

Pembuatan *Coating Copper-Cobalt* Oksida Melalui Proses Sol Gel Dan Dideposisikan Secara *Spray Coating* Pada Substrat Alumunium

Ramadhan¹, Amun Amri², Yelmida³

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 research aims to synthesis the mixed copper and cobalt oxides coating in alumunium substrate for solar selective absorber (SSA) using sol-gel spray coating method. The coating were characterized using UV-Vis-NIR, X-Ray diffraction, Scan Electron Microscope (SEM) and adhesion test. The sol precursor were copper nitrate and cobalt nitrate. The sol precursor are made by dissolve the granules $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ and $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ into the etanol solvent and added propionate acid. Mix the two solution and then stirred at room temperature for two hours in a closed state. The coating process was done by using a spray gun which is connected by using a compressor. The result of researching showed that sample with precursor concentration 0.25 M and 30 x spraying and drying cycle with $(\alpha) = 86.8\%$. further characteristic was obtained the value of emittance $(\epsilon) = 6.64\%$. The crystal structure of CuCo_2O_4 , CuO and CoCo_2O_4 were found in XRD result analyst. The result testing of SEM showed that surface coating film relative homogen and the result testing of adhesion showed bond layer of coating categorized as 4B according to the standards ASTM D 3359.

Keyword : *coating, precursor, sol, solar selective absorber, spray coating*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, maka besarnya tuntutan untuk mendapatkan kepraktisan dan kenyamanan hidup manusia, berakibat pada jumlah konsumsi energi yang digunakan. Konsumsi energi dari tahun ke tahun yang semakin besar, maka banyak negara di dunia ini sedang berupaya untuk mencari sumber energi alternatif yang ramah terhadap lingkungan dan dapat diperbarui.

Salah satu sumber energi yang dapat dimanfaatkan yaitu energi matahari. Energi matahari mampu menyediakan kebutuhan energi dunia dalam waktu yang lebih lama. Pada tahun 2011, Badan Energi Internasional

menyatakan bahwa perkembangan teknologi energi surya yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi yang terjangkau, tidak habis, dan bersih akan memberikan keuntungan jangka panjang yang besar. Selain itu, keuntungan yang diperoleh dari pemanfaatan teknologi tenaga surya yang telah diterapkan diberbagai negara, yaitu mengurangi tingkat polusi udara, mengurangi impor energi dan mengurangi penggunaan bahan bakar (IEA, 2010).

Pengembangan teknologi pemanfaatan sumber energi matahari berkembang dengan sangat cepat, sehingga beberapa negara melakukan banyak penelitian tentang

pemanfaatan sumber energi matahari sebagai sumber energi yang ekonomis di masa depan (Wu, 2001). Radiasi matahari dapat dimanfaatkan dengan dua cara, yaitu dikonversi menjadi listrik melalui modul fotovoltaik maupun dikonversi menjadi panas maksimum melalui teknologi solar kolektor. Konversi menjadi panas dikenal memiliki tingkat efisiensi yang jauh lebih tinggi dari pada konversi menjadi listrik (Mastai et al. 2002). Komponen terpenting dalam teknologi solar kolektor adalah *coating solar selektif absorber* (SSA) pada permukaan kolektor (Chow, 2010).

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

Barrera et al., [2004] menggunakan teknik *spray pyrolysis* pada suhu 300-600°C untuk mensintesis film tipis tembaga kobalt oksida dan menggunakan stainless steel sebagai substrat. Larutan *spray pyrolysis* yang digunakan adalah campuran etanol dan air dengan rasio 3:1 dan campuran antara kobalt nitrat 0.05 M dan tembaga nitrat 0.01 M dengan rasio Co;Cu, yaitu 1:0.2. Penggunaan kombinasi lebih dari satu logam transisi ini dimaksudkan untuk meningkatkan *durability* dari *coating* sebagaimana diungkapkan oleh Kennedy [2002].

Pengujian sifat optis menunjukkan bahwa koating optimum memiliki *absorptansi* lebih baik $\alpha = 0.84$, namun *emitansi* yang juga tinggi sebesar $\epsilon = 0.28$.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah substrat aluminium komersial (Anofol, Italia), tembaga nitrat trihidrat ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) (Merck, Jerman),

kobal 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 $\pm 50^\circ\text{C}$ 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 tembaga nitrat trihidrat ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) dan kobal nitrat heksahidrat ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dengan variasi molar larutan dan variasi ketebalan film (berdasarkan jumlah pencelupan) pada konsentrasi asam propionat yang digunakan sebesar 0,1 M (Djayasinga, 2015). Tahap ini terdiri dari beberapa langkah diantaranya:

1. Campurkan kedua larutan tersebut. Ketika pencampuran dilakukan, asam propionat akan membentuk sol tembaga nitrat trihidrat-kobal nitrat heksahidrat.
2. larutan yang membentuk sol tersebut diaduk pada suhu kamar selama 2 jam dalam keadaan tertutup.
3. Aluminium yang telah dibersihkan, kemudian diletakkan di dalam sebuah wadah yang tertutup rapat dan diberi lubang atau celah pada wadah tersebut.

