

Sintesa Coating Kobalt Oksida dengan Proses Sol-Gel Dip-Coating Sebagai Solar Selective Absorber : Pengaruh Konsentrasi Molar Co dan Ulang Deposisi

Dimas Nofriyan¹, Amun Amri², Komalasari³

Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia S1, Dosen Teknik Kimia
Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru, Panam
Pekanbaru 28293

ABSTRACT

The Study of the solar absorber with cobalt oxide as the heat absorbing surfaces has been conducted. A dip-coating technique has been used to deposit cobalt oxide coatings on aluminum substrates. A solution of cobalt oxide was prepared in a bath by first mixing $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, ethanol and a small amount of propionic acid. The sol prekursor was stirred for 2 hours at room temperature. Pieces of aluminum with size $2 \times 4 \times 0.5 \text{ cm}$ were cleaned using a solution of phosphoric acid 10% at temperature 50°C for 10 minutes. The coating was synthesized by varying molar precursors 0.1M; 0.2M; 0.3M and the number of dipping-drying cycles 2x, 4x, 6x, 8x and 10x, then annealed at temperature 550°C for 1 hour. The solar absorptance and emittance were parameters to characterize the performance of the absorber. In practical terms, this generally corresponded to absorbing short wavelengths up to a certain cut-off wavelength (solar spectrum, UV-VIS-NIR), and a low thermal emittance in the IR wavelength region. Consequently, this research attained high performance solar selective absorber of which solar absorptance was 80,14% and emittance was 7,65% on 4 cycles. Values of selectivity, $\alpha/\epsilon = 10,48$ were obtained. XRD test showed the crystal structure of cobalt oxide, SEM test showed the surface structure of the coating was relatively homogenous and adhesion test showed the adhesion between the coating and the substrate can be categorized as very strong (5B scale ASTM D 3359).

Keyword : coating, solar selective absorber, sol-gel dip-coating

1. PENDAHULUAN

Energi baru dan yang terbarukan dewasa ini menjadi isu penting yang menjadi pusat perhatian banyak kalangan. Hal ini disebabkan penggunaan sumber energi khususnya bahan bakar untuk pembangkit - pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang dapat menyebabkan menipisnya jumlah minyak bumi, gas dan batu bara di alam. Eksploitasi energi skala besar

berakibat menurunnya ketersediaan bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara dan gas alam. Hal ini dikarenakan bahan bakar fosil merupakan energi non - konvensional atau sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui.

Usaha - usaha untuk mendapatkan energi alternatif telah lama dilakukan untuk mengurangi pemakaian sumber daya minyak bumi. Untuk mengatasinya dibutuhkan energi alternatif, salah satunya adalah energi

panas matahari. Panas matahari merupakan sumber energi yang dapat diperbarui karena ketersediaan di alam sangat melimpah jumlahnya, selain itu energi panas matahari merupakan energi utama bagi kehidupan di bumi dan dapat diperoleh tanpa biaya. Energi panas matahari sangat potensial untuk dikembangkan di Indonesia, karena Indonesia terletak di daerah khatulistiwa, maka Indonesia akan disinari matahari selama 10 sampai dengan 12 jam sehari.

Sampai saat ini ada dua jenis teknologi yang sudah diterapkan untuk memanfaatkan potensi energi surya, yaitu teknologi *photovoltaic* dan *solar thermal*. [Asy'ari. dkk, 2012] Teknologi *solar thermal* adalah suatu cara untuk mengkonversi radiasi matahari menjadi panas. Cara ini menggunakan alat pengumpul (kolektor) radiasi matahari. Kolektor *solar thermal* berfungsi menerima dan mengumpulkan radiasi surya sebanyak mungkin dan mengalirkannya ke fluida kerja. Oleh karena itu, salah satu syarat bahan kolektor adalah memiliki faktor absorptivitas dan konduktivitas tinggi.

Efisiensi konversi sangat tergantung pada sifat-sifat bahan absorber dalam kolektor. Kemampuan plat absorber dalam menyerap radiasi matahari (radiasi gelombang pendek) tergantung pada faktor absorptivitas surya (α), makin besar faktor absorptivitas surya suatu bahan absorber semakin besar efisiensi konversinya. Di sisi lain, jika bahan absorber menerima radiasi matahari maka temperaturnya akan meningkat sehingga berpotensi memancarkan energi radiasi (radiasi gelombang panjang).

