

***APLIKASI CARBON NANOTUBE BERBASIS
TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI COUNTER
ELECTRODE PANEL SURYA TIPE DSSC***

Untuk memenuhi sebagai persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



Diajukan Oleh :

Erwin Surya Prihandhika
13620016

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2018**



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

FM-UINSK-BM-05-07/R0

PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor :B-1236/Un.02/DST/PP.05.3/08/2018

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Aplikasi *Carbon Nanotube* Berbasis Tempurung Kelapa sebagai *Counter Electrode* Panel Surya Tipe DSSC

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Erwin Surya Prihandhika
NIM : 13620016
Telah dimunaqasyahkan pada : 2 Agustus 2018
Nilai Munaqasyah : A
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Asih Melati, S.Si., M.Sc.
NIP. 19841110 201101 2 017

Penguji I

Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si
NIP. 19771025 200501 1 004

Penguji II

Endaruji Sedyadi, S.Si., M.Sc.
NIP. 19820205 201503 1 003

Yogyakarta, 24 Agustus 2018

Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

Dekan



Murtono, M.Si
NIP. 19691212 200003 1 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Erwin Surya Prihandhika

NIM : 13620016

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul : Aplikasi *Carbon Nanotube* Berbasis Tempurung Kelapa sebagai *Counter Electrode* Panel Surya Tipe DSSC adalah benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan tata penulisan yang lazim.

Yogyakarta, 25 Juli 2018

Yang menyatakan



Erwin Surya Prihandhika
NIM. 13620016

HALAMAN PERSEMBAHAN

Ku persembahkan salah satu karyaku ini untuk:

Kedua orang tua yang saya cintai

Keluarga besar eyang Soetarno

Study Club fisika material

Fisika UIN Sunan Kalijaga angkatan 2013

Almamater UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur tak lupa penulis ucapkan atas nikmat dan karunia Allah SWT, shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umatnya dari dunia kegelapan menuju dunia yang terang-benderang.

Alhamdulillah, penulis telah menyelesaikan skripsi dengan judul “Aplikasi *Carbon Nanotube* Berbasis Tempurung Kelapa sebagai *Counter Electrode* Panel Surya Tipe DSSC”. Keberhasilan dari penulisan skripsi ini tidak terlepas dari pihak-pihak yang telah membantu dan membimbing dalam berbagai hal. Oleh karena itu sudah sepatutnya penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Drs. K.H. Yudian Wahyudi Ph.D, selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga
2. Bapak Dr. Tha'qibul Fikri N., S.Si., M.Si selaku kepala jurusan program studi fisika.
3. Ibu Asih Melati, M.Sc., selaku dosen pembimbing skripsi.
4. Bapak Didik Krisdiyanto, M.Sc., selaku dosen pembimbing skripsi
5. Bapak Frida Agung Rakhmadi. S.Si., M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan
6. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan secara moril maupun materi.
7. Seluruh dosen Fisika UIN Sunan Kalijaga, yang telah memberikan bimbingan serta ilmunya
8. Bapak Wijayanto selaku PLP Laboratorium Kimia yang telah membantu selama pengambilan data
9. Segenap jajaran karyawan dan staf yang telah membantu melancarkan jalannya penelitian skripsi.

10. Roman, Agung, Vicga, Nurul, Maulina, Addin, Niswah, Sherly, Hendra, Fia, Adimas dan rekan-rekan *Study Club* Fisika Material yang bersedia diajak berdiskusi,
11. Teman-teman Fisika 2013 UIN Sunan Kalijaga yang telah bersama-sama berjuang menyelesaikan skripsi
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini.

Penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mohon kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca. Akhir kata, Penulis berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya. *Aamiin ya Rabbal Alamiin.*



Yogyakarta, Agustus 2018

Penulis

**APLIKASI CARBON NANOTUBE BERBASIS TEMPURUNG KELAPA
SEBAGAI COUNTER ELECTRODE PANEL SURYA TIPE DSSC**

Erwin Surya Prihandhika
13620016

INTISARI

Kajian mengenai CNT yang dibuat dari tempurung kelapa untuk digunakan sebagai *counter electrode* DSSC sudah berhasil dilakukan. DSSC dibuat dengan struktur *sandwich*, dimana dua buah elektroda disatukan dengan diisi larutan elektrolit. Elektroda kerja dibuat menggunakan TiO_2 yang disensitisasi dengan kurkumin selama 24 jam kemudian ditempel pada kaca konduktif dengan metode *doctor blade*. *Counter electrode* dibuat menggunakan CNT berbahan dasar tempurung kelapa yang disintesis menggunakan metode CVD dengan variasi waktu pirolisis selama 2, 4, dan 6 jam. CNT kemudian ditempel pada kaca konduktif menggunakan metode *electrophoretic deposition* dengan tegangan 15 Volt selama 2 menit. Sel aktif memiliki luas penampang $2,25 \text{ cm}^2$ menghasilkan tegangan sirkuit terbuka (V_{oc}) sebesar 220 mV dengan intensitas penyinaran 1000 lux pada variasi waktu pirolisis 4 jam.

Kata kunci : DSSC, CNT, *counter electrode*, *electrophoretic deposition*

THE APPLICATION OF CARBON NANOTUBE FROM COCONUT SHELL AS COUNTER ELCTRODE DYE-SENTIZED SOLAR CELLS

Erwin Surya Prihandhika
13620016

ABSTRACT

The study of CNT made of coconut shell for counter electrode dye-sensitized solar cells (DSSC) has succsefully been done. DSSC was formed structurally by two electrode sandwiching electrolit. The working electrode made from TiO₂ paste and sensitized with curcumin for 24 hours and then fabricated in conductive glass with doctor blade method. The counter electrode is an important part of DSSC, the function is for accelerated redocs reaction for. The working electrode is TiO₂ soaked in curcumin dye for 24 hours. The counter electrode is CNT made by CVD method with 2, 4, 6 hour time variation. CNT was coated in conductive glass by electrophoretic deposition method with 15 V of voltage. The working cells have an area 2.25 cm². The voltage measured by voltmeter showed the V open circuit is 220 mV with 1000 lux intensity in 4 hour time variation.

Keyword : DSSC, CNT, counter electrode, electrophoretic deposition



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
INTISARI	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Studi Pustaka	7
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC)	8
2.2.2 <i>Counter Electrode</i> DSSC	10
2.2.3 Karbon	12
2.2.4 <i>Carbon Nanotube</i> (CNT)	13
2.2.5 <i>Chemical Vapor Deposition</i> (CVD)	16
2.2.6 <i>Electrophoretic Deposition</i> (EDP)	17
2.2.9 Pengukuran Tegangan DSSC	19
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Alokasi Waktu Penelitian	20
3.1.1 Waktu Penelitian	20
3.1.2 Tempat Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	21
3.2.1 Alat-Alat Penelitian	21

3.3 Analisis Data	22
3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan	22
3.3.2 Sintesis CNT	23
3.3.3 Pelapisan CNT pada Kaca ITO	24
3.3.4 Karakterisasi CNT	24
3.3.5 Fabrikasi DSSC	25
3.3.6 Pengujian DSSC	26
BAB IV PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil Penelitian	27
4.1.1 Sintesis <i>Carbon Nanotube</i> (CNT)	27
4.1.2 Hasil Karakterisasi <i>Carbon Nanotube</i> (CNT)	29
4.1.3 Fabrikasi DSSC	34
4.1.4 Pengujian <i>Carbon Nanotube</i> Terhadap Pengaruh Kinerja DSSC	36
4.2 Integrasi Interkoneksi	38
BAB V PENUTUP	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	44
Lampiran 1. Foto Hasil Penelitian	44
Lampiran 2. Hasil Pengujian DSSC	45
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi XRD	46
Lampiran 4. <i>Curriculum Vitae</i>	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Berbagai macam material <i>counter electrodes</i> beserta tingkat efisiensinya	12
Tabel 2. 2 Berbagai-macam jenis karbon yang digunakan sebagai <i>counter electrode</i>	13
Tabel 2. 3 Perbedaan SWNT dengan MWNT.....	15
Tabel 2. 4 Perbedaan SWNT dengan MWNT	17
Tabel 3.1 <i>Timeline</i> penelitian.....	20
Tabel 3.2 Alat-alat penelitian.....	21
Tabel 3.3 Bahan-bahan penelitian.....	21
Tabel 4.1 Hasil karakterisasi SEM dan XRD.....	34



