

KARAKTERISASI $\text{TiO}_2(\text{CuO})$ YANG DIBUAT DENGAN METODA KEADAAN PADAT (*SOLID STATE REACTION*) SEBAGAI SENSOR CO_2

Hendri, Elvaswer

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas
Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163
e-mail: elvaswer@fmipa.unand.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan doping CuO pada bahan dasar TiO_2 , sebagai sensor CO_2 , terhadap karakteristik *I-V*, sensitivitas, konduktivitas dan energi gapnya. Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode *solid state reaction* dimana kalsinasi pada suhu 800°C selama 3 jam dan proses sintering suhu 900°C selama 5 jam. Berdasarkan pengukuran karakteristik *I-V* diperoleh hasil bahwa bahan dengan doping memiliki sensitivitas yang lebih tinggi terhadap bahan murni, nilai sensitivitas tertinggi diperoleh pada sampel dengan penambahan doping 6% yaitu 2,58, sedangkan konduktivitas meningkat seiring dengan bertambahnya suhu. Dari pengukuran energi gap diperoleh hasil bahwa energi gap pada bahan murni lebih tinggi dibandingkan dengan bahan dengan doping.

Kata kunci : sensor, $\text{TiO}_2(\text{CuO})$, karakterisasi *I-V*, sensitivitas, konduktivitas, energi gap

ABSTRACT

This research intent on analyzing influence of CuO adding to TiO_2 , as gas sensor, on its voltage-current characteristic, sensitivity, conductivity and gap energy. The method used in this research is solid state reaction with calcinations temperature is 800°C for 3 hours and sintered at 900°C for 5 hours. Based on voltage-current characteristic measurement, it is found that the doped materials have more sensitivity than pure material. The highest sensitivity (2.58) is found in the material with 6% dopant. While conductivity increases with temperature increasing. From energy gap measurement, it is found that pure material have higher energy gap than that in doped material.

Keywords: sensor, $\text{TiO}_2(\text{CuO})$, voltage-current characteristic, sensitivity, conductivity, gap energy

I. PENDAHULUAN

Udara terdiri dari berbagai macam gas dan tidak semua gas baik untuk kesehatan. Gas berbahaya ini disebut dengan gas toksin atau gas beracun. Gas CO_2 mencemari udara yang ada dilingkungan sehingga tanpa sadar akan terhirup masuk ke tubuh, kemudian secara bertahap tubuh akan merasakan dampaknya. Salah satu gas toksin tersebut adalah CO_2 . Gas ini umumnya berasal dari pembakaran bahan bakar fosil pada kendaraan bermotor. Gas CO_2 sulit untuk dideteksi secara langsung. Karena keterbatasan indra manusia untuk merasakan gas tersebut, maka diperlukan alat untuk mendeteksi keberadaan gas tersebut.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor gas semikonduktor yang dibuat dengan metoda keadaan padat. Sensor dengan bahan semikonduktor memiliki kelebihan yaitu metoda yang sederhana untuk sensor gas. Salah satunya dengan melihat perubahan konduktivitas pada bahan material semikonduktor ketika diberi gas. Sensor ini juga memiliki kelebihan yaitu biaya yang murah dan dapat diproduksi secara massal, dibandingkan dengan sensor elektrokimia dan optik yang harganya mahal.

Penelitian mengenai sensor gas semikonduktor pernah dilakukan sebelumnya oleh Sayono dkk (2001) tentang penambahan Indium terhadap sensitivitas sensor ZnO dengan metoda lapisan tipis. Hasil dari penelitian menunjukkan semakin banyak Indium yang ditambahkan maka nilai resistansi juga akan semakin turun. Hal ini disebabkan oleh adanya atom indium pada permukaan dapat meningkatkan kepadatan atom pada permukaan sensor gas ZnO, sehingga berpengaruh terhadap sifat kelistrikan bahan ZnO menjadi lebih konduktif. Namun terdapat kekurangan terhadap metoda ini karena stabilitas mekanikal yang rendah. Untuk mengatasi hal tersebut, maka pada penelitian ini menggunakan metoda keadaan padat (*Solid State Reaction*).

Penelitian tentang sensor gas juga pernah dilakukan oleh Bo Liao et. al (2000) yang menggunakan bahan CuO-BaTiO_3 yang digunakan untuk mendeteksi CO_2 . Dalam penelitian ini

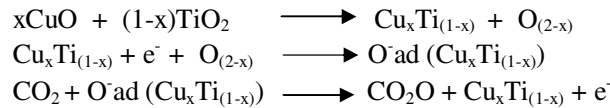
untuk mendapatkan sensitivita, waktu pulih, waktu respon, suhu operasional dan selektivitas terhadap gas-gas lainnya. Dari percobaan yang telah dilakukan diperoleh bahan CuO-BaTiO_3 mempunyai waktu respond dan waktu pulih yang baik terhadap CO_2 . Untuk suhu operasional bahan diperoleh nilai sensitivitas tertinggi pada suhu 2.34 pada suhu 685°K. nilai sensitivitas yang diperoleh hampir sama dengan Ishihara et. al (1992) dengan nilai 2.98 pada suhu 729°C. sensor ini selektif terhadap CH_4 , H_2 , CO dan CO_2 dengan nilai sensitivitas tertinggi diperoleh pada gas CO_2 .