Solar Selective Absorber (SSA) merupakan lapisan tipis untuk mengkonversi cahaya matahari menjadi panas maksimum. Agar diperoleh panas maksimum, maka SSA yang baik seharusnya memiliki absorptansi lebih besar dari 80% pada $\lambda <$

2.5 μm diikuti dengan emitansi (ϵ) rendah ($<10\%$) pada $\lambda > 2.5 \mu\text{m}$.

Dip coating adalah suatu proses untuk melapisi suatu bahan dasar (substrat) dengan proses pencelupan untuk memberikan perlindungan terhadap material. Proses *dip coating* terbagi atas 4 tahap yaitu:

- Tahap Perendaman (*Immersion*)
- Tahap *Start-up*
- Tahap Pengeringan
- Tahap Penguapan

Perendaman merupakan tahap dimana terjadinya proses pencelupan dan perendaman substrat dalam larutan. Tahap *start-up* merupakan tahap dimana substrat telah berada di dalam larutan untuk sementara waktu dan mulai ditarik ke atas. Tahap pengeringan merupakan tahap dimana kelebihan cairan (gel basah) akan mengalir dari permukaan. Tahap penguapan merupakan tahap dimana pelarut yang menguap dari cair akan membentuk lapisan tipis (gel kering). Pada proses *dip coating* ini, kecepatan alat sangat berpengaruh pada tiap langkah yang dilalui. Untuk itu, perlu diperhatikan dalam pengontrolan kecepatan gerak alat agar hasil pelapisan bahan semikonduktor mencapai hasil yang sesuai dengan kebutuhan [Dara, 2012].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah substrat aluminium komersial (Anofol, Italia), kobalt nitrat heksahidrat ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (Merck, Jerman), asam propionat ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$) (Merck, Jerman), asam fosfat (H_3PO_4) 85% (Merck, Jerman), etanol absolut ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 96% (Merck, Jerman) dan akuades (Bratachem, Indonesia).

Tahap Persiapan

Tahap persiapan substrat aluminium dimulai dengan melakukan proses

pemotongan substrat aluminium dengan menggunakan mesin pemotong Iwatra pada laboratorium Produksi Universitas Riau. Selanjutnya substrat aluminium tersebut dibersihkan dengan cara mencelupkan substrat aluminium kedalam larutan *phosphoric acid* (H_3PO_4) 10% volume pada suhu $\pm 50^\circ C$ selama 10 menit lalu aluminium tersebut dibersihkan kembali dengan menggunakan akuades dan dikeringkan pada suhu kamar.

Proses Pembuatan SSA

Tahap pembuatan lapisan SSA pada substrat aluminium dilakukan dengan menggunakan larutan kobalt nitrat heksahidrat ($Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) dengan variasi molar larutan dan variasi ketebalan film (berdasarkan jumlah pencelupan-pengeringan) pada konsentrasi asam propionat yang digunakan sebesar 0,1 M. Tahap ini terdiri dari beberapa langkah diantaranya:

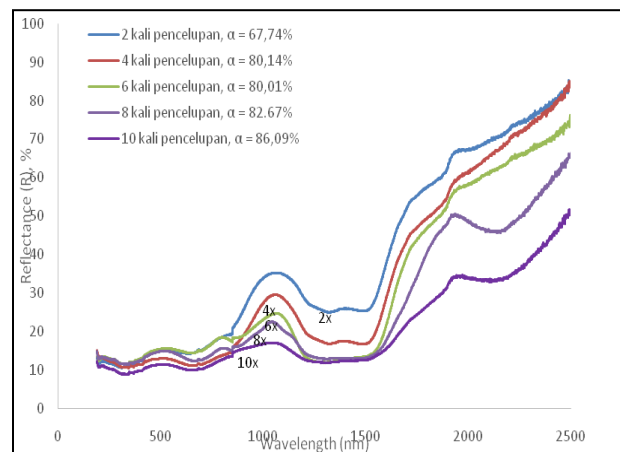
1. Larutan Kobalt nitrat heksahidrat ($Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) (0,1 - 0,3) M dibuat dengan cara melarutkan kristal kobalt nitrat ($Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) dan asam propionate (CH_3CH_2COOH) dengan rasio molar 1:1 kedalam etanol hingga mencapai volume total 100 ml.
2. Campuran tersebut diaduk selama 2 jam pada suhu kamar dalam wadah yang tertutup dengan kecepatan 400 rpm
3. Aluminium yang telah dibersihkan dilapisi dengan campuran zat dengan menggunakan proses *dip-coating* sebanyak 1 kali pencelupan.
4. Aluminium dikeringkan pada hot plate pada suhu $200^\circ C$ selama 1 menit
5. Percobaan diatas diulang dengan bervariasi jumlah pencelupan 2 kali, 4 kali, 6 kali, 8 kali, dan 10 kali pencelupan
6. Aluminium dimasukkan kedalam *furnace* pada suhu $550^\circ C$ selama 1 jam pada tekanan atmosfer.

