

Sintesis Film Tipis Tembaga Oksida dengan Metode Sol-gel Dip-Coating sebagai Solar Selective Absorber

Andrizal¹⁾, Syamsu Herman ²⁾, Amun Amri²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia

Laboratorium Material dan Korosi

Jurusan S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293

¹⁾Email : andrizal04@yahoo.com

ABSTRACT

Solar selective absorber (SSA) is a thin film at the surface of the collector that absorbs solar radiation selectively and convert it into maximum heat energy. Solar selective absorber can be synthesized using sol-gel dip-coating method. The purpose of this research is to know the effect variation number of dipping-drying cycles to absorptance copper oxyde coating. Pieces of aluminum with size 2cm x 4cm were cleaned using a solution of phosphoric acid 10% at temperature 50°C for 10 minutes. Sol precursor prepared by dissolved copper nitrate trihydrate and propionic acid in ethanol. The sol prekursor was stirred for 2 hours at room temperature. The coating was synthesized with 0.3M and the number of dipping-drying cycles 4x, 6x and 8x, then annealed at temperature 550 °C for 1 hour. The results showed that the highest absorptance value found in coatings which was synthesized using copper oxyde 0.3M at 8x cycles with absorptance (α) = 71.99%, emitance (ϵ) = 6.63%, XRD test showed of cupric oxide (CuO).

Keywords : coating, solar selective absorber, sol-gel dip-coating.

1. Pendahuluan

Peran energi sebagai bahan dasar sangat penting bagi kelangsungan hidup dan pembangunan peradaban umat manusia. Sesuai dengan sejarah peradaban umat manusia, dimana energi berfungsi sebagai alat utama dalam proses transformasi dari peradaban agraris menuju kepada peradaban industri [DEN, 2015].

Matahari merupakan sumber energi terbesar dan kontinyu yang bersifat ramah lingkungan yang dapat dimanfaatkan manusia. Saat ini radiasi matahari belum dapat dimanfaatkan secara maksimal sebagai energi oleh manusia, padahal radiasi matahari dapat dikonversi menjadi energi listrik, beberapa metode dalam mengkonversi radiasi matahari yaitu *photovoltaic* dan *solar thermal* [Ibrahim et

al, 2011]. *Photovoltaic*, mengkonversi radiasi matahari secara langsung menjadi energi listrik, namun konversinya < 20%, sedangkan *solar thermal*, mengkonversi radiasi matahari menjadi panas terlebih dahulu (>60%) kemudian panas tersebut dikonversi menjadi energi listrik melalui rute pembangkit listrik tenaga matahari (*concentrating solar power*) [Mastai et al, 2002]. Selain itu *solar thermal* dapat digunakan untuk pemanas air tenaga matahari (*solar water heater*), sumber panas untuk sistem pendingin tenaga matahari (*solar- AC*) [Chow, 2010].

Faktor utama yang menentukan efisiensi dari *solar thermal collector* adalah lapisan tipis (*coating*) pada permukaan *collector* yang menyerap radiasi matahari secara maksimal dan mengkonversinya menjadi energi panas.

SSA mengabsorpsi (α) radiasi matahari pada panjang gelombang $<2.5 \mu\text{m}$ (UV-Vis-NIR), namun merefleksikan radiasi $>2.5 \mu\text{m}$ (*mid-far infrared*), emitansi (ϵ) rendah [Bayon *et al*, 2010; Bostorm *et al*, 2011].

Saat ini *coating solar thermal* secara komersial diproduksi dengan metode *electro-plating* dan *sputtering* namun memiliki kelemahan prekursor dalam jumlah besar dibuang ke lingkungan sehingga menyebabkan tidak ramah lingkungan dan harga produksi tinggi [Wang *et al*, 2012; Khamlich *et al*, 2012]. Oleh karena itu, diperlukan alternatif lain dalam sintesis SSA yang ramah lingkungan dan tidak mahal yaitu *sol-gel dip-coating*. *Sol-gel* merupakan metode sintesis material nanopartikel yang cukup mudah dan sederhana. Proses pembuatan *sol-gel* melibatkan larutan sebagai medianya [Suastiyanti dan Wijaya, 2014]. Prekursor dalam pembuatan *sol-gel* adalah alkoksida logam dan klorida logam, yang kemudian mengalami reaksi hidrolisis dan reaksi polikondensasi sehingga membentuk partikel koloid berukuran 1nm - $1\mu\text{m}$.