4. *Spray gun* dihubungkan dengan kompresor melalui selang, kemudian kompresor dinyalakan.
5. Alumunium yang didalam wadah tersebut disemprot dengan *spray gun* melalui celah atau lubang yang ada dalam wadah tersebut.
6. Keringkan *gel* basah pada aluminium tersebut dengan menggunakan *hot plate* pada suhu 150°C selama 1 menit. Untuk ketebalan film yang berbeda dapat diperoleh dengan cara mengulangi langkah 4 dan 5 (Widodo, S).
7. *Annealing* dilakukan dalam *furnace* pada suhu 550°C selama 1 jam.
8. Ulangi percobaan diatas dengan konsentrasi tembaga nitrat trihidrat ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) dan kobal nitrat heksahidrat ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dengan konsentrasi 0,25 M dan 0,4 M.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

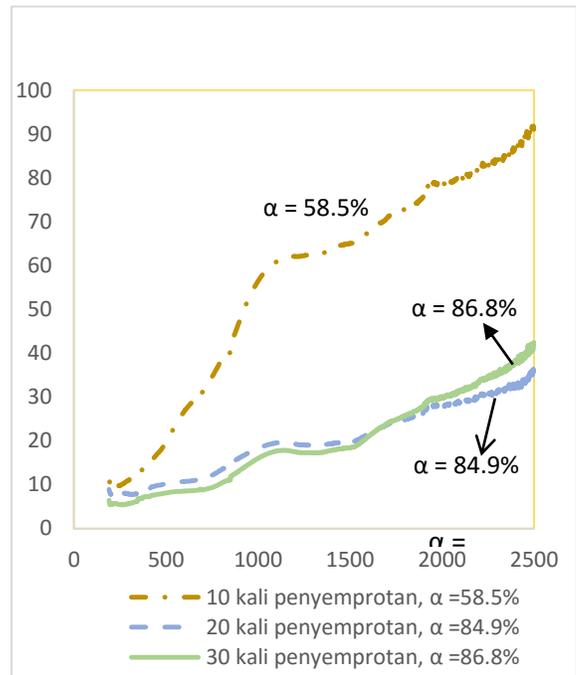
Kurva Reflektansi

Spektra reflektansi dan nilai absorptansi (α) pada pembuatan *coating* tembaga kobalt oksida dengan substrat alumunium pada konsentrasi 0.25 M dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Tabel 4.1 Persentase nilai absorptansi pada variasi konsentrasi dari jumlah penjumlahan substrat.

Konsentrasi Tembaga Kobalt Oksida	Absorptansi (α) %		
	Jumlah Penyemprotan		
	10x	20x	30x
0.1 M	44.6	60.7	65.4
0.25M	58.5	84.9	86.8
0.4 M	78.23	80.2	80.7

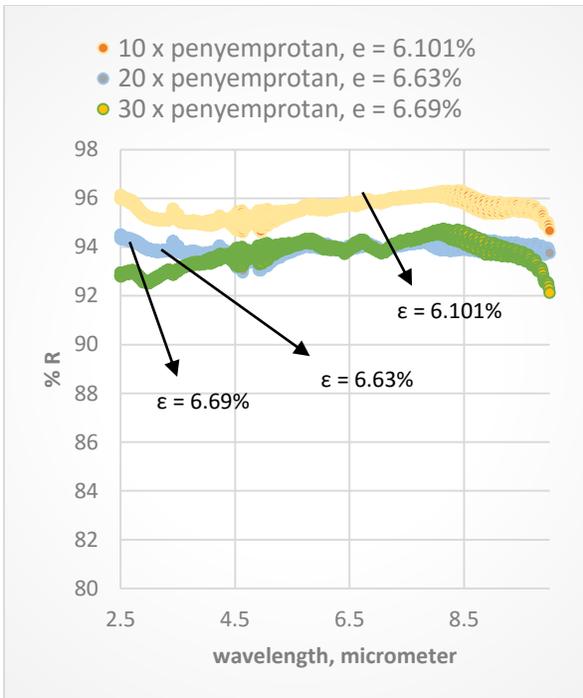
Dan spektra reflektansi dan nilai absorptansi (α) pada sintesa *coating* tembaga kobalt oksida secara keseluruhan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Spektra reflektansi versus panjang gelombang serta nilai absorptansi untuk *coating* tembaga kobalt oksida yang disintesis pada konsentrasi $[\text{Cu}]:[\text{Co}] = 0.25 \text{ M}$