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema DSSC	9
Gambar 2. 2 Bentuk CNT yang menyerupai tabung	14
Gambar 2. 3 SWNT	15
Gambar 2. 4 MWNT	15
Gambar 2. 5 Diagram CVD	16
Gambar 2. 6 Diagram EDP, partikel bermuatan berpindah ke elektroda negatif..	18
Gambar 3. 1 Bagan pembuatan DSSC.....	22
Gambar 3. 2 Diagram sintesis CNT	23
Gambar 3. 3 Struktur DSSC	25
Gambar 4. 1 Grafik analisis XRD untuk variasi 2, 4, dan 6 jam.....	29
Gambar 4. 2 Kaca ITO yang sudah terlapis CNT	31
Gambar 4. 3 Kaca ITO yang sebagian terlapis karbon.....	32
Gambar 4. 4 CNT dengan variasi waktu 2 jam	32
Gambar 4. 5 CNT dengan variasi waktu 4 jam	33
Gambar 4. 6 CNT dengan variasi waktu 6 jam	33
Gambar 4. 7 Grafik hubungan Voc (mV) dengan waktu (menit).....	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi dewasa ini sudah tidak terelakkan lagi. Peningkatan kebutuhan akan energi ini tidak bisa dipenuhi hanya dengan mengandalkan energi fosil seperti minyak, gas, dan batubara karena ketersediaannya semakin lama semakin berkurang (ESDM, 2014). Hal ini membuat sumber energi yang dimiliki lambat laun tidak akan mencukupi kebutuhan. Sumber energi saat ini mayoritas diperoleh dari fosil makhluk hidup yang telah terpendam sekian lama dibawah kerak bumi sehingga secara perlahan bermetamorfase menjadi sumber energi berupa gas, minyak, dan batubara. Oleh karena itu, sumber energi dari fosil tidak akan bertambah.

Meningkatnya kebutuhan energi tanpa diimbangi sumber energi yang ada menyebabkan manusia mengalami krisis energi. Oleh karena itu diperlukan sumber energi terbarukan yang selalu tersedia dan tidak akan habis. Salah satu sumber energi tersebut adalah sinar matahari. Sinar matahari dapat diubah menjadi energi menggunakan panel surya. Panel surya memanfaatkan sinar matahari yang kemudian energi dari sinar matahari tersebut akan dikonversi menjadi energi listrik.

Dewasa ini teknologi panel surya berkembang dengan sangat pesat. Salah satu tipe panel surya yang saat ini populer adalah tipe *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) yang pertama kali diperkenalkan oleh Michael Gratzel dan Brian O'Regan pada tahun 1991 di École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Swiss.

DSSC merupakan panel surya yang terbuat dari semikonduktor yang diberi zat warna untuk meningkatkan efisiensi kinerjanya. Semikonduktor memiliki daya tangkap terhadap foton yang buruk karena energi gapnya tinggi, sehingga tidak begitu baik dalam menangkap foton dari sinar matahari. Zat warna diperlukan untuk menurunkan energi gap dari semikonduktor sehingga foton yang dapat diserap semakin besar dan berefek pada efisiensi kinerja DSSC. DSSC memiliki beberapa keunggulan diantaranya, biaya produksi yang murah, proses fabrikasi mudah, ramah lingkungan, dan memiliki potensi tingkat efisiensi yang tinggi (Khan dkk, 2016).

Saat ini efisiensi DSSC belum begitu baik, namun DSSC memiliki potensi besar untuk ditingkatkan efisiensinya. DSSC tersusun dari beberapa komponen. Seluruh komponen itu saling bekerjasama-sama untuk menghasilkan efisiensi yang baik. Secara umum DSSC terdiri dari elektroda kerja, *dye*, elektrolit, dan elektroda lawan (*counter electrode*). Dengan memodifikasi salah satu atau keseluruhan dari komponen tersebut akan sangat mempengaruhi efisiensi DSSC. Penelitian ini difokuskan memodifikasi *counter electrode* pada DSSC menggunakan *carbon nanotube*.

