

# SEL SURYA FOTOELEKTROKIMIA DENGAN MENGGUNAKAN NANOPARTIKEL PLATINUM SEBAGAI ELEKTRODA *COUNTER GROWTH*

Iwantono<sup>\*)</sup>, Erman Taer, Rika Taslim dan Lutfi Rindang Lestari

*Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau*

*Jl. H. R. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru – Panam Pekanbaru 28293*

*\*)Email: iwan\_tono@yahoo.co.uk*

## ABSTRAK

Telah dilakukan fabrikasi dan pengukuran sel surya fotoelektrokimia dengan menggunakan nanopartikel platinum pada elektroda *counter*. Nanopartikel platinum ditumbuhkan di atas permukaan substrat padat (ITO) dengan metode in-situ growth (penumbuhan langsung) pada suhu 50 °C dengan variasi penumbuhan berulang (1 lapisan, 2 lapisan, dan 3 lapisan). Sel surya dibentuk seperti susunan sandwich yang menghubungkan antara elektroda *counter* (nanopartikel platinum) dan elektroda kerja (nanopartikel ZnO), dengan elektroda kerja diberi perlakuan variasi konsentrasi dan penambahan amoniak. Nanopartikel platinum tumbuh yang memberikan respon baik pada uji sel adalah pada penumbuhan 1 lapisan. Hasil pengujian sel di bawah pencahayaan lampu halogen 100 watt, daerah aktif sel 1 cm x 1 cm memperlihatkan karakteristik I-V dengan parameter keluaran, tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ) 274 mV, arus rangkaian pendek ( $I_{sc}$ ) 0,21 mA, *fill factor* (FF) 0,96 (96%), daya maksimum ( $P_{max}$ ) 0,056 mW untuk variasi konsentrasi. Sedangkan untuk variasi penambahan amoniak menghasilkan output tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ) 119 mV, arus rangkaian pendek ( $I_{sc}$ ) 0,1225 mA, *fill factor* (FF) 0,76 (76%), daya maksimum ( $P_{max}$ ) 0,011 mW.

**Kata kunci :** *Nanopartikel platinum, Nanopartikel ZnO, sel surya fotoelektrokimia*

## I. PENDAHULUAN

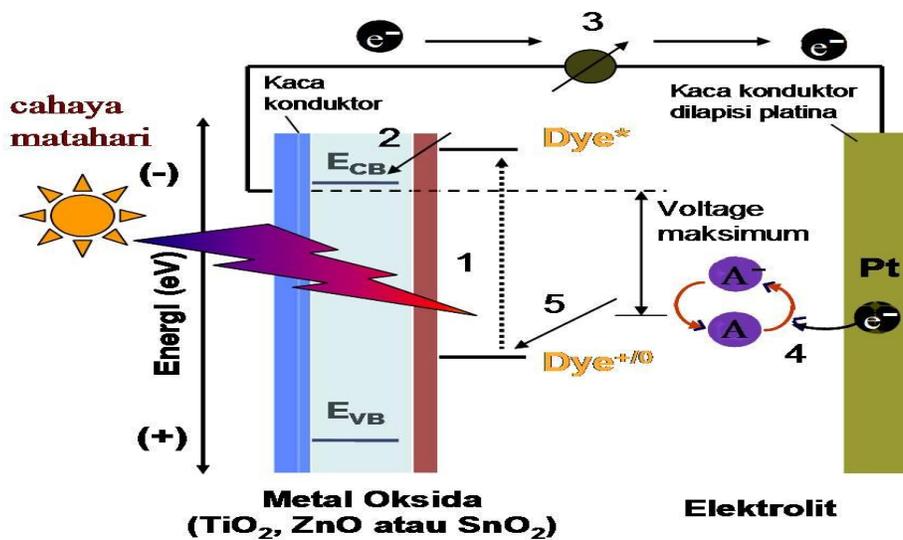
Krisis energi adalah persoalan yang sangat krusial, dimana semakin hari ketersediaan energi semakin menipis seiring dengan meningkatnya kebutuhan dan konsumsi energi dunia. Saat ini upaya mencari energi alternatif gencar dilakukan untuk mendapatkan sumber energi alternatif yang dapat digunakan secara masal dan murah serta dapat diperbaharui (A. T. Nasukhah dan G. Prajitno, 2012). Salah satu energi alternatif terbaru adalah solar cell (sel surya). Berdasarkan perkembangan

teknologi saat ini, terdapat 3 generasi sel surya, pertama, sel surya yang terbuat dari silikon kristal tunggal (monokristal) dan silikon kristal banyak (polikristal). Kedua, sel surya yang terbuat dari silikon tipe lapis tipis (*thin film*) dan yang ketiga sel surya organik atau sel surya fotoelektrokimia atau *Dye Sensitized Solar-Cell (DSSC)*.