7. Percobaan diatas diulangi pada larutan kobalt nitrat dengan konsentrasi 0,2M, dan 0,3M.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kurva Reflektansi

Spektra reflektansi dan nilai absorptansi (α) pada pembuatan *coating* kobalt oksida dengan substrat aluminium pada konsentrasi 0,3M dapat dilihat pada Gambar 1. Pada gambar 1 dapat dilihat terjadinya fluktuasi penyerapan radiasi matahari, peningkatan jumlah pencelupan-pengeringan(ketebalan) akan meningkatkan nilai absorptansi (α). Hal ini sesuai seperti apa yang disebutkan oleh Barrera, *et al* [2004] dan Bayon, *et al* [2008] bahwa ketebalan lapisan penyerap (SSA) menentukan nilai absorptansi akhir dari sistem. Fenomena kenaikan absorptansi juga ditunjukkan oleh peningkatan konsentrasi prekursor. Secara umum konsentrasi meningkat maka nilai absorptansi (α) meningkat pula.



Gambar 1 Nilai (α) dari spektra reflektansi dan panjang gelombang pada sintesis *coating* kobalt oksida diatas substrat aluminium pada konsentrasi 0.3M

Kriteria 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]. Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa sampel dengan jumlah 10 kali pencelupan-pengeringan memiliki garis *cut-off* pada panjang gelombang 2.5 μm , serta sampel ini memiliki nilai absorptansi tertinggi ($\alpha = 86,09\%$). namun nilai emitansi yang diperoleh dari sampel *relative* besar $\varepsilon = 23,95\%$, sehingga diperoleh selektivitas SSA hanya sebesar 3,59.

Tabel 1 Persentase nilai absorptansi pada variasi konsentrasi dan jumlah pencelupan-pengeringan

Konsentrasi kobatl Oksida	Absorptansi (%)				
	Jumlah Pencelupan				
	2	4	6	8	10
[0.1]M	60,2	65,1	71,1	69,6	72,1
[0.2]M	72,0	75,6	78,4	83,2	83,4
[0.3]M	67,7	80,1	80,0	82,6	86,0

Tabel 2 Persentase nilai emitansi pada variasi konsentrasi dan jumlah pencelupan-pengeringan

Konsentrasi kobatl Oksida	Emitansi (%)				
	Jumlah Pencelupan				
	2	4	6	8	10
[0.1]M	6,6	10,1	10,9	16,4	18,3
[0.2]M	7,9	15,9	20,7	12,9	19,5
[0.3]M	8,4	7,6	14,3	14,6	23,9

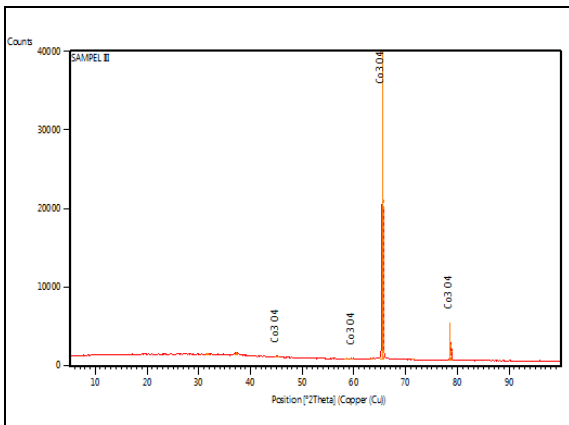
Tabel 3 Nilai selektifitas pada variasi konsentrasi dan jumlah pencelupan-pengeringan

Konsentrasi kobatl Oksida	Selektivitas				
	Jumlah Pencelupan				
	2	4	6	8	10
[0.1]M	9,07	6,43	6,49	4,23	3,9
[0.2]M	9,05	4,75	3,78	6,41	4,2
[0.3]M	8,02	10,48	5,59	5,63	3,5

