

PENGARUH KETEBALAN KOATING TiO₂ DAN KONSENTRASI PELARUT ETANOL TERHADAP VOLTASE DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) MENGGUNAKAN EKSTRAK BUAH SENGGANI (*Melastoma candidum* D. Don)

Aisyah Dewi Ranti¹, Amun Amri², Yelmida³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Kimia

Laboratorium Material dan Korosi

Jurusan Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293

¹Email : aisyahdewi.ranti@gmail.com

Abstract

Solar cell is an active element that converts light energy into electrical energy by photovoltaic effect. Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) is the third generation of solar cells. The aim of this study is to determine the effect of TiO₂ layer thickness and the concentration of ethanol on the DSSC voltage. The study began by making a dye solution of 20 grams of Senggani dissolved in methanol, acetic acid and distilled water. FTO glass coating was then performed using TiO₂ that was dissolved in ethanol, then deposited by spin coating and sintering method using furnace. The next step was the manufacture of electrolytic solution, a carbon electrode manufacture and assembly of DSSC. The test results using a UV-Vis absorbance showed that the dye solution containing anthocyanin at 520 nm absorption. DSSC achieved the higher voltage due to the thickness of TiO₂. The best result (0.9524 Volt / cm²) by variation of TiO₂ thickness ($\approx$ 387 nm) with ethanol absolute (without dilution). XRD test showed that TiO₂ anatase was anatase phase. The morphology test shows that the coating of TiO₂ with ethanol solvent has a particle size smaller than coating with distilled water solvent. The adhesion test showed the adhesion coating on the FTO glass was at good qualifications 2B.

Keywords: DSSC, FTO glass, TiO₂ coating thickness, TiO₂

1. Pendahuluan

Pertumbuhan ekonomi dan industri yang sangat pesat terjadi di seluruh belahan dunia. Konsekuensi dari perkembangan ini adalah kebutuhan energi yang meningkat. Saat ini kebutuhan energi dunia masih didominasi oleh energi fosil seperti minyak bumi, gas petroleum, gas alam, dan batubara. Bentuk energi alternatif lain seperti energi surya, air, angin, geotermal, maupun bahan bakar bio hanya menyediakan sedikit dari kebutuhan energi dunia [Ghifari, 2011].

Energi surya merupakan energi yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik [Timotius dkk, 2009]. Upaya pengembangan sel surya sebagai solusi alternatif krisis energi dunia merupakan hal yang perlu dan penting untuk dilakukan,

mengingat sumber energi sel surya yang melimpah dan terbarukan. [Hardian et al, 2010]. Perkembangan sistem konversi energi surya menjadi energi listrik berlangsung melalui sistem yang disebut sebagai sel fotovoltaiik. Sel surya merupakan suatu mekanisme yang bekerja berdasarkan efek fotovoltaiik dimana foton dari radiasi diserap kemudian dikonversikan (diubah) menjadi energi listrik [Malvino, 1986].

Sel surya berdasarkan perkembangan teknologi saat ini dan bahan pembuatannya dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu pertama, sel surya yang terbuat dari silikon kristal tunggal dan silikon multi kristal (sel surya konvensional). Kedua, sel surya tipe lapisan tipis (*thin film solar cell*) dan yang ketiga, sel surya organik atau Sel Surya

Pewarna Tersensitisasi (SSPT) atau *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). Tipe sel surya yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan menjadi sumber energi alternatif adalah sel surya organik, karena bahannya mudah didapat, murah dan ramah lingkungan [Hardian *et al*, 2010]. Tipe ini pertama kali ditemukan oleh Michael Gratzel

DSSC ini terdiri dari sepasang kaca berlapis bahan TCO (*transparent conducting oxide*) yang saling mengapit larutan elektrolit membentuk seperti *sandwich*. Karbon atau platina sebagai katalis berfungsi untuk mempercepat reaksi redoks berupa I^- / I_3^- (iodide/triiodide). Salah satu kaca sebagai elektroda kerja yang dideposisikan Titanium Dioxide (TiO_2) berfungsi sebagai kolektor dan transport elektron (*acceptor* elektron atau tipe-n). Elektroda kerja ini tersensitisasi pewarna yaitu antosianin yang berfungsi sebagai donor elektron. Sedangkan kaca yang lain berupa elektroda lawan yang terlapis oleh karbon atau platina [Saputra dkk, 2013].

