

## REALISASI SISTEM KARAKTERISASI SENSOR GAS CO YANG TERBUAT DARI LAPISAN TIPIS SEMIKONDUKTOR OKSIDA LOGAM

### (REALIZATION OF CO GAS SENSOR CHARACTERIZATION SYSTEM MADE OF METAL OXIDE SEMICONDUCTOR THIN FILM)

Bambang Herlambang<sup>1,\*</sup>, Fifit Astuti<sup>2</sup> dan Yuhan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Pamulang

\*Bambangherlambang@yahoo.com

#### Abstrak

Untuk memperoleh sistem karakterisasi lapisan tipis semikonduktor oksida logam untuk sensor gas CO dengan rancangan yang sederhana dan relatif murah, dalam penelitian ini dilakukan pengembangan sistem karakterisasi tersebut dengan menggunakan peralatan dan bahan baku yang mudah diperoleh di pasaran. Sistem tersebut memiliki dua tugas pokok yaitu mengkondisikan temperatur dan konsentrasi gas dalam tungku pemanas. Pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran temperatur dalam tungku pemanas dengan termokopel tipe K dan transduser temperatur digital sebagai pembanding. Pengukuran dengan termokopel tipe K dianggap nilai temperatur sebenarnya dan pengukuran dengan transduser temperatur digital dianggap sebagai nilai terukur. Range pengukuran adalah 25°C - 900°C dengan interval 5°C. Sedangkan pengolahan data dilakukan dengan metoda regresi linier. Hasil pengujian menunjukkan bahwa hubungan regresi linier antara temperatur terukur dengan nilai temperatur sebenarnya dapat dinyatakan dengan persamaan  $y = 1.0005x + 0.7824$  dimana x adalah nilai temperatur terukur dan y adalah nilai temperatur sebenarnya. Kesalahan pengukuran yang dihasilkan sebesar 1.7145%.

**Kata kunci** : Semikonduktor, oksida logam, karakterisasi, gas CO, lapisan tipis, dan sensor gas CO

#### Pendahuluan

Semikonduktor oksida logam merupakan material yang cukup potensial untuk digunakan sebagai sensor gas CO karena harga yang murah, ketersediaan yang melimpah dan respon yang baik terhadap gas pereduksi seperti gas CO [1-3]. Untuk itu beberapa tahun belakangan ini telah dilakukan penelitian yang cukup intensif dalam mengembangkan sensor gas dengan material tersebut. Penelitian-penelitian tersebut diantaranya telah menghasilkan sensor dengan karakteristik yang sangat baik untuk digunakan sebagai sensor gas CO.

Sensor dengan material semikonduktor oksida logam banyak diproduksi dengan

dalam bentuk lapisan tipis karena factor prosedur yang sederhana, bentuk yang lebih kompak dan lebih murah [1-3]. Pembuatan sensor gas CO dalam bentuk lapisan tipis banyak menggunakan metoda penguapan (evaporation) seperti CVD, Flash Evaporation, CSVT dan sebagainya [4,5].

Dalam usaha untuk mengetahui karakteristik sensor dalam bentuk lapisan tipis maka diperlukan suatu sistem pengujian yang dapat mengkondisikan lingkungan sekitar sensor. Kondisi yang dimaksud adalah temperatur dan konsentrasi gas yang dialirkan [3-5]. Dengan demikian dapat diketahui performansi optimum sensor pada temperatur dan konsentrasi gas tertentu.

Untuk memperoleh sistem karakterisasi sensor gas CO di dalam negeri masih sulit ditemukan. Sedangkan untuk memperoleh sistem tersebut dari luar negeri maka akan membutuhkan biaya dan waktu yang tidak sedikit. Alternatif lain yang lebih ekonomis adalah dengan melakukan fabrikasi sistem pengujian tersebut dengan menggunakan peralatan dan bahan baku yang mudah diperoleh didalam negeri. Hal terpenting dalam melakukan fabrikasi ini adalah tercapainya kondisi lingkungan seperti yang dibutuhkan oleh sensor yang diproduksi disamping harga yang relatif murah dan mudah membuatnya. Hal lain yang perlu diperhatikan dalam penggunaan tungku ini adalah ventilasi yang baik untuk sirkulasi udara karena proses karakterisasi ini menggunakan gas-gas yang berbahaya bagi manusia.

