

## **SINTESIS DAN KARAKTERISASI KERAMIK FILM TEBAL $Fe_2O_3:10\%$ mol ZnO UNTUK SENSOR GAS ETANOL**

Sarah Rahimah<sup>1</sup>, Dani Gustaman Syarif<sup>2</sup> dan Endi Suhendi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, FMIPA-UPI, Jl. Dr. Setiabudi 229, Bandung 40154, Indonesia.

<sup>2</sup>PTNBR-BATAN, Jl. Tamansari 71, Bandung 40132, Indonesia,

E-mail: danigus@batan.go.id, danigusta@yahoo.com

### **ABSTRAK**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KERAMIK FILM TEBAL  $Fe_2O_3:10\%$  mol ZnO UNTUK SENSOR GAS ETANOL.** Telah dilakukan pembuatan keramik film tebal  $Fe_2O_3:10\%$  mol ZnO untuk sensor gas etanol. Keramik film tebal  $Fe_2O_3:10\%$  mol ZnO dibuat dengan metoda screen printing dengan suhu pembakaran  $1000^{\circ}C$ . Hasil difraksi sinar-x (XRD) menunjukkan bahwa keramik  $Fe_2O_3:10\%$  mol ZnO berstruktur heksagonal, sesuai dengan struktur kristal  $Fe_2O_3$  sebagai matriks. Penambahan  $10\%$  mol ZnO tidak mengubah struktur kristal dan nilai parameter kisi dari  $Fe_2O_3$ . Hasil SEM menunjukkan bahwa tebal film sebesar  $(29.8 \pm 1.5) \mu m$  dan ukuran butir sebesar  $0.7 \mu m$ . Sedangkan hasil pengukuran nilai hambatan listrik film tebal  $Fe_2O_3:10\%$  mol ZnO pada lingkungan etanol 407 ppm, 547 ppm dan 639 ppm dengan suhu pengukuran yang bervariasi menunjukkan bahwa semakin besar suhu pengukuran, maka hambatannya semakin kecil. Sensitivitas dari film tebal  $Fe_2O_3:10\%$  mol ZnO membesar seiring dengan penambahan konsentrasi etanol.

**Kata kunci:** sensor gas, film tebal, etanol,  $Fe_2O_3$ , ZnO

### **ABSTRACT**

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF CERAMIC THICK FILM  $Fe_2O_3: 10\%$  mol ZnO FOR ETHANOL GAS SENSOR.** Fabrication of  $Fe_2O_3:10\%$  mol ZnO thick film ceramics for ethanol gas sensor has been performed. The ceramics were made using screen printing method with firing temperature of  $1000^{\circ}C$ . Result of XRD analyses showed that the  $Fe_2O_3:10\%$  mol ZnO ceramics had crystal structure of hexagonal, fitted with that of  $Fe_2O_3$  as the matrix. The addition of  $10\%$  mole ZnO did not change the crystal structure and lattice parameter of the  $Fe_2O_3$ . Result of SEM analyses showed that the thickness of the ceramic was  $(29.8 \pm 1.5) \mu m$  and the grain size was  $0.7 \mu m$ . Where as, the result of electrical resistance measurement of the thick films inside medium containing ethanol gas of 407 ppm, 547 ppm and 639 ppm respectively with various temperatures showed that the higher the measurement temperature, the smaller the electrical resistance. Sensitivity of the  $Fe_2O_3:10\%$  mol ZnO thick film ceramics increased as the increase of the ethanol concentration.