Counter electrode dalam DSSC dibutuhkan sebagai katalis dalam reduksi triiodida. Bahan yang biasa digunakan pada *counter electrode* DSSC menggunakan bahan Pt (platina). Platina memiliki tingkat konduktifitas tinggi dan reaktif sebagai katalis sehingga efektif sebagai *counter electrode* pada DSSC (Khan dkk, 2016). Meskipun demikian platina memiliki beberapa kelemahan, diantaranya platina merupakan salah satu golongan logam mulia dan

keberadaannya pada alam tidak melimpah, harganya mahal, dapat terkorosi oleh reaksi redoks I^-/I_3^- sehingga mempengaruhi stabilitas dalam jangka panjang (Theerthagiri dkk, 2015). Berdasarkan beberapa kelemahan tersebut, maka diperlukan bahan alternatif sebagai pengganti platina yang memiliki harga yang murah, ketersediaan melimpah, tidak terkorosi oleh reaksi redoks I^-/I_3^- . Bahan pengganti juga harus memiliki sifat seperti platina yaitu memiliki tingkat konduktivitas yang tinggi dan reaktif sebagai katalis.

Counter electrode pada DSSC dapat dimodifikasi dengan berbagai macam material seperti grafit, karbon aktif, *carbon black*, *carbon nanotubes* (CNT), poli pirol, poli anilin sebagai katalis untuk mereduksi triiodida (Khan dkk, 2016). CNT merupakan karbon dengan struktur graphit yang mempunyai dimensi ukuran dalam satuan nanometer. Karbon itu sendiri pada dasarnya memiliki sifat konduktivitas yang tinggi, luas permukaan besar, tidak terkorosi oleh iodin, reaktif terhadap reduksi triiodida, dan memiliki harga yang murah (Theerthagiri dkk, 2015). Berdasarkan sifat-sifat tersebut maka karbon dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti platina dalam pembuatan *counter electrodes* pada DSSC.

CNT dapat disintesis dari berbagai macam bahan dasar, salah satunya adalah dari tempurung kelapa. Tempurung kelapa berasal dari tanaman kelapa yang merupakan anggota tunggal dalam marga *Cocos* dari suku *Arecaceae*. Tempurung kelapa memiliki kandungan karbon yang tinggi. Menurut Tamado dkk, 2013 tempurung kelapa terdiri atas karbon (74,3%), Oksigen (21,9%), Silikon (0,2%), Kalium (1,4%) dan Sulfur (0,5%) dan Posfor (1,7%). Kandungan karbon

yang tinggi dan nilai ekonomi yang rendah tersebut membuat penulis memanfaatkan CNT berbasis tempurung kelapa sebagai pengganti Pt dalam *counter electrode* DSSC. Pemanfaatan CNT dari tempurung kelapa diharapkan dapat memfabrikasi DSSC dengan biaya produksi yang rendah tanpa mengurangi efisiensi kinerja DSSC tersebut.

Dunia beserta isinya telah diciptakan oleh Allah untuk dimanfaatkan dengan sebaik mungkin. Allah SWT berfirman dalam suratnya, Al-A'raf ayat 10 yang berbunyi :

وَلَقَدْ مَكَّنَّاكُمْ فِي الْأَرْضِ وَجَعَلْنَا لَكُمْ فِيهَا مَعَايِشَ قَلِيلًا مَا تَشْكُرُونَ

Artinya : “Sesungguhnya Kami telah menempatkan kamu sekalian di muka bumi dan Kami adakan bagimu di muka bumi itu (sumber) penghidupan. Amat sedikitlah kamu bersyukur”.

Tafsir Ibnu Katsir (seperti dikutip dalam Syakir A. 2014) menjelaskan bahwa Allah mengingatkan akan kenikmatan-kenikmatan kepada hamba-hambanya berkenaan dengan penempatan mereka. Allah menjadikan bumi sebagai tempat tinggal, memperbolehkan segala manfaat dan faidah bumi untuk manusia. Ayat di atas menjelaskan mengenai bumi yang telah diciptakan oleh Allah SWT sebagai sumber penghidupan bagi seluruh umat manusia, tapi masih banyak umat manusia tidak bersyukur. Manusia yang telah tinggal di bumi dapat memanfaatkan segala sesuatu yang berada di dalamnya untuk dimanfaatkan dengan sebaik mungkin, termasuk pemanfaatan sinar matahari yang dapat digunakan untuk berbagai macam hal salah satunya dapat dikonversi menjadi energi listrik menggunakan panel surya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjabaran latar belakang di atas maka dibuatlah rumusan-rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat DSSC dengan *counter electrode* dari CNT berbasis tempurung kelapa?
2. Bagaimana pengaruh CNT terhadap terhadap kinerja DSSC?
3. Bagaimana pengaruh *counter electrode* CNT dengan variasi lama waktu pirolisis CNT terhadap kinerja DSSC?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Membuat DSSC dengan *counter electrode* CNT berbasis tempurung kelapa
2. Mengkaji pengaruh CNT terhadap kinerja *Dye Sensitized Solar Cells*.
3. Mengkaji pengaruh variasi waktu pirolis CNT terhadap kinerja DSSC dengan CNT sebagai *counter electrode*

