

**PENGARUH LAMA PERENDAMAN TiO<sub>2</sub> DALAM DYE SENSITIZER  
EKSTRAK DAUN TEMBAKAU (*Nicotiana tabacum L*) TERHADAP  
EFISIENSI DYE SENSITIZER SOLAR CELL (DSSC)**

<sup>1)</sup>Hidayatul Fitriya, <sup>2)</sup>Rif'ati Dina Handayani, <sup>2)</sup>Albertus Djoko Lesmono

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika

<sup>2)</sup>Dosen Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember

Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember

Email: [hidayatulfitriya7@gmail.com](mailto:hidayatulfitriya7@gmail.com)

**Abstract**

*Energy is one of the important things in the world, especially Indonesia, which has high people population. Energy consumption are dominate of unrenewable energy, such as fuel and gasses. In other side, unrenewable energy was restricted, so we need to find the other energy source. Renewable Energy can helps Unrenewable energy to complete national energy consumption such as solar cell. DSSC (Dye sensitized solar cell) is a kind of inexpensive and eco-friendly solar cell that base on photoelectrochemical reaction. The purpose of this research is to observe the affect of TiO<sub>2</sub> immersion in tobacco leaf extract (*Nicotiana tabacum L*) as dye sensitizer to current, voltage and efficiency of Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). The stage of this research are dye preparation, counter-electrode preparation, TiO<sub>2</sub> preparation, electrolyte and assembly process. The variable that use in this research are 30 minutes, 60 minutes, and 90 minutes of immersion time. The result indicate that the immersion hasaffect to DSSC output. The 60 minutes of immersion can result higher output at 12 P.M with 729,2 Watt/m<sup>2</sup> illuminance, which are 173,6 mV in voltage and 0,621 mA in current. It also produce 0,0493% efficiency at the same time. The result indicate that the immersion hasaffect to DSSC output such as current, voltage and efficiency.*

**Keyword :** *Dye Sensitized Solar Cell , Tobacco Extract, Efficiency.*

**PENDAHULUAN**

Energi merupakan suatu pembahasan yang amat krusial bagi sebuah Negara, karena energi merupakan salah satu faktor penunjang berkelanjutan dalam bidang ekonomi, sosial dan lingkungan suatu bangsa (Septina, 2007:35). Berdasarkan data Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (2014), konsumsi energi final Indonesia pada periode 2000-2012 meningkat rata-rata sebesar 2,9 % per tahun dengan dominasi penggunaan minyak bumi

sebagai sumber energi utama (Sugiyono *et al*, 2014: 26). Kementrian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia pada tahun 2006 menerbitkan “Buku Putih Penelitian” yang menyatakan bahwa ketergantungan Negara Indonesia terhadap minyak bumi untuk kebutuhan energi dalam negeri yaitu sebesar 60 % dari konsumsi energi total. Tahun 2010, negara-negara dunia mulai melirik sumber-sumber energi terbarukan sebagai pengganti energi tidak terbarukan

(Ekasari & Yudoyono, 2013:18). Sumber energi terbarukan diantaranya adalah sinar matahari, angin, air, gelombang laut, panas bumi dan sebagainya (Jaliwala *et al.* 2014: 5).

Setiap detik matahari mengkonversi 5 ton materi menjadi energi yang dipancarkan ke angkasa luar sebanyak  $6,41 \cdot 10^7$  W/m<sup>2</sup>/hari (Arora, 2010:46). Suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi mencapai  $3 \times 10^{24}$  joule per tahun (Ananda, 2007:843). Intensitas matahari yang dapat ditangkap di Indonesia sekitar 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan pemanfaatan baru sebesar 12,1 MWe (Sugiyono *et al.*, 2014: 17).

