

TPM 04

Integrasi Coating Silika – Tembaga Kobal Oksida Berbasis Nitrat pada Substrat Aluminium yang Disintesis Melalui Rute *Sol-gel Dip-coating*: Sifat Absorptansi dan Emitansi

Amun Amri, Ahmad Fadli, Zultiniar, Wilda Zakiah

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kampus
Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
amun.amri@eng.unri.ac.id

Abstrak

Telah berhasil disintesis coating silika - tembaga kobal oksida pada substrat aluminium menggunakan metode sol-gel dip-coating untuk aplikasi solar selektif absorber. Lapisan coating antirefleksi silika yang diperoleh dari proses kalsinasi gel *tetraethyl orthosilicate* (TEOS) melapisi lapisan *underlayer* tembaga kobal oksida yang diperoleh dari proses kalsinasi gel tembaga kobal berbasis nitrat. Hasil integrasi selanjutnya dikarakterisasi sifat optisnya berupa absorptansi (α) dan emitansi (ε) secara berturut-turut menggunakan UV-Vis-Nir yang dilengkapi bola integrasi dan FTIR *spectrophotometer*. Pengaruh jumlah siklus pencelupan – pengeringan (ketebalan) antirefleksi silika terhadap sifat absorptansi dan emitansi dari lapisan hasil integrasi diperelajari. Secara umum terlihat bahwa nilai absorptansi berfluktuasi terhadap peningkatan jumlah siklus pencelupan – pengeringan, dengan nilai absorptansi tertinggi $\alpha=86,1\%$ ditunjukkan oleh coating silika dengan 3 kali siklus pencelupan-pengeringan. Meskipun demikian absorptansi optimum $\alpha=82,4\%$ ditunjukkan oleh coating silika dengan 5 kali siklus pencelupan-pengeringan. Nilai emitansi menurun dengan meningkatnya siklus pencelupan-pengeringan coating silika dengan nilai emitansi terendah $\varepsilon=4,8\%$ ditunjukkan oleh coating silika yang disintesis dengan 5 kali siklus pencelupan - pengeringan. Penambahan ketebalan antirefleksi silika berdampak positif menurunkan emitansi.

Kata kunci: absorptansi, aluminium, emitansi, silika - tembaga kobal oksida, sol-gel

1.0 PENDAHULUAN

Kolektor panas matahari bekerja mengkonversi radiasi matahari menjadi energi panas secara maksimal dengan seminimal mungkin panas yang hilang. Kolektor panas dewasa ini telah memiliki aplikasi yang luas mulai dari aplikasi domestik pemanas air tenaga matahari, solar AC (pendingin ruangan berbasis *heat absorber refrigerant*), sampai pada pembangkit listrik tenaga matahari (*concentration solar power, CSP*) non solar-cell [1]. Komponen utama dari kolektor panas adalah solar selective absorber (SSA) yaitu berupa lapisan tipis/coating penyerap radiasi secara selektif dimana hanya menyerap radiasi UV-Vis-Nir, namun menolak mid-far inframerah. Secara ideal, suatu SSA harus mampu menyerap UV-Vis-Nir setinggi mungkin (absorptansi (α) tinggi) dengan nilai emitansi panas (ε) serendah mungkin [2].

Dewasa ini riset untuk menemukan bahan SSA yang ideal sangat intensif dilakukan

[3,4]. Lapisan SSA yang baik adalah bahan yang memiliki durabilitas tinggi, proses produksi dan produk yang dihasilkan aman bagi lingkungan serta *low-cost* untuk menggantikan bahan SSA populer komposit keramik – metal (cermet) Cr-Cr₂O₃ yang mahal dan kurang ramah lingkungan [1]. Baru-baru ini kami telah berhasil mensintesis lapisan SSA tembaga kobal oksida melalui teknik sol-gel menggunakan prekursor tembaga asetat dan kobal klorida. Nilai absorptansi yang diperoleh sangat menjanjikan, yaitu $\alpha=84,4\%$ [5]. Meskipun demikian proses sintesis masih menyisakan kendala dimana sol prekursor bersifat relatif mudah mengendap sehingga tidak *reproducible* bila ingin ditingkatkan ke skala yang lebih besar. Penelitian ini mencoba mensintesis lapisan SSA tembaga kobal oksida dengan penambahan antirefleksi silika dengan prekursor yang berbeda yaitu prekursor tembaga dan kobal berbasis nitrat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tembaga dan kobal nitrat dapat digunakan sebagai prekursor untuk sintesis SSA yang lebih *reproducible*. Penambahan antirefleksi silika berdampak positif menurunkan emitansi.