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya objek penelitian, maka diberikanlah batasan-batasan penelitian sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan untuk mengkaji pengaruh CNT sebagai *counter electrode* DSSC
2. CNT yang digunakan berbasis bahan alam tempurung kelapa.
3. Dalam proses sintesis CNT divariasikan lama waktu pirolisis 2, 4, dan 6 jam.

4. Metode pelapisan CNT pada kaca ITO menggunakan metode *electrophoretic deposition*
5. Karakterisasi yang digunakan adalah SEM dan XRD

1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat. Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Memberikan tambahan informasi khususnya di bidang fisika material tentang kegunaan CNT sebagai alternatif pelapisan pada *counter electrode* DSSC.
2. Mendapatkan informasi mengenai pengaruh variasi lama waktu pirolis CNT terhadap kinerja DSSC dengan CNT sebagai *counter electrode*
3. Menambahkan informasi bahwa tempurung kelapa memiliki potensi tinggi sebagai bahan dasar pembuatan nanopartikel dan dapat digunakan sebagai aplikasi bahan teknologi tinggi.
4. Menambah informasi mengenai sumber energi terbarukan khususnya pada panel surya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan hasil karakterisasi yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah berhasil dibuat DSSC dengan *counter electrode* CNT dari tempurung kelapa dengan variasi waktu pirolisis CNT selama 2, 4, dan 6 jam.
2. CNT sebagai *counter electrode* memiliki pengaruh terhadap kinerja DSSC. Hal ini dikarenakan sifat dari CNT yang merupakan konduktor kuat dan reaktif terhadap reaksi redoks I/I^3 , sehingga sangat baik digunakan sebagai *counter electrode*.
3. Variasi waktu pirolisis CNT berpengaruh terhadap kinerja DSSC. Pada variasi waktu 2 jam diperoleh V_{oc} tertinggi 99 mV , variasi waktu 4 jam diperoleh V_{oc} tertinggi 220 mV , variasi waktu 6 jam diperoleh V_{oc} tertinggi 116 mV.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti terdapat beberapa hal yang bias dikembangkan, diantaranya adalah :

1. Perlu dilakukan pengkajian lanjutan tentang proses pendeposisian CNT pada kaca ITO, sehingga CNT dapat menempel dengan lebih sempurna.
2. Perlu dilakukan pengujian menggunakan ampere meter dengan akurasi tinggi, sehingga dapat diketahui besar efisiensi pada DSSC.

DAFTAR PUSTAKA

- Battumur T., Mujawar S. H., Truong Q.T., Ambade S. B., Lee D. S. Wonjoo L., Han S., dan Lee S. 2012. Graphene/Carbon Nanotubes Composite as Counter Electrode for Dye-Sensitized Solar Cells. *Elsevier Journal*
- Boccaccini A. R., Keim S., Ma R., Li Y., dan Zhitimirsky. 2010. Electrophoretic deposition of Biomaterials. *Journal of the Royal Society. Soc. Interface* (2010) 7, S581–S613 doi:10.1098/rsif.2010.0156.focus
- Boccaccini A. R., Cho J., Roether J. A., Thomas B. J. C., Minay E. J., dan Shaffer M. S. P. 2006. Electrophoretic Deposition of Carbon Nanotubes. *Elsevier, Carbon 44 (2006) 3149-3160*
- Ekasari V., dan Yudoyono G. 2013. Fabrikasi DSSC dengan Dye Ekstrak Jahe Merah (Zingiber Officinale Linn Var. Rubrum) Variasi Larutan TiO₂ Nanopartikel Berfase Anatase dengan Teknik Pelapisan Spin Coating. *Jurnal Sains dan Seni Pomits* Vol. 2, No.1, (2013) 2337-3520
- Hagfeldt A. 2012. Brief Overview of Dye-Sensitized Solar Cells. *Kungl. Vetenskaps Akademien, the Royal Swedish Academy of Science*. doi 10.1007/s13280-012-0272-7
- Hidayati E. 2016. *Efek Temperatur terhadap Morfologi Carbon Nanotube (CNT) Hasil Sintesis dari Bahan Alam Tempurung Kelapa dan Potensi Penggunaannya bagi Penanganan Air Limbah Laundry*. Skripsi Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga
- Hirlekar R., Yamagar M., Garse H., dan Mohit V. 2009. Carbon Nanotube and its Application: a Review. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research* Vol. 2. Issue 4. October-December 2009
- Ice T., dan Yudoyono G. 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 Sensitiser. *ITS-paper-29909-1109100030 Jurusan Fisika, Fakultas IPA ITS*
- Jiawei G., Sumathy K., Qiquan Q., dan Zhengping. 2016. Review on dye-sensitized solar cells (DSSCs): Advanced techniques and research trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68 (2017) 234–246, doi 10.1016/j.rser.2016.09.097
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2014. *Pemerintah sangat serius mengembangkan energi terbarukan*. Diakses 17 November 2016 (<http://www.esdm.go.id/berita/energi-baru-dan-terbarukan/323-energi->