II. 2. METODE

2.1 Pembuatan Pelet

Pembuatan sensor gas semikonduktor pada penelitian ini menggunakan bahan dasar TiO_2 (Merck,99%) dan dopant CuO (Merck,99%). Kemudian bahan dicampur dengan variasi dopant 0%, 2%, 4%, 6% dan 8%. Ukuran sampel pelet yang diuji yaitu 9 mm x 1.4 mm, dengan diameter pelet 9 mm dan lebar pelet 1.4 mm.

Reaksi kimia yang terjadi pada penelitian ini :

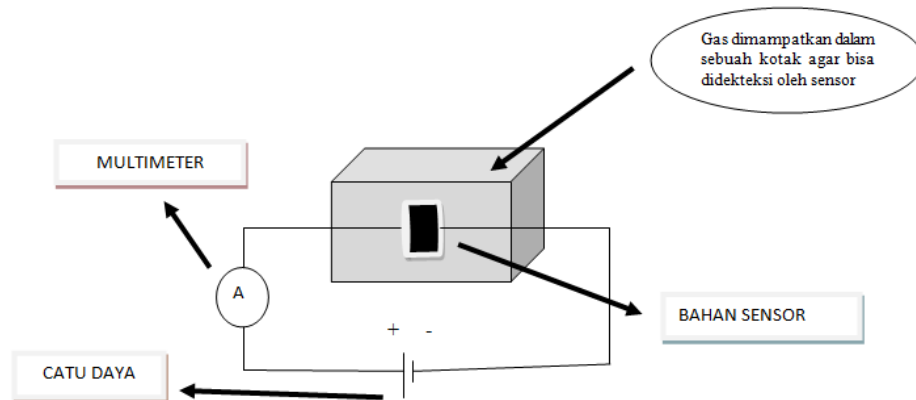


dengan x : persentase dopant

Bahan kemudian digerus selama 1 jam supaya homogen, kemudian dikalsinasi pada suhu 800°C selama 3 jam. Kemudian bahan dicetak sehingga berbentuk pelet yang kemudian disintering pada suhu 900°C selama 5 jam.

2.2 Karakterisasi

Setelah proses sintering dilakukan, pelet yang telah jadi dihubungkan pada rangkaian sederhana. Pada skema rangkaian kotak pada rangkaian berfungsi untuk mengisolasi gas CO_2 . Sebuah amperemeter dipasang pada rangkaian untuk mengukur arus pada sensor. Kemudian kotak dimasukan ke dalam oven agar bisa divariasikan suhunya dari 80°C sampai dengan 193°C. Salah satu bagian elektroda dihubungkan dengan kutub positif sedangkan yang lainnya dihubungkan dengan kutub negatif (bias maju) dan untuk bias mundur polaritasnya dibalik. Antara pelet dan catu daya dihubungkan ke amperemeter, sehingga arus dan tegangan dapat diukur. Pengukuran bias maju dan bias mundur tegangan divariasikan dari 50 V sampai dengan -50V dengan interval 5 V. Rangkaian sederhana karakterisasi sensor dapat dilihat pada Gambar1.



Gambar 1 Skema rangkaian karakterisasi sensor

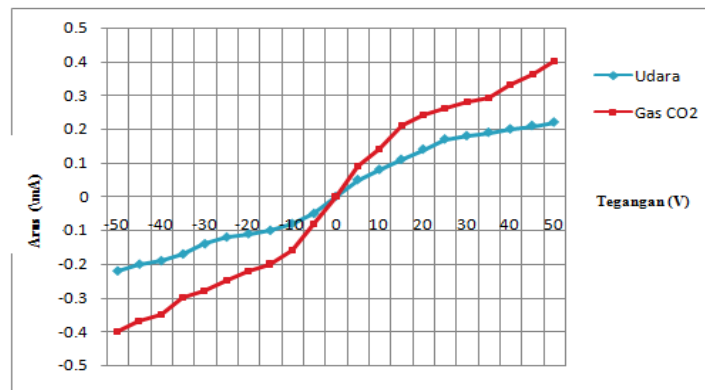
Karakterisasi yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu sensitivitas, konduktivitas dan energi gap. Sensitivitas adalah perbandingan arus pada kondisi gas CO_2 berbanding arus pada kondisi udara, nilai sensitivitas diperoleh dari karakteristik I - V . konduktivitas merupakan kemampuan suatu bahan untuk mengalirkan arus listrik (Endarko dan Yudhoyono, 2007). Nilai konduktivitas suatu bahan ditentukan dari nilai resistansi bahan dan luas penampang dibagi dengan panjang kawat. Sedangkan untuk menentukan nilai energi gap digunakan alat spektrofotometer UV-Vis dengan mengukur nilai panjang gelombang sampel.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Karakteristik I - V