Nilai Emitansi (ϵ)

Spektra reflektansi *coating* tembaga oksida pada konsentrasi 0.25 M menggunakan alat FTIR *spectrofotometre* data emitansi pada panjang gelombang 2.5-10 μm dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Spektra reflektansi versus panjang gelombang serta nilai emitansi untuk *coating* tembaga cobalt oksida yang disintesis pada konsentrasi [Cu] : [Co] = 0.25 M

Dari Gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa dari ketiga sampel secara umum memiliki nilai reflektansi yang lebih besar dari 90% dalam area panjang gelombang inframerah.

Berdasarkan perhitungan emitansi, maka nilai emitansi 10x, 20x, dan 30x secara berurutan 6.69%, 6.101% dan 6.63%. Dari data ini dapat terlihat bahwa secara umum pada reflektansi bernilai tetap, dengan sedikit fluktuasi dan semua nilai emitansi (ϵ) berada di bawah 10% yang menunjukkan kriteria yang baik sebagai *solar selektif absorber* (SSA).

Hubungan antara nilai emitansi (ϵ) pada konsentrasi tembaga oksida terhadap jumlah penyemprotan dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Persentase nilai emitansi pada variasi konsentrasi dari jumlah penjumlahan substrat.

Konsentrasi Tembaga Kobalt Oksida	Emitansi (%)		
	Jumlah Penyemprotan		
	10x	20x	30x
0.1 M	2.146	8.63	11.4
0.25 M	6.101	6.63	6.69
0.4 M	6.63	12.08	17.4

Dapat dilihat bahwa secara umum, semakin meningkat konsentrasi sintesis *coating*, dan semakin banyak siklus penyemprotan, maka kurva reflektansi pada area panjang gelombang *mid-far infrared* akan semakin rendah atau nilai emitansi akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh densitas *coating* yang semakin meningkat.

Nilai Selektivitas

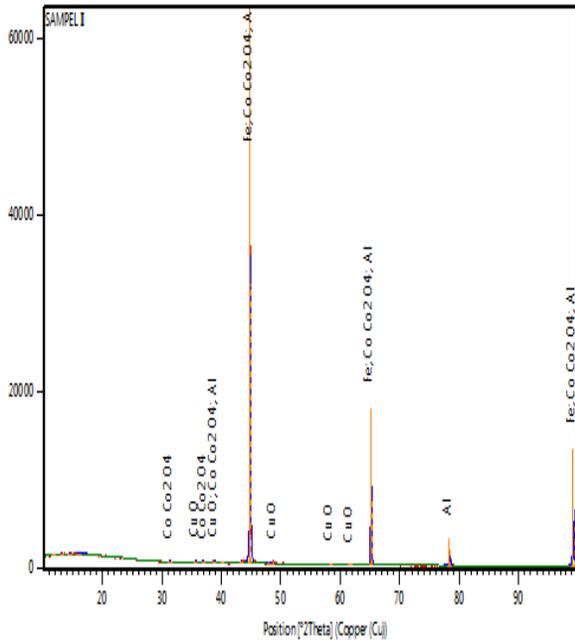
Nilai selektivitas pada tiap-tiap sampel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan selektivitas, yaitu $s = \alpha/\epsilon$ (Mastai, 2002). Dan hubungan antara nilai selektivitas (s) pada konsentrasi *coating* tembaga oksida terhadap jumlah penyemprotan dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan grafik pada Gambar 2.

Tabel 4.3 Nilai selektivitas pada setiap *coating* tembaga kobalt oksida

Konsentrasi Tembaga Kobalt Oksida	Selektivitas ($s = \alpha/\epsilon$)		
	Jumlah Penyemprotan		
	10x	20x	30x
0.1 M	3.27	6.48	12.89
0.25 M	8.744	12.84	13.09
0.4 M	5.53	4.78	8.61

Hasil Analisa struktur Kristal

Hasil Analisa XRD terhadap sampel tembaga kobalt oksida dengan konsentrasi prekursor 0.25M dan suhu *annealing* 550⁰ C dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Difraktogram *coating* tembaga kobalt oksida konsentrasi 0.25 M dengan 30 kali penyemprotan pada suhu 550⁰C.