Sedangkan *dip-coating* merupakan metode pelapisan substrat yang terdiri dari larutan prekursor dan penarikan substrat dari prekursor secara gravitasi, kemudian dikeringkan untuk menghilangkan pelarut [Brinker dan Hurt, 1994].

2. Metode Penelitian

Tahap pembuatan SSA berbasis nitrat diatas substrat aluminium dengan metode *sol-gel dip-coating* diawali dengan proses pembersihan substrat (aluminium) menggunakan larutan H_3PO_4 10%. Substrat dipotong terlebih dahulu $2\text{cm} \times 4\text{cm}$ [Amri *et al* 2014]. Kemudian dicuci dengan cara dicelupkan ke larutan H_3PO_4 10% pada suhu $\pm 50^\circ\text{C}$ selama 10 menit

dan dibilas dengan aquades serta dikeringkan pada suhu ruang.

Selanjutnya sintesis *coating* pada substrat dilakukan dengan konsentrasi molar dan variasi ketebalan film. Tahapan prosesnya serbuk $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ditambah $\text{C}_2\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}$, selanjutnya larutkan dengan etanol membentuk 0.3M. Setelah itu ambil 40 mL sol prekursor ke gelas kimia. Kemudian aduk selama 2 jam pada suhu ruang dalam wadah tertutup dengan kecepatan 400 rpm. Substrat yang telah dibersihkan dicelupkan dengan metode *dip-coating* ke dalam sol prekursor, diamkan 1 menit, kemudian diangkat dengan kecepatan 750 mm/menit. *Coating* dikeringkan pada *hotplate* pada suhu $\pm 200^\circ\text{C}$ selama 1 menit, untuk ketebalan berbeda diulang pada 6x dan 8x. *annealing* akhir dilakukan dalam *furnace* pada suhu 550°C selama 1 jam.

Substrat yang telah di *coating* diuji dengan alat UV-Vis-NIR *spectrophotometer*, standar analisa menggunakan AM1.5 (ISO 9845-1/1992) [Duffie dan Beckman, 2006]. Absorptansi optimal diperoleh bila kurva reflektansi memberikan nilai absorptansi tertinggi namun memotong *cut-off* $2.5 \mu\text{m}$ pada kisaran $\geq 50\%$ [Duffie dan Beckman, 2006]. Setelah didapatkan *coating* dengan absorptansi terbaik dilakukan uji emitansi (FTIR) dan analisa struktur kristal (XRD).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Nilai Absorptansi

Suatu material SSA yang efisien ditandai dengan nilai absorptansi (α) tinggi diikuti dengan nilai emitansi (ϵ) yang rendah [Kennedy, 2002]. Nilai absorptansi suatu *coating* SSA ditentukan dalam term reflektansi permukaan. Spektra reflektansi *coating* sol tembaga oksida pada konsentrasi 0.3M dengan variasi ketebalan

yaitu pada 4x = 65.03%, 6x = 67.52 % dan 8x = 71.99%.

Sintesis tembaga oksida terbaik didapatkan pada absorptansi tertinggi [Duffie dan Beckman, 2006]. Secara umum dapat dilihat bahwa nilai absorptansi tertinggi didapatkan pada 8 kali siklus.

3.1 Nilai Emitansi

Spektra reflektansi (ρ) dari *coating* tembaga oksida yang disintesis menggunakan konsentrasi 0.3M dengan 8 kali siklus dalam area panjang gelombang (λ) *infrared*.

Tabel 1. Nilai emitansi

λ	Div 373 K	ρ
1660	4.45	85.82
2050	5.49	92.49
2320	6.21	94.05
2560	6.86	94.25
2790	7.47	95.29
3010	8.06	95.69
3230	8.65	95.65
3460	9.27	95.69
3710	9.94	94.37
3970	10.64	90.98
4250	11.39	92.58
4570	12.25	93.92
4930	13.21	93.8
5350	14.34	93.2
Σ 1307		

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai reflektansi terdapat pada kisaran 85.82-95.69 %. Pengolahan data reflektansi didapatkan nilai emitansi (ϵ) = 6.63%. Hasil ini cukup baik yang menandakan bahwa permukaan melepaskan energi radiasi yang rendah [Duffie dan Beckman, 2006]. Berdasarkan hasil yang didapat,

kita dapat menentukan selektivitas dari *coating* $s = \alpha/\epsilon = 0.7199/0.0663 = 10.85$.

Beberapa fluktuasi yang terjadi merupakan karakterisasi intrinsik dari senyawa tembaga oksida.