Dalam fabrikasinya, sel surya berbasis silikon memerlukan biaya yang mahal dalam bahan bakunya dan juga memakai bahan kimia yang berbahaya. Seiring dengan perkembangan teknologi, para peneliti

mengkaji untuk jenis sel surya fotoelektrokimia. Untuk memfabrikasi sel surya fotoelektrokimia tidak memerlukan biaya yang mahal, karena material yang dibutuhkan tidak memerlukan tingkat kemurnian yang tinggi. Sel surya fotoelektrokimia pertama kali diperkenalkan oleh Gratzel pada tahun 1991. Saat ini, efisiensi tertinggi sel surya fotoelektrokimia yang diperoleh Gratzel yang tersensitisasi dye telah mencapai 10-11 % (Gratzel, 2006). Sel surya fotoelektrokimia tersusun dari material semikonduktor yang memiliki band gap lebar, misalnya ZnO, elektroda counter, elektrolit, dan dye.

Pada bagian atas sel surya merupakan elektroda kerja yang terbuat dari bahan semikonduktor ZnO yang telah disintesis menjadi nanopartikel ZnO. Pada bagian bawah sel surya merupakan elektroda counter yang terbuat dari platinum yang telah disintesis menjadi nanopartikel platinum. Pada kedua permukaan kaca konduktif (TCO) dilapisi elektrolit cair, umumnya yang digunakan adalah  $I^-/I_3^-$  (iodide/triiodide). Pada dasarnya prinsip kerja dari DSSC merupakan reaksi dari transfer elektron (Zamrani, R. A. dan Prajitno, G., 2013). Adapun prinsip kerja DSSC ditampilkan pada skema di bawah ini:



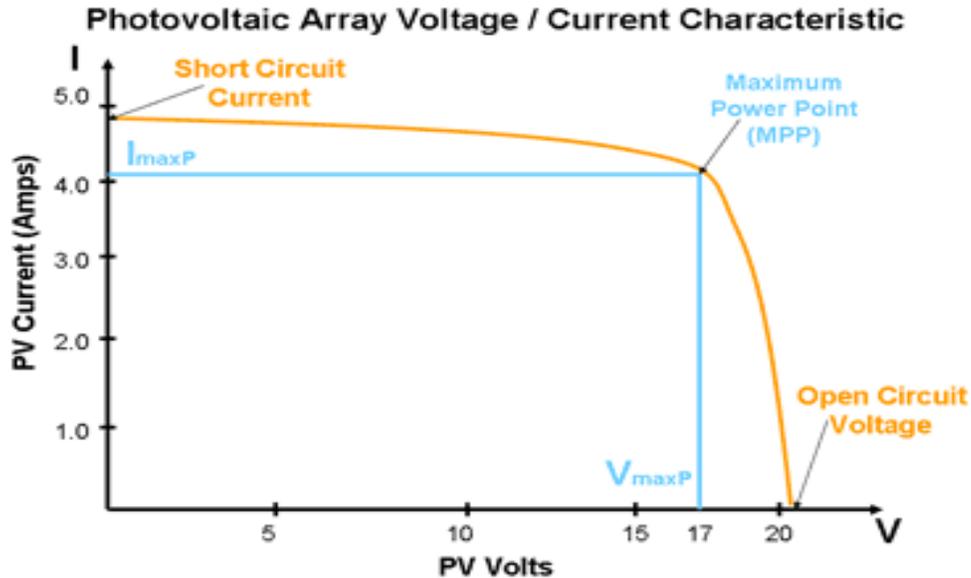
Gambar 1. Prinsip kerja sel surya fotoelektrokimia

Tegangan yang dihasilkan oleh DSSC berasal dari perbedaan tingkat energi konduksi elektroda semikonduktor dengan potensial elektrokimia pasangan elektrolit

redoks ( $I^-/I_3^-$ ). Sedangkan arus yang dihasilkan dari sel surya ini terkait langsung dengan jumlah foton yang terlibat dalam proses konversi dan bergantung pada

intensitas penyinaran serta kinerja dye yang digunakan (Li B dkk., 2006 dalam M. S. W. Kumara dan G. Prajitno, 2012).

