

KARAKTERISASI LAPISAN *REDUCED GRAPHENE OXIDE* (RGO) