PENGEMBANGAN ELEKTRODA SENSOR ASAM URAT SEBAGAI SENSOR pH DENGAN PENAMBAHAN RUTHENIUM

Tika Puri Ardianti[1], Ponco Siwindarto[2], Nurussa'adah[3]
[1]Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya,[2,3]Dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya
Jurusan Teknik Elektro fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT.Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail. tikapuria@gmail.com

ABSTRAK

pH merupakan salah satu indikator kualitas air, kualitas air penting untuk diketahui karena banyaknya fungsi air yang berdampak langsung pada kehidupan. Sensor pH konvensional telah banyak diproduksi, sehingga dapat digunakan sebagai acuan pembuatan sensor pH dengan teknologi mikrofabrikasi. Pada penelitian ini digunakan sensor pH yang berasal dari pengembangan elektroda Sensor asam urat dengan penambahan Ruthenium. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan elektroda sensor asam urat menjadi sensor pH kemudian mengkarakterisasi sensor pH tersebut, serta mengkarakterisasi sensor dengan beberapa parameter yakni perubahan nilai pH, waktu respon sensor, pengaruh penyimpanan dan respon sensor terhadap pengubahan suhu serta menampilkan kurva karakteristik sensor pH yang menyatakan hubungan antar pH larutan, tegangan, waktu, serta respon terhadap suhu. Didapatkan hasil bahwa semakin besar nilai pH maka nilai tegangan keluaran semakin kecil, untuk pH 2 dengan pengukuran menggunakan lima buah sensor didapatkan tegangan keluaran 328 mV-278 mV sedangkan tegangan keluaran kelima sensor untuk pH 9 sebesar -1 mV sampai-56 mV. Waktu respon yang dimiliki setiap sensor untuk setiap larutan berbeda, mulai dari 2 menit sampai 6 menit. Semakin lama sensor disimpan dan semakin sering digunakan maka performa sensor akan menurun,. Suhu mempengaruhi nilai tegangan keluaran sensor, pada suhu 25°C tegangan keluaran kelima sensor secara berurutan 328 mV-278 mV, sedangkan untuk suhu 65°C tegangan keluaran sebesar 106 mV- 212 mV, nilai tegangan semakin menurun dengan bertambahnya suhu. Untuk penelitian selanjutnya disarankan sensor difabrikasi mulai tahapan awal, penyimpanan sensor juga diusahakan dalam tempat yang kedap udara agar didapatkan sensor dengan performa yang lebih bagus.

Kata kunci : sensor pH, fabrikasi film tebal, ruthenium.

ABSTRACT

pH is one of the indicators of water quality, the water quality is important to know because of the many functions that have a direct impact on aquatic life. Conventional pH sensor has been widely produced, so it can be used as a reference for the creation of a pH sensor with mikrofabrikasi technology. On the study of the pH sensor that is used comes from the development of urit acid electrode with the addition of Ruthenium. The purpose of this research is to develop a urit acid electrode into a pH sensor then characterize the pH sensor, as well as characterize the sensor with some parameters i.e., change in pH, the sensor response time, the influence of storage and sensor response towards changing the temperature and the pH sensor characteristic curve showing that States the relationship between solution pH, voltage, time, as well as the response to temperature. Obtained results that the greater the pH then the value of the output voltage is getting smaller, for pH 2 with measurements using five sensor output voltage obtained 328 mV-278 mV output voltage while the fifth sensor for pH 9 of 1 mV to-56 mV. Response time is owned by each sensor for every solution is different, ranging from 2 minutes to 6

minutes. The longer the sensors are stored and used more often then the sensor will decrease performance,. Temperature affects the value of the output voltage sensors, temperature 25 ° C the output voltage sensor fifth sequentially 328 mV-278 mV, while for a temperature of 65 ° C the output voltage of 106 mV-212 mV voltage value declined with increasing temperature. For subsequent research suggested the initial stages start fabricated sensor, sensor storage also laboured in place airtight so that the sensor is obtained with better performance.
Keyword : pH sensor, thick film fabrication, ruthenium

---

1. PENDAHULUAN

Terdapat beberapa indikator kualitas air atau larutan di antaranya, temperatur, konduktivitas, *dissolved oxigen,* tingkat keasaman (pH), viskositas, dan kekeruhan. Kualitas air berdasarkan tingkat keasaman sangat dibutuhkan untuk mengetahui tingkat keasaman dari larutan yang dibutuhkan. Larutan dengan tingkat keasaman yang tinggi menunjukan larutan tersebut asam, sedangkan larutan dengan tingkat keasaman rendah menunjukan bahwa larutan tersebut basa.