Sel surya sendiri merupakan salah satu energi alternatif yang bekerja untuk merubah energi matahari menjadi energi listrik (Susmiyanto *et al.*, 2013:104-105). Sel surya terbuat dari bahan semi konduktor seperti Silikon, Titanium Oksida, Germanium, dll (McDonald S.A. *et al.*, 2005:138-142). Sel surya dapat dibedakan menjadi tiga berdasarkan perkembangan teknologi dan bahan pembuatan yang digunakan, yakni sel surya yang terbuat dari silikon tunggal dan silikon multikristal, sel surya lapis tipis (*thin film solar cell*), dan sel surya organik atau *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) atau Sel Surya Pewarna Tersensitisasi (SSPT) (Gratzel M, 2003: 145-153). Tingkat keefektifan suatu sel surya diukur melalui persamaan berikut

$$\eta = \frac{I_m \cdot V_m}{P \cdot A} \times 100\% \quad (1)$$

(Chatimah & Kartini, 2012:68-70)

dimana

- $\eta$  : efisiensi (%)
- $J_{sc}$  : rapat arus pendek (mA/cm<sup>2</sup>)
- $J_m$  : rapat arus maksimum (mA/cm<sup>2</sup>)
- $V_{oc}$  : tegangan terbuka (Volt)
- $V_m$  : tegangan maksimum (Volt)
- $P$  : intensitas sinar matahari di Jember

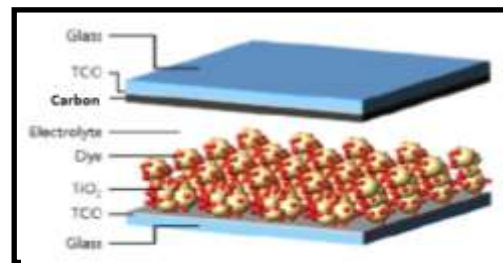
(mW/cm<sup>2</sup>)

A : luas permukaan sel surya (cm<sup>2</sup>)

(Prasatya & Susanti, 2013: 382)

Persamaan tersebut juga digunakan oleh J. M. R. C Fernando dkk dalam penelitian yang berjudul “*Natural Anthocyanins as Photosensizers for Dye-Sensitized Solar Device*” dengan melambangkan P sebagai I yang berarti intensitas sinar matahari. Perkiraan konversi nilai intensitas cahaya dari satuan Lux yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,0079 Wm<sup>-2</sup> per Lux (Hossain *et al.*, 2011:15)

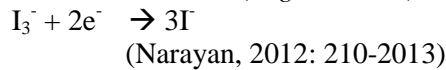
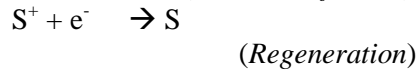
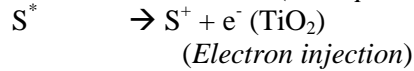
DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) merupakan salah satu jenis sel surya yang memanfaatkan prinsip fotoelektrokimia (*photoelectrochemical*) (Fadhillah & Ahri, 2014: 100), ditemukan pertama kali oleh Professor Michael Gratzel di *Ecole Polytechnique Federale de Lausanne*, Switzerland pada tahun 1991 (Phani G *et al.*, 2001:303-309). DSSC tersusun dari dua kaca TCO (*Transparent Conducting Oxide*), masing-masing bekerja sebagai elektroda kerja dan elektroda lawan (Gratzel M, 2005:98).



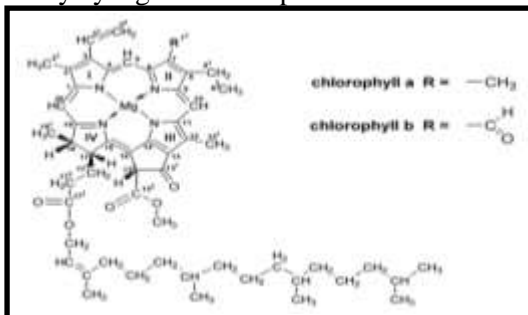
Gambar 1. Struktur *Dye Sensitizer Solar Cell* (DSSC) (Septiana, 2007:19)

Prinsip kerja dasar dari DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) merupakan reaksi transfer elektron yang dapat digambarkan melalui siklus transfer elektron komponen-komponen DSSC (Kumara & Gontjang, 2012:111) sehingga dapat menghasilkan

energi listrik. Siklus transfer elektron dapat diamati melalui persamaan kimia berikut ini:



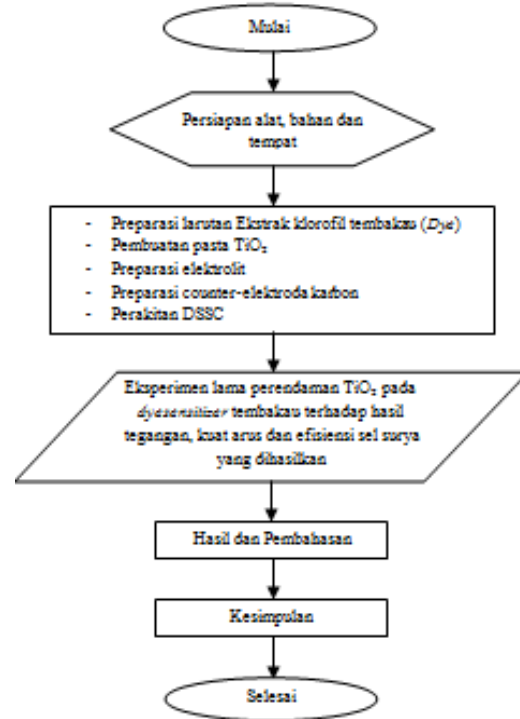
Tanaman tembakau merupakan salah satu komoditas utama Kabupaten Jember. Sebagai salah satu tanaman yang tumbuh di iklim tropis, tembakau memiliki kandungan klorofil yang melimpah. Menurut Hartana (Siswanto, 2004: 9-10), tembakau yang bagus untuk diambil ekstrak klorofilnya adalah tembakau yang berwarna hijau tua dengan lebar daun sedang, atau berada pada daun dada batang. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ruly Hamidah dan Cece Suhara (2013:17-19), menghasilkan bahwa tembakau yang sehat dan matang secara optimal memiliki jumlah kadar klorofil 34,854 mg/g berat basah. Hasil penelitian Chang dkk (2013:685) menyebutkan bahwa konsentrasi klorofil setiap lembarannya lebih peka menyerap cahaya merah. Jumlah klorofil tersebut menunjukkan bahwa tembakau adalah salah satu tumbuhan dengan tingkat penyerapan cahaya yang baik dan optimal.



Gambar 2. Struktur molekul klorofil-a dan klorofil-b (Bialokoz & Kaczor, 2014:146)

**METODE**

Penelitian ini merupakan *true experiment*. Penelitian dilakukan di Universitas Jember dengan titik koordinat lokasi pengujian 113°30' - 113°45' BT dan 8°00' - 8°30' LS pada 26 Juni 2016 sampai 30 Juli 2016.



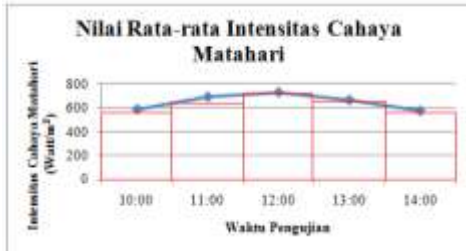
Gambar. 3. Desain Penelitian (Misbachudin, 2013:13)

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah lama perendaman TiO<sub>2</sub> kedalam *dye sensitized* daun tembakau yang terdiri dari 30 menit, 1 jam dan 1,5 jam. Sedangkan pengujian yang analisis pada penelitian ini adalah besar tegangan dan kuat arus yang dihasilkan oleh DSSC dengan masing-masing perlakuan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Perkiraan puncak pancaran sinar matahari di Kabupaten Jember terjadi antara pukul 11:30- 12:30 WIB untuk 1-30 Juli 2016 dengan posisi matahari pukul 10:00 sampai 14:00 berada pada latitude 0°

00' 03.3" sampai 0° 00' 04.3". Posisi kemiringan matahari terhadap peneliti menentukan besarnya intensitas cahaya yang dipancarkan. (Asy'ari *et al*, 2012:55)