**Keywords:** gas sensor, thick film, ethanol,  $Fe_2O_3$ , ZnO

## 1. PENDAHULUAN

Banyaknya kebutuhan untuk mendeteksi adanya gas etanol menjadikan usaha untuk mendapatkan kemampuan dalam fabrikasi sensor gas secara mandiri menjadi penting. Contoh-contoh aktivitas yang memerlukan kontrol gas etanol di antaranya adalah industri minyak wangi untuk mendeteksi kadar etanol dalam parfum, industri makanan untuk mendeteksi gas dalam makanan dan pemeriksaan pengemudi kendaraan untuk mengetahui kandungan gas etanol dalam hembusan nafas. Salah satu bahan yang berlimpah di Indonesia yang mempunyai potensi untuk dijadikan bahan dasar sensor gas etanol adalah  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Material  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  diketahui mempunyai sifat semikonduktor dengan tahanan yang cukup kecil [1]. Pada studi terdahulu [2] diketahui bahwa suhu kerja sensor gas etanol dari  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sekitar  $100^\circ\text{C}$  dan suhu ini terlalu rendah karena pada suhu sekitar ini pengaruh uap air masih dapat mengganggu unjuk kerja sensor. Oleh karena suhu kerja sensor perlu dinaikkan. Salah satu cara untuk itu adalah dengan membuat hambatan listrik keramik menjadi sedikit lebih besar. Pada penelitian ini dilakukan peningkatan suhu kerja dengan cara menambahkan aditif ZnO yang diduga dapat memperkecil ukuran butir yang kemudian meningkatkan hambatan listrik. Keramik sensor dibuat dengan teknik screen printing

## 2. BAHAN DAN TATA KERJA

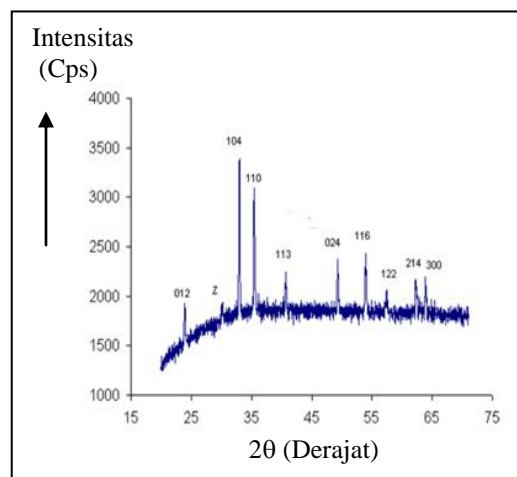
Serbuk  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan ZnO dicampur kemudian digerus hingga didapatkan campuran serbuk  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -ZnO yang homogen. Campuran keramik setelah itu dicampur dengan *organic vehicle* (OV) sehingga menjadi pasta. Pasta dilapiskan di atas substrat alumina menggunakan metode *screen printing* untuk menghasilkan film tebal mentah. Film tebal mentah dibakar pada suhu  $1000^\circ\text{C}$  selama 90 menit. Film tebal yang telah jadi tersebut dianalisis dengan difraksi sinar-x (XRD) untuk mengetahui struktur kristalnya dan dengan Scanning Electron Microscope (SEM) untuk mengetahui morfologinya. Film tebal yang hendak diuji listrik diberi kontak perak terlebih dahulu dan kemudian diuji sifat listriknya pada konsentrasi

etanol yang berbeda, yaitu masing-masing sebesar 407 ppm, 547 ppm, dan 639 ppm.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Struktur Kristal Keramik Film Tebal $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -ZnO

Gambar 1 memperlihatkan pola difraksi sinar-x yang dihasilkan film tebal keramik  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :10m ZnO yang dibakar selama 90 menit pada suhu  $1000^\circ\text{C}$ . Puncak-puncak yang muncul didominasi oleh puncak dari  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang berstruktur kristal heksagonal. Selain itu muncul pula puncak tambahan yang disimbolkan dengan huruf Z yang muncul dari fase kedua  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  pada sudut  $2\theta = 30,18^\circ$ . Munculnya satu puncak tambahan  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  ini disebabkan oleh penambahan 10% mol ZnO pada material  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . ZnO yang ditambahkan bereaksi dengan sebagian  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  membentuk  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ .

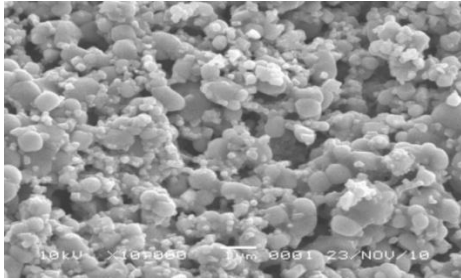


Gambar 1. Pola difraksi sinar-X film tebal keramik  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : 10 % mol ZnO yang dibakar pada suhu  $1000^\circ\text{C}$  selama 90 menit. Puncak yang disimbolkan dengan huruf Z adalah puncak dari  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ .

### 3.2. Morfologi Keramik Film Tebal $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -ZnO

Hasil analisis struktur mikro film tebal keramik  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :10m ZnO yang dibakar selama 90 menit pada suhu  $1000^\circ\text{C}$  dengan SEM

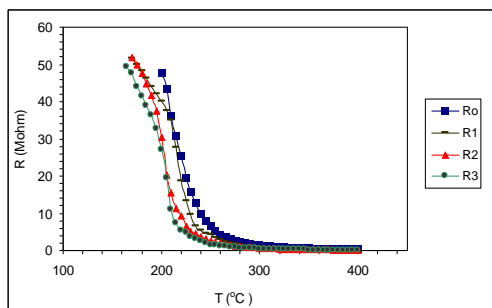
ditunjukkan oleh Gambar 2. Keramik film tebal  $\text{Fe}_2\text{O}_3:10\%$  mol ZnO ini memiliki ukuran butir rata-rata sebesar  $0.69 \mu\text{m}$ . Gambar 2 memperlihatkan bahwa keramik film tebal yang dibuat cukup porus dengan pori-pori yang besar. Struktur porus sangat diinginkan untuk sebuah sensor gas.



Gambar 2. Struktur mikro (SEM) dengan perbesaran 10.000 x dari keramik film tebal  $\text{Fe}_2\text{O}_3:10\%$  mol ZnO yang dibakar pada suhu  $1000^\circ\text{C}$  selama 90 menit.

### 3.3. Karakteristik Listrik Sensor Gas

Pengujian sifat listrik dilakukan dengan mengukur hambatan listrik pada suhu yang berbeda. Gambar 3 memperlihatkan harga hambatan keramik film tebal  $\text{Fe}_2\text{O}_3:10\%$  mol ZnO sebagai fungsi suhu pengukuran dan konsentrasi gas etanol. Terlihat bahwa hambatan menurun dengan meningkatnya suhu pengukuran dan bertambahnya konsentrasi gas etanol. Penurunan hambatan akibat gas etanol diperlihatkan oleh makin bawahnya posisi kurva.



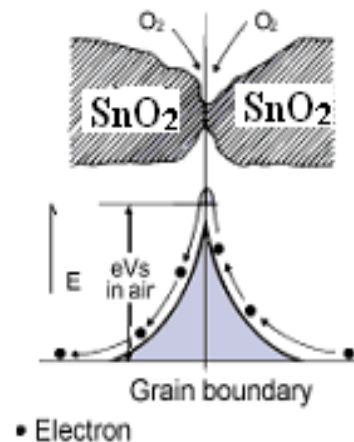
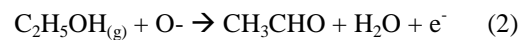
Gambar 3. Grafik nilai hambatan listrik terhadap suhu film tebal keramik  $\text{Fe}_2\text{O}_3:10\%$  mol ZnO yang dibakar pada suhu  $1000^\circ\text{C}$  dengan konsentrasi gas etanol yang berbeda ( $R_0=0$  ppm,  $R_1=407$  ppm,  $R_2=547$  ppm dan  $R_3=639$  ppm.).

Nilai sensitivitas sensor gas didefinisikan secara matematis sebagai[3-5]:

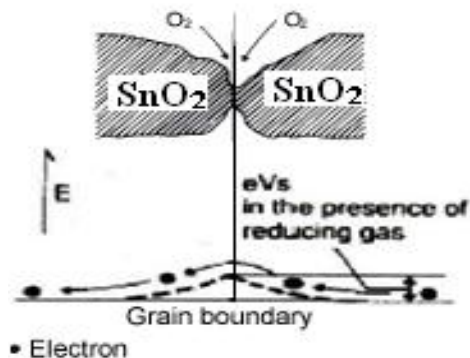
$$S_g = [(R_0 - R_g) \times 100\%] / R_0 \quad (1)$$

Dengan,  $S_g$  = sensitivitas gas etanol,  $R_0$  = resistivitas di medium udara dan  $R_g$  = resistivitas di medium gas etanol. Gambar 4 memperlihatkan hubungan antara sensitivitas dan suhu dengan konsentrasi gas etanol yang berbeda.