Sekarang telah banyak diproduksi sensor pH konvensional, pH meter dengan ketelitian yang tinggi yaitu 0,01 pH [1]. Tetapi pH meter masih memiliki kekurangan yaitu perubahan yang lambat dan berosilasi, yang merupakan masalah yang penting dalam menentukan skala yang valid, selain itu harga satu buah pH meter yang relatif mahal.

Sekarang ini teknologi mikrofabrikasi telah banyak digunakan dalam elektronika. Cabang dari teknologi mikrofabrikasi yakni teknologi diskret, teknologi film, dan teknologi monolitik. Teknologi film terdiri dari dua buah cabang ilmu yaitu teknologi film tebal dan teknologi film tipis. Kedua teknologi ini merupakan teknologi miniaturasi rangkaian elektronik dengan perbedaan utama pada ukuran dan teknik pembuatannya. Teknologi ini dibutuhkan pada bidang-bidang yang terus mengalami perkembangan diantaranya telekomunikasi, otomotif, medis dan industri elektronika. Keunggulan sesor pH yang dibuat dengan teknologi mikrofabrikasi adalah ukuran menjadi sangat kecil dan ringan, dan harga yang relatif murah.

Untuk skripsi ini digunakan sensor asam urat yang dibuat oleh LIPI yang difabrikasi menggunakan teknologi film tebal. Dari sensor asam urat tersebut telah dikembangkan menjadi sensor pH dengan menambahkan Ruthenium pada elektroda kerja dari sensor asam urat. Tetapi sensor pH hasil pengembangan dari sensor asam urat belum pernah dikarakterisasi, sehingga pada penelitian ini telah dilakukan karakterisasi dari sensor pH tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Untuk menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat di pendahuluan, maka diperlukan langkah-langkah penyelesaian. Langkah-langkah tersebut meliputi penyiapan bahan uji, pengukuran keluaran sensor, analisis hasil pengujian, dan kesimpulan.

2.1 Sensor pH

Sensor pH yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari sensor asam urat asam urat, dengan tiga buah elektroda kerja, diantaranya *working* elektrode, *counter* elektrode, dan *reference* elektrode. Untuk pengukuran sensor pH hanya dibutuhkan dua buah elektrode yaitu elektroda kerja dan elektroda refensi (elektroda pembanding), sehingga hanya dua elektroda yang disambungkan dengan kabel dan diukur dengan multimeter, yaitu elektroda kerja dan elektroda referensi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penyiapan Bahan

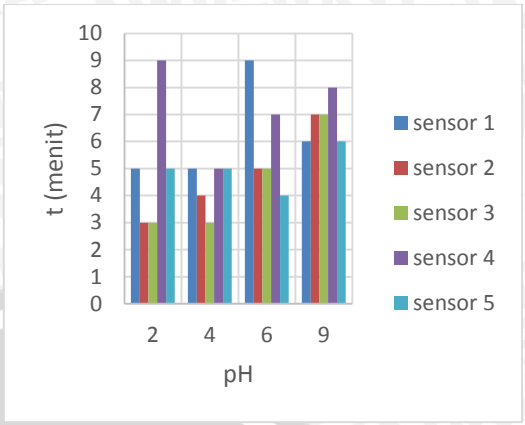
Sensor pH yang diuji terbuat dari sensor asam urat, dilakukan pelapisan pada elektroda kerja sensor dengan menggunakan pasta Ru. Berbagai logam oksida seperti RuO_2,

IrO2, PtO_2, RhO_2, TiO_2, SnO_2, Ta_2O5, dan PdO, telah diteliti untuk digunakan sebagai elektroda kerja dari sensor pH. Beberapa keuntungan logam oksida diantaranya tidak mudah larut, stabilitas kekuatan mekanik, elektro katalis dan manufactur teknologi. Dibandingkan dengan logam oksida lainnya Ruthenium memiliki sifat yang unik meliputi kestabilan termal sangat tahan terhadap korosi, histrisis rendah, sensitifitas yang tinggi, dan resistivitas yang rendah[3]. Pelapisan menggunakan mesin printer De Haart dan screen bekas dari pembuatan sensor asam urat. Tutup pola yang tidak digunakan dengan isolasi, kemudian dilakukan pelapisan. Setelah pencetakan dilakukan *Drying* menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 5 menit. Proses Firing tidak dilakukan pada penelitian ini, sehingga digantikan dengan melakukan pengovenan kembali pada suhu 250°C selama 1,5 jam, kemudian didinginkan selama 15 menit.