Salah satu metode pelapisan yang digunakan pada DSSC adalah metode *spin coating*. Metode *spin coating* adalah metode penumbuhan lapisan tipis pada substrat dengan cara meneteskan cairan ke pusat substrat yang diputar. Substrat yang digunakan adalah kaca. Material yang digunakan sebagai lapisan tipis dideposisi atau diletakkan pada bagian tengah substrat baik dengan cara manual maupun bantuan jarum. Material tersebut dituangkan diatas substrat. *Spin coating* didasarkan pada asumsi bahwa aliran larutan berada dalam kondisi stabil ketika gaya sentrifugal dan gaya viskositas seimbang [Huang, 2003].

Pada penelitian ini *dye* yang digunakan berupa ekstrak buah senggani dengan mengambil kandungan antosianin dari buah tersebut. Senggani merupakan tumbuhan yang tumbuh liar pada tempat-tempat yang mendapat cukup sinar matahari, seperti di lereng gunung, semak

belukar dan lapangan yang tidak terlalu gersang [Starr *et al*, 2003].

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini ekstraksi *dye* dilakukan dengan menghaluskan 20 gram buah senggani kemudian dicampurkan dengan pelarut metanol, asam asetat, aquades (40:8:52) dan didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya larutan disaring sehingga diperoleh larutan *dye*.

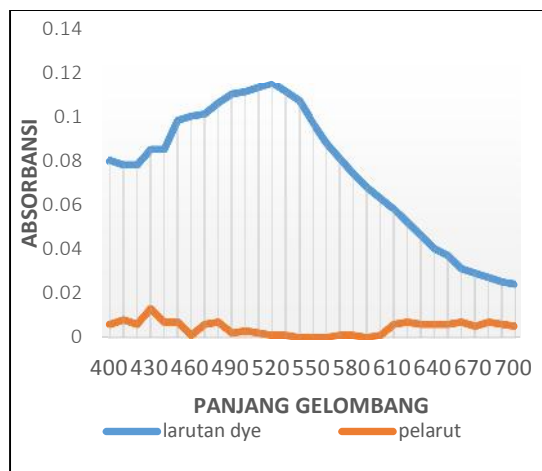
Pembuatan pasta TiO_2 dilakukan dengan mencampurkan TiO_2 dengan pelarut etanol (perbandingan 1:4). Konsentrasi dari pelarut divariasikan yaitu etanol absolut, etanol 50% dan 0% etanol (aquades). Selanjutnya dilakukan pendeposisian pasta dengan menggunakan *spin coater* dengan kecepatan 1000 rpm selama 60 detik. Ketebalan lapisan dari pasta divariasikan, berupa satu kali, dua kali, tiga kali, lima kali dan sepuluh kali pelapisan. Selanjutnya lapisan disintering pada suhu 350 °C selama 15 menit. Kemudian dilakukan perendaman lapisan TiO_2 pada larutan *dye* selama 24 jam.