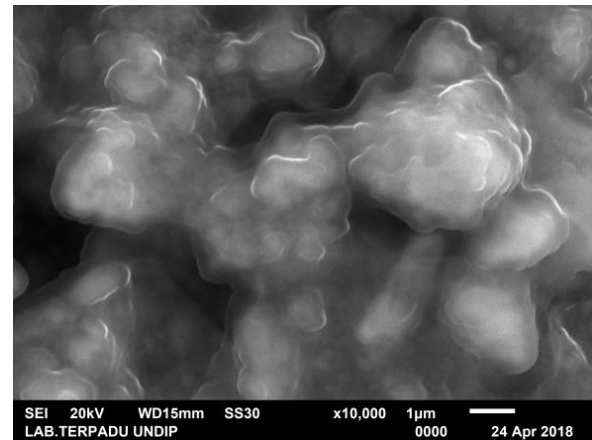
Selektivitas SSA pada sampel ini sebesar $s = \alpha/\varepsilon = 0.8014/0.0765 = 10.48$ (sampel terbaik). Sampel ini memiliki daerah *cut-off* pada panjang gelombang 1950 nm. Meskipun demikian, bila dilihat secara keseluruhan, spektra-spektra *reflectance* kobalt oksida secara intrinsik memiliki daerah *cut-off* berkisar pada panjang gelombang 1700-2100 nm, sehingga tidak mungkin di optimasi lagi kecuali dengan pencampuran/ *doping* dengan logam lain. Adapun persentase nilai absorptansi, emitansi dan selektivitas pada variasi konsentrasi dan jumlah pencelupan-pengeringan dapat dilihat pada Tabel 1-3.

Hasil Analisa struktur Kristal

Gambar 2 menunjukkan difraktogram *coating* pada permukaan substrat dengan konsentrasi kobalt oksida 0,3 M. Hasil yang diperoleh menunjukkan empat puncak utama pada 2θ : $45,12^\circ$; $59,64^\circ$; $56,44^\circ$; $78,78^\circ$. Bersesuaian dengan pola difraksi dari data ICDD (*The International Centre for Diffraction Data*) dengan No. Card 01-078-1969. Dari data XRD dapat dihitung diameter kristal kobalt oksida dengan cara memasukkan data θ , λ dan B (nilai FWHM (*Full Width at Half Maximum*)) dari puncak dengan empat intensitas tertinggi kedalam persamaan *scherrer*, maka didapatkan diameter kristal rata-rata dari puncak tertinggi. Dari perhitungan diperoleh diameter kristal Co_3O_4 rata-rata sekitar 158,34 nm.



Gambar 2 Difraktogram *coating* kobalt oksida konsentrasi 0.3 M dengan 4 kali pencelupan-pengeringan



Gambar 3 Morfologi permukaan menggunakan SEM untuk *coating* kobalt oksida 0.3 M pada pembesaran 10000x

Tabel 4 Diameter kristal dengan konsentrasi 0,1 M, 0,2 M dan 0,3 M dengan suhu *annealing* 550°C

Konsentrasi kobatl Oksida	Diameter kristal (nm)
[0.1]M	128,13
[0.2]M	132,93
[0.3]M	158,34

Hasil Analisa SEM

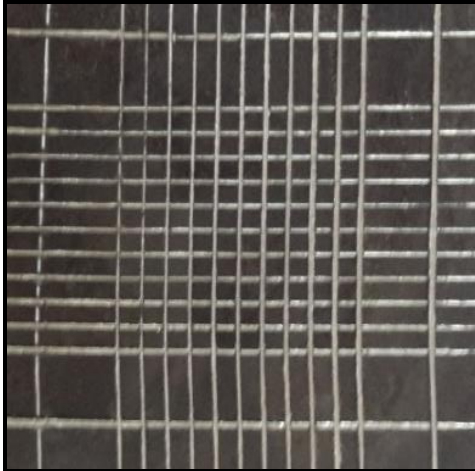
Gambar 3 merupakan gambar morfologi permukaan kobalt oksida yang terdeposisi pada substrat aluminium. Secara umum dapat dilihat bahwa permukaan *coating* relatif homogen. Partikel membentuk struktur berpori, yang teraglomerasi ini bisa terbentuk karena adanya proses *annealing* sehingga partikel bergabung membentuk partikel-partikel dengan ukuran yang lebih besar. Struktur berpori seperti ini merupakan situs yang kondusif untuk menyerap foton/cahaya matahari agar terjadi multi-refleksi dalam pori yang berkontribusi meningkatkan absorptansi.