Dalam tulisan ini akan dipaparkan rancang bangun tungku panas terkontrol yang diperlukan dalam proses karakterisasi lapisan tipis semikonduktor oksida logam untuk sensor gas CO. Tungku tersebut dirancang dengan peralatan dan bahan baku yang mudah diperoleh dipasaran serta sederhana sehingga lebih murah dan mudah dibuat.

### Metodologi

Sistem karakterisasi yang dirancang dalam penelitian ini memiliki dua tugas pokok yaitu mengkondisikan temperatur dan konsentrasi gas. Sistem tersebut terdiri dari komponen sebagai berikut :

- a. Sumber daya listrik untuk memberikan daya/energi listrik pada kawat pemanas untuk memanaskan tungku.
- b. Pengontrol temperatur untuk mengontrol temperatur dalam tungku pemanas.
- c. Termokopel tipe K sebagai sensor temperatur untuk mengukur temperatur dalam tungku pemanas.
- d. Krusibel untuk menempatkan benda uji yang akan dikarakterisasi.
- e. Tungku pemanas untuk mengkondisikan udara sekitar benda uji

[11-13]. Terbuat dari alumina yang dikelilingi kawat pemanas dan diisolasi dengan glass wool kemudian dibungkus dengan pelat besi. Tabung alumina ini disambung dengan tabung gelas pada kedua ujungnya sebagai inlet dan outlet gas maupun saluran bagi termokopel dan kawat emas untuk proses karakterisasi. Elemen kawat pemanas terbuat dari nikelin dengan diameter 0,7 mm dan panjang 10 m. Kawat ini digulung dengan diameter 5,5 mm. Hambatan total kawat sebesar 55 ohm. Kawat pemanas ini mampu memanasi tungku hingga temperatur 1000°C dan arus yang mengalirinya sebesar 4 A pada tegangan 220 V.

- f. Bubler untuk mengurangi konsentrasi gas pereduksi yang dibuang setelah proses karakterisasi.
- g. Venturimeter berbentuk pipa U untuk menentukan konsentrasi gas yang dialirkan ke dalam tungku pemanas [2,11,12].
- h. Gas yang dibutuhkan untuk proses karakterisasi (CO/N<sub>2</sub>) dan N<sub>2</sub>.
- i. Rotameter gas untuk mengukur aliran gas ke dalam tungku pemanas.

Langkah-langkah karakterisasi sensor gas CO pada prinsipnya dapat dijelaskan sebagai berikut [4,5]:

Sensor yang akan dikarakterisasi diletakkan di atas krusibel dan dimasukkan dalam tungku pemanas. Tungku tersebut kemudian dipanaskan dengan memberikan daya listrik pada kawat pemanas dan dikondisikan pada temperatur tertentu dengan alat pengukur dan pengontrol temperatur. Ke dalam tungku pemanas dialirkan gas karakterisasi yaitu CO/N<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>. Respon benda uji terhadap gas CO dapat diketahui dalam bentuk perubahan tahanan yang diukur dengan menggunakan DVM (*Digital Volt Meter*). Dari perubahan tahanan sensor maka dapat diketahui performansi sensor gas CO yang dibuat.

Konsentrasi gas CO dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut [2,11,12]:

$$y_{CO} = \frac{V_{CO/N_2}}{V_{CO/N_2} + V_{N_2}} y_{CO} \quad (2)$$

dimana

$y_{CO}$  : konsentrasi gas CO yang telah diencerkan

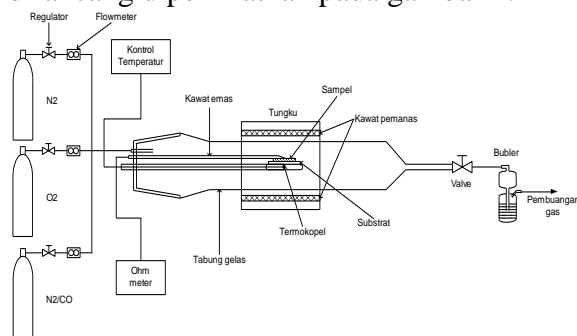
$y_{CO}$  : konsentrasi gas CO semula (=1000 ppm)

