ep.its.ac.id; katrin@ep.its.ac.id; amhatta@ep.its.ac.id

**Abstract:** Fiber optic pH sensors was prepared by using dye doped sol-gel immobilization techniques. Bromophenol blue was used as dye (pH sensitive indicator) and TEOS (tetra ethyl ortho silicate) as precursor to attach bromophenol blue on fiber optic. In order to check the sensor's lifetime, the operational lifetime test is undertaken, i.e. by dipping the sensors in a solution with pH of 5 at 40°C for various immersion time. The results show that the tested sensor is sensitive in pH range between 5 and 7. The longer the immersion time, the greater is the decrease of sensor's performance. This is attributed to partial loss of sol-gel layer on optrode. The lifetime of the fiber optic pH sensor is for 57 hours.

**Keyword:** lifetime, pH sensor, fiber optic, sol-gel, sensitivity.

**Abstrak:** Telah dibuat sampel sensor pH berbasis serat optik dengan immobilisasi indikator pH dengan proses sol-gel. Indikator pH yang digunakan adalah bromophenol blue dengan TEOS (tetra ethyl ortho silicate) sebagai lapisan tipis silika murni yang melekatkannya pada serat optik. Untuk mengetahui lifetime-nya, sensor pH diuji dengan operational lifetime test, yakni diberi perlakuan dengan dicelup pada larutan ver-pH 5 dan temperatur 40° C. Diperoleh hasil bahwa sensor pH berbasis serat optik yang telah dibuat mempunyai rentang pengukuran pH antara 5 sampai 7. Semakin lama diberi perlakuan, semakin besar penurunan performansi yang dialami oleh sensor pH. Hal ini sebabkan oleh hilangnya sebagian lapisan sol-gel yang ada pada optrode. Dari perlakuan yang telah diberikan, diketahui bahwa usia pakai sampel sensor pH adalah selama 57 jam pemakaian.

**Kata kunci:** lifetime, sensor pH, fiber optik, sol-gel, sensitivitas.

### PENDAHULUAN

Alat pengukur pH sangat diperlukan dalam berbagai bidang seperti industri, kesehatan dan lingkungan. Kebutuhan terhadap alat ukur pH yang semakin meningkat telah memberikan dorongan yang cukup besar bagi dilakukannya penelitian mengenai sensor pH, agar kebutuhan terhadap sensor pH yang lebih akurat dengan harga yang lebih murah dapat terpenuhi.

Sejauh ini pembuatan sensor pH berbasis fiber optik digunakan untuk menutupi kekurangan dari metode lain, karena pada sensor ini media transmisi yang digunakan berupa serat optik sehingga tidak ada interferensi elektromagnetik yang terjadi. Sensor pH berbasis serat optik kini menjadi alternatif selain elektroda di dalam penggunaannya untuk pengukuran pH dan menawarkan berbagai kelebihan seperti tahan dari gangguan listrik, akurasi yang lebih baik dan kemungkinan untuk aplikasi penginderaan jauh.

Dalam pengembangan sensor pH optik dan serat optik, immobilisasi indikator pH adalah langkah kunci, karena akan sangat menentukan karakteristik sensor yang dibuat. Ada tiga metode yang digunakan secara luas untuk immobilisasi indikator pH di/dalam substrat padat, yaitu adsorpsi, ikatan kovalen dan

immobilisasi.

Dalam metode adsorpsi, indikator pH diserap secara fisik maupun kimiawi, contohnya melalui elektrostatis atau interaksi hidrofobik pada substrat padat. Ini merupakan metode yang sederhana, tetapi tidak terlalu diandalkan karena indikator yang terserap dapat meleleh keluar. Dalam metode ikatan kovalen, indikator pH secara kovalen terikat pada substrat yang padat, biasanya rumit dan memakan waktu, tetapi sangat handal karena indikator cenderung tidak meleleh keluar. Dalam metode jebakan, indikator pH terperangkap dalam pori-pori substrat polimer. Ini cukup mudah dan dapat diandalkan tetapi lambatnya pencucian indikator dapat menjadi masalah. Ketiga metode immobilisasi di atas terus digunakan sepanjang tahun 1990-an. Seperti yang dibahas di bawah ini, beberapa metode immobilisasi adalah aplikasi dari metode yang dikembangkan sebelum 1990.

Sejak pertama kali digunakan pada tahun 1990, sol-gel gelas telah menjadi salah satu substrat padat yang paling banyak digunakan dalam pengembangan sensor pH optik dan serat optik (Maddu dkk, 2006). Sol-gel gelas dapat dibuat pada suhu kamar melalui hidrolisis, kondensasi dan polikondensasi dari prekursor alkoksida, misalnya

tetramethoxysilane  $\text{Si}(\text{OCH}_3)_4$ , untuk persiapan lapisan *sol-gel* silika. *Sol-gel* silika *sol-gel* bahan berpori yang dapat digunakan untuk menjebak indikator pH.

