

## PEMBUATAN KERAMIK FILM TEBAL $Fe_2O_3$ -NiO DENGAN MEMENFAATKAN $Fe_2O_3$ LOKAL UNTUK SENSOR GAS ASETON

Lilik Hasanah<sup>1</sup>, Endi Suhendi<sup>1</sup>, Dani Gustaman Syarif<sup>2</sup>

Jurusan Pendidikan Fisika UPI,

Jl. Setiabudhi, Bandung.

Pusat Teknologi Nuklir dan Radiometri (PTNBR)-BATAN

Jl. Tamansari 71, Bandung 40132

### ABSTRAK

**PEMBUATAN KERAMIK FILM TEBAL  $Fe_2O_3$ -NiO DENGAN MEMENFAATKAN  $Fe_2O_3$  LOKAL UNTUK SENSOR GAS ASETON.** Dalam rangka swasembada sensor gas khususnya gas aseton dengan pemanfaatan bahan lokal, telah dilakukan pembuatan keramik film tebal  $Fe_2O_3$ -NiO dengan memakai  $Fe_2O_3$  lokal sebagai bahan dasar. Serbuk  $Fe_2O_3$  diolah dari mineral dengan pelarutan dan pengendapan. Serbuk yang diperoleh dicampur dengan serbuk NiO dengan komposisi 50 % mol  $Fe_2O_3$  dan 50 % mol NiO secara homogen. Serbuk campuran kemudian dicampur dengan *organic vehicle* (OV) terbuat dari campuran terpineol dan etil selulose dengan komposisi 75 % berat serbuk campuran dan 25 % berat OV, dan diaduk membentuk pasta. Pasta dilapiskan di atas substrat alumina dengan metode *screen printing* lalu dibakar pada suhu 1000°C selama 90 menit hingga membentuk keramik film tebal. Film tebal dianalisis dengan *X-Ray diffraction* (XRD). Film tebal juga dianalisis dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Resistansi listrik keramik film tebal diukur pada berbagai suhu di udara dan di dalam gas aseton. Analisis XRD memperlihatkan bahwa keramik yang dibuat memiliki fase  $NiFe_2O_4$ . Data SEM memperlihatkan bahwa keramik ini memiliki ukuran butir yang kecil dan porositas yang tinggi. Data listrik memperlihatkan bahwa keramik ini sensitif terhadap gas aseton.

**Kata kunci :** Film tebal, Sensor gas, Aseton,  $Fe_2O_3$ , NiO,  $NiFe_2O_4$ .

### ABSTRACT

**SYNTHESIS OF THICK FILM  $Fe_2O_3$ -NiO CERAMIC USING LOCAL  $Fe_2O_3$  FOR ACETONE GAS SENSOR.** In order to get self capability in gas sensor especially acetone gas sensor by utilization of local material, thick film  $Fe_2O_3$ -NiO ceramics have been fabricated using local  $Fe_2O_3$  as raw material. Powder of  $Fe_2O_3$  has been processed from mineral by dissolution and precipitation. The derived powder was mixed with NiO powder homogeneously with composition of 50-50 in mole %. The mixed powder was then mixed with organic vehicle (OV) made of alpha terpineol and ethyl cellulose with composition of 75 weight % mixed powder and 25 weight % OV forming a paste. The paste was coated on alumina substrates by screen printing method, then fired at 1000°C for 90 minutes to get thick film ceramics. The thick film was analyzed using x-ray diffraction (XRD). The film was subjected to scanning electron microscope (SEM) analyses. Resistance of the thick films was measured at different temperatures in air and acetone gas atmosphere. Analyses of XRD showed that the produced ceramic has a phase of  $NiFe_2O_4$ . Data of SEM showed that the ceramic have small grains with high porosity. Electrical data showed that the ceramic was sensitive to acetone gas.

**Keywords :** Thick film, gas sensor, acetone,  $Fe_2O_3$ , NiO,  $NiFe_2O_4$ .

### PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari manusia memerlukan berbagai kebutuhan. Salah satu yang diperlukan manusia adalah lingkungan yang nyaman. Polusi dapat mengganggu manusia di antaranya jika ada gas seperti aseton di lingkungan. Untuk menjaga lingkungan agar tetap nyaman dan tidak terganggu oleh gas pencemar, maka diperlukan pengontrolan

lingkungan dengan menggunakan sensor gas. Jika gas aseton yang akan dikontrol, maka diperlukan sensor gas aseton. Kemampuan dalam pengontrolan gas aseton secara teliti dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi kadar gula penderita diabetes karena seorang penderita diabetes cenderung menghasilkan gas aseton dari nafasnya [1]. Umumnya sensor gas

masih harus diimpor. Oleh karena itu untuk swasembada sensor gas aseton diperlukan usaha pembuatan sensor gas aseton secara mandiri dari bahan lokal.