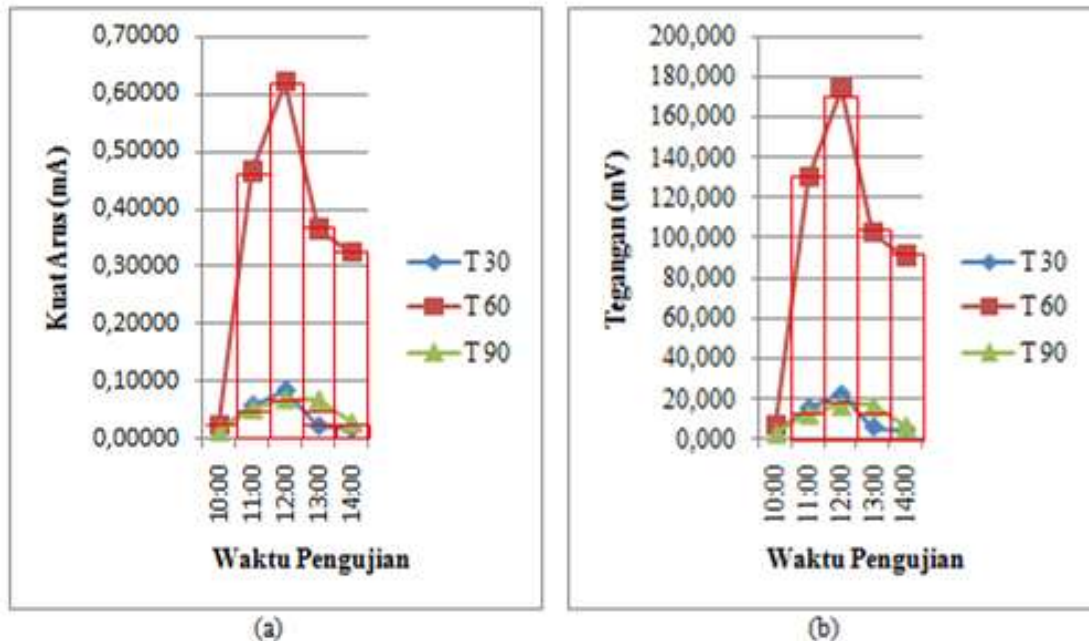
Gambar 4. Grafik hubungan antara Intensitas Cahaya Matahari dengan waktu pengujian DSSC

Berdasarkan hasil penelitian yang disampaikan oleh Haryo D. Prananto, dkk. (2013: 30-32), dikatakan bahwa besarnya intensitas cahayanya yang dipaparkan oleh sumber cahaya dapat mempengaruhi besarnya tegangan dan kuat arus yang dihasilkan oleh sel surya, terutama sel surya DSSC. Sri Ita Alemina Kembaren (2015:46-50) juga mengatakan bahwa

semakin besar intensitas cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya tersebut, maka semakin besar pula tegangan dan kuat arus yang dihasilkan oleh sel surya. Sedangkan pada pukul 10:00 – 14:00 merupakan posisi sinar matahari mulai optimal memancarkan cahayanya ke bumi. (Asy'ari *et al*, 2012: 52-57).

Hasil grafik diatas menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari optimal yang dipancarkan pada pukul 12:00 dengan nilai intensitas rata-rata sebesar 92300 Lux atau 729,2 Watt/m<sup>2</sup>. Intensitas cahaya matahari mempengaruhi besar nilai tegangan dan kuat arus yang dihasilkan oleh DSSC dengan *dye sensitizer* ekstrak daun tembakau. Sehingga pada grafik tegangan dan kuat arus yang dihasilkan oleh DSSC tiap masing-masing lama perendaman memiliki grafik melengkung dengan titik puncak yang terjadi pada pukul 12:00 siang.

### Nilai Rata-rata Kuat Arus dan Tegangan DSSC



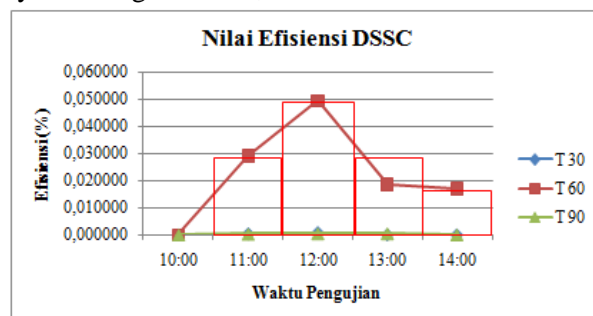
(a) Grafik Kuat Arus; (b) Grafik Tegangan  
 Gambar 5. Grafik hubungan antara lama perendaman, kuat arus dan tegangan

Menurut Dwi Susmiyanto dkk (2013:104-105), lama perendaman memiliki pengaruh terhadap tegangan dan kuat arus yang dihasilkan oleh DSSC. Dimana semakin lama waktu perendaman, maka semakin tinggi pula tegangan dan kuat arus yang dihasilkan. Grafik diatas menunjukkan bahwa seluruh DSSC memiliki nilai puncak pada waktu uji 12:00 dan DSSC dengan perendaman dalam *dye* selama 1 Jam (T60) memiliki nilai kuat arus yang lebih tinggi dibandingkan dengan DSSC dengan lama perendaman lainnya. Besar kuat arus rata-rata paling tinggi yang dapat dihasilkan oleh DSSC T60 adalah 0,622 mA. Sedangkan nilai tegangan rata-rata DSSC T60 yang juga merupakan tegangan tertinggi DSSC dengan lama perendaman lainnya yakni sebesar 173,6 mV. Semua hasil ini dicapai pada pengujian pukul 12:00.

