

APLIKASI NANOPARTIKEL PRODUK HILIR TIMAH PUTIH SEBAGAI MIKROSENSOR ETANOL

M. Pranjoto Utomo, Endang Widjajanti LFX, AK. Prodjosantoso, Rini Wulandari

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta
Jl. Colombo No. 1 Yogyakarta
e-mail: pranjotoutomo@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter SnO₂, kemampuan adsorpsi dan kepekaan mikrosensor timah oksida terhadap etanol. Timah oksida (SnO₂) disintesis melalui metode sol-gel. Terbentuknya SnO₂ dipelajari dengan cara membandingkan difraktogram SnO₂ hasil sintesis dengan difraktogram standar JCPDS. Adsorpsi etanol pada permukaan SnO₂ dipelajari berdasar spektra FTIR sebelum dan sesudah proses adsorpsi. Daya adsorpsi SnO₂ terhadap etanol pada berbagai waktu pemaparan ditentukan dengan menggunakan metode *Micro Conway Diffusion*. Konduktivitas listrik SnO₂ sebelum dan sesudah adsorpsi pada berbagai waktu pemaparan ditentukan berdasarkan resistansi SnO₂. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SnO₂ berhasil disintesis berdasarkan kemiripan puncak pada difraktogram hasil sintesis dengan puncak pada difraktogram standar, yaitu pada 2θ: 26,48; 33,87; 51,72. Adsorpsi SnO₂ terhadap etanol ditunjukkan dengan adanya serapan baru pada 1300-1000 cm⁻¹ (serapan khas gugus -CO). Daya adsorpsi per gram SnO₂ pada waktu pemaparan 3, 10, dan 30 menit masing-masing adalah 0,0222 g, 0,0224 g, dan 0,0226 g. Konduktivitas listrik SnO₂ sebelum proses adsorpsi adalah 2,042x10⁻⁵ S/cm. Konduktivitas SnO₂ sesudah proses adsorpsi terhadap etanol cair pada waktu pemaparan 3, 5, 10, 20, dan 30 menit secara berurutan adalah 94,783x10⁻⁵, 82,935x10⁻⁵, 66,348x10⁻⁵, 64,730x10⁻⁵ dan 63,189x10⁻⁵ S/cm. Konduktivitas SnO₂ terhadap gas etanol pada waktu pemaparan 3, 5 dan 10 menit secara berurutan adalah 0,332x10⁻⁵, 0,295x10⁻⁵ dan 0,265x10⁻⁵ S/cm.

Kata kunci : SnO₂, adsorpsi, *micro Conway diffusion*, konduktivitas

Abstract

The research was aimed to know the character of SnO₂, the adsorption ability and micro sensor sensitivity of tin oxide on alcohol. Tin oxide (SnO₂) was prepared by sol-gel method. The resulted SnO₂ was observed by comparing diffractogram of resulted SnO₂ to standard of JCPDS. The adsorption of ethanol on the SnO₂ surface was studied by comparing the FTIR spectra before and after ethanol adsorption. The adsorption ability of SnO₂ was studied at 3, 10 and 20 minutes of exposure by Micro Conway Diffusion method at 470 nm. Electric conductivity of SnO₂ was analyzed at 3, 5, 10, 20 and 30 minutes of adsorption process by determining of its resistance. Tin oxide (SnO₂) was successfully prepared as confirmed the similarities of its diffractogram peaks of the resulted SnO₂ to the standard, at 2θ: 26.48, 33.87, and 51.72. SnO₂ was able to adsorb ethanol which indicated by the new peak at 1300-1000 cm⁻¹ (characteristic adsorption of -CO). The adsorption abilities per gram of SnO₂ before adsorption process at 3, 10 and 30 minute of exposure were 0.0222, 0.0224 and 0.0226 gram. The electric conductivity of SnO₂ on liquid ethanol at 3, 5, 10, 20 and 30 minutes of exposure were 94.783x10⁻⁵, 82.935x10⁻⁵, 66.348x10⁻⁵, 64.730x10⁻⁵ and 63.189x10⁻⁵ S/cm respectively. The electric conductivity of SnO₂ on gaseous ethanol at 3, 5 and 10 minutes of exposure were 0.332x10⁻⁵, 0.295x10⁻⁵ and 0.265x10⁻⁵ S/cm respectively.