Dibandingkan dengan polimer organik, *sol-gel* kaca sebagai substrat padat anorganik memberikan banyak keuntungan, antara lain tingkat stabilitas kimia, fotokimia dan termal yang baik dan kekuatan mekanik yang cukup tinggi. Keuntungan lainnya adalah transparansi optik (sampai 250 nm), kompatibel dengan berbagai indikator pH, dan memiliki kelayakan untuk pelapisan langsung pada kaca dan serat silika. Namun, *sol-gel* juga memiliki beberapa kekurangan yakni respon yang lambat.

Salah satu hal penting dalam pembuatan sensor adalah mengetahui keandalannya (*reliability*). Salah satu unsur keandalan adalah *lifetime* sebuah sensor. Kebutuhan untuk mengetahui seberapa lama waktu yang dimiliki oleh sebuah sensor untuk bisa bekerja dengan baik menjadi sangat penting, karena akan memberi pengaruh yang besar terhadap hasil pengukuran. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan dan usia pakai sensor pH dengan melihat performansinya selama pengujian usia pakai (*operational lifetime test*).

## METODE EKSPERIMEN

### Pembuatan Sensor pH

Proses pembuatan sensor pH diawali dengan memotong serat optik plastik yang sudah disiapkan sepanjang 15cm. Bagian tengah serat optik plastik dikupas jaket dan cladding-nya, kemudian dibersihkan dengan menggunakan larutan alkohol. Setelah itu bagian yang sudah tidak ada cladding-nya direndam dalam larutan  $\text{HNO}_3$  selama 5 menit untuk mengaktivasi permukaan core dengan perlakuan asam agar grup OH pada permukaan core dapat membentuk ikatan dengan molekul silika pada pori lapisan *sol-gel* dan membantu lapisan tipis *sol-gel* untuk menempel pada bagian core. Setelah itu, serat optik plastik direndam dalam larutan deionized distilled water dan dibersihkan dengan menggunakan alkohol.

Larutan untuk pembuatan film tipis *sol-gel* dibuat sesuai dengan yang dilakukan (Gupta dkk, 1998) yakni mencampurkan 30ml TEOS, 30ml etanol

absolute, 2 ml deionized distilled water, dan 82 mg bromophenol blue. Semua bahan dicampur dan diaduk selama 30 menit pada suhu  $60^\circ\text{C}$  dengan menggunakan hot plate magnetic stirrer. Setelah larutan siap, segera dilapiskan pada serat optik plastik dengan menggunakan teknik dip-coating. Setelah pelapisan selesai, serat optik dibiarkan pada tekanan atmosfer dan pada suhu kamar selama 20 hari. Setelah 20 hari, sensor pH berbasis serat optik siap digunakan.

### Pengujian Sensor

Pengujian sensor pH yang telah dibuat meliputi uji validitas dan uji operational *lifetime*. Uji validitas dilakukan untuk memastikan bahwa sensor yang dibuat berhasil (dapat berfungsi dengan baik). Adapun uji *operational lifetime* dilakukan untuk menentukan *lifetime* sensor pH selama digunakan. Oleh karena itu, kondisi teknis pengujian dibuat sama dengan kondisi operasi sensor.

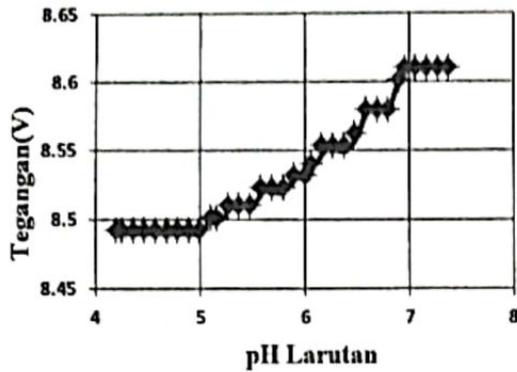
Dalam pengujian *operational lifetime*, sensor pH dilihat performansinya setelah dicelupkan pada larutan dengan pH bernilai 5 dengan suhu  $40^\circ\text{C}$  selama 8 jam, 31 jam, dan 57 jam. Untuk meningkatkan ketepatan analisis, pengujian dilakukan sampai keseluruhan sensor tidak berfungsi. Jika parameter sensor pH sudah tidak berfungsi lagi (tidak sensitif terhadap perubahan pH), maka sensor dinyatakan telah mengalami kegagalan.