Untuk elektroda referensi yang terbuat dari perak (Ag) dilakukan pelapisan dengan $FeCl_3$ 0,05M selama 60 detik, kemudian dibilas dengan *Deioniaxed Water*. Langkah selanjutnya adalah pelapisan elektroda gelatin dengan menggunakan larutan KCl + Gelatin 7%.

3.2 Pengujian Waktu Respon Sensor

Dilakukan pengujian terhadap respon sensor untuk mengetahui performa dari sensor. Waktu yang diperlukan keluaran sensor untuk mencapai nilai akhir ketika nilai masukan dirubah, itu yang disebut dengan waktu respon. Pengujian dilakukan dengan mencelupkan kelima sensor pada larutann pH 2, pH 4, pH 6 dan pH 9, kemudian diamati tegangan keluaran dari sensor sampai menit dimana sensor tersebut stabil.

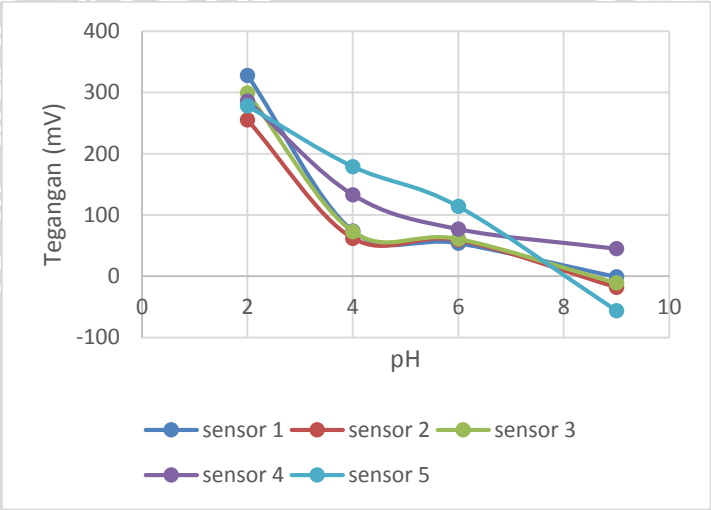


Gambar 1. waktu respon sensor kelima sensor

Dari gambar tersebut diketahui bahwa sensor kedua dan ketiga mempunyai respon yang baik dibandingkan sensor yang lain.

3.3 Pengujian Keluaran Sensor Dengan Perubahan pH

Pengujian pertama menggunakan lima buah *chip* sensor, pengukuran dilakukan pada suhu normal yaitu 25°C.



Gambar 2. Respon kelima sensor terhadap perubahan pH

Hubungan antara elektroda kerja dan elektroda referensi pada sensor pH dapat diterapkan dalam persamaan matematis yaitu persamaan Nerst yang menunjukan bahwa beda

potensial dan nilai pH berbasis potensiometrik.

$E = E° - \left(\frac{2{,}303RT}{nF}\right) pH$ [2]

E = E° - 0,05916 pH, merupakan persamaan Nerst untuk perbandingan nilai potensial terukur dengan nilai pH pada suhu 25° C.

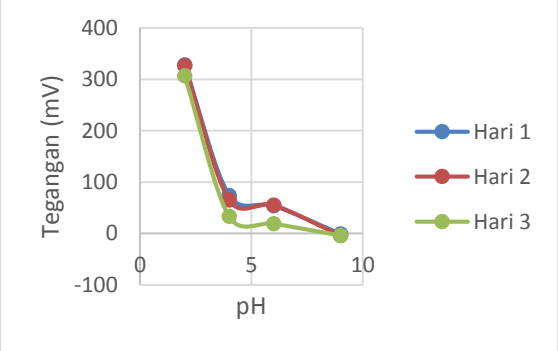
Berdasarkan gambar terlihat bahwa setiap sensor memiliki respon yang berbeda. Hal ini dikarenakan pemuaian elektroda pada saat pemanggangan, dan lebar elektroda yang tidak sama persis pada setiap *chip*-nya. Selain itu ketebalan pelapisan pasta Ru tidak sama pada setiap sensor, dikarenakan pelapisan dilakukan satu persatu mengingat *chip* sensor yang digunakan merupakan sensor jadi yang telah dipotong-potong.