Pembuatan larutan elektrolit dilakukan dengan mencampurkan kalium iodide (KI) ke dalam 10 ml aquades sehingga dihasilkan larutan KI. Selanjutnya dilakukan penambahan iodine dan diaduk dengan *magnetic stirrer* sehingga didapatkan larutan elektrolit. *Counter* elektroda dibuat dengan cara membakar bagian konduktif dari kaca FTO dengan menggunakan api lilin. Selanjutnya dilakukan perakitan DSSC, dengan menyusun lapisan TiO_2 tersensitisasi *dye* dengan elektroda karbon sehingga berbentuk *sandwich*. Sebelum disusun berbentuk *sandwich*, lapisan TiO_2 tersebut ditetaskan larutan elektrolit terlebih dahulu. Kemudian dijepit dengan menggunakan klip binder.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Uji Absorbansi Ekstrak Buah Senggani

Pada penelitian ini analisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis dilakukan untuk mengetahui daerah serapan panjang gelombang maksimum dari ekstrak buah senggani. Analisa UV-Vis dilakukan pada daerah serapan dengan panjang gelombang antara 400 – 700 nm.



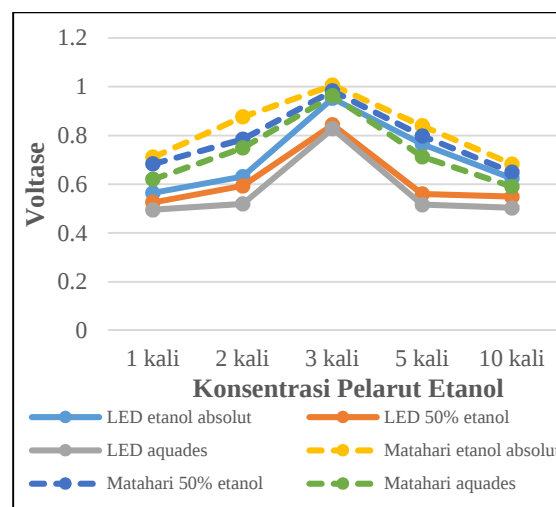
Gambar 3.1 Absorbansi dye ekstrak buah senggani

Berdasarkan gambar 3.1, puncak terjadi pada panjang gelombang 520 nm. Hasil analisa spektrofotometer UV-Vis ini menunjukkan bahwa panjang gelombang maksimum yang didapat dari larutan dye membuktikan bahwa larutan dye ini mengandung antosianin. Hal ini sesuai dengan pernyataan Harborne (1996) yang mengatakan bahwa antosianin mempunyai panjang gelombang maksimum pada daerah serapan 515 – 545 nm. Panjang gelombang maksimum dari larutan dye tersebut berada pada daerah serapan antosianin tersebut.

3.2 Pengaruh Ketebalan TiO_2 Terhadap Tegangan DSSC

Ketebalan lapisan TiO_2 hasil proses *spin coating* mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). Berdasarkan penelitian yang

dilakukan dengan memvariasikan ketebalan dari lapisan TiO_2 diperoleh hasil seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Perubahan tegangan yang dihasilkan terhadap ketebalan TiO_2

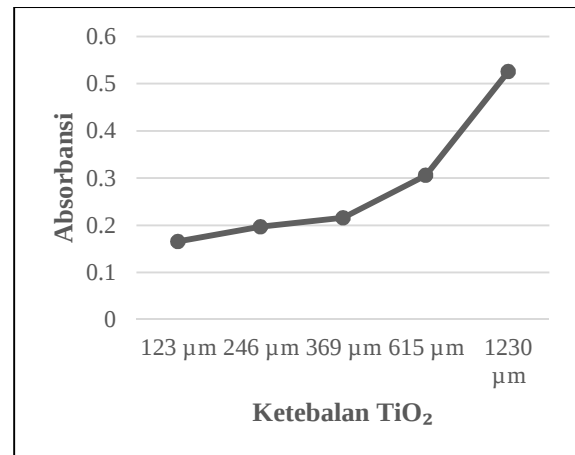
3.2.1 Pengaruh Ketebalan TiO_2 Terhadap Tegangan DSSC

Berdasarkan gambar 3.2 dapat dilihat bahwa ketebalan lapisan TiO_2 mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). Pada ketebalan satu kali ($\approx 129 \mu\text{m}$) hingga tiga kali pelapisan ($\approx 387 \mu\text{m}$), tegangan yang dihasilkan semakin meningkat. Menurut Sushanty (2014), ketebalan lapisan sangat berpengaruh pada karakteristik penyerapan dye sel surya. Ketebalan akan meningkatkan jumlah dye yang dapat terserap seperti terlihat pada gambar 3.3. Besarnya kontak antara dye dengan cahaya yang datang akan meningkatkan arus elektron yang dihasilkan sehingga performa sel juga meningkat.

