

**PEMBUATAN GELAS TRANSPARAN KONDUKTIF DENGAN LUAS AREA BESAR DENGAN METODE PYROSOL
(PREPARATION OF LARGE AREA CONDUCTIVE TRANSPARENT GLASS USING PYROSOL METHOD)**

Agus Purwanto¹, Arif Jumari¹, Hendri Windiyandari², Hendrawan E.R¹, Sulestyono¹

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir Sutami No.36 A Surakarta. E-mail: aguspur@uns.ac.id

²Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Dr. Soedarto, Tembalang, Semarang

Abstrak

Gelas transparan konduktif SnO₂:F(FTO) banyak diaplikasi pada pembuatan sel surya berbasis polimer, display, smart windows, dll. Teknologi pyrosol merupakan teknik yang murah dan mudah untuk membuat film tipis. Pada makalah ini akan dijelaskan metode pembuatan FTO dengan luas 10 x10 cm dengan teknik pyrosol. Gelas (substrate) dipanaskan sampai temperatur deposisi. Prekursor yang terdiri dari larutan SnCl₂ dan NH₄F dalam 0,5 N HCl dikabutkan dengan menggunakan Ultrasonic Nebulizer dan kemudian diumpankan ke atas permukaan substrat. Film FTO yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan four probe resistivity meter, UV-Vis, XRD dan FE-SEM. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa kondisi optimum prekursor menggunakan konsentrasi doping adalah 10%. Konduktivitas film dipengaruhi oleh temperatur substrat. Ketebalan film dapat dikontrol dengan waktu deposisi. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa gelas FTO dengan luas area yang besar dapat diproduksi dengan teknik pyrosol.

Kata kunci : FTO, pyrosol, deposisi spray, sheet resistane, kondisi atmosferik

Abstract

SnO₂:F (FTO) film is widely used for solar cells, displays, smart windows, etc. There are many techniques were introduced for FTO fabrication. Among them, pyrosol technique is popular due to simplicity, easy and cheap. In this paper, an experimental investigation on the production of large area (10 cm x 10 cm) FTO is systematically explained. The experiment was conducted by depositing precursor onto the heated substrate. The as-deposited films were characterized using four probe resistivity, UV-Vis spectroscopy, XRD and FE-SEM. It is found that the optimum doping concentration was 10%at. Substrate temperature and deposition time were other parameters which control the conductivity of FTO film. As conclusion, it is shown that pyrosol technique is a reliable method to produce large area FTO film.

Keywords : FTO, Pyrosol technique, spray deposition, sheet resistance, atmospheric condition

1. Pendahuluan

Energi matahari menjadi sumber energi yang sangat menjanjikan untuk menggantikan bahan bakar fosil. Matahari merupakan sumber energi berlimpah, murah, ramah lingkungan dan mudah untuk mendapatkannya. Matahari sebagai sumber energi mengirimkan energi ke permukaan bumi sebesar 120000 TW, sedangkan energi dari sumber yang terdapat di bumi kurang dari 5 TW (Martinson, A. B. F. et. al., 2008).

Sel surya merupakan alat yang berguna untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Sistem sel surya menggunakan energi sinar matahari untuk menghasilkan listrik dan tanpa memerlukan bahan bakar. Tanpa ada bagian yang berputar, maka sistem sel surya hanya memerlukan sedikit perawatan. Sehingga sistem sel surya sangat *cost-effective* dan menjanjikan.

Saat ini telah dikembangkan sel surya generasi ke-3 yang berbasis pada nanoteknologi dan generasi ke-4 berbasis polimer. Sel surya generasi ke-3 dan ke-4 adalah kandidat kuat untuk sel surya murah.

Walaupun belum dalam tahap komersial, pengembangan masih terus dilakukan untuk meningkatkan efisiensi, umur pakai dan menurunkan harga jual-nya. Untuk aplikasi sel surya jenis ini, pembuatan kaca konduktor merupakan step yang krusial.