Sensor gas dapat dibuat dari berbagai bahan dan di antaranya dapat dibuat dari keramik khususnya keramik dalam bentuk film tebal. Berbagai keramik seperti SnO<sub>2</sub> [2] TiO<sub>2</sub> [3], Ferrit [4,5] dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [6,7] menurut literatur dapat dibuat menjadi sensor gas. Khusus pada penelitian ini yang menjadi fokus perhatian adalah keramik kombinasi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan NiO yang dapat diperoleh dari mineral yang melimpah di Indonesia.

Keramik kombinasi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan NiO akan memiliki fase yang jenisnya tergantung pada suhu pembuatan. Tiga fase berbeda dapat terjadi selama pembuatan yaitu, pertama, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebagai matriks dan NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> sebagai fase kedua, kedua, NiO sebagai matriks dan NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> sebagai fase kedua dan, ketiga, NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> sebagai matriks utama tanpa fase kedua atau dengan sedikit fase kedua Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> atau NiO.

Pada penelitian ini 50% mol Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan 50 % mol NiO dicampur dengan *organic vehicle* (OV) untuk membentuk pasta, kemudian pasta dilapiskan pada substrat alumina dan dibakar pada suhu 1000°C. Fase yang terbentuk di dalam keramik film tebal dan respon keramik tersebut terhadap gas aseton menjadi pokok bahasan makalah ini.

## METODE PERCOBAAN

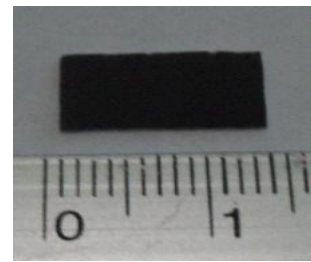
Serbuk Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diolah dari mineral dengan pelarutan dan pengendapan. Serbuk yang diperoleh dicampur dengan serbuk NiO dengan komposisi 50 % mol Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan 50 % mol NiO secara homogen. Serbuk campuran kemudian dicampur dengan *organic vehicle* (OV) berupa campuran terpineol dan etil selulose dengan komposisi 75 % berat serbuk campuran dan 25 % berat OV dan diaduk membentuk pasta. Pasta dilapiskan di atas substrat alumina dengan metode *screen printing* lalu dibakar pada suhu 1000°C selama 90 menit hingga membentuk keramik film tebal. Analisis difraksi sinar-x (XRD) terhadap film tebal kemudian dilakukan untuk melihat struktur kristal dan fase-fase yang terjadi. Tahanan listrik dari film tebal diukur pada berbagai suhu di udara dan di dalam atmosfer gas aseton.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

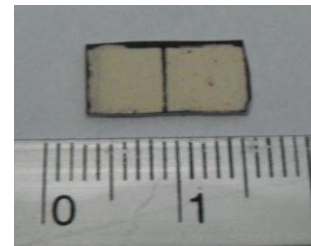
### Penampilan Visual dan Analisis X-Ray Diffractometer

Contoh film tebal diperlihatkan pada Gambar 1. Setelah diberi elektrode perak keramik film tebal membentuk sensor seperti terlihat pada Gambar 2.

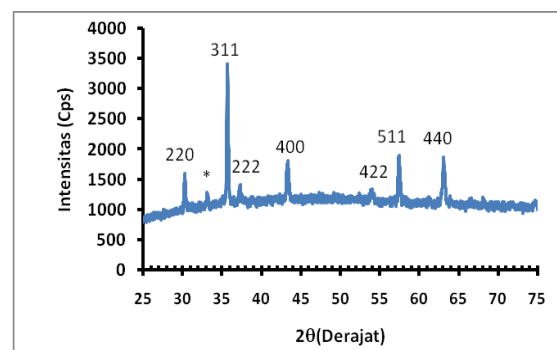
Data XRD dari film tebal yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 3. Dari data pola difraksi



Gambar 1. Keramik film tebal Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-NiO.

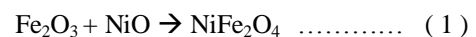


Gambar 2. Keramik film tebal Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-NiO yang telah diberi elektrode perak.



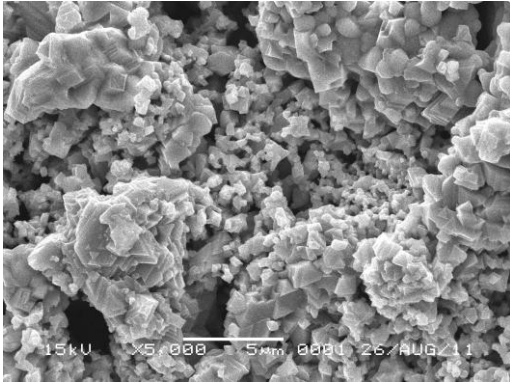
Gambar 3. Pola difraksi sinar-x (XRD) keramik film tebal Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-NiO, membentuk fase NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

diketahui bahwa struktur kristal keramik film tebal adalah kubik dan senyawa keramik yang terbentuk adalah NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Seperti terlihat pada Gambar 3, terdapat sebuah puncak tambahan pada 2θ di sekitar 33°. Puncak ini berasal dari Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang tidak membentuk NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Ini memperlihatkan bahwa suhu 1000°C cukup untuk membentuk keramik NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> meskipun sebagian kecil Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tidak bereaksi. Reaksi pembentukan keramik NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> mengikuti reaksi persamaan (1).