Namun pada ketebalan lima kali ($\approx 645 \mu\text{m}$) pelapisan sampel mulai mengalami penurunan tegangan. Begitu juga dengan DSSC ketebalan sepuluh kali pelapisan ($\approx 1290 \mu\text{m}$), tegangan yang dihasilkan juga semakin menurun. Hal ini sesuai dengan pernyataan Zamrani (2013),

ketebalan pasta juga berpengaruh pada keluaran yang dihasilkan dimana lapisan pasta TiO_2 yang terlalu tebal akan membuat semakin sedikit elektron yang dapat mengalir ke lapisan kaca konduktif. Hal ini disebabkan karena sebagian elektron ditangkap kembali oleh *dye* yang teroksidasi (rekombinasi). Serta Kumara (2012), yang menyatakan bahwa ketebalan lapisan yang tidak seragam akan berpengaruh pada terhambatnya proses keluarnya elektron. Sehingga keluaran tegangan yang dihasilkan kurang optimal. Terlalu tebalnya koating TiO_2 juga akan mempersulit penetrasi *dye* menuju TiO_2 pada posisi lebih dalam (bagian yang dekat kaca), serta terlalu tebal TiO_2 juga akan memblok cahaya menuju partikel TiO_2 terluar.

Pada gambar 3.2 juga dapat dilihat bahwa uji DSSC menggunakan cahaya matahari menghasilkan tegangan yang lebih besar dibandingkan uji DSSC yang menggunakan lampu LED. Nilai tegangan yang lebih besar pada uji DSSC menggunakan cahaya matahari disebabkan cahaya matahari mempunyai intensitas cahaya yang lebih tinggi. Selain itu, spektrum cahaya yang dipancarkan juga lebih lebar [Septina dkk, 2007]. Hal tersebut juga didukung oleh penelitian Kumara (2012), dimana pengujian DSSC menggunakan cahaya matahari menghasilkan tegangan yang lebih besar dibandingkan pengujian dengan menggunakan cahaya lampu. Hal ini dikarenakan cahaya matahari memiliki rentang panjang gelombang yang lebar dan intensitas yang dipancarkan ke bumi besar.

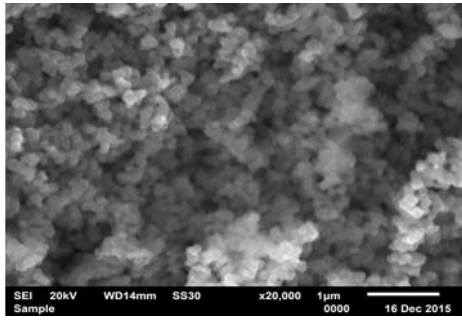


Gambar 3.3 Absorbansi larutan *dye* pada TiO_2

3.2.2 Pengaruh Konsentrasi Pelarut Etanol Terhadap Tegangan DSSC

Gambar 3.2 juga menunjukkan bahwa konsentrasi dari pelarut etanol berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan oleh *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). Nilai tegangan tertinggi terdapat pada DSSC yang menggunakan etanol absolut sebagai pelarut pasta. Sedangkan nilai tegangan terendah terdapat pada DSSC dengan aquades sebagai pelarut pastanya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mori (2010) yang mengatakan, umumnya pelarut organik untuk pasta TiO_2 dapat membentuk lapisan film yang lebih seragam dibandingkan dengan pasta dari campuran air. Sehingga tegangan yang dihasilkan dengan menggunakan pelarut etanol, lebih tinggi dibandingkan dengan yang menggunakan pelarut aquades.