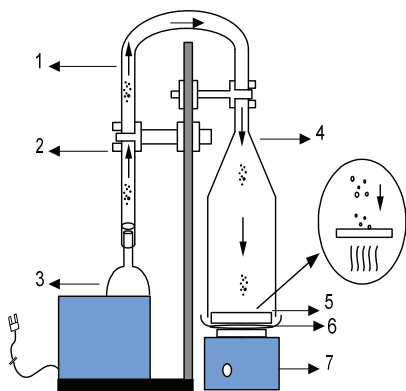
Untuk memproduksi gelas kaca konduktif, banyak metode telah digunakan. Metode pyrosol merupakan metode yang populer karena kesederhanaan sistemnya. Pada paper ini dilaporkan tentang deposisi dari SnO₂:F(FTO) dengan proses pyrosol. Properti karakteristik film tipis dari oksida logam seperti timah, indium, kadmium, seng, dan berbagai paduan, dimana oksida logam tersebut menunjukkan transparansi optik tinggi dengan tetap menjaga konduktivitas listrik, telah digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti jendela mobil untuk defogging dan deicing, sebagai anti-static coatings pada panel instrumen, elektroda sel surya, perangkat elektro (K.L. Chopra, S. Major and D.K. Pandya et al., 1983)

Pada metode pyrosol, larutan yang mengandung reaktan dikabutkan dengan

ultrasonik Nebulizer membuat aerosol yang kemudian diangkut ke substrat untuk sebagai proses pirolisis (maka diberi nama pyrosol). Ukuran droplet prekursor sangat kecil yaitu 5-10 μm , dan tidak mempunyai distribusi ukuran yang luas (G. Bladenet, M. Court and Y. Lagarde, et.al., 1981) Proses pengkabutan dengan ultrasonik nebulizer dibatasi oleh viskositas dan surface tension cairan reaktan. Selain itu, reaktan harus kompatibel dengan piezoelektrik dispersi. (R.T. Lang, J. Acoust, et.al., 1962) Ketika cairan dikabutkan dengan ultrasonik nebulizer, maka cairan-gas antarmuka rusak dan aerosol terbentuk. Ini terjadi karena ekspansi dan kontraksi cepat gelembung dalam cairan menyebabkan eksplotasi, atau kerusakan pada permukaan cairan di bawah eksitasi ultrasonic (O.G. Raabe, et.al., 1976). Penggunaan ultrasonik nebulizer sebagai peralatan pengkabut memungkinkan untuk pembentukan film nanopartikel dengan karakteristik yang diinginkan.

pada makalah ini dijelaskan sebuah proses deposisi FTO dengan luas permukaan yang besar. Dengan peralatan yang sederhana, FTO dengan konduktivitas yang tinggi dapat diperoleh. Selain itu, tingkat transparansi yang tinggi juga dapat diperoleh.

2. Metode Penelitian



Gambar 1. Diagram skematik metode pyrosol pada tekanan atmosferik

Keterangan :

1. Pipa
2. Statif dan Klem
3. Ultrasonik Nebulizer
4. Cerobong
5. Kaca/ Gelas
6. Tempat Sampel
7. Kompor

Peralatan utama dalam pembuatan kaca konduktif ini adalah kompor elpiji dan ultrasonik Nebulizer. Peralatan tersebut sesuai dengan gambar 1 diatas. Pembuatan

lapisan film dilakukan dengan atomizer larutan prekursor dengan ultrasonik nebulizer dengan dorongan udara sehingga larutan prekursor yang menjadi kabut terdorong sampailah terbentuk droplet yang kemudian melekat pada permukaan kaca yang telah dipanaskan.