Keywords: SnO₂, adsorption, *micro Conway diffusion*, conductivity

PENDAHULUAN

Teknologi *nano* memungkinkan diproduksi timah oksida (SnO_2) dalam ukuran sangat kecil dengan permukaan yang relatif besar sehingga sangat efektif bagi aplikasinya. Senyawa SnO_2 sebagai material *struktur nano* akhir-akhir ini banyak digunakan dalam teknologi sensor dan juga detektor gas. Misalnya SnO_2 telah terbukti dapat digunakan untuk mendeteksi gas H_2S dalam jumlah renik. Sensor gas mikroelektronika yang sukses dibuat adalah berbasis bahan metal oksida, diantaranya ZnO_2 , Fe_2O_3 , dan SnO_2 . Akhir-akhir ini bahan SnO_2 sering digunakan dan dikembangkan untuk sensor gas alkohol karena kelebihan dibanding bahan lain. Adapun kelebihan dari sensor gas berbasis SnO_2 yang tidak dimiliki pada sensor yang dibuat secara konvensional antara lain masa pemakaian yang lama dan relatif stabil serta daya tahan yang tinggi dan kecilnya persen kesalahan (Hiskia, dkk., 2006).

Dalam banyak kasus konsumsi alkohol berlebihan menjadi penyebab utama kecelakaan lalu lintas yang fatal, sehingga hukum dan polisi mulai dihadapkan pada masalah akibat penyalahgunaan alkohol. Selain itu berkembangnya penggunaan alat

transportasi kecepatan tinggi dan mesin pabrik yang rumit juga merupakan prioritas utama perlu dilakukan suatu tes alkohol sederhana yang dapat menentukan ada tidaknya alkohol dalam tubuh manusia melalui tes napas dengan sebuah alat yaitu sensor gas alkohol. Cara kerja sensor kebanyakan adalah sama dengan proses adsorpsi yaitu kemisorpsi. Hal tersebut menjadi alasan perlunya penelitian tentang daya adsorpsi dari SnO_2 sebagai bahan pembuat sensor gas yaitu sensor etanol.

Sensor gas pada umumnya bekerja dengan menggunakan prinsip *chemoresistor*, konduktivitas listrik sensor akan berubah dengan adanya unsur-unsur kimia dari gas yang bekerja pada lapisan sensor, dalam hal ini adalah SnO_2 . Perubahan konduktivitas tersebut disebabkan oleh perubahan atau perpindahan elektron valensi pada atom-atom lapisan sensor akibat adanya reaksi dengan gas. Elemen pendeteksi gas merupakan elemen semikonduktor yang berupa oksida logam yaitu SnO_2 (timah oksida).

Timah oksida memiliki celah pita yang terlalu lebar untuk dilompati elektron dari pita valensi ke pita konduksi dengan energi termal. Timah oksida merupakan tipe pembawa muatan elektron, hal ini disebabkan

oleh adanya eksese stoikiometrik dari logam yang kemungkinan berasal dari cacat ruang yang tidak ditempati oleh oksigen (Fu, 2002).

Timah oksida merupakan penghantar listrik yang baik bila bereaksi dengan gas-gas yang teroksidasi di udara. Hal ini terjadi oleh adanya adsorpsi dan reaksi yang memodifikasi densitas pembawa muatan (elektron). Dengan adanya perubahan pembawa muatan (elektron) maka sifat hantaran pada permukaan semikonduktor juga berubah. Timah oksida merupakan elemen semikonduktor yang sanggup menerima panas hingga 200°C. Apabila pemanasan dilakukan pada elemen ini akan menyebabkan dua pengaruh, yang pertama yaitu akan menaikkan aktivitas molekul dan yang kedua yaitu akan menimbulkan konversi aliran udara (Atmoko, 2006).