## HASIL & PEMBAHASAN

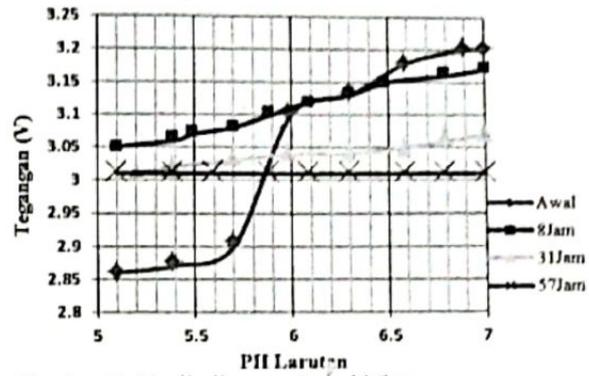
### Validitas Sensor

Dari uji validitas yang dilakukan, sensor yang dibuat berfungsi dengan baik (valid). Gambar 1 menunjukkan performansi salah satu sampel sensor pH yang telah dibuat. Sampel yang lain memiliki performa yang berpola sama.

Kurva sigmoid pada gambar 1 menunjukkan bahwa sampel sensor yang dibuat dapat bekerja dengan baik. Dengan kata lain, semua sampel valid. Kurva tersebut memiliki kemiringan pada pH sekitar 5 sampai 7 dan garisnya terlihat mendekati linier. Hal ini menunjukkan bahwa sampel sensor sensitif atau mampu bekerja pada rentang pH 5 sampai 7.



Gambar 1. Hasil uji validitas sensor pH



Gambar 2. Hasil uji *operational lifetime*

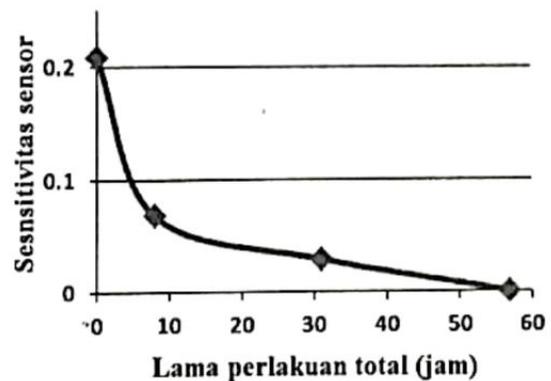
### Lifetime Sensor

Dari uji *operational lifetime* sensor pH, diketahui performansi sensor sebelum perlakuan, performansi setelah perlakuan selama 8 jam, performansi sensor setelah perlakuan selama 31 jam dan performansi sensor setelah 57 jam.

Gambar 2 menunjukkan performansi sensor pH selama uji *operational lifetime*, masing-masing garis pada gambar tersebut menunjukkan respon sensor. Tampak di sana bahwa sebelum sensor diberi perlakuan, performansinya cukup bagus. Setelah diberi perlakuan selama 8 jam, kondisi sensor masih dapat berfungsi (memberi respon) dengan baik terhadap perubahan pH larutan. Adapun setelah mengalami perlakuan selama 31 jam, sensor juga masih berfungsi dengan baik meskipun responnya terhadap perubahan pH larutan menurun. Sedangkan respon sensor setelah diberi perlakuan selama 57 jam, terlihat bahwa sensor tidak memberi respon terhadap perubahan pH, dengan kata lain sensor telah rusak.

Lebih khusus, *lifetime* sensor pH ini ditentukan dengan memperhatikan sensitivitas yang dimiliki oleh sensor (Gambar 3). Sensitivitas dalam hal ini diwakili oleh gradien masing-masing kurva hasil uji *operational lifetime*. Sebelum diberi perlakuan sensitivitas sensor adalah sebesar 0,208 dan setelah diberi perlakuan selama 8 jam sensitivitas sensor turun menjadi 0,068. Sensitivitas ini terus menurun setelah sensor diberi perlakuan selama 31 jam menjadi 0,029.

Pada sensor dengan perlakuan selama 57 jam diketahui bahwa sensitivitasnya menjadi nol, dengan kata lain sensor telah mengalami kerusakan sehingga tidak memberi respon terhadap perubahan pH larutan.



Gambar 3. Sensitivitas sensor pH

Tabel 1. Pengaruh ketebalan lapisan *sol-gel* pada *lifetime* sensor

Sampel sensor	Tebal (mm)	Lama perlakuan total			
		0	8	31	57
1	0,043	✓			x
2	0,048	✓			x
3	0,044	✓			x
4	0,041	✓			x
5	0,05	✓			