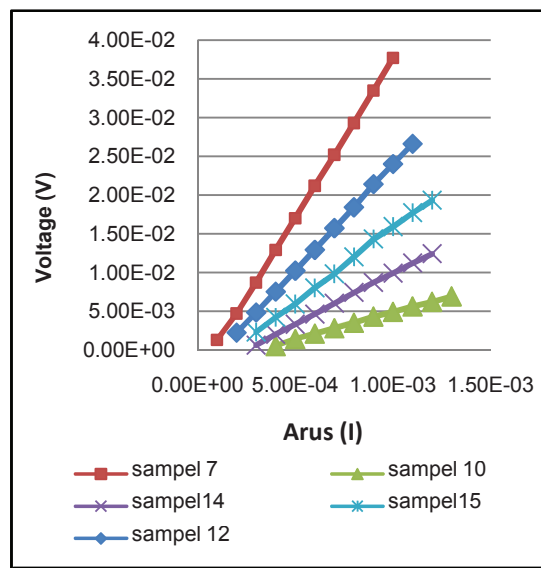
Larutan prekursor terdiri atas $\text{SnO}_2\text{:F}$ $\text{SnCl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ di dalam aquadest, untuk mencegah precipitasi ditambahkan HCl 0,5 N ke dalam larutan. Setelah tercampur sempurna baru kemudian dikabutkan dalam alat ultrasonik nebulizer.

Setelah film terbentuk diatas kaca, kemudian dilakukan uji resistivity dengan alat four point probe (Jandel Engineering, RM2 BN22101, Leighton Buzzard, UK), selanjutnya untuk uji karakteristik kristal menggunakan analisa X-Ray Diffraction (XRD, RINT 6000 SHIMADZU, Tokyo, Japan). Sedangkan untuk menguji transmitansi menggunakan UV-VIS spektrofotometer shimadzu UV-1601PC dengan wavelength 300-900 nm.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Konsentrasi Doping

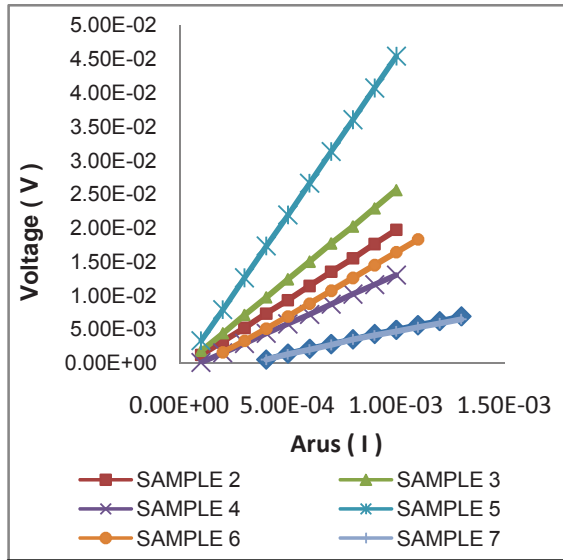
Konsentrasi doping sangat mempengaruhi *sheet resistance* film FTO. Untuk mempelajari pengaruh ini digunakan precursor dengan konsentrasi doping bervariasi antara 6%, 8%, 10%, 12% dan 14%. Hasil pengukuran I-V dengan berbagai konsentrasi doping dapat dilihat pada **gambar 2**. Dari hasil pengukuran sheet resistance diperoleh kondisi optimum pada konsentrasi 10 %.



Gambar 2. Hasil pengukuran tegangan dan arus listrik untuk pengukuran resistivity film FTO pada berbagai konsentrasi doping .

Pengaruh Temperature substrat

Untuk mengetahui pengaruh suhu substrat terhadap sheet resistivity, suhu pemanas divariasikan dari 250 sampai 420 °C. Grafik I-VII gelas konduktif yang dibuat dengan berbagai temperatur substrat dapat dilihat pada **gambar 3**. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa suhu optimum substrat adalah pada 420°C. Pada temperatur tersebut, sampel yang dihasilkan mempunyai sheet resistance pling kecil yaitu sebesar 202,7617 ohm per square.