Gambar 4.3 menunjukkan spektra XRD *coating* tembaga kobalt oksida yang disintesis pada konsentrasi 0.25 M. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa kristal CoCo_2O_4 memiliki 3 buah puncak pada 2θ : 31.27⁰, 36.92⁰ dan 38.8⁰ serta kristal CuO yang memiliki 3 buah puncak pada 2θ : 48.70⁰, 58.38⁰ dan 61.58⁰.

Puncak CoCo_2O_4 mengikuti pola ICDD dengan no.card 00-001-1152 dan puncak CuO mengikuti pola ICDD dengan no.card 01-073-6372 yang dapat dilihat pada lampiran C3. Secara keseluruhan, diameter kristal-kristal yang terbentuk pada *coating* tembaga cobalt oksida dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Diameter kristal dengan konsentrasi 0.1M, 0.25M dan

0.4M dengan suhu *annealing* 550⁰C

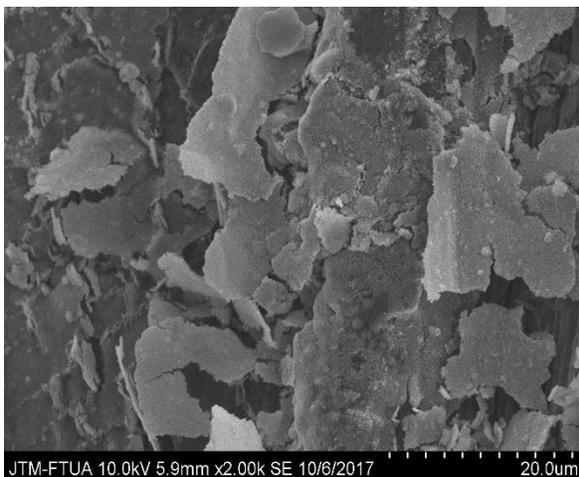
Variabel Sampel	Diameter Kristal (nm)			
	Rata-rata puncak	Rata-rata puncak	Rata-rata Puncak	Rata-rata puncak
	CuCo_2O_4	CoCo_2O_4	CuO	Co_3O_4
0.1 M	70.51	-	-	-
0.25 M	-	122.12	112.84	-
0.4 M	-	-	49.17	109.46

Dari Table 4.4 terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya konsentrasi dari prekursor baik tembaga maupun kobalt, maka produk kristal yang terbentuk juga berbeda. Ketika konsentrasi prekursor dinaikkan menjadi 0.25 M, maka komponen tembaga memisahkan diri dari campuran oksida membentuk CuO dan CoCo_2O_4 , dengan ukuran kristal yang relatif berimbang antara CuO dengan CoCo_2O_4 .

Ketika konsentrasi prekursor terus dinaikkan menjadi 0.4 M, maka senyawa CoCo_2O_4 menjadi kristal yang lebih sempurna (Onggo dkk, 1999). Pada kondisi ini, ukuran kristal dari CuO menurun secara drastis. Hasil-hasil ini, menunjukkan bahwa komposisi *coating* yang berbeda akan menghasilkan sifat optik yang berbeda, sebagaimana dijelaskan pada pembahasan selektivitas absorber.

Hasil Analisa SEM

Morfologi permukaan *coating* tembaga kobalt oksida pada setiap konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 4.5

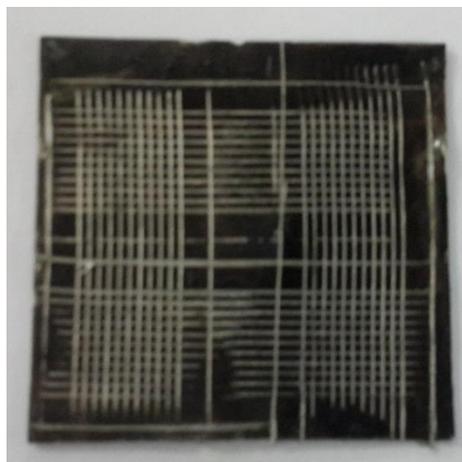


Gambar 4.5 Morfologi permukaan menggunakan SEM untuk tembaga kobalt oksida 0.4M pada pembesaran 2000 kali

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa permukaan tersusun atas sebaran nano partikel yang teraglomerasi. partikel membentuk sistem berpori, yang teraglomerasi dan bisa terbentuk karena adanya proses *annealing* sehingga partikel bergabung membentuk partikel-partikel dengan ukuran yang lebih besar.