2.0 METODOLOGI

2.1 Bahan dan Alat

Bahan – Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah substrat aluminium komersial (Anofol, Italia), tembaga nitrat trihidrat (Cu(NO₃)₂. 3H₂O) (Merck, Jerman), kobalt nitrat trihidrat (Co(NO₃)₂.6H₂O) (Merck, Jerman), *tetraethyl orthosilicate* (TEOS) (Merck, Jerman), *hydrochloric acid* (HCl) 37% (Merck, Jerman), asam propionat (CH₃CH₂CO₂H) 96% (Merck, Jerman), etanol absolut (C₂H₅OH) 96% (Merck, Jerman), asam fosfat (H₃PO₄) 85% (Merck, Jerman), aqua DM (PT. Bratako Chemika), asam nitrat (HNO₃) (Merck, Jerman), ammonia (NH₄OH) (Merck, Jerman) dan es batu. Sedangkan peralatan utama yang digunakan adalah *Dip-coater*, *Furnace*, *Hot plate stirrer*, *neraca digital*, serta peralatan standar laboratorium lainnya

2.2 Penyiapan Sampel Dan Karakterisasi

Pelaksanaan pembuatan SSA (*Solar Selektive Absorber*) berbasis tembaga nitrat (Cu(NO₃)₂.3H₂O) di atas substrat aluminium dengan metode sol-gel *dip-coating* dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu pembersihan Aluminium, sintesis lapisan *Coating*, pelapisan dengan *silica* dan karakterisasi. Persiapan Substrat Aluminium diawali dengan pemotongan menggunakan alat Iwatra di lab Produksi Teknik Mesin UR. Kemudian substrat dicuci dengan larutan H₃PO₄ 10% dengan cara pencelupan pada suhu 50°C selama 10 menit, aluminium dicuci kembali dengan Aquades dan dikeringkan pada suhu kamar. Proses pembersihan aluminium bertujuan untuk menghilangkan zat pengotor dan zat organik yang masih menempel pada permukaan substrat aluminium.

Tahap selanjutnya adalah sintesis coating tembaga kobal oksida yang dilakukan menggunakan *metode sol-gel dip-coating*. Serbuk Tembaga nitrat trihidrat (Cu(NO₃)₂.3H₂O) sebanyak 1.20 gr dan Kobalt nitrat trihidrat (Co(NO₃)₂.6H₂O) sebanyak 1.46 gr, masing – masing larutan dilarutkan dalam asam propionat (CH₃CH₂CO₂H) 0,38 mL. Selanjutnya larutkan dengan etanol membentuk konsentrasi 0,1 M di dalam labu ukur 50 mL. Setelah itu pindahkan ke botol *reagen*. Larutan Tembaga dan Kobal Oksida dengan konsentrasi 0.1 M tersebut diaduk selama 2 jam pada suhu kamar dalam wadah yang tertutup dengan kecepatan 400 rpm dengan *magnetic stirrer*. Aluminium yang telah dibersihkan dicelupkan ke dalam larutan tembaga dan kobalt oksida, diamkan 1 menit, kemudian diangkat dengan kecepatan 750 mm/menit. menggunakan proses *dip-coating* sebanyak 1 kali pencelupan. Aluminium dikeringkan pada *hot plate* pada suhu $\pm 200^\circ\text{C}$ selama 1 menit. percobaan diulang



dengan bervariasi jumlah pencelupan 10 kali. Aluminium dimasukkan kedalam *furnace* untuk *annealing* akhir pada suhu 550°C selama 1 jam.

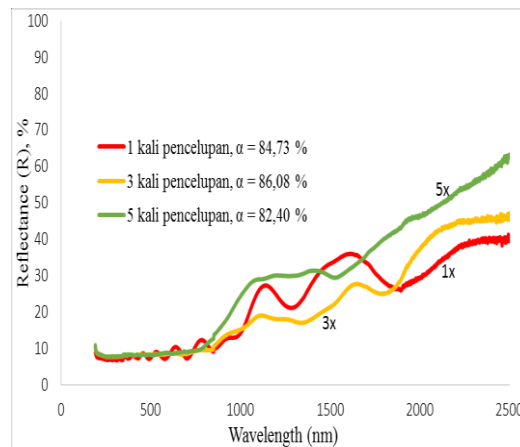
Pembuatan dense silika dilakukan dengan mencampurkan sebanyak 35.27 gr ethanol absolut ke dalam aquadest sebanyak 10.98 gr dan penambahan *Tetraethyl Orthosilicate* (TEOS) sebanyak 32.06 gr dan setetes HCl 37%. Campuran ditutup rapat dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu kamar selama 24 jam. Aluminium yang telah dilapisi larutan Cu/Co 0.1 M di celupkan kedalam larutan *dense silica* dan didiamkan selama 1 menit. Penarikan sampel dilakukan dengan kecepatan 750 mm/menit menggunakan *dip-coater*. Aluminium dikeringkan pada *hot plate* pada suhu $\pm 200^\circ\text{C}$ selama 1 menit. Percobaan diulang dengan bervariasi jumlah pencelupan 3 kali dan 5 kali. Terakhir sampel dimasukkan ke dalam *furnace* untuk *annealing* akhir pada suhu 350°C selama 30 menit.