Hasil Analisa Sifat Adhesi Coating

Hasil analisa sifat adhesi (daya ikat substrat dan *coating*), dapat dilihat pada Gambar 4 substrat yang telah di *coating* akan digores dengan *elcometer hatch cutter* 107.

Pengujian adhesi dilakukan untuk mengetahui sifat daya rekat *coating* terhadap substrat aluminium. Pengujian dilakukan pada *coating* dengan absorptansi terbaik yaitu pada konsentrasi kobalt oksida 0.3M dengan 4 kali pencelupan-pengeringan.

Hasil analisa, daya rekat (*adhesi*) *coating* substrat terlihat pada Gambar 4 Dari gambar dapat diperoleh dan di bandingkan dengan Tabel standar ASTM D-3359 maka adhesi *coating* substrat dapat dikategorikan sangat bagus sekali (5B). Dari pengamatan tidak adanya lapisan koating yang terkelupas dari substrat. Dari pengujian daya rekat (*adhesi*) setelah melihat dengan menggunakan kaca pembesar dan pencahayaan yang baik, memperlihatkan sampel mempunyai kekuatan adhesi yang sangat bagus sekali.



Gambar 4 Hasil pengujian adhesi pada sampel *coating* dengan konsentrasi 0.3 M dengan 4 kali pencelupan-pengeringan

4. KESIMPULAN

Peningkatan konsentrasi dan jumlah penyemporan tembaga kobalt oksida, secara umum dapat meningkatkan absorptansi namun reflektansi relatif berfluktuasi. Berdasarkan kombinasi antara absorbtansi dan emtansi ini diperoleh nilai selektivitas terbaik pada konsentrasi 0,3 kobalt oksida 035 M, Semakin meningkatnya konsentrasi dari prekursor kobalt, produk kristal yang terbentuk juga berbeda. Ketika konsentrasi prekursor dinaikkan menjadi 0.3 M, dengan ukuran kristal yang relatif berimbang. *Coating* kobalt oksida yang disintesis dengan konsentrasi 0.1 M dan 0.3 M memiliki sebaran partikel pada permukaan *coating* yang *relative* homogen teraglomerasi dan membentuk sistem berpori.

DAFTAR PUSTAKA

AEE INTEC, 2009, *Solar Thermal System and Components*.
<http://www.solarthermalworld.org/sites/gstec/.../solar%20thermal%20systems%20manual....>, diakses pada 2 Desember 2016, Pukul 15.10.

- Arief, A., 2011, *Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Seng Oksida (ZnO) dengan Metode Proses Pengendapan Kimia Basah dan Hidrotermal untuk Aplikasi Fotokatalisis*, Skripsi, Depok: Universitas Indonesia
- Asy'ari, H., Jamitko., dan Angga, 2012, *Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Keluaran Panel Surya*, Simposium Nasional, Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Avila, G.A., Barrera C.E., Huerta A.L., dan Muhl ,S, 2004, *Cobalt Oxide Films for Solar Selective Surfaces, Obtained by Spray Pyrolysis*, Solar Energy Material and Solar Cells, 82:269–278.
- Barrera, C.E., Avila G.A., Rodil S., dan Huerta, L, 2004, *Cobalt–copper Oxide Compound for Selective Solar Absorber*. In: World renewable energy congress (WREC) VIII.
- Chen, C.J., 2011, *Physics of Solar Energy*, New Jersey: John Wiley & Sons Inc
- Cuevas, A., dkk, 2014, *Electrochemically Grown Cobalt-Alumina Composite Layer For Solar Thermal Selective Absorbers*. Solar Energy Material and Solar Cells, 130:380–386.
- Dara, M., 2012, *Pengaruh Temperatur Pembakaran Terhadap Morfologi Hidrofobik Lapisan $TiO_2(C_3H_7)_2$ pada Kaca Dengan Metode Sol-Gel Dip Coating*, Skripsi, Medan: Universitas Negeri Medan.
- Duffie, J. A dan Beckman, W. A, 2006, *Solar Engineering of Thermal Processes*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- IHS Engineering, 2016, *Coating Services Information*,
http://www.globalspec.com/learnmore/contract_manufacturing_fabrication/coating_services_finishing_servic