Karakteristik I-V sel surya yang dihasilkan terlihat pada gambar di bawah ini:



**Gambar 2.** Grafik karakteristik I-V sel surya Karakteristik lainnya yang diukur pada sel surya adalah

$$\text{fill factor (ff): } ff = \frac{I_{max} \cdot V_{max}}{I_{sc} \cdot V_{oc}}$$

Efisiensi sel surya juga dapat ditentukan melalui persamaan

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}}$$

## II. METODOLOGI

Pembuatan sel surya fotoelektrokimia dilakukan di Laboratorium Nanoteknologi dan Fisika Material Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau. Adapun prosedur kerja dalam penelitian ini adalah:

1. Sintesis nanopartikel ZnO (sebagai elektroda kerja)

Sintesis nanopartikel ZnO dengan metode *seed mediated growth* yang diberi perlakuan dengan variasi konsentrasi larutan penumbuh dan penambahan amoniak. Penumbuhan dilakukan di atas substrat padat kaca dan FTO pada suhu kamar. Bahan yang diperlukan untuk larutan penumbuh adalah zink asetat, etanol, amoniak, dan aquabides.

2. Sintesis nanopartikel platinum (sebagai elektroda counter)

Sintesis nanopartikel platinum dengan metode *in-situ growth* dengan variasi penumbuhan berulang, yakni 1 lapisan, 2

lapisan, dan 3 lapisan. Persiapan dalam pembuatan nanopartikel platinum adalah menyiapkan larutan penumbuh yang terdiri dari *pottasium tetrachloroplatinete* ( $K_2PtCl_4$ ) 0,01 M, 1 ml dan larutan *asam askorbat* ( $C_6H_8O_6$ ) 0,1 M, 1 ml. Proses penumbuhan dilakukan pada suhu 50 °C dengan waktu 10 jam untuk setiap 1 kali penumbuhan.

### 3. Pembuatan larutan elektrolit

Untuk menghasilkan pasangan elektron redoks, bahan yang diperlukan bahan kalium iodolite (KI) dan iodolite. Sebanyak 3 gr KI dilarutkan dalam iodolite 6 ml.

### 4. Pembuatan lapisan sandwich

FTO yang ditumbuhi nanopartikel ZnO disusun secara *offset* dengan ITO yang mengandung nanopartikel platinum. Kemudian, dijepit dengan klip blinder dan setelah itu, diantara dua permukaan elektroda tersebut dan kemudian ditetaskan larutan elektrolit.