Pada gambar grafik 4.2 hanya berisi 3 variasi perlakuan lama perendaman, yakni 30 menit, 1 jam, dan 1,5 jam. Hal ini dikarenakan, mulai dari lama perendaman 1,5 jam  $\text{TiO}_2$  sudah terlihat mulai larut dalam *dye* sehingga hasil pengukuran tegangan dan kuat arus terlihat menurun. Pengelupasan  $\text{TiO}_2$  yang terjadi pada DSSC dengan lama perendaman 1,5 jam atau T90, menyebabkan berkurangnya kemampuan sel surya untuk mengkonversi energi cahaya yang dipancarkan oleh matahari menjadi energi listrik. Hal ini ditunjukkan dengan nilai grafik yang rendah. Selain itu, penyerapan *dye* yang kurang optimal juga membuat nilai tegangan dan kuat arus yang dihasilkan menjadi sangat rendah, hal ini terjadi pada DSSC dengan lama perendaman 30 menit.

Sejalan dengan grafik yang dihasilkan oleh tegangan keluaran dan kuat arus, nilai efisiensi sel surya tertinggi pada masing-masing DSSC dicapai pada pukul 12:00 siang, yang merupakan puncak paparan intensitas cahaya matahari.

Sedangkan besar efisiensi tertinggi dari beberapa DSSC yang berhasil diuji dicapai oleh DSSC dengan lama perendaman 1 jam yakni dengan nilai 0,0493%.



Gambar 6. Grafik hubungan antara lama perendaman, efisiensi dan waktu uji

Pengujian DSSC ini bukan tanpa hambatan, perakitan bentuk dan *spacher* DSSC yang masih sederhana mengakibatkan cairan elektrolit yang mudah menguap, cepat habis, kering dan mengkristal sehingga pengukuran harus dilakukan dengan cepat dan terus memberikan cairan elektrolit secara berulang-ulang pada DSSC saat pengujian berlangsung. Selain itu penggunaan kaca OLED sebagai pengganti kaca konduktif ITO menghasilkan nilai hambatan yang lebih tinggi dari kaca ITO murni dan warna OLED yang gelap membuat DSSC menjadi tidak transparan. Adapula kaca OLED yang sangat tipis dan mudah pecah membuat pembuatan DSSC cukup sulit, karena kaca OLED tidak dapat dipotong menggunakan pemotong kaca biasa selain itu apabila terkena tekanan berlebih saat pemisahan dari lapisan *display handphone* ataupun saat pembuatan dan pengujian DSSC maka kaca OLED akan langsung pecah.

Selain itu pelapisan  $\text{TiO}_2$  yang masih sangat sederhana dengan menggunakan metode *doctor blade* manual membuat  $\text{TiO}_2$  mudah terkelupas saat direndam dalam *dye* dalam waktu yang cukup lama. Kendala terakhir inilah yang mengakibatkan DSSC T90 menjadi

menurun drastis dikarenakan larutnya  $\text{TiO}_2$  pada elektroda kerja pada DSSC. Oleh karena itu, DSSC dengan ekstrak daun tembakau masih memerlukan pengembangan penelitian lebih lanjut terutama untuk meningkatkan nilai efisiensi dan menstabilkan nilai energi listrik yang dihasilkan.

#### SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dipaparkan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut, 1) Lama perendaman  $\text{TiO}_2$  memiliki pengaruh terhadap kuat arus dan tegangan yang dihasilkan oleh DSSC. Semakin lama waktu perendaman, maka *dye* akan terserap dengan baik oleh  $\text{TiO}_2$  serta dapat menghasilkan kuat arus dan tegangan selama  $\text{TiO}_2$  tidak mengalami pelarutan. Kuat arus dan tegangan keluaran efektif dihasilkan oleh DSSC ekstrak daun tembakau dengan lama perendaman 60 menit yakni sebesar 173,6 mV dan 0,621 mA., 2) Terpengaruhnya nilai kuat arus dan tegangan DSSC membuat efisiensi dari DSSC juga dipengaruhi oleh lama perendaman  $\text{TiO}_2$  di dalam *dye*. Efisiensi optimal dihasilkan oleh DSSC ekstrak daun tembakau dengan lama perendaman 60 menit yakni sebesar 0,0493% pada pengujian pukul 12:00 dengan intensitas cahaya sebesar 729,2  $\text{W/m}^2$  untuk area aktif 3  $\text{cm}^2$ .