baru-dan-terbarukan/6833-pemerintah-sangat-serius-mengembangkan-energi-terbarukan.html)

- Khan M. Z. H., Al-Manun M. R., Halder P. K., dan Aziz M. A. 2016. *Performance Improvement of Modified Dye-Sensitized Solar Cells*. Doi:10.1016/j.rser.2016.12.087
- Khoerunnisa M. 2017. *Pengaruh Waktu Perendaman ZnO:Zr 1% yang Disintesis Menggunakan Zirkonium Oksiklorida Produksi Batan dalam Larutan Kurkumin sebagai Substrat Pada Dye Sensitized Solar Cell*. Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga
- Koziol K., Boskovic B. O., dan Noorhana Y. 2010. Synthesis of Carbon Structures by CVD Method. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*. 2010, DOI 10.1007/8611_2010_12
- Kumar R., Nemala S. S., Mallick S., dan Bhargava P. 2017. Synthesis and Characterization of Carbon Based Counter Electrode for Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) Using Sugar Free as a Carbon Material. *Elsevier Solar Energy* 144 (2017) 215-220
- Laxmidhar B. dan Liu M. 2007. A Riview on Fundamental and Application of Electrophoretic Deposition (EDP). *Progress on Material Science* 2007, doi:10.1016/j.pmatsci.2006.07.001
- Prabhakar R. B. 2007. Electrical Properties and Application of Carbon Nanotube Structure. *Journal of Nanosience and Nanotechnology* vol. 7. 1-29. 2007
- Slamet D. 2016. *Sintesis Nanopartikel ZnO Doping Zirkonium Oksiklorida Produksi PSTA Batan Yogyakarta sebagai Semikonduktor Photo Anoda untuk Sel Surya Tersensitisasi Zat Warna (DSSC)*. Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga
- Syakir A. 2014. *Mukhtashar Tafsir Ibnu Katsir Jilid 3*. Darus Sunnah Press: Jakarta
- Tamado D., Esmar B., Wirawan R., Haryo D., Tyaswuri A., Sulistiani E., dan Asma E. 2013. *Sifat Termal Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa*. Seminar Nasional Fisika Universitas Negeri Jakarta, 1 Juni 2013
- Tamiya K., dan Taguchi K. 2015. Experimental Investigation of Carbon Nanotubes Counter Electrodes for Dye-Sensitized Solar Cells. *International Journal of Pharma Medicine and Biological Sciences* Vol. 4, No. 4, October 2015

- Theerthagiri J., Senthil A. R., Madhavan J., dan Maiyalagan T. 2015. Recent Progress in Non-Platinum Counter Electrode Materials for Dye-Sensitized Solar Cells. *Chemical Electrochem Reviews*. doi: 10.1002/celc.201402406,
- Zhu G., Likun P., Ting L., Xinjuan L., Tian L., Tao X., dan Zhuo S. 2011. Electrophoretic Deposition of Carbon Nanotubes Films as Counter Electrodes of Dye-Sensitized Solar Cells. *Jurnal Engineering Research Center for Nanophotonics & Advanced Instrument, Ministry of Education, Department of Physics, East China Normal University, Shanghai 200062, China*. Doi:10.1016/j.electacta.2011.09.028