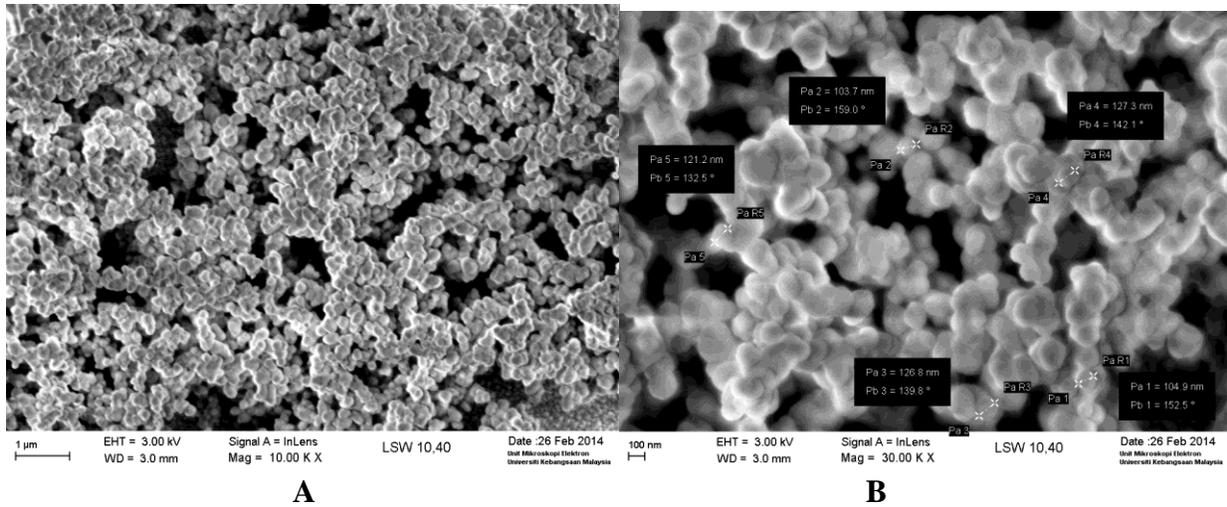
### 5. Pengujian sel

Pengujian sel dilakukan dengan mengukur besarnya arus dan tegangan yang terukur pada amperemeter dan voltmeter. Sel yang

akan diuji diberikan sumber cahaya dari lampu halogen 100 watt dan dengan memvariasikan hambatan geser terhadap prototipe sel sebesar 1,6  $\Omega$ , 2,6  $\Omega$ , 3,6  $\Omega$ , 4,6  $\Omega$ , 5,6  $\Omega$ , 6,6  $\Omega$ , 7,6  $\Omega$ , 8,6  $\Omega$ , dan 9,9  $\Omega$ .

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari karakteristik FESEM menunjukkan morfologi nanopartikel ZnO yang baik pada variasi konsentrasi 30 mM, 20  $\mu$ l dan pada penambahan amoniak 40  $\mu$ l, 15 mM. Terlihat dari Gambar 3 A untuk perbesaran 10.000 kali, bahwa nanopartikel ZnO tumbuh di atas FTO cukup merata dengan hampir seluruh permukaan substrat tertutupi partikel. Hal ini menandakan bahwa densitas sampel cukup tinggi. Bentuk geometri partikel terlihat cukup jelas (dapat dilihat pada Gambar 3 B untuk perbesaran 30.000 kali), bahwa bentuk nanopartikel ZnO yang tumbuh pada substrat FTO berupa bola (spheris) dengan ukuran yang cukup seragam dengan diameter berkisar sekitar 100 nm.

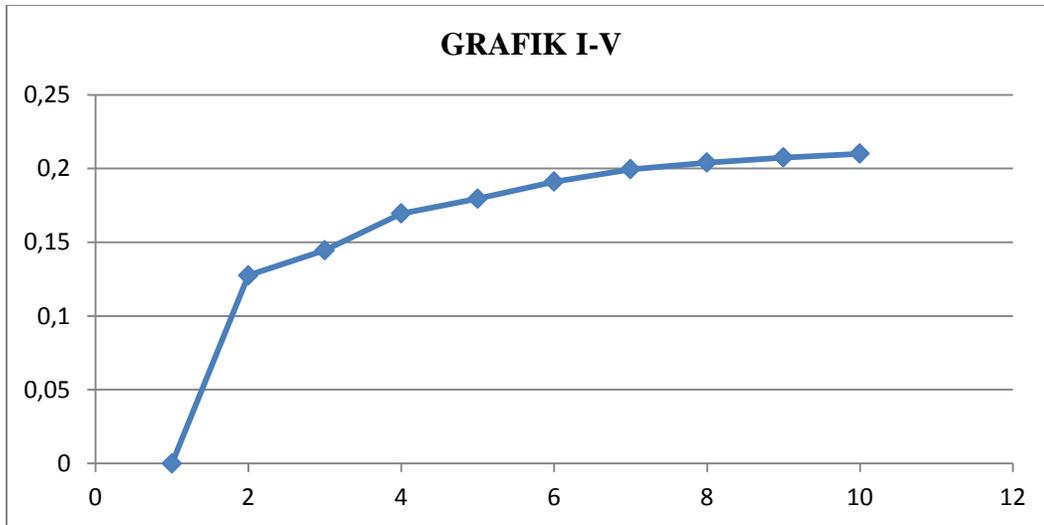


**Gambar 3.** Foto FESEM dari nanopartikel ZnO dengan konsentrasi 30 mM, 20 µl dan pada penambahan amoniak 40 µl, 15 mM dengan perbesaran A). 10.000 x dan B). 30.000x