Pengujian sampel dengan menggunakan SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dari sampel tersebut. Analisa SEM dilakukan pada sampel terbaik dari masing masing pelarut yaitu sampel dengan pelarut etanol absolut tiga kali pelapisan, sampel dengan pelarut 50 % etanol tiga kali pelapisan dan sampel dengan pelarut aquades tiga kali pelapisan.

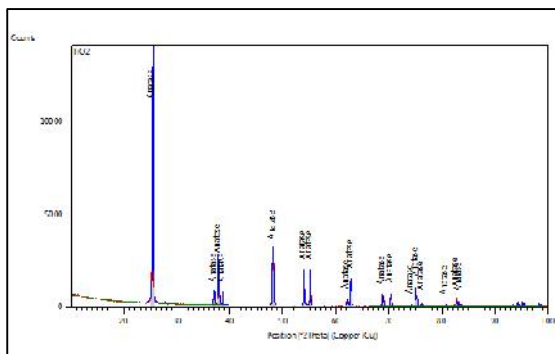


Gambar 3.4 Morfologi permukaan TiO₂ diatas substrat kaca menggunakan pelarut etanol absolut

Berdasarkan gambar 3.4 secara umum dapat dilihat bahwa partikel dari TiO₂ teraglomerasi. Secara umum partikel TiO₂ memiliki bentuk *spherical*. Menurut Shanmugam (2015), partikel TiO₂ yang berbentuk *spherical* dapat memperbanyak adsorpsi *dye* pada permukaan substrat. Jika adsorpsi molekul *dye* berlangsung dengan baik, maka akan meningkatkan injeksi elektron sehingga efisiensi dari sel surya menjadi lebih baik.

3.3 X-Ray Diffraction (XRD)

Analisa X-Ray Diffraction (XRD) dilakukan untuk mengetahui fasa kristal dan ukuran kristal yang terdapat di dalam sampel. Pada penelitian ini, pengujian XRD dilakukan pada sampel yang memberikan nilai tegangan tertinggi. Struktur kristal dari TiO₂ dianalisa pada rentang sudut 2θ 10° - 100° dan panjang gelombang 1.54060 Å.



Gambar 3.5 Hasil karakteristik difraktogram TiO₂

Gambar 3.5 menunjukkan pola difraksi dari TiO₂ yang memiliki puncak 2θ = 25°, 37°, 48°, 55°, 62°, 70°, 75°, 82° dan 95°. Hal ini sesuai dengan puncak-puncak yang dimiliki oleh fasa anatase berdasarkan data JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*) No. 21 – 1276. Identifikasi lebih lanjut menggunakan program *match!* Versi 1.11h menunjukkan bahwa seluruh puncak hasil difraksi TiO₂ berupa kristal fasa anatase. Menurut Trianiza (2013) yang mengatakan bahwa penggunaan TiO₂ fasa anatase pada DSSC sangat potensial untuk mencapai efisiensi lebih tinggi dalam mengubah cahaya menjadi listrik karena mempunyai kemampuan penyerapan yang tinggi. Ukuran butir dari kristal TiO₂ dihitung dengan menggunakan persamaan scherrer:

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \quad 4.1$$

Dimana :

D adalah ukuran kristal

K adalah konstanta dengan nilai 0,94

λ adalah panjang gelombang bragg

β adalah FWHM (*Full-Width Half Maximum*)