Terjerapnya alkohol pada permukaan SnO₂ berpengaruh terhadap nilai konduktivitas SnO₂. Ketika sampel tersebut berinteraksi dengan gas, maka gas tersebut akan mengikat ion oksigen yang ada di permukaan sensor dan akan melepaskan elektron ke pita konduksi. Semakin banyak gas yang berinteraksi maka semakin banyak pula elektron yang menuju pita konduksi sehingga potensial barrier akan turun dan konduktivitas meningkat atau resistivitas menurun. Penurunan nilai hambatan ini juga dipengaruhi oleh temperatur, karena saat suhu semakin

tinggi, semakin banyak elektron yang pindah ke pita konduksi sehingga konduktivitasnya meningkat atau resistivitas menurun.

METODE PENELITIAN

Subjek penelitian ini adalah senyawa SnO₂ dan objek penelitiannya adalah senyawa struktur *nano* SnO₂ sebagai sensor etanol. Bahan yang digunakan adalah Timah (Sn) hasil olahan biji timah putih PT Timah (Tbk), Bangka. Alat yang digunakan adalah XRD Shimadzu S6000, FTIR-8300/8700, Spektrometri 20D+ dan Conway.

Timah oksida (SnO₂) disintesis melalui metode sol-gel. Terbentuknya SnO₂ dipelajari dengan cara membandingkan difraktogram SnO₂ hasil sintesis dengan difraktogram standar JCPDS. Adsorpsi etanol pada permukaan SnO₂ dilihat dengan membandingkan spektra FTIR sebelum dan sesudah proses adsorpsi SnO₂ terhadap etanol. Daya adsorpsi SnO₂ terhadap etanol dipelajari pada berbagai waktu pemaparan yaitu 3, 10, dan 30 menit dan kemudian ditentukan dengan menggunakan metode *Micro Conway Diffusion*. Konduktivitas listrik SnO₂ sebelum dan sesudah adsorpsi pada variasi waktu pemaparan 3, 5, 10, 20, dan 30 menit ditentukan dengan pengukuran resistansi SnO₂ dengan multimeter, karena konduktivitas adalah kebalikan dari resistivitas.

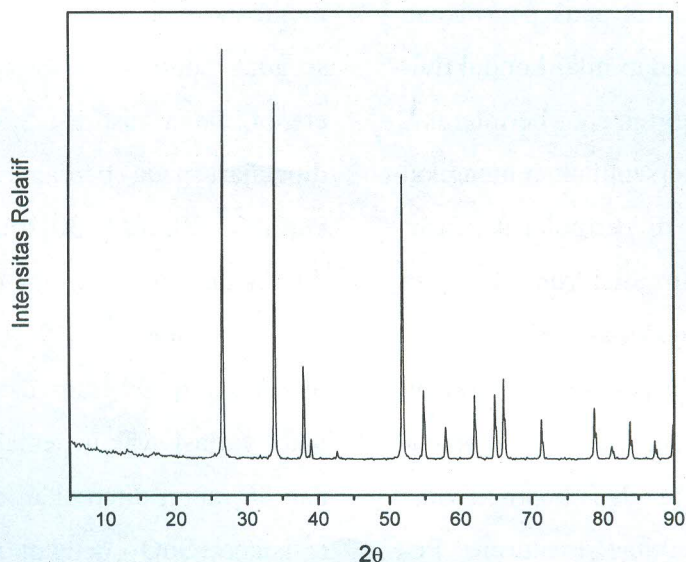
HASIL DAN PEMBAHASAN

Senyawa SnO₂ hasil sintesis dikarakterisasi dengan Difraksi sinar-X (XRD) menggunakan difraktometer Zhimadsu S6000 memakai radiasi Cu K α monokromatik dengan panjang gelombang (λ) 1,5406 pada kisaran 2 θ antara 5° sampai 90°. Pola difraksi SnO₂ hasil dapat dilihat pada Gambar 1.