$V_{CO/N_2}$  : laju aliran volume gas CO/N<sub>2</sub>

$V_{N_2}$  : laju aliran volume gas N<sub>2</sub>

Dalam melakukan percobaan ini, laju aliran volume total diatur konstan. Perubahan konsentrasi dilakukan dengan mengubah-ubah laju aliran volume CO/N<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> sedemikian rupa sehingga total laju aliran volume tetap. Konsentrasi gas CO/N<sub>2</sub> akan berubah menurut persamaan (2).

Sistem karakterisasi lapisan tipis semikonduktor oksida logam yang dirancang diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Sistem karakterisasi lapisan tipis untuk sensor gas

Untuk mengetahui performansi sistem dalam mengkondisikan temperatur tungku maka dilakukan pengujian dengan membandingkan nilai temperatur terukur dengan nilai temperatur set point. Nilai temperatur terukur ditampilkan oleh transduser temperatur digital yang telah dikalibrasi. Sedangkan nilai temperatur set point ditampilkan oleh sensor termokopel yang digunakan dalam sistem karakterisasi. Dalam penelitian ini temperatur diatur dari 25° hingga 900° dengan interval 5°.

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metoda statistik yang terdapat pada program Microsoft Office Excel [7]. Langkah pertama adalah membuat plot hubungan nilai temperatur

terukur dengan nilai temperatur set point. Kemudian dibuat garis regresi linier pada plot grafik tersebut. Dari garis regresi linier yang diperoleh dapat dibuat persamaan matematis hubungan nilai temperatur terukur dengan nilai temperatur set point. Hubungan regresi linier dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$y = ax + b \quad (1)$$

dengan :

$$a = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

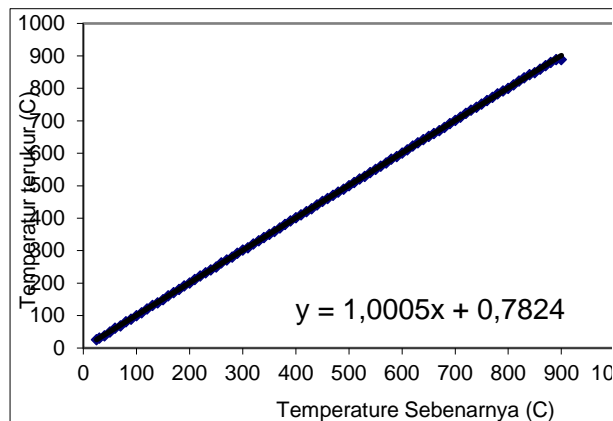
Dengan menggunakan fasilitas pada program tersebut dapat pula dihitung kesalahan pengukuran standar,  $S_{y-x}$ , dengan metoda standar kesalahan regresi linier yang dirumuskan sebagai berikut :

$$S_{y-x} = \sqrt{\left[ \frac{1}{n(n-2)} \right] \left[ n\sum y^2 - (\sum y)^2 - \frac{[n\sum xy - (\sum x)(\sum y)]^2}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \right]} \quad (2)$$

dimana x dan y merupakan data variable dan n merupakan jumlah data.

### Hasil

Pengujian sistem karakterisasi dilakukan dengan membandingkan antara nilai setpoint (termokopel tipe K) dengan nilai temperatur terukur (transduser temperatur digital). Data pengukuran diplot dalam bentuk grafik dan dicari grafik regresi linier. Data pengukuran temperatur ditampilkan pada tabel 1. Sedangkan grafik regresi linier yang menyatakan hubungan hasil pengukuran termokopel tipe K dan transduser temperatur digital ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Plot nilai temperatur terukur dengan nilai temperatur set point

Dari gambar 3 data hasil pengukuran temperatur dalam tungku pemanas dengan termokopel tipe K dan transduser digital yang telah dikalibrasi menghasilkan hubungan regresi linier yang dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$y = 1.0005x + 0.7824$$

dimana x adalah nilai temperatur set point dan y adalah nilai temperatur terukur.