Nanopartikel ZnO yang ditumbuhkan pada FTO tersebut kemudian digunakan sebagai elektroda kerja sel surya fotoelektrokimia. Selain itu juga elektroda lawan (negatif), yaitu nanopartikel platinum yang ditumbuhkan pada ITO, parafilm dan elektrolit. Pengukuran unjuk kerja sel surya ini dilakukan dengan menganalisa karakteristik I-V. Karakteristik I-V dari sel diperoleh dengan dilakukan di bawah penyinaran lampu halogen 100 Watt dengan jarak antara sampel yang diuji dan sumber

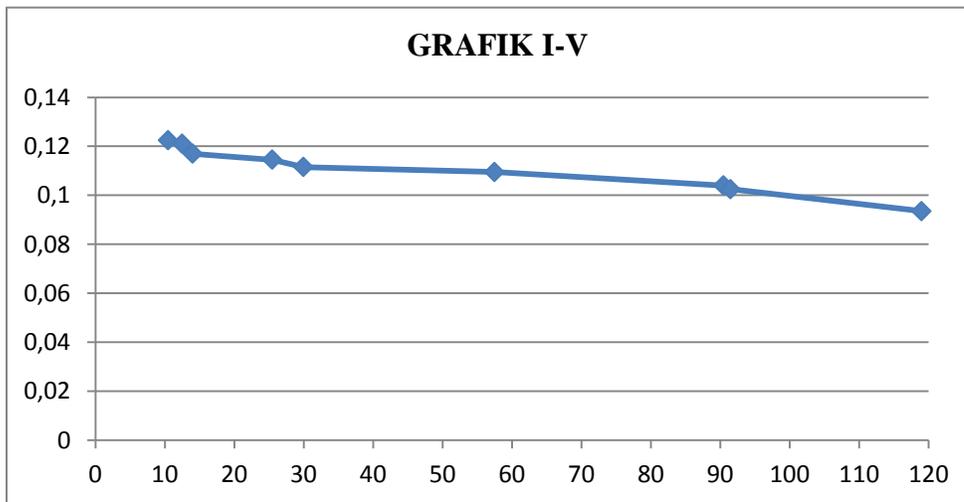
cahaya 10 cm. Selanjutnya pengujian sel dilakukan dengan menghubungkan elektroda kerja dan elektroda lawan pada ampermeter, voltmeter dan potensiometer untuk mendapatkan variasi nilai arus terhadap tegangan yang dihasilkan oleh sel saat disinari oleh cahaya.

Gambar 4 di bawah ini memperlihatkan grafik karakteristik I-V sel surya untuk sampel dengan variasi konsentrasi sumber Zn 30 mM sebanyak 20 µl.



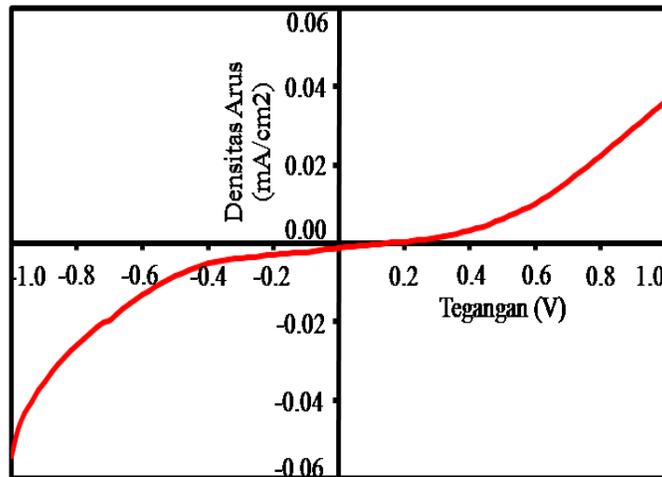
**Gambar 4.** Grafik I-V sel surya dengan variasi konsentrasi 30 mM, 20  $\mu$ l (sumbu-x adalah V (mV) dan sumbu-y adalah I (mA)).

Sedangkan data grafik karakteristik I-V dari sel surya untuk sampel dengan penambahan amoniak 40  $\mu$ l, 15 mM dalam keadaan terang (di bawah cahaya lampu halogen 100 W) diperlihatkan pada Gambar 5 di bawah ini.