✓ = sampel sensor berfungsi normal  
x = sampel sensor rusak

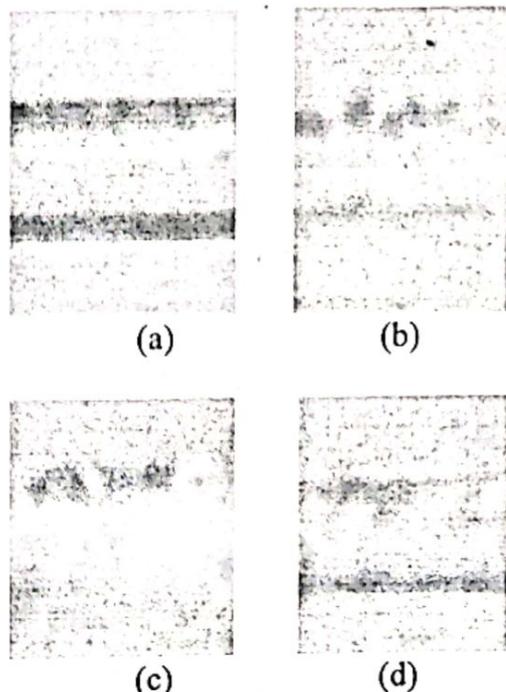
Dari kelima sampel sensor yang dibuat, ada satu sampel yang memiliki *lifetime* paling panjang, karena masih bisa berfungsi setelah perlakuan selama 57 jam. Dengan melihat data ketebalan lapisan *sol-gel* dan pengaruhnya terhadap *lifetime* sensor (Tabel 1), tampak bahwa semakin tebal lapisan, makin panjang umur pakainya. Hal ini dapat dimengerti, karena indikator pH terletak pada lapisan tersebut. Jika lapisan rusak atau terdegradasi, maka performansi sensor akan turun dan semakin tebal lapisan, makin lama waktu yang dibutuhkan untuk mendegradasi.

### Hasil Pengamatan Kondisi Optrode

Pengamatan kondisi sol-gel pada *optrode* yang dilakukan menggunakan mikroskop digital menunjukkan hasil seperti pada Gambar 4. Tampak pada gambar tersebut, bahwa sebelum diberi perlakuan (Gambar 4a) *optrode* tampak mulus dengan warna biru yang tegas, artinya lapisan *sol-gel* masih bagus dan utuh.

Sedangkan setelah diberi perlakuan 8 jam (Gambar 4b) kondisi lapisan *sol-gel* pada *optrode* mulai muncul retakan dan retakan menjadi makin jelas/ membesar setelah perlakuan selama 31 jam (Gambar 4c). Setelah perlakuan 57 jam (Gambar 4d) terlihat bahwa lapisan *sol-gel* telah mengalami degradasi ditandai dengan memudarnya warna biru pada *optrode* yang mengindikasikan telah terkelupasnya lapisan *sol-gel* dari *optrode*.

Hasil pengamatan kondisi *sol-gel* pada *optrode* ini memberi penjelasan bahwa menurunnya sensitivitas sensor terjadi karena menurunnya kondisi lapisan *sol-gel* pada *optrode*. Karena itu perlu penelitian lebih lanjut mengenai perlakuan agar lapisan *sol-gel* tidak mudah terdegradasi ketika digunakan.



**Gambar 4.** Foto kondisi sampel sensor (a) sebelum perlakuan, (b) setelah perlakuan 8 jam, (c) setelah perlakuan 31 jam, (d) setelah perlakuan 57 jam.

### KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan ini dapat disimpulkan bahwa sensor pH yang telah dibuat dapat bekerja pada rentang pH 5 sampai 7 dengan sensitivitas tertinggi sebesar 0,2. Sensor pH mengalami kerusakan setelah pemakaian selama 57 jam, kecuali sampel dengan ketebalan lapisan 0,05mm. Menurunnya sensitivitas sensor pH disebabkan oleh hilangnya sebagian lapisan *sol-gel* pada *optrode*.

### DAFTAR PUSTAKA

- Çopuroglu, Mehmet, Shane O'Brien, Gabriel M. Crean. (2009), *Sol-gel synthesis, comparative characterization, and reliability analysis of undoped and Al-doped zinc oxide thin film. Thin Solid Films.* 517. 6323–6326.
- Gupta B.D, S. Sharma. (1998), *A long-range fiber optic pH sensor prepared by dye doped sol-gel immobilization technique, Optics. Communications.* 154. 282–284.
- Gupta B.D, D.K. Sharma. (1997), *Evanescent wave absorption based fiber optic pH sensor prepared by dye doped sol-gel immobilization technique, Optics. Communications.* 140. 32-35.
- Maddu A, K. Modjahidin, S. Sardy, H. Zain. (2006), *Pengembangan Probe Sensor Kelembaban Serat Optik dengan Cladding Gelatin. Makara, Teknologi. Vol. 10 : 45-50.*
- Mendez , E. Alvarado, R. Rojas-Laguna, J.A. Andrade-Lucio. (2005). *Design and characterization of pH sensor based on sol-gel silica layer on plastic optical fiber Sensors and Actuators B.106. 518–522*