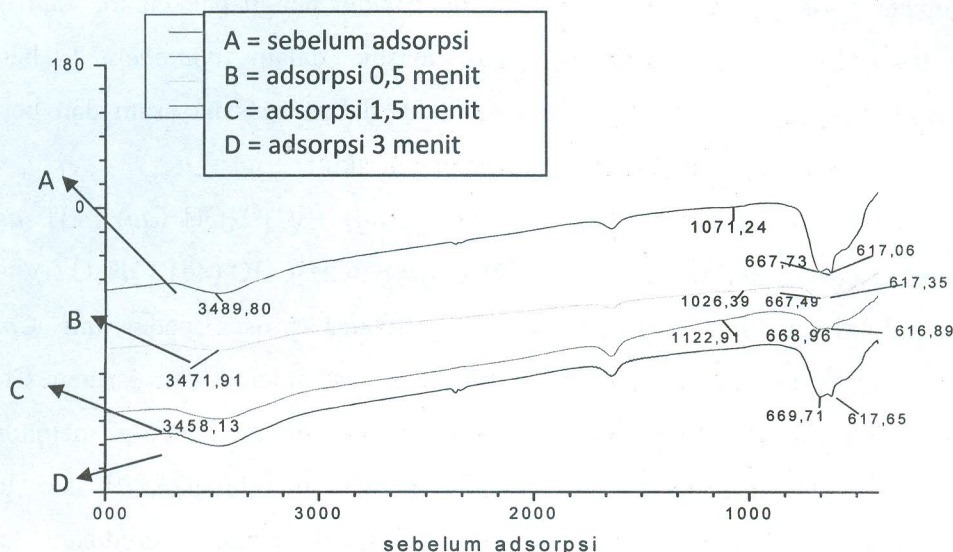
Senyawa SnO₂ hasil sintesis dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer FTIR pada keadaan sebelum dan sesudah proses adsorpsi untuk mengetahui adanya perubahan spektra yang menandakan adanya interaksi antara SnO₂ dan etanol (Gambar 2). Interpretasi spektra FTIR pada Gambar 2 dapat disajikan pada Tabel 1.

Karakterisasi SnO₂ hasil sintesis dengan spektrofotometer XRD mengindikasikan bahwa senyawa yang disintesis adalah SnO₂. Hal ini diperkuat dengan adanya kesamaan puncak hasil analisis dengan XRD senyawa hasil sintesis dengan puncak difraktogram standar JCPDS. Puncak-puncak yang diduga sama adalah puncak-puncak pada 2 θ 26,48; 33,87; dan 51,72.

Spektrum FTIR SnO₂ sebelum proses adsorpsi menunjukkan adanya serapan gugus-OH pada 3450,67 cm⁻¹, serapan gugus CO₂ pada 2362,54 cm⁻¹, serapan gugus Sn-O pada daerah sidik jari yaitu dua puncak spesifik pada 617,65 cm⁻¹ dan 669,71 cm⁻¹, dan serapan -OH dalam H₂O pada 1640,13 cm⁻¹.



Gambar 1. Difraktogram Sinar-X SnO₂ Hasil Sintesis



Gambar 2. Spektra FTIR SnO₂ Sebelum dan Sesudah Proses Adsorpsi

Tabel 1. Perbandingan Serapan Jenis Gugus Fungsi pada Spektrum FTIR Sebelum dan Sesudah Proses Adsorpsi terhadap Etanol

Sebelum Adsorpsi	Bilangan Gelombang			Jenis Gugus Fungsi
	Sesudah Adsorpsi			
	0,5 menit	1,5 menit	3 menit	
669,71	616,89	617,35	667,73	Sn-O
617,65	668,96	667,49	617,06	Sn-O
	1122,91	1026,39	1071,24	C-O
1640,13	1640,13	1628,09	1640,13	-OH pada H ₂ O
2362,54			2362,54	CO ₂
3450,67	3458,13	3471,91	3489,80	Serapan -OH

Spektrum FTIR SnO₂ sebelum proses adsorpsi tidak menunjukkan adanya serapan gugus -CO yang berada pada panjang gelombang 1300-1000 cm⁻¹.

Karakterisasi SnO₂ berdasarkan data spektra FTIR sesudah proses adsorpsi dapat terlihat adanya perubahan. Spektrum SnO₂ sesudah proses adsorpsi masing-masing menunjukkan adanya serapan -OH dan

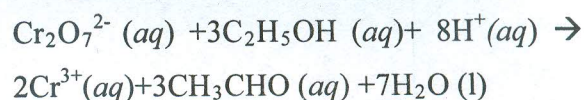
sekali-gugus -CO yang menunjukkan adanya serapan alkohol oleh SnO₂.