3.2 Analisa Struktur Kristal

Analisa Struktur kristal bertujuan untuk melihat senyawa kimia dan struktur kristal yang terdapat didalam sampel. Hasil absorptansi terbaik yang didapatkan dengan 8 kali siklus menunjukkan difraktogram *coating* pada permukaan substrat Cu yang disintesis pada suhu *annealing* 550°C.

Hasil yang diperoleh menunjukkan tiga puncak utama pada 2θ : 35.44°; 38.67°; 43.3857° dengan hkl (-111); (002); (111). Bersesuaian dengan pola difraksi dari data ICDD (*The International Centre for Diffraction Data*) dengan No. Card 00-045-0937. Berdasarkan hasil perbandingan tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa telah terbentuk lapisan CuO dengan struktur kristal *monoclinic* yang mempunyai intensitas tertinggi. Sedangkan puncak Cu₂O hampir tidak ada terbentuk di atas substrat [Maruyama, 1998].

4. Kesimpulan

SSA dapat dibuat dari tembaga oksida. Secara umum spektra reflektansi pada area UV-Vis-NIR menunjukkan bahwa peningkatan jumlah pencelupan dapat meningkatkan absorptansi (α). Nilai absorptansi optimum (α) = 71.99% dicapai pada *coating* dengan 8 kali siklus. Nilai emitansi (ϵ) = 6.63%, struktur kristal yang terbentuk CuO.

Daftar Pustaka

Amri, A., Jiang Z.T., Zhao, X., Xie, Z., Yin, C.Y dan Ali, N., 2014, Tailoring the physicochemical and

- mechanical properties of optical copper-cobalt oxide thin films through annealing treatment, *Surface and Coatings Technology*; 239: 212-221.
- Bayon, R.G., Vicente, S dan Morales, A., 2010, Durability tests and up-scaling of selective absorbers based on copper-manganese oxide deposited by dip-coating, *Solar Energy Materials and Solar Cells*; 94: (6): 998-1004.
- Boström, T., Valizadeh, S., Lu, J., Jensen, J., Westin, G and Wäckelgård, E., 2011, Structure and morphology of nickel-alumina/silica solar thermal selective absorbers, *Journal of Non-Crystalline Solids*; 357 (5): 1370-1375.
- Brinker, C.J dan Hurd, A.J., 1994, Fundamentals of sol-gel dip-coating, *Thin Solid Films*; 201: (1): 97-108.
- Chow, T.T., 2010, A review on photovoltaic/thermal hybrid solar technology, *Applied Energy*; 87: (2): 365-379.
- Dewan Energi Nasional, 2015, *Tentang Dewan Energi Nasional*, 18 Agustus 2015, DEN, Jakarta, www.den.go.id/index.php, diakses pada 4 April 2015, Pkl. 00.50 WIB.
- Duffie, J. A dan Beckman, W. A., 2006, *Solar engineering of thermal processes third edition*, John Wiley & Sons Inc: New Jersey.
- Ibrahim, A., Othman, M.Y., Ruslan, M.H., Mat, N.S dan Sopian, K., 2011, Recent advances in flat plate photovoltaic/thermal (PV/T) solar collectors, *Renewable Sustainable Energy Reviews*; 15: (3): 52-65.
- Kennedy, C.E., 2002, Review of mid-to high-temperature solar selective absorber materials, Technical report TP-520-31267, *National Renewable Energy Laboratory*; Golden Colorado.
- Khamlich, S., Nemraoui, O., Mongwaketsi, N., McCrindle, R., Cingo, N dan Maaza., 2012, Black Cr/ α -Cr₂O₃ nanoparticles based solar absorbers, *Physica B: Condensed Matter* 407; (10): 1509-1512.
- Maruyama, T., 1998, Copper oxide thin films prepared by chemical vapor deposition from copper dipivaloylmethanate, *Solar Energy Materials & Solar Cells*; 56: (0): 85-92.
- Mastai, Y., Polarz, S dan Antonietti, M., 2002, Silica-carbon nanocomposites - A new concept for the design of solar absorbers, *Advanced Functional Materials*; 12: (3): 197-202.
- Suastiyanti, M dan Wijaya, M., 2014. Metode sol-gel pada sintesa bafe₁₂O₁₉ nanopartikel dan fasa tunggal sebagai material dasar untuk ultimate memory device. *Skripsi*; Program Studi Teknik Mesin-Institute Teknologi Indonesia.
- Wang, X., Li, H., Yu, X., Shi, X dan Liu, J., 2012, High-performance solution processed plasmonic Ni nanochain-Al₂O₃ selective solar thermal absorbers, *Applied Physics Letter*; 101: 20310.