**Gambar 5.** Grafik karakteristik I-V sel dengan penambahan amoniak 40  $\mu$ l, 15 Mm

Gambar 6 di bawah ini memperlihatkan grafik hasil pengukuran sel surya fotoelektrokimia pada keadaan gelap. Grafik J vs V menggambarkan hubungan antara densitas arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sel surya, dimana terlihat bahwa pada keadaan gelap arus meningkat secara eksponensial dengan meningkatnya tegangan.



**Gambar 6.** Kurva karakteristik sel pada keadaan gelap

Dari seluruh data unjuk kerja sel yang diperoleh, maka kemudian dihitung parameter fisik yang menggambarkan performansi dari sel surya fotoelektrokimia yang telah difabrikasi. Adapun parameter fisika yang dimaksud adalah: tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ) 274 mV, arus rangkaian pendek ( $I_{sc}$ ) 0,21 mA, *fill factor* (FF) 0,96 (96%), daya maksimum ( $P_{max}$ ) 0,056 mW untuk sampel dengan variasi konsentrasi. Sedangkan untuk sampel dengan penambahan amoniak diperoleh tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ) sebesar 119 mV, arus rangkaian pendek ( $I_{sc}$ ) sebesar 0,1225 mA, *fill factor* (FF) sebesar 0,76 (76%) dan daya maksimum ( $P_{max}$ ) sebesar 0,011 mW.

#### IV. KESIMPULAN

Telah berhasil difabrikasi sel surya fotoelektrokimia berbasis elektroda anorganik yang telah ditumbuhi nanopartikel ZnO pada FTO sebagai elektroda kerja dan elektroda *counter* yaitu nanopartikel platinum yang ditumbuhkan pada ITO. Variasi konsentrasi nanopartikel ZnO terbaik diperoleh pada 30 mM, 20  $\mu$ l dan penambahan amoniak 40  $\mu$ l, 15 mM. Elektroda *counter* yang disintesis dengan nanopartikel platinum terbaik diperoleh pada jumlah 1 lapisan. Pengujian sel surya fotoelektrokimia mendapatkan parameter fisik yang menggambarkan unjuk kerja sel, yaitu: tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ) sebesar 274 mV, arus rangkaian pendek ( $I_{sc}$ ) 0,21 mA, *fill factor* (FF) sebesar 0,96 (96%),

daya maksimum ( $P_{\max}$ ) sebesar 0,056 mW untuk sampel dengan variasi konsentrasi. Sedangkan untuk sampel dengan penambahan amoniak diperoleh tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ) sebesar 119 mV, arus rangkaian pendek ( $I_{sc}$ ) sebesar 0,1225 mA, *fill factor* (FF) sebesar 0,76 (76%), daya maksimum ( $P_{\max}$ ) sebesar 0,011 mW.

### DAFTAR PUSTAKA

- Hilman, Catur dan M. Sa'diyah. 2013. *Analisis Pemanfaatan Anthocyanin Tumbuhan Tropis sebagai Sensitizer pada Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. Jurnal Fisika. Institut Teknologi Bandung
- Irmansyah dkk.,. 2008. *Pabrikasi dan karakterisasi Sel Surya Tersensitisasi Dye Berbasis Elektroda Komposit  $TiO_2/SnO_2$  dan Elektrolit Polimer*. Jurnal Ilmu Dasar, Vol. 9, No. 2, Juli 2008: 96-103
- Kumara, Maya S. W. dan G. Prajitno. 2012. *Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (Amarathus Hybridus L.) sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya pada DSSC*. Jurnal Fisika. Institut Sepuluh November
- Maddu, Akhiruddin dkk.,. 2007. *Penggunaan Ekstrak Antosianin Kol Merah sebagai Fotosensitizer pada Sel Surya  $TiO_2$  Nanokristal Tersensitisasi Dye*. Jurnal Fisika. Institut Pertanian Bogor. Makara, Teknologi, Vol.11, No.2, November 2007:78-84
- Nasukhah, Ana Toyyibatun dan Gontjang Prajitno. 2012. *Fabrikasi dan Karakterisasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Menggunakan Ekstraksi Daging Buah Naga Merah (Hylocereus Polyrhizus) sebagai Dye Sensitizer*. Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol.1, (2012) 1-6. Institut Teknologi Sepuluh November