3.1.1 TiO_2 100% + CuO 0 %

Karakterisasi I - V sampel TiO_2 100% + CuO 0 % pada suhu 85°C menunjukkan perubahan arus sebelum dan sesudah dimasukan CO_2 , seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.

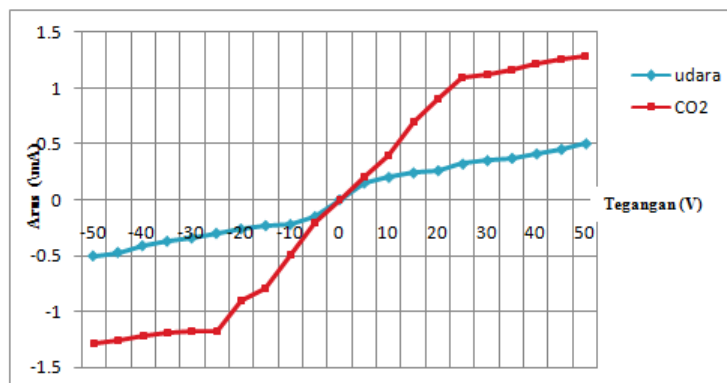


Gambar 2 Grafik I - V TiO_2 100% + CuO 0% pada suhu 85°C

Perubahan hasil yang terjadi tidak terlalu besar dibandingkan dengan sampel yang diberi doping. Hal ini disebabkan oleh bahan TiO_2 murni (tanpa doping) terdiri dari Ti^{+4} dan O^{2-} sehingga terdapat 2 ion yang berfungsi sebagai pembawa muatan. Disamping itu terjadi reaksi antara CO_2 dengan O^- yang ada pada TiO_2 , sehingga I - V pada CO_2 lebih tinggi dibandingkan dengan udara.

3.1.2 TiO_2 94% + CuO 6 %

Karakteristik I - V TiO_2 94% + CuO 6 % pada suhu 85° sebelum dan sesudah dimasukan gas CO_2 ditunjukkan oleh Gambar 3.



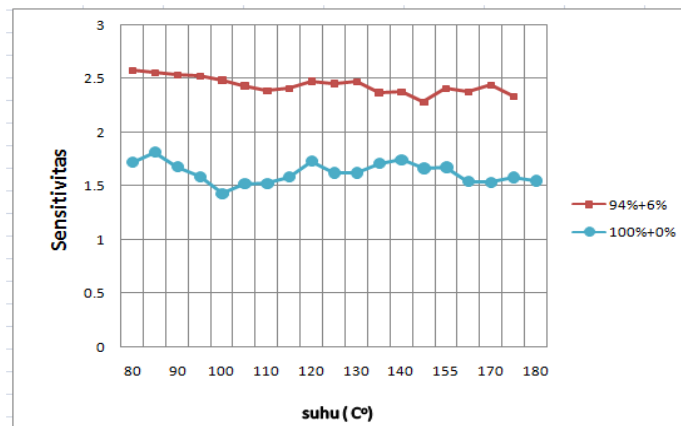
Gambar 3 Grafik I - V TiO_2 94% + CuO 6 % pada suhu 85°C

Terjadi perubahan arus yang tertinggi antara sampel TiO_2 94% + CuO 6 % di udara dengan CO_2 . Hal ini disebabkan oleh pemberian doping 6% CuO terhadap TiO_2 mengubah energi gap menjadi lebih kecil. Sehingga membebaskan elektron menjadi energi gap. Disamping itu juga terjadi reaksi atom CO_2 dengan O'absorpsi yang ada pada $\text{TiO}_2(\text{CuO})$.

3.2 Karakteristik Sensitivitas

Dari pengukuran sensitivitas yang telah dilakukan, diperoleh bahwa nilai sensitivitas bahan yang didoping lebih tinggi daripada bahan yang tidak didoping(murni). Hal ini disebabkan oleh penambahan doping pada sampel yang menyebabkan kenaikan sensitivitas akibat reaksi O'absorpsi pada permukaan sampel yang didoping bereaksi dengan CO_2 , sedangkan pada bahan murni kurang reaktif terhadap CO_2 .