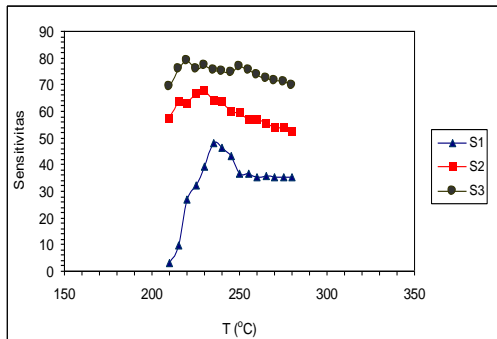
Mekanisme penurunan resistansi listriknya dapat diterangkan sebagai berikut. Keramik film tebal yang berada di udara mengadsorpsi oksigen di permukaannya dalam bentuk ion oksigen ( $\text{O}^-$  atau  $\text{O}^{2-}$ ). Peristiwa ini diikuti dengan terbentuknya halangan (*barrier*) dengan ketinggian tertentu seperti terlihat pada Gambar 4. Ketika keramik dimasukkan kedalam medium berisi gas etanol, oksigen yang teradsorpsi bereaksi dengan gas etanol sesuai Persamaan (1) dan melepaskan kembali elektron ke pita konduksi yang diikuti dengan penurunan potensial penghalang sesuai Gambar 5 sekaligus penurunan resistansi keramik film tebal.



Gambar 4. Model potensial penghalang ketika reaksi oksidasi [6].



Gambar 5. Model potensial penghalang ketika reaksi reduksi [6].



Gambar 6. Hubungan antara sensitivitas dan suhu film tebal keramik  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :10% mol ZnO dengan konsentrasi gas etanol yang berbeda-beda ( $S_1= 407$  ppm,  $S_2=547$  ppm dan  $S_3= 639$  ppm.).

Pada grafik sensitivitas terhadap suhu yang ditunjukkan Gambar 6 terlihat bahwa suhu kerja optimum dari film tebal  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :10% mol ZnO berada pada rentang suhu  $220^\circ\text{C}$ - $235^\circ\text{C}$ . Dari grafik sensitivitas terhadap suhu terlihat pula kecenderungan meningkatnya sensitivitas seiring meningkatnya konsentrasi gas etanol.

#### 4. KESIMPULAN

Pembuatan keramik film tebal  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :10m ZnO berhasil dilakukan dengan mengaplikasikan metode *screen printing*. Diketahui bahwa keramik ini sensitif terhadap gas etanol di mana sensitivitasnya meningkat seiring meningkatnya konsentrasi gas etanol sehingga dapat diaplikasikan sebagai sensor gas etanol.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

1. **DANI GUSTAMAN SYARIF**, Karakterisasi keramik  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :1m Ti hasil sinter dan perlakuan panas, Jurnal Mesin Trisakti 2 (1) (2007).
2. **ENDI SUHENDI, DANI GUSTAMAN, HERA N.**, Pembuatan Film Tebal (*Thick Film*) Berbasis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dari Bahan Dasar Lokal untuk Sensor Gas Alkohol, Laporan Penelitian Hibah Bersaing, Universitas Pendidikan Indonesia, 2010.
3. **BRIAN YULIARTO**, Teknologi sensor kimia dari elektrolit padat sampai nano, Warta Sains dan Teknologi ISTECS- Japan, 6 (2) (2005).
4. **RESLEZCU, N., RESLEZCU, E., TUDARACHE, F., POPA, P.D.**, Gas sensing properties of porous Cu-, Cd- and Zn- Ferrites, Romanian Reports in Physics 61(2) (2009) 223–234.
5. **REUNGCHAIWAT, A., WONGCHANAPIBOON, T., LIAWRUANGRATH, S., PHANICHPHANT, S.**, Home-made detection device for a mixture of ethanol and acetone, Sensors 7 (2007) 202-213.
6. **ANONYMOUS**, Series 2000 gas sensors. Available: [www.tsdpl.com/TGS-2000.htm](http://www.tsdpl.com/TGS-2000.htm) (5 Mei 2011).