Absorbansi standar etanol diukur dengan metode *Micro Conway Diffusion* yang dilanjutkan dengan pengukuran absorbansi dengan Spektrometri 20D+. Absorbansi terkoreksi dihitung berdasarkan absorbansi K₂Cr₂O₇ sisa hasil reaksi larutan standar dengan K₂Cr₂O₇. Kurva standar etanol

mengikuti persamaan garis $y = 5,584 x + 0,568$. Pegujian daya adsorpsi SnO₂ selama 3, 10, dan 30 menit dengan metode *Micro Conway Diffusion* dan dikonversi menggunakan persamaan garis tersebut, didapat hasil seperti yang dipaparkan pada Gambar 3.

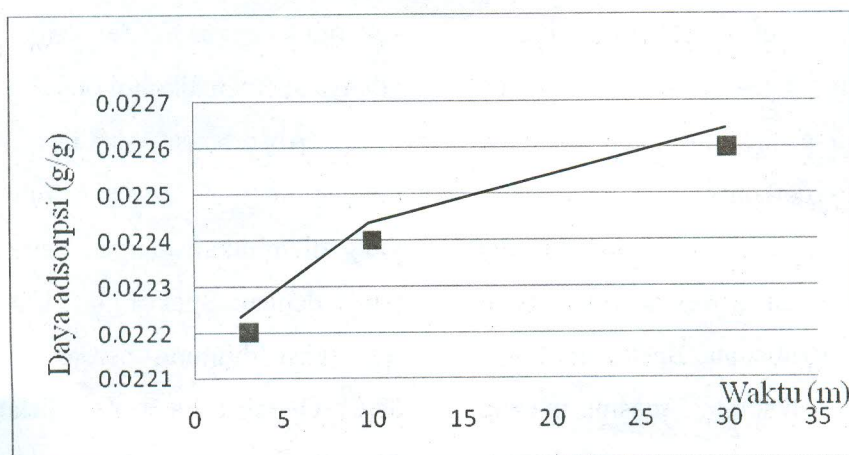
Pada uji konduktivitas timah dioksida terukur pada multimeter adanya resistansi sebelum dan sesudah adsorpsi dengan variasi jenis adsorpsi etanol cair dan gas serta variasi waktu yaitu 3, 5, 10, 20 dan 30 menit. Pengujian daya adsorpsi SnO₂ terhadap gas etanol menggunakan metode *Micro Conway Difusión*. Metode *Micro Conway Diffusion* berprinsip pada reaksi oksidasi etanol antara K₂Cr₂O₇ asam dengan jalan difusi. Sampel SnO₂ yang telah mengadsorp etanol, ditambah air untuk menarik etanol yang terjerap dalam SnO₂ sehingga etanol terlarut dalam air. Penambahan K₂CO₃ menyebabkan air terikat K₂CO₃ membentuk KHCO₃. Adanya pemanasan (40°C)

menyebabkan penguapan etanol, dan etanol gas masuk dalam *chamber* 1 bertemu K₂Cr₂O₇ dalam suasana asam dan bereaksi sebagai berikut:



Selama proses pada unit *Conway* dihasilkan asetaldehid dan larutan Cr₂O₇²⁻ yang berwarna orange tereduksi menjadi Cr³⁺ yang berwarna kehijauan. Reaksi terjadi karena etanol dapat mereduksi kalium dikromat dalam keadaan panas, sehingga reaksi tersebut bisa digunakan sebagai reaksi kualitatif yang menunjukkan adanya etanol.

Secara kuantitatif Cr³⁺ hasil reaksi diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada λ_{maks} 470 nm dan dibandingkan dengan kurva standar $y = 5,584x + 0,057$. Absorbansi yang terukur adalah absorbansi K₂Cr₂O₇ sisa hasil reaksi larutan sampel dengan K₂Cr₂O₇ asam yang



Gambar 3. Grafik Daya Adsorpsi SnO₂ terhadap Gas Etanol menurut Waktu Pemaparan (menit)

telah bereaksi di bagian tengah unit *Conway*. Reaksi etanol dengan $K_2Cr_2O_7$ asam pada unit *Conway* menyebabkan jumlah $K_2Cr_2O_7$ berkurang sesuai banyaknya etanol yang bereaksi. Pengurangan $K_2Cr_2O_7$ ditandai dengan berkurangnya absorbansi yang diukur pada panjang gelombang 470 nm. Semakin besar absorbansi maka semakin rendah kadar etanol yang terdapat dalam sampel dan sebaliknya.