Dengan menggunakan persamaan (1) maka dapat dihitung kesalahan standar pengukuran. Kesalahan pengukuran yang dihasilkan sebesar 1.7145%. Kesalahan pengukuran dapat disebabkan karena [3,14-16]:

- a. isolasi tungku pemanas yang tidak sempurna sehingga ada kalor pemanasan yang keluar dari tungku.
- b. Turbulensi udara aliran gas O<sub>2</sub> sehingga terjadi perbedaan kondisi udara yang diukur oleh kedua alat ukur yang digunakan.
- c. Sensitivitas sensor yang berbeda yang menyebabkan perbedaan respon terhadap gas CO.

### Kesimpulan

Dalam penelitian ini telah dikembangkan sistem karakterisasi lapisan tipis semi konduktor oksida logam untuk sensor gas. Sistem tersebut dirancang sederhana dengan menggunakan peralatan dan bahan baku yang mudah didapat

dipasaran dalam negeri sehingga lebih mudah dibuat dan relatif murah.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai temperatur terukur dengan nilai temperatur set point dapat dinyatakan dengan hubungan regresi linier  $y = 1.0005x + 0.7824$  dengan x adalah nilai temperatur set point dan y adalah nilai temperatur terukur. Sedangkan nilai kesalahan pengukuran temperatur sebesar 1.7145%. Kesalahan tersebut disebabkan oleh factor turbulensi udara dalam tungku dan respon dinamis sensor yang berbeda.

### Referensi

- [1]. Bambang Herlambang. Studi Aplikasi Timah Dioksida sebagai Pendeteksi Gas Karbon Monoksida (CO). Prosiding Metalurgi 2008.
- [2]. Bambang Herlambang. Rancang Bangun Sistem Oksidasi Lapisan Tipis Semikonduktor Oksida Logam Untuk Sensor Gas Co. Widya Riset 2011. Bogor.
- [3]. Bambang Herlambang. Parameter Performansi Sensor Gas CO yang dibuat dari Semikonduktor Oksida Logam. Prosiding Siptekgan 2010.LAPAN.
- [4]. K Ihokura, J Watson, The Stannic Oxide Gas Sensor: Principles and Applications, Boca Raton : CRC Press, Inc., 1994.
- [5]. SR Morrison, Chemical Sensors: Semiconductor Sensors, SM Sze (Editor), John Wiley & Sons, Inc., New York, 1994.
- [6]. Ogata, K. Modern Control Engineering. 5th Ed. Pearson. New York.2009.
- [7]. Ernest O Doebelin, 1983, Measurement Systems: Application and Design, 3rd Ed., McGraw-Hill International Book Company, New York.
- [8]. William D Cooper, 1994, Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [9]. Richard C Dorf, Andrew Kusiak, 1994, Handbook of Design, Manufacturing and Automation, John Wiley & Sons, Inc., New York.

- [10]. Harry Norton, Handbook of Transducers, Prentice Hall Inc., New Jersey, 1989.
- [11]. Bambang Herlambang. Penggunaan Venturimeter Untuk Menentukan Konsentrasi Gas Co Dengan Metoda Laju Aliran Volume Konstan. Jurnal Instrumentasi 2005. Puslit KIM LIPI. Serpong 2005.
- [12]. Bambang Herlambang. Pertimbangan Dalam Mendesain Sistem Oksidasi Lapisan Tipis Material Semikonduktor Oksida Logam Untuk Fabrikasi Sensor Gas CO. Prosiding Metalurgi 2009. Serpong.
- [13]. Bambang Herlambang. Analisa Perpindahan Panas Suatu Prototipe Sistem Oksidasi Lapisan Tipis Semikonduktor Logam Untuk Sensor Gas CO. Prosiding siptekgan 2009.
- [14]. Ballaney PL, Thermal Engineering, Khanna Publisher, Delhi- India, 10th Ed., 1980.
- [15]. Dennis G Sheperd, Elements of Fluid Mechanics, Harcourt, Brace & World, Inc., New York, 1990.
- [16]. JP Holman, Heat Transfer, McGraw-Hill Kogakusha Ltd, Tokyo, 1991.