3.4 Pengujian Lama Penyimpanan

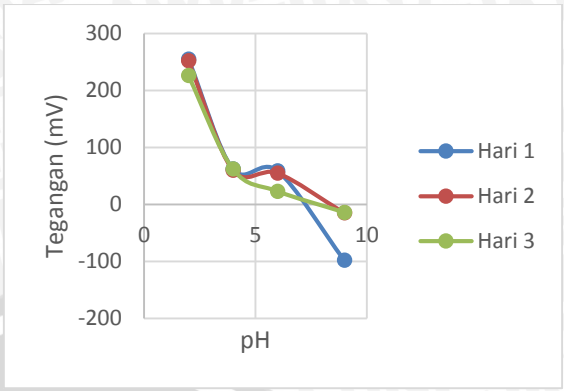
Pengujian lama penyimpanan sensor bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu terhadap performa sensor, terutama waktu penyimpanan. Pengujian ini terbagi menjadi dua tahap, tahap pertama pengujian pengaruh lama waktu dengan waktu penyimpanan satu hari dan kedua pengaruh waktu dengan penyimpanan lima bulan.

3.4.1 Pengujian Pengaruh Penyimpanan dengan Selang Waktu Satu Hari

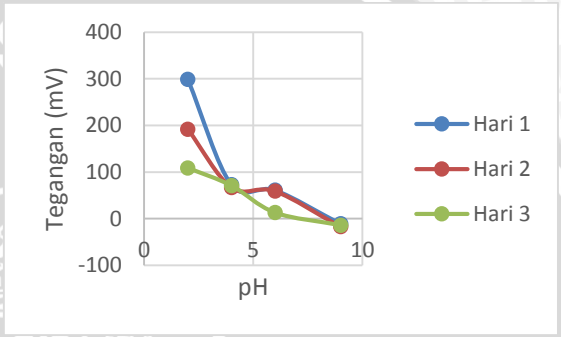
Pengujian dilakukan tiga hari berturut-turut. Pengujian bertujuan untuk mengetahui tegangan keluaran sensor dengan penyimpanan selama satu hari. Dilakukan pengukuran pada hari pertama, kemudian sensor disimpan, dilanjutkan dengan pengujian pada hari kedua, demikian sampai hari ketiga. Berikut grafik untuk kelima sensor.



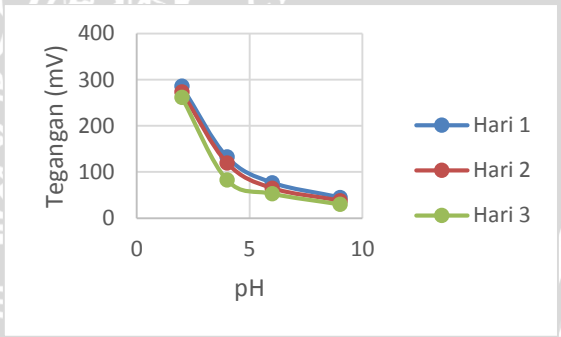
Gambar 3. Pengukuran tegangan keluaran sensor pertama selama tiga hari



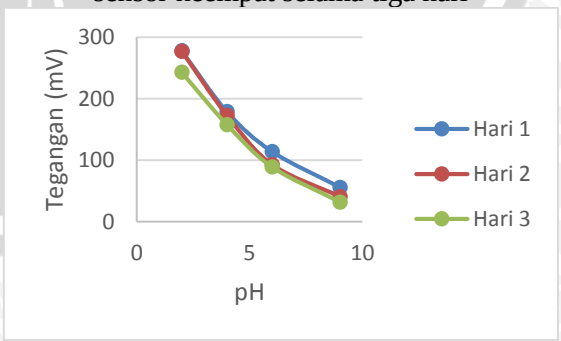
Gambar 4. Pengukuran tegangan keluaran sensor kedua selama tiga hari



Gambar 5. Pengukuran tegangan keluaran sensor ketiga selama tiga hari



Gambar 6 . Pengukuran tegangan keluaran sensor keempat selama tiga hari



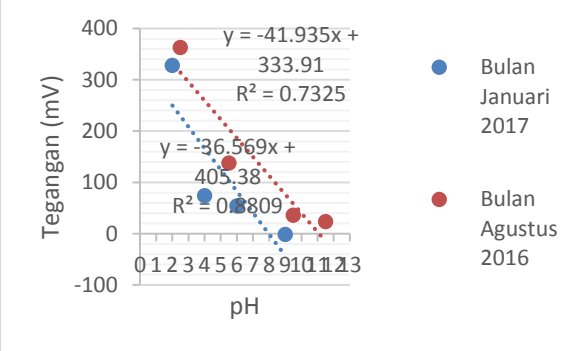
Gambar 7 . Pengukuran tegangan keluaran sensor kelima selama tiga hari

Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan data untuk kelima sensor dengan

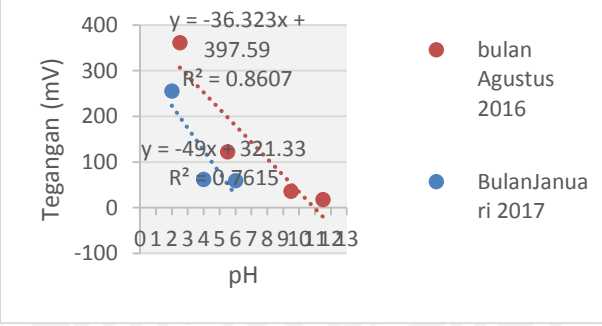
pengukuran selama tiga hari berturut-turut. Didapatkan data bahwa performa sensor menurun untuk hari kedua dan ketiga dibandingkan pada hari pertama, tetapi tidak terjadi penurunan tegangan yang terlalu jauh. Hal ini menunjukan bahwa performa sensor menurun dengan penyimpanan selama satu hari, atau kestabilan dari sensor kurang baik, sebab lain dari turunnya performa sensor dikarenakan lunturnya elektroda kerja dari sensorss yang dilapisi dengan pasta Ru, lunturnya pasta dikarenakan sensor pH yang dibuat tidak melalui proses *Firing* bersamaan dengan pasta yang lain .

3.4.1 Pengujian Pengaruh Penyimpanan dengan Selang Waktu Lima Bulan

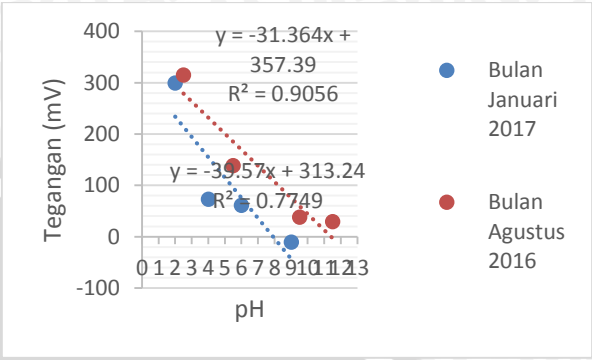
Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah penyimpanan sensor selama lima bulan berpengaruh terhadap performa dari sensor. Sensor pertama kali digunakan pada bulan Agustus 2016, kemudian disimpan sampai januari 2017. Pengujian pengaruh penyimpanan selama lima bulan hanya dilakukan terhadap tiga sensor, yaitu sensor petama, sensor kedua, dan sensor ketiga. Berikut data dari ketiga sensor.



Gambar 8. Grafik Kemiringan data pada pengujian bulan Agustus 2016 dibandingkan bulan Januari 2017 untuk sensor pertama



Gambar 9. Grafik Kemiringan data pada pengujian bulan Agustus 2016 dibandingkan bulan Januari 2017 untuk sensor kedua



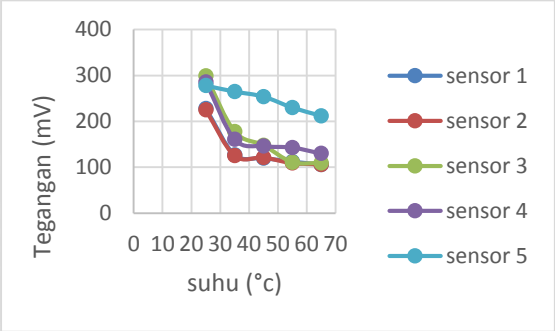
Gambar 10. Grafik Kemiringan data pada pengujian bulan Agustus 2016 dibandingkan bulan Januari 2017 untuk sensor ketiga

Dari pengujian yang telah dilakukan diketahui bahwa sebagian besar sensor mengalami penurunan nilai keluaran dan sensor pertama mengalami penurunan sensitifitas. Bila dibandingkan dengan penyimpanan selama satu hari, terjadi penurunan nilai tegangan keluaran yang cukup jauh untuk penyimpanan selama lima bulan. Penurunan tegangan sensor dikarenakan penyimpanan yang lama, mengartikan bahwa sensor tidak dapat disimpan dalam jangka waktu yang panjang, terutama jika penyimpanan dilakukan pada tempat yang tidak kedap terhadap udara.