Adsorpsi etanol oleh SnO_2 pada waktu pemaparan 3, 10 dan 30 menit menghasilkan kadar etanol teradsorp masing-masing 0,0222, 0,0224 dan 0,0226 g etanol/g SnO_2 . Berdasarkan data daya adsorpsi terlihat bahwa semakin lama waktu pemaparan maka semakin banyak gas etanol yang terjerap dalam SnO_2 .

Hasil uji resistensi SnO_2 sebelum dan sesudah adsorpsi terhadap etanol cair dan gas disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan konduktivitas listrik SnO_2 adalah $2,042 \times 10^{-5}$ S/cm. Konduktivitas SnO_2 se-

sudah proses adsorpsi terhadap etanol cair pada waktu pemaparan 3, 5, 10, 20, dan 30 menit masing-masing adalah $94,783 \times 10^{-5}$, $82,935 \times 10^{-5}$, $66,348 \times 10^{-5}$, $64,730 \times 10^{-5}$ dan $63,189 \times 10^{-5}$ S/cm. Pada pengukuran konduktivitas listrik SnO_2 sesudah proses adsorpsi terhadap etanol gas pada waktu pemaparan sama yang terukur adalah resistansi. Berdasar harga resistansi yang didapat, dapat ditentukan konduktivitas listriknya pada waktu pemaparan 3, 5, dan 10 menit yaitu $0,332 \times 10^{-5}$, $0,295 \times 10^{-5}$, dan $0,265 \times 10^{-5}$ S/cm.

Berdasarkan data uji konduktivitas SnO_2 sesudah proses adsorpsi terukur adanya perubahan resistansi SnO_2 . Adsorpsi SnO_2 dengan etanol cair 97% mengakibatkan penurunan resistansi SnO_2 . Adanya variasi waktu pemaparan SnO_2 dengan etanol cair menunjukkan semakin besar resistansi seiring dengan bertambahnya waktu pemaparan. Hal tersebut dikarenakan etanol cair 97% mengandung air yang dapat menghantarkan listrik sehingga menurunkan resistansi.

Tabel 2. Resistansi SnO_2 Sebelum dan Sesudah Proses Adsorpsi terhadap Etanol Cair dan Gas

Fasa teradsorpsi	Resistansi sebelum adsorpsi	Resistansi sesudah adsorpsi				
		3 menit	5 menit	10 menit	20 menit	30 menit
Cair	6500 Ω	140 Ω	160 Ω	200 Ω	205 Ω	210 Ω
Gas	6500 Ω	40000 Ω	45000 Ω	50000 Ω	Tidak terukur	Tidak terukur

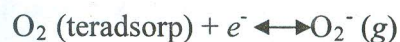
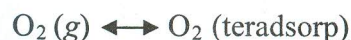
Etanol cair tidak mudah menguap sehingga terikat lebih kuat pada permukaan SnO₂. Pada saat SnO₂ berinteraksi dengan etanol, etanol akan mengikat ion O⁻ yang ada di permukaan SnO₂ dan akan melepaskan elektron ke pita konduksi. Semakin banyak etanol yang berinteraksi maka semakin banyak pula elektron yang menuju pita konduksi sehingga potensial *barrier* akan turun dan atau resistivitas menurun. Semakin lama waktu pemaparan, maka etanol semakin banyak yang menguap di udara sehingga meningkatkan resistansi SnO₂.

Berbeda dengan pemaparan etanol cair 97% pada permukaan SnO₂, pemaparan etanol 97% dalam bentuk gas justru menaikkan resistansi SnO₂. Terserapnya alkohol pada permukaan SnO₂ berpengaruh terhadap konduktivitas SnO₂. Ketika sampel tersebut berinteraksi dengan gas, maka gas tersebut akan mengikat ion O⁻ yang ada di permukaan sensor dan akan melepaskan elektron ke pita konduksi.