Karakterisasi sifat absorptansi dan emitansi dilakukan dengan analisa reflektansi, masing-masing secara berurutan pada area panjang gelombang 0,3 μm - 2,5 μm dan 3 μm - 14 μm , menggunakan alat UV-Vis-Nir Jasco 670 double-beam *spektrofotometer* yang dilengkapi dengan bola integrasi untuk absorptansi dan FTIR untuk emitansi.

3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Absorptansi (α)

Gambar 1 menunjukkan spektra reflektansi lapisan tembaga kobal oksida dengan penambahan lapisan *dense silica*. Dari gambar secara umum dapat dilihat perubahan spektrum reflektansi yang relatif cukup signifikan terjadi pada daerah gelombang *Near Infrared* (NIR) dengan *wavelength* $> 0,8 \mu\text{m}$. Sifat reflektansi lapisan SSA pada daerah gelombang NIR dipengaruhi oleh 3 faktor diantaranya ketebalan lapisan *anti reflection* (AR layer), sifat intrinsik lapisan SSA serta sifat reflektivitas dari substrat



Gambar 1. Nilai Absorptansi dari Spektra Reflektansi Lapisan Kobal Oksida dengan Penambahan *Dense Silica* pada Substrat Aluminium

Pada gambar tersebut dapat juga dilihat bahwa semakin banyak jumlah pencelupan *dense silica* (semakin tebal lapisan *dense silica*), spektra reflektansi yang dihasilkan pada daerah gelombang NIR akan semakin tinggi.

Pemilihan jenis substrat yang digunakan juga memiliki pengaruh yang mendasar terhadap sifat reflektansi dari lapisan SSA. Semakin panjang *wavelength* NIR, maka jumlah radiasi matahari yang akan ditransmisikan melewati material akan semakin besar. Hal ini dikarenakan lapisan SSA berperilaku seperti semikonduktor dimana energi yang lebih kecil yang dimiliki oleh radiasi matahari dengan *wavelength* yang lebih besar tidak mampu

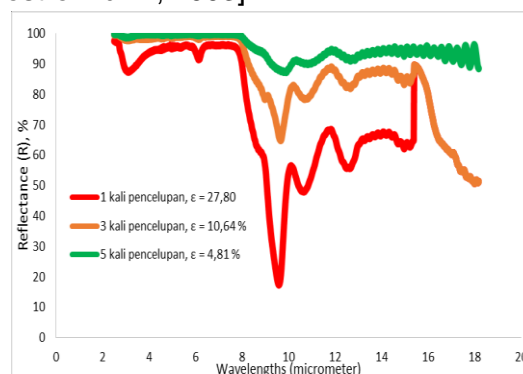
melewati energi *band gap* pada lapisan SSA yang menyebabkan radiasi matahari semakin mudah untuk melewati lapisan SSA (transparan) tanpa mengalami penyerapan. Radiasi yang ditransmisikan ini kemudian akan dipantulkan kembali oleh permukaan aluminium yang reflektif. Oleh karena itu, reflektansi pada gelombang NIR akan meningkat seiring dengan bertambahnya panjang gelombang radiasi matahari.