- [es/coating_services](#), diakses pada 2 Desember 2016, Pukul 13.02.
- Iqbal, M., 2016, *Pengaruh Molaritas dan Jumlah Pencelupan pada Sintesis Copper-Cobalt Oksida Berbasis Nitrat di Atas Substrat Aluminium Sebagai Solar Selective Absorber dengan Metode Sol-Gel Dip Coating*, Skripsi Pekanbaru: Universitas Riau.
- Karoro, A., dkk, 2015, *Laser Nanostructured Conanocylinders- Al_2O_3 Cermets for Enhanced & Flexible Solar Selective Absorbers Applications*, Applied surface science, 347:679-684.
- Kennedy, C., E., 2002, *Review of Mid- to High-temperature Solar Selective Absorber Materials*, Technical report TP-520-31267. Golden, CO, USA: National Renewable Energy Laboratory.
- Kesim, Y, E., Battal, E., dan Okayay, A, K, 2014, *Plasmonic Material Based on ZnO Film and Their Potential for Developing Boardband Middle-Infrared Absorbers*, AIPAdvances 4, 077106
- Kontinen, P., dan Lund, P. D, 2003, *Thermal Stability and Moisture Resistance of C/ Al_2O_3 /Al Solar Absorber Surfaces*, Finland: Helsinki University of Technology
- Kontinen, P., Lund, P. D., dan Kilpi, R. J, 2003, *Mechanically Manufactured Selective Solar Absorber Surfaces*, Solar Energy Materials and Solar Cells, 79 (3):273-283.
- Kumar, S, K., dan Murugesan, S, 2013, *Nanostructured CuO Thin Films Prepared Through Sputtering for Solar Selective Absorber*, Research Article, India: Madurat Kamaraj University.
- Moon, J., dkk, 2015, *Black Oxide Nanoparticles as Durable Solar Absorbing Material for High-Temperature Concentrating Solar Power System*, Solar Energy Material and Solar Cells, 134: 417-424.
- Mustopo, Yogik Dwi., 2011, *Pengaruh Waktu Terhadap Ketebalan Dan Adhesivitas Lapisan Pada Proses Elektroplating Khrom Dekoratif Tanpa Lapisan Dasar, Dengan Lapisan Dasar Tembaga Dan Tembaga-Nikel*, Skripsi, Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Oriel., 2007, *Solar Simulation*, <http://www.assets.newport.com/pdfs/e5406.pdf>. diakses pada 2 Desember 2016, Pukul 15.20.
- Peter, 2016, *Sintesis Coating Copper-Cobalt Oksida pada Substrat Aluminium Melalui Proses Sol Gel Sebagai Solar Selective Absorber: Pengaruh Rasio Molar Cu/Co dan Ketebalan Coating*, Skripsi, Pekanbaru: Universitas Riau
- Rahman, R., 2008, *Pengaruh Proses Pengeringan Anil dan Hidrotermal Terhadap Kristalinitas Nanopartikel TiO_2 Hasil Proses Sol-Gel*, Skripsi, Depok: Universitas Indonesia.
- Sabnis, S, M., Bhadane, P, A., dan Kulkarni, P, G, 2013, *Process Flow of Spray Pyrolysis Technique*, IOSR Journal of Applied Physics 4: 7-11.
- Sinuhaji, P., 2011, *Pelapisan Nikel pada Baja Karbon Rendah dengan Metode Elektroplating sebagai Anti Korosi*, Skripsi, Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Widodo, S., 2010, *Teknologi Sol Gel pada Pembuatan Nano Kristalin Metal Oksida untuk Aplikasi Sensor Gas*, Artikel, Bandung: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Yuliani, M., 2012, *Pembuatan Lapisan Tipis Barium Zirkonium Titanat (BZT) Menggunakan Metode Sol Gel*

dengan Variasi Holding Time pada Proses Annealing, Skripsi, Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Ziabari, Ali Abdolazaleh, dan Khatibani, A. Bagheri, 2017, *Optical Properties And Thermal Stability Of Solar Selective Absorbers Based On Co-Al₂O₃ Cermets*, Chinese Journal of Physics, CJPH 192

Zhao, S, dan Wäckelgård, E, 2006, *The Optical Properties of Sputtered Composite of Al-AlN*, Solar Energy Materials and Solar Cells, 90 (13):1861-1874.