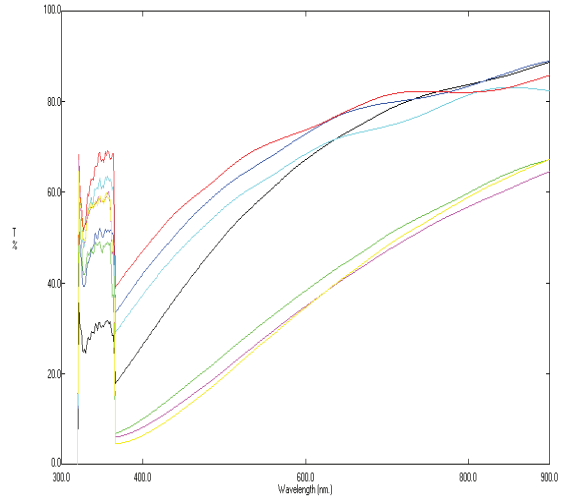
Gambar 3. Hasil pengukuran tegangan dan arus listrik untuk berbagai sampel yang dibuat dengan temperatur yang berbeda. Sampel 1: 250 °C; sampel 2: 330 °C; sampel 3: 380°C ;sampel 4 :390 °C; sampel 5:400 °C; sampel 6:410 °C; sampel 7:420 °C.

Uji Transparansi dengan UV-Vis Spektrofotometer

Transmitansi film FTO yang dibuat dengan berbagai temperatur substrat dapat dilihat pada **gambar 4**. Sampel 1,2 dan 4 mempunyai transmitan lebih dari 80% untuk panjang gelombang antara 400 sampai 900 nm. Sedang, untuk gelas FTO yang dibuat dengan temperatur 420 C mempunyai transmitan rata-rata 60%. Rendahnya tingkat transmitan ini berkorelasi dengan rendahnya sheet resistance yang dihasilkan.

4. Kesimpulan

Pada makalah ini telah ditunjukkan bahwa dengan proses pyrosol menggunakan metode deposisi pada tekanan atmosferik dapat digunakan untuk membuat kaca konduktif SnO₂:F (FTO) dengan ukuran 10 cm x10 cm. Dari karakterisasi resistivity, sheet resistance



Gambar 4. Transmitan sampel yang dibuat dengan berbagai temperatur. Sampel 1: 250 °C; sampel 2: 330 °C; sampel 3: 380°C,sampel 4 :390 °C; sampel 5:400 °C;sampel 6:410 °C;sampel 7:420 °C.

yang terbaik adalah 20.54 ohm per square yang dibuat dari prekursor dengan konsentrasi 0.5N. Sehingga diharapkan, film FTO ini dapat digunakan untuk membuat elektroda generasi ke-3 dan ke-4.

Daftar Pustaka

G. Bladenet, M.Court and Y. Lagarde, Thin Solid Film,77(1981)81.
K.L. Chopra, S. Major and D.K. Pandya, Thin Solid Films,102(1983)1
Martinson, A. B. F.; Hamann, T. W.; Pellin, M. J.; Hupp, J. T. New architectures for dye-sensitized solar cells. *Chemistry-a European Journal* **2008**, 14, 4458-4467.
O.G. Raabe, Generation of aerosols of fine particles, in Y.H. Liu(ed.), Fine particles, Academic Press, New York, 1976,p.57.
R.T. Lang, J.Acoust. Soc. Am., 34(1962)6.
W.A. Bryant, J.Mater Sci., 12(1977) 1285

TANYA JAWAB

Penanya : Eko Sulistyono (LIPI)

Pertanyaan :

- 1). Cara mengukur hambatan sehingga diperoleh nilai resistivity ?
- 2). Gelombang ultrasoniknya apa bervariasi?

Jawaban :

- 1)Untuk resistivity kita dapat data dari analisis dengan alat point probe (di lab. MIPA) sehingga diperoleh data V dan I dengan rumus $R = V/I$. Jadi resistivity bisa dihitung.
- 2) Ada variasi tapi hanya pada setting alat ultrasonik nebulizernya, yaitu pada volume tertentu. Air flow dan waktu untuk deposisinya.