θ adalah sudut bragg

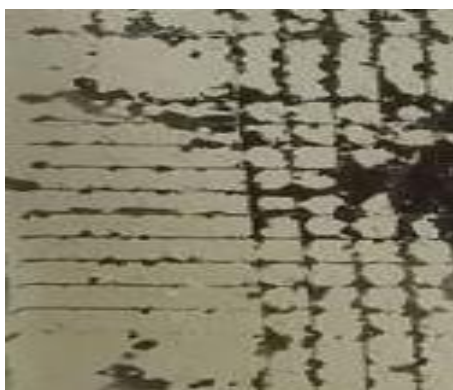
Hasil perhitungan ukuran kristal TiO₂ menggunakan persamaan 4.1 didapatkan bahwa rata-rata ukuran kristal TiO₂ adalah 1,46 nm. Menurut Ningsih (2010), dalam aplikasi sel surya TiO₂ tersensitisasi *dye*, ukuran butir TiO₂ skala nanometer ini memiliki kelebihan dapat menampung *dye* lebih banyak, karena semakin kecil ukuran kristal, semakin luas permukaan aktif.

3.4 Adhesi Test

Pengujian sifat mekanis dari *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) pada penelitian ini berupa uji adhesi. Uji adhesi ini dilakukan untuk mengetahui daya rekat *coating* terhadap substrat. Substrat yang digunakan berupa kaca FTO yang telah dilapisi pasta TiO₂ pada bagian

konduktifnya dan telah disintering pada suhu 350 °C selama 15 menit. Metode yang digunakan adalah ASTM D 3359 *Cross Hatch Cutter*.

Hasil analisa daya rekat *coating* TiO₂ terhadap substrat kaca FTO pada gambar 3.6, menunjukkan bahwa *coating* berada pada klasifikasi (2B). Dimana pada lapisan *coating* terdapat serpihan sepanjang ujung bagian kotak. Berdasarkan klasifikasi dari standar uji tersebut dapat dilihat bahwa hasil *coating* dari TiO₂ cukup.



Gambar 3.6 Analisa *coating* TiO₂

Menurut Nuryadi (2012), kenaikan suhu yang terlalu cepat menyebabkan penguapan pada lapisan TiO₂ menjadi cepat sehingga menyebabkan keretakan pada lapisan TiO₂. Selain itu agregasi atau penempelan partikel TiO₂ juga dapat memperbesar kemungkinan terjadinya pengelupasan TiO₂.

4. Kesimpulan

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) berbasis ekstrak buah senggani telah berhasil dibuat dan terbukti dapat mengkonversi cahaya menjadi energi listrik. Uji absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa larutan *dye* mengandung antosianin pada serapan 520 nm. Ketebalan lapisan TiO₂ dan konsentrasi pelarut etanol mempengaruhi tegangan yang dihasilkan dalam pembuatan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) berbasis ekstrak buah senggani.

Semakin tebal TiO₂ semakin tinggi tegangan yang dihasilkan hingga mencapai suatu titik optimum, begitu juga dengan pengaruh pelarut etanol. Tegangan terbaik 0,9524 Volt/cm² dihasilkan oleh DSSC dengan variasi ketebalan ($\approx$ 369 μ m) dan menggunakan pelarut etanol absolut. Uji morfologi menunjukkan bahwa dengan menggunakan pelarut etanol dapat memperkecil ukuran partikel TiO₂. Hasil analisa XRD menunjukkan bahwa TiO₂ berfase anatase dengan rata-rata ukuran butir kristal 1,46 nm. Daya rekat koating TiO₂ terhadap substrat kaca FTO berada pada klasifikasi (2B) dengan kualifikasi cukup.