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka saran yang diberikan sebagai berikut; 1) Untuk penelitian selanjutnya, perlu mengkaji lebih jauh mengenai penggunaan kaca konduktif dari layar *handphone* OLED (*Organic LED*) dari segi jenis *handphone*/barang elektronik lain yang menggunakan kaca OLED maupun dari *dye* yang baik untuk kaca konduktif OLED ini guna menghasilkan kestabilan konduktivitas ataupun hambatan yang stabil pada seluruh area substrat, 2)

Untuk Fakultas Keguruan dan Ilmu Pengetahuan, perlu diadakannya penelitian untuk materi fisika terapan sehingga mahasiswa bisa lebih kreatif dalam menuangkan ide dan gagasannya, 3) Untuk masyarakat pada umumnya, perlu adanya pengetahuan lebih lanjut tentang penggunaan sumber energi terbarukan yang murah dan mudah dibuat, terutama DSSC, 4) Untuk pemerintah, pembuatan kebijakan lebih lanjut tentang pengembangan sumber energi terbarukan guna mengurangi konsumsi bahan bakar fosil untuk pemenuhan energi serta pemerataan penggunaan energi di wilayah terpencil.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anandan, S.. 2007. Recent Improvements and Arising Challenges in Dye-Sensitized Solar Cells. *Solar Energi Materials and Solar Cells*. Vol. 91(1) : 843.
- Arora, H., 2010. *Nanomaterials for the Life Science Vol. 8: Nanocomposites*. Inggris : Wiley. Hal 46-50.
- Asy'ari, H., Jatmiko dan Angga. 2012. Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya. *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS*. hal: 52-57.
- Bialokoz, M.M, & Kaczor, A.A. 2014. Undergraduate Research Article: Computation Analysis of Chlorophyll Structure and UV-Vis Spectra: A Student Research Project on the Spectroscopy of Natural Complexes. *Spectroscopy Letters*. Hal:146
- Chang, H.P., Qing, Y.Q., Qian, Z. dan, Yong, S.Z.. 2013. Research of NiMH Battery Modeling and

- Simulation Based on Linear Regression Analysis Method. *TELKOMNIKA*. Vol.11 (4) : 685.
- Chotimah, T.K., dan Kartini, I.. 2012. Efek Intensitas Cahaya terhadap Efisiensi Konversi Daya Sel Surya Organik *Bulk Heterojunction* Berbasis Poly(3-hexylthiophene) dan Phenyl C<sub>61</sub> butyric Acid Methylester. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY*. hal: 68-70.
- Ekasari, V. dan Yudoyono, E.. 2013. Fabrikasi DSSC dengan Dye Ekstrak Jahe Merah (*Zingiber officinale* Linn Var *Rubrum*) Variasi Larutan TiO<sub>2</sub> Nanopartikel Berfase Anatase dengan Teknik Pelapisan Spin Coating. *Jurnal Sain dan Seni POMITS*. Vol. 2 (1) : 17-20.
- Fadhillah, H. & Ahri, B.T.. 2014. Analisis Cara Kerja Layar Sentuh Bersifat Resistif. *SINGUDA ENSIKOM*. Vol. 6 (2) : 99-105.
- Fernando, J. M. R. C. & Senadeera, G. K. R. 2008. Natural Anthocyanins as Photosensitizers for Dye-Sensitized Solar Device. *CURRENT SCIENCE*. Vol. 95 (5) : 663-666.
- Gratzel, M.. 2003. Dye-Sensitized Solar Cell, *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*. Vol. 4 (1) : 145-153.
- Gtarzel, M. 2005. *Photovoltaic Performance and Long-Term Stability of Dye-sensitized Mesoscopic Solar Cells*. Switzerland: Academie Des Sciences. Hal : 87-102.
- Hamida, R., dan Suhara, C.. 2013. Pengaruh Infeksi Cucumber Mosaic Virus (CMV) Terhadap Morfologi, Anatomi, dan Kadar Klorofil Daun Tembakau Cerutu. *Buletin Tananman Tembakau, Serat & Minyak Industri*. Vol. 5 (1) : 17-19.
- Hossain, M. A., Chowdhury, M.M.H., Sabuj, M.N., dan Bari, M.S.. 2011. Performance Evaluation Of 1.68 kWp DC Operated Solar Pump With Auto Tracker Using Microcontroller Based Data Acquisition System. *International Conference on Mechanical Engineering 2011 (ICME2011) Bangladesh*. hal: 15.
- Jaliwala, R.. 2014. *Buku Panduan : Energi yang Terbarukan*. Jakarta : Program Nasional Pemberdayaan Masyarakat (PNPM) Mandiri.
- Kembaren, S.I.A.. 2015. *Karakterisasi Ekstrak Daun Hemigraphis colorata sebagai Dye pada Dye Sensitizer Solar Cell*. Medan : Universitas Sumatera Utara. hal: 46-50.
- Kementrian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia (KEMENRISTEK RI). 2006. *Buku Putih Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Energi Baru dan Terbarukan Untuk Mendukung Keamanan Ketersediaan Energi Tahun 2005-2025*. Jakarta: Kementrian Negara Riset dan