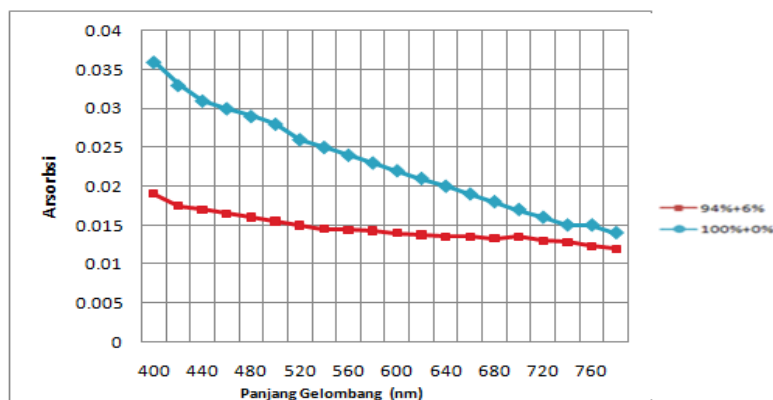
Berdasarkan karakteristik I - V dari kelima sampel yang telah diukur, maka dapat dibuat grafik perubahan sensitivitas terhadap suhu seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik Perubahan Sensitivitas terhadap Suhu

3.3 Karakteristik Panjang Gelombang Dan Energi Gap

Pada penentuan panjang gelombang dan energi gap, data diambil dari bahan murni dari sampel 1 dan bahan yang memiliki sensitivitas dan konduktivitas tertinggi pada sampel TiO_2 94% + CuO 6 %. Hubungan antara panjang gelombang dan koefisien absorpsi dari kedua sampel dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik Panjang Gelombang terhadap Koefisien Absorpsi

Berdasarkan grafik panjang gelombang terhadap koefisien absorpsi yang diperoleh, dapat dilihat bahwa pada sampel TiO_2 94% + CuO 6 % yang merupakan dengan doping memiliki koefisien absorpsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel TiO_2 100% + CuO 0 %. Proses absorpsi foton menyebabkan transisi elektron dari pita valensi ke pita konduksi dengan energi foton harus sama atau lebih besar dari energi gap-nya.

Koefisien absorpsi pada tepi sampel TiO_2 100% + CuO 0 % mempunyai nilai panjang gelombang tepi 404,95 nm, sedangkan koefisien absorpsi sampel TiO_2 94% + CuO 6 % memiliki nilai panjang gelombang tepi 401.87. Dari kedua nilai ini diperoleh energi gap pada kedua sampel. Pada sampel TiO_2 100% + CuO 0 % diperlukan energi gap 3.06 eV untuk menyerap foton dengan koefisien absorpsi 0.019, sedangkan sampel TiO_2 94% + CuO 6 % memerlukan energi gap 3.09 eV untuk menyerap foton dengan koefisien absorpsi 0.036. Berdasarkan perbedaan energi gap dan nilai koefisien absorpsi tersebut dapat disimpulkan bahwa terjadi memiliki energi gap yang lebih besar dibandingkan dengan sampel TiO_2 94% + CuO 6 %.

IV. KESIMPULAN

Nilai sensitivitas tertinggi diperoleh pada Sampel TiO_2 94% + CuO 6 % yaitu 2,58 yang diperoleh pada suhu 85°C, sedangkan nilai terendah pada Sampel TiO_2 100% + CuO 0 % bernilai 1,1818, maka dapat disimpulkan bahwa penambahan bahan doping dapat meningkatkan sensitivitas. Dengan adanya penambahan suhu nilai konduktivitas bahan juga semakin meningkat, baik diudara maupun dimasukan gas CO_2 dengan nilai konduktivitas tertinggi pada sampel TiO_2 94% + CuO 6 %. Energi gap terendah yang diperoleh pada sampel TiO_2 100% + CuO 0 % bernilai 3,06 eV dengan koefisien absorpsi 0,019 dan nilai energi gap tertinggi diperoleh pada sampel yang didoping dengan nilai 3,09 dengan koefisien absorpsi 0,036.

DAFTAR PUSTAKA

- Endarko dan Yudhoyono., 2007, Draf Modul Fisika, Departemen Pendidikan Nasional Biro Perencanaan dan Kerjasama Luar Negeri, Jakarta.
- Ishihara., 1992, *Capacitor types for selective gas sensing in chemical analysis*, *Selective Electrode Rev.* 14, hal 1-31.
- Liao, Bo. 2001. *Study on CuO-BaTiO₃ Semikonduktor Sensor, Sensor and Actuators*, Volume B 80. Elsevier. hal 208-214. ISSN : 1411-1098. hal : 35-39, Jurusan Teknik Fisika, ITS.
- Sayono, dan Sudjidno, T, 2008, Efek Doping Indium Terhadap Sensitivitas Sensor Gas ZnO, Jurnal P3TN, Vol 3 ISSN : 1411-1349, hal 139 – 147, Batan.