3.7 Pengujian Efek Temperatur Pada Sensor pH

Nilai pH suatu larutan dipengaruhi oleh suhu dari larutan tersebut. Bertambahnya temperatur dari larutan akan menurunkan viskositas dari larutan, dan meningkatkan aktifitas dari ion didalam larutan. Nilai dari pH bergantung pada aktivitas dari ionnya hidrogen dalam larutan, sehingga temperatur sangat berpengaruh terhadap pengukuran pH dan mempengaruhi nilai pH dari suatu larutan.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap 5 buah *chip* sensor yang digunakan pada pengujian-pengujian sebelumnya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan larutan pH 2, dengan variasi temperatur yaitu 35°C, 45°C, 55°C, dan 65°C.



Gambar 11. Grafik respon kelima sensor terhadap perubahan suhu untuk larutan dengan pH 2

Terlihat bahwa nilai yang dihasilkan pada pengukuran potensial dari larutan dengan pH 2 oleh keempat sensor tersebut pada suhu 35°C, 45°C, 55°C, dan 65°C mempunyai nilai yang lebih rendah dibandingkan pengukuran yang dilakukan diawal pada temperatur normal 25°C. Hal ini juga berkaitan dengan mulai rusaknya elektroda sensor. Untuk pengujian pada larutan dengan pH 4, pH 6, dan pH 9 tidak dilakukan, hal ini juga dikarenakan elektroda kerja dari sensor yang sudah mulai rusak, sehingga pengujian hanya dilakukan sekali dan diamati bagaimana efek bertambahnya temperatur terhadap potensial dari sensor.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan ketiga pengujian yang telah dilakukan yaitu pengujian kestabilan sensor terhadap perubahan nilai pH, pengujian respon dan kestabilan sensor terhadap waktu dan pengujian efek temperatur pada potensial sensor dioeroleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perubahan nilai pH berpengaruh terhadap tegangan keluaran sensor, semakin tinggi nilai pH maka tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor pH semakin kecil.
2. Tegangan keluaran menurun seiring bertambahnya hari, penyimpanan yang semakin lama, semakin lama waktu penyimpanan maka penurunan tegangan keluaran sensor semakin jauh..
3. Semakin bertambah suhu dari larutan maka nilai potensial yang dihasilkan oleh sensor semakin menurun, hal ini sesuai dengan persamaan Nerst.
4. Performa sensor menurun dikarenakan lunturnya elektroda kerja dari sensor yang dilapisi dengan pasta Ru, lunturnya pasta dikarenakan sensor pH yang dibuat tidak melalui proses *Firing* bersamaan dengan pasta yang lain. Pengaruh perubahan suhu, lama penyimpanan sensor, banyaknya penggunaan juga termasuk faktor-faktor yang mempengaruhi performa dari sensor pH tersebut.

B. SARAN

Sensor dalam penelitian ini memiiki kestabilan yang kurang, untuk mengatasi hal tersebut sebaiknya seluruh elektroda dari sensor di Firing secara bersamaan,sehingga ikatan partikel antara substrat dengan pasta sangat kuat.

Penyimpanan sensor selama tidak digunakan juga perlu diperhatikan, sensor akan terjaga apabila disimpan pada tempat penyimpanan yang tertutup (kedap udara) sehingga sensor tidak berhubungan langsung dengan udara sekitar.

Larutan pengujian sebaiknya sering-sering diukur dengan menggunakan pH meter untuk mengetahui apakan pH larutan uji berubah atau tidak, sehingga dapat dipastikan bahwa nilai potensial yang dihasilkan sesuai dengan nilai pH larutan. Selain itu larutan uji juga harus disimpan pada ruangan dengan suhu normal 25°C akan nilai pH tidak berubah.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Extech Instrument. 2006. Product Data Sheet Waterproof Exstik pH Meter. USA

[2] Baron, J. J., Ashton, C.,& Geary , L. (2006). The Effect of Temperature on pH Measurement. *International Society of Electrochemistry*.

[3] Sardarinedjat, A., Devendra,K.M & Kamal,A. 2015. The pH Sensing Properties of

RF Sputtered RuO2 Thin-Film Prepared Using
Different Ar/O2 Flow Ratio. Artikel