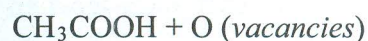
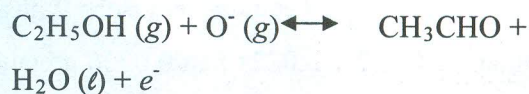
Pada penelitian ini diperoleh dugaan bahwa semakin banyak gas yang berinteraksi maka semakin banyak pula elektron yang menuju pita konduksi sehingga potensial *barrier* akan naik dan konduktivitas menurun atau resistivitas meningkat, hal tersebut dikarenakan tidak adanya pemanasan pada

saat pengukuran resistansi SnO₂, sehingga molekul berada pada keadaan diam.

Reaksi SnO₂ dengan etanol yang terjadi pada permukaan SnO₂ diawali dengan reaksi kinematik pada permukaan SnO₂ (Mishra *et.al.*, 2002)



Apabila etanol dan ion oksigen pada SnO₂ bertemu reaksi akan terjadi sebagai berikut (Mishra *et.al.*, 2002):



Pada temperatur tertentu oksigen akan diserap pada permukaan SnO₂ dan oksigen di udara akan terionisasi dan terikat pada SnO₂ dalam bentuk ion-ion negatif. Ion-ion donor pada permukaan SnO₂ akan ditransferkan untuk mengikat ion-ion oksigen. Hasil peristiwa ini meninggalkan ion-ion positif dalam lapisan pertemuan (*Space Charge Layer*) pada permukaan. Tegangan permukaan yang terbentuk akan menghambat laju aliran elektron pada SnO₂ sebagai tegangan *barrier*/tegangan penghambat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: *Pertama*, SnO₂ berhasil disintesis berdasarkan kemiripan puncak-puncak yang terdapat pada difraktogram hasil sintesis dengan difraktogram standar yaitu pada 2θ 26,48; 33,87; 51,72 dan SnO₂ dapat mengadsorpsi etanol berdasarkan spektra FTIR sesudah adsorpsi yang menunjukkan serapan baru pada 1300 - 1000 cm⁻¹ yang merupakan serapan khas gugus -CO. *Kedua*, daya adsorpsi SnO₂ per gram terhadap gas etanol pada waktu pemaparan 3, 10, dan 30 menit berturut-turut adalah 0,0222 g, 0,0224 g dan 0,0226 g. *Ketiga*, konduktivitas SnO₂ sebelum adsorpsi adalah 2,042x10⁻⁵ S/cm. Konduktivitas listrik SnO₂ sesudah proses adsorpsi terhadap etanol cair pada waktu pemaparan 3, 5, 10, 20, dan 30 menit berturut-turut adalah 94,783x10⁻⁵, 82,935x10⁻⁵, 66,348x10⁻⁵, 64,730x10⁻⁵ dan 63,189x10⁻⁵

S/cm. Konduktivitas listrik SnO₂ sesudah proses adsorpsi terhadap etanol gas pada waktu pemaparan 3, 5, dan 10 menit berturut-turut adalah 0,332x10⁻⁵, 0,295x10⁻⁵ dan 0,265x10⁻⁵ S/cm.

Daftar Pustaka

- Atmoko, P.T. 2006. *Sistem pendeteksi gas elpiji*. Semarang: Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
- Fu, G.C. 2002. New applications of organometallic catalysis in organic chemistry. *Pure Appl. Chem.* 74(1). 33-36.
- Hiskia, Hermida, I.D.P., Siregar, M.R.T. 2006. Pengembangan sensor gas carbon monoxide (CO) berbasis SnO₂. *Prosiding Seminar Nasional Tenaga Listrik dan Mekatronik*, 27-28 Juli 2006. Bandung.
- Mishra, S., Ghansyam, C., Ram, N., Singh, S., Bajpai, R.P., and Bedi, R.K. 2002. Alcohol sensing of tin oxide thin film prepared by sol-gel process. *Bull. Mater. Sci.*, Vol. 25, No. 3, June 2002:231-234.