- Teknologi Republik Indonesia. hal: 25.
- Kumara, M.S.W. & Gontjang, P.. 2012. *Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (Amaranthus hybridus l) sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya pada DSSC*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November. hal: 111.
- McDonald, S.A., Konstantatos, G., Zhang, S., Cyr, P.W., Klem, E.J., Levina, L., dan Sargent, E.H.. 2005. Solution-processed PbS quantum dot infrared photodetectors and photovoltaics. *Nature Materials* Vol. 4 (2) : 138-142.
- Misbachudin, M.C., Trihandaru, S., dan Sutresno, A.. 2013. Studi Awal Ekstrak Antosianin Strawberry Sebagai Fotosensitizer dalam Pembuatan Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). *Seminar Nasional 2<sup>nd</sup> Lontar Physics Forum 2013*. hal: 13-14.
- Narayan, M.R. 2012. Review: Dye Sensitized Solar Cells Based On Natural Photosensitizers. *Renewable and Sustainable Energi Review*. Vol. 16 (1) : 208-215.
- G., Vittorio, D., dan Skyrabin, I. 2001. Titania Solar Cells: New Photovoltaic Technology. *Renewable Energi*. hal: 22.
- Prananto, H.D., Tyaswuri, A., Stefhanie, C., dan Bahriarto, Y.. 2013. Dye Sensitizer Solar Cell (DSSC) Berbahan Dasar Klorofil Daun Cincin Sebagai Fotosensitizer. *Seminar Nasional Fisika Universitas Negeri Jakarta, 1 Juni 2013*. hal: 30-32.
- Prasatya, A.N., dan Susanti, D.. 2013. Pengaruh Temperatur Kalsinasi pada Kaca FTO yang di-coating ZnO terhadap Efisiensi DSSC (Dye Sensitized Solar Cell) yang Menggunakan Dye dari Buah Terung Belanda (*Solanum betaceum*). *Jurnal Teknik POMITS*. Vol. 2 (2) : 378-380.
- Septina, W.. 2007. *Sintesa Nanokristal Mesopori TiO<sub>2</sub> dengan Metoda Sol-Gel*. Bandung: Institut Teknologi Bandung. hal: 19-35.
- Siswanto. 2004. *Monograf Pengembangan Tembakau Unggulan di Sumenep*. Surabaya: UPN "Veteran" Jawa Timur. Hal: 9-10
- Sugiyono, A., Anindhita, Boedoyo, M.S. dan Adiarso. 2014. *Outlook Energi Indonesia 2014 (Indonesia Energi Outlook 2014): Pengembangan Energi Mendukung Program Substitusi BBM*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). hal: 16-26.
- Susmiyanto, D., Wibowo, N.A. dan Sutresno, A.. 2013. Fabrikasi Sel Surya Pewarna Tersensitisasi (SPPT) dengan Memanfaatkan Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas L*). *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains VIII UKSW*. Vol. 4 (1) : 104-105.