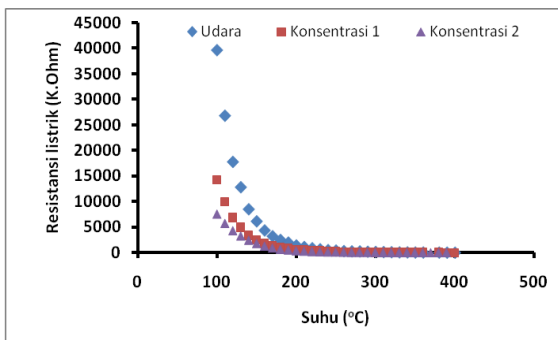


### Analisis Scanning Electron Microscope

Morfologi permukaan keramik film tebal yang dipotret dengan SEM diperlihatkan pada Gambar 4. Ukuran butir keramik film tebal tampak bervariasi tetapi secara keseluruhan relatif berukuran kecil sekitar 100 nm hingga 1000nm. Porositas keramik juga relatif banyak. Ukuran butir yang kecil dan porositas yang banyak adalah paduan karakteristik yang diperlukan oleh sebuah sensor gas.



Gambar 4. Morphology film tebal  $NiFe_2O_4$ .



Gambar 5. Karakteristik listrik keramik film tebal  $Fe_2O_3$ -NiO (Konsentrasi 1 dan 2 masing-masing adalah 512 ppm dan 1950 ppm).

### Karakteristik Listrik

Harga tahanan listrik keramik  $NiFe_2O_4$  sebagai fungsi suhu untuk dua atmosfer yang berbeda yaitu udara dan gas aseton diperlihatkan pada Gambar 5. Konsentrasi aseton terdiri atas dua harga. Seperti terlihat pada Gambar 5, harga tahanan listrik menurun dengan meningkatnya suhu sampel secara eksponensial. Ini merupakan ciri dari semikonduktor. Dari sini diketahui bahwa keramik yang dibuat memiliki sifat semikonduktor.

Harga tahanan listrik juga dipengaruhi oleh konsentrasi aseton. Semakin besar konsentrasi aseton, semakin kecil harga tahanan listrik keramik. Turunnya resistansi listrik keramik melalui mekanisme berikut. Pada tahap awal permukaan keramik mengadsorpsi

oksigen dan memberikan elektron yang berada di pita konduksi kepada oksigen tersebut, menyebabkan kenaikan potensial penghalang. Pada saat gas aseton teradsorpsi di permukaan keramik, oksigen yang teradsorpsi bereaksi dengan gas aseton dan memberikan elektronnya ke pita konduksi. Potensial penghalang turun. Pada saat ini konduktansi naik atau resistansi turun. Data ini mengindikasikan bahwa keramik yang dibuat sensitif terhadap gas aseton dan berpotensi untuk diaplikasikan sebagai sensor gas aseton.

### KESIMPULAN

Keramik film tebal  $NiFe_2O_4$  berstruktur kubik telah dapat dibuat dari  $Fe_2O_3$  yang diolah dari mineral dan NiO pada suhu  $1000^\circ C$  dengan sedikit menyisakan  $Fe_2O_3$  yang tidak bereaksi. Keramik film tebal yang dibuat sensitif terhadap gas aseton sehingga berpotensi sebagai sensor gas aseton.

### DAFTAR ACUAN

- [1] Marco Righettoni, Antonio Tricoli, Sotiris E. Pratsinis, *Analytical Chemistry* 82 (2010) 3581-3587.
- [2] J. K. Srivastava\*, Preeti Pandey, V. N. Mishra, R. Dwivedi, *Journal of Natural Gas Chemistry* 20(2011)179-183
- [3] L.R. Skubal, N.K. Meshkov, M.C. Vogt, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 148 (2002) 103-108.
- [4] N. Rezlescu, E. Rezlescu, F. Tudorache, P. D. Popa, *Romanian Reports in Physics*, Vol. 61, No. 2 (2009) 223-234.
- [5] P.P. Hankarea, S.D. Jadhava, U.B. Sankpala, R.P. Patil, R. Sasikala, I.S. Mullac, *Journal of Alloys and Compounds* 488 (2009) 270-272.
- [6] N. Iftimie, E. Rezlescu, P. D. Popa, N. Rezlescu, *Journal of Optoelectronics and advanced materials*, Vol. 8, No. 3, (2006) 1001 - 1003.
- [7] Shurong Wang n, Liwei Wang, Taili Yang, Xianghong Liu, Jun Zhang, Baolin Zhu, Shoumin Zhang, Weiping Huang, Shihua Wu, *Journal of Solid State Chemistry* 183 (2010) 2869-2876.