Hasil Analisa Sifat Adhesi Coating

Pengujian adhesi dilakukan bertujuan untuk mengetahui sifat daya rekat *coating* terhadap substrat aluminium. Pengujian dilakukan pada *coating* dengan selektivitas terbaik, yaitu pada konsentrasi tembaga kobalt oksida 0.1 M, 0.25 M dan 0.4 M dengan 30 kali siklus penyemprotan. Metode yang digunakan dalam pengujian adhesi ini adalah metode semi-kualitatif ASTM D 3359 *cross hact*. Klasifikasi pengujian adhesi dilakukan standar ASTM D-3359



Gambar 4.6 Hasil pengujian adhesi pada sampel *coating* dengan konsentrasi 0.4 M dengan 30 kali siklus penyemprotan

Hasil dari pengujian adhesi pada *coating* tembaga kobalt oksida yang disintesis dengan konsentrasi 0.4 M dengan 30 kali siklus penyemprotan dapat dikategorikan pada klasifikasi 4B yang dapat dilihat pada Table 4.3 dengan persentase area yang dihilangkan kurang dari 5%.

Konsentrasi prekursor yang disintesis semakin tinggi akan meningkatkan viskositas *coating* tembaga kobalt oksida. Hal ini, akan memberi pengaruh terhadap gaya adhesi *coating* tersebut. Gaya adhesi merupakan gaya tarik-menarik antara partikel yang tidak sejenis. Dengan meningkatnya gaya adhesi suatu larutan, maka akan meningkatkan pula daya rekat *coating* tembaga kobalt oksida terhadap substrat aluminium. (Sukardjo, 2002)

4. KESIMPULAN

Peningkatan konsentrasi dan jumlah penyemprotan tembaga kobalt oksida, secara umum dapat meningkatkan absorptansi namun reflektansi relatif berfluktuasi. Berdasarkan kombinasi antara absorptansi dan emtansi ini diperoleh nilai selektivitas terbaik pada konsentrasi tembaga kobalt oksida 0.25 M, Semakin meningkatnya

konsentrasi dari prekursor baik tembaga maupun kobalt, produk kristal yang terbentuk juga berbeda. Ketika konsentrasi prekursor dinaikkan menjadi 0.25 M, maka komponen tembaga memisahkan diri dari campuran oksida membentuk CuO dan CoCo_2O_4 , dengan ukuran kristal yang relatif berimbang. *Coating* tembaga kobalt oksida yang disintesis dengan konsentrasi 0.1 M dan 0.4 M memiliki sebaran nano partikel pada permukaan coating yang teraglomerasi dan membentuk sistem berpori.

DAFTAR PUSTAKA

- 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*.
- Chow, T. T, 2010, A Review on Photovoltaic/Thermal Hybrid Solar Technology, *Applied Energy*, 87 (2):365-379.
- Djayasinga, R., 2015, Pembuatan dan Karakterisasi Nanokatalis $\text{Ni}(1-x)\text{Cu}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ Serta Uji Aktivitas pada Konversi (CO_2+H_2), *Skripsi*, Lampung: Universitas Lampung.
- Duffie, J. A dan Beckman, W. A, 2006, *Solar Engineering of Thermal Processes*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- 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.
- Mastai, Y., Polarz, S., dan Antonietti, M. 2002, Silica–Carbon Nanocomposites— New Concept for The Design Of Solar Absorbers, *Advance Functional Material*, 12:197–202.
- Onggo, D., dan Fansuri, H. 1999. Penggunaan Diferential Thermal Analysis (DTA) pada Penentuan Aktivitas dan Reaktivitas katalis Fe_2O_3 , Co_3O_4 , NiO, CuO dan LaMO_3 (M=Fe, Co, dan Ni) untuk oksidasi CO menjadi CO_2 . *JMS*, 4(1) : 13-19.
- Sukardjo, 2002, *Fisika kimia*, Jakarta : PT Rineka Cipta.
- Widodo, S., 2010, *Teknologi Sol Gel pada Pembuatan Nano Kristalin Metal Oksida untuk Aplikasi Sensor Gas*, Bandung: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Wu, B, R. G. Reddy, R.D. Rogers. 2001. Novel Ionic Liquid Thermal Storage for Solar Thermal Electric Power Systems. *Proceedings of Solar Forum 2001 Solar Energy: The Power to Choose April 21-25, 2001, Wachington, DC*.