Nilai absorptansi tertinggi ($\alpha=86,08\%$) tercapai ketika lapisan disintesis menggunakan larutan *dense silica* yang dideposisi pada substrat aluminium dengan 3 kali pencelupan. Namun, absorptansi optimal diperoleh bila kurva reflektansi memberikan nilai absorptansi tertinggi namun memotong garis *cut-off* (panjang gelombang 2,5 μm) pada kisaran reflektansi $\geq 50\%$ [Duffie dan Beckman, 2006]. Sampel SSA yang memberikan nilai absorptansi tertinggi tersebut ternyata belum memenuhi kriteria yang baik. Sampel SSA ini memiliki reflektansi yang rendah pada kisaran 46% pada garis *cut-off*, sehingga bila dilakukan pengujian akan menghasilkan nilai emitansi yang tinggi juga. Oleh karena itu, berdasarkan kriteria SSA yang telah diuraikan, maka ditentukan SSA yang memiliki absorptansi terbaik dan memenuhi kriteria tersebut. SSA terbaik diperoleh pada sampel substrat aluminium dengan 5 kali pencelupan yang menghasilkan absorptansi sebesar 82,40%.

3.2 Analisa Emitansi (ϵ)

Reflektansi yang tinggi menandakan emitansi yang rendah dan sebaliknya. Spektra reflektansi yang dihasilkan dari lapisan SSA yang disintesis dengan penambahan lapisan *dense silica* pada berbagai jumlah pencelupan dapat dilihat pada Gambar 2. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penambahan lapisan *dense silica* memiliki efek substansial pada profil spektra reflektansi pada rentang 3-8 μm , penambahan lapisan *dense silica* akan meningkatkan reflektansi, namun dalam rentang 8-10 μm , lapisan *dense silica* menyerap terlalu banyak cahaya inframerah sehingga meningkatkan emitansi termal.

Secara umum terlihat bahwa semakin tinggi jumlah pencelupan maka nilai emitansi semakin menurun yang menandakan bahwa energi yang hilang semakin mengecil. Hal ini cukup berbeda secara teoritis yang justru sebaliknya. Perbedaan ini sejauh ini belum dapat dikonformasi penyebabnya. Spektra reflektansi yang dihasilkan pada larutan *dense silica* dengan jumlah pencelupan 5 kali (lapisan SSA dengan absorptansi terbaik) menghasilkan nilai emitansi 4,81 %. Hasil emitansi dari lapisan SSA ini cukup memuaskan dikarenakan syarat SSA yang baik dan dapat dikomersilkan memiliki absorptansi $\geq 80\%$ dan emitansi $\leq 10\%$ [Bayon dkk., 2010; Bostrom dkk., 2003].



Gambar 2. Spektra Reflektansi Lapisan Tembaga Kobal Oksida dengan Penambahan *Dense Silica* pada Berbagai Jumlah Pencelupan

Dari hasil pengujian absorptansi dan emitansi, diperoleh selektifitas $S = \alpha/\varepsilon = 82,4 / 4,81 = 17,3$. Nilai ini cukup baik untuk suatu solar selektif absorber.

4.0 KESIMPULAN

Telah berhasil disintesis coating solar selektif tembaga kobal oksida berbasis prekursor nitrat dengan penambahan lapisan silika menggunakan proses sol-gel dip coating. Absorptansi optimal ($\alpha=82.4\%$) ditunjukkan oleh coating yang dilapisi silika dengan 5x siklus 5x pencelupan-pengeringan dengan nilai emitansi ($\varepsilon=4.81\%$). Peningkatan ketebalan silika berefek positif menurunkan emitansi.

Daftar Pustaka

- [1] Amri, A., Jiang, Z.T., Pryor, T., Yin, C.-Y., Djordjevic, S.: Developments in the synthesis of flat plate solar selective absorber materials via sol-gel methods: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **36**, 316-328 (2014).
- [2] Katumba, G., Lu, J., Olumekor, L., Westin, G., Wäckelgård, E.: Low cost selective solar absorber coatings: characteristics of carbon-in-silica synthesized with sol-gel technique. *Journal of Sol-Gel Science and Technology* **36**(1), 33-43 (2005). doi:10.1007/s10971-005-4793-4
- [3] Sakurai, A., Kawamata, T.: Electromagnetic resonances of solar-selective absorbers with nanoparticle arrays embedded in a dielectric layer. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* **184**, 353-359 (2016). doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jqsrt.2016.08.005
- [4] Chen, Z., Boström, T.: Accelerated ageing tests of carbon nanotube spectrally selective solar absorbers. *Solar Energy Materials and Solar Cells* **157**, 777-782 (2016). doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.solmat.2016.07.017
- [5] Amri, A., Jiang, Z.-T., Zhao, X., Xie, Z., Yin, C.-Y., Ali, N., Mondinos, N., Rahman, M.M., Habibi, D.: Tailoring the physicochemical and mechanical properties of optical copper-cobalt oxide thin films through annealing treatment. *Surface and Coatings Technology* **239**(0), 212-221 (2014). doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.surfcoat.2013.11.044.