Daftar Pustaka

- Ghifari, A.S., 2011, Pemanfaatan Energi Surya di Indonesia sebagai Energi Alternatif menggunakan Sel Surya Nanokerucut Berbasis ZnO-CdTe, Universitas Indonesia
- Harborne, J.B., 1996, *Metode Fitokimia, Terbitan ke-II*, a.b. Kosasih Padmawinata, Penerbit ITB, Bandung
- Hardian, A., Mudzakir, A., Sumarna, O., 2010, Sintesis dan Karakterisasi Kristal Cair Ionik berbasis Garam *Fatty Imidazolinium* sebagai Elektrolit Redoks pada Sel Surya Tersensitisasi Zat Warna, *Jurnal Sains dan Teknologi Vol 1*. No.1 ISSN 2087-7412, 7-16
- Huang, Ya-Yu, Chou, Kan-Sen, 2003, Studies on the spin coating process of silica films. National Tsing Hua University, Hsinchu
- Kumara, M.S.W., Prajitno, G., 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, Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut

- Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Malvino, B., Tjia, 1986, Aproksimasi Rangkaian Semikonduktor penghantar Transistor dan Rangkaian Terpadu, Erlangga, Jakarta
- Mori, R., Ueta, T., Sakai, K., Niida, Y., Koshihara, Y., Lei, L., Nakamae, K., Ueda, Y., 2010, Organic Solvent Based TiO₂ Dispersion Paste for Dye-Sensitized Solar Cells Prepared by Industrial Production Level Procedure, *J Mater Sci* DOI 10.1007/s10853-010-4925-2
- Ningsih, R., Hastuti, E., 2010, Karakterisasi Ekstrak Teh Hitam dan Tinta Cumi-Cumi sebagai Fotosensitizer pada Sel Surya Berbasis Pewarna Tersensitisasi, UIN MALIKI Malang
- Nuryadi, R., Aprilia, L., Junior, Z., A.A., 2012, Fabrikasi Sel Surya Tersensitisasi Zat Warna Berbasis Semikonduktor TiO₂ dengan Metode Elektroforesis, *Jurnal Hasil Penelitian Industri* Volume 25, No. 1
- Saputra, F.R., Rondonuwu, F.S., Sutresno, A., 2013, Pemanfaatan Ekstrak kol Merah (*Brassica oleracea* var) sebagai Dye Sensitized dalam Pembuatan Prototipe Solar Cell (DSSC), Universitas Kristen Satya Wacana
- Septina, W., Fajarisandi, D., Aditia, M., 2007, Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah dengan Bahan Organik-Inorganik (Dye-Sensitized Solar Cell), Laporan Penelitian Bidang Energi, Institut Teknologi Bandung
- Shanmugam, V., Manoharan, S., Sharafali., Anandan, S., Murugan, R., 2015, Green Grasses as Light Harvesters in Dye Sensitized Solar Cell, National Institute of Technology, India, *Spectrochimica acta part A: Molecular and biomolecular spectroscopy* 135 (2015) 947-952
- Starr, F., K. Starr and L. Loope, 2003, *Melastoma candidum* Asian Melastome Melastomataceae, Laporan Penelitian. United States Geological survey- Biological Resources Division Haleakala Field Station, Maui, Hawai'i
- Susanthy, D., Gusnedi., Kamus, Z., 2014, Pengaruh Waktu Spin Coating Terhadap Struktur dan Sifat Listrik Sel Surya Pewarna Tersensitisasi, Jurusan Fisika FMIPA UNP, *Pillar of physics*, Vol.1. April 2014, 33-40
- Timotius, C., Ratnata, I.W., Mulyadi, Y., Mulyana, E., 2009, Perancangan dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Laporan Penelitian Hibah Kompetitif, Universitas Pendidikan Indonesia
- Trianiza, I., Yudoyono, G., 2013, Fabrikasi DSSC (Dye Sensitized Solar Cell) dengan Teknik Pelapisan Spin Coating Menggunakan Kaca ITO dan FTO sebagai Substrat dan Variasi Jahe Merah (*Zingiber Officinale* Var Rubrum) sebagai Dye Sensitizer, Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Zamrani, R., A., Prajitno, G., 2013, Pembuatan dan Karakterisasi Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstraksi Kulit Buah Manggis Sebagai Dye Sensitizer dengan Metode Doctor Blade, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), *Jurnal sains dan seni POMITS* Vol. 1, No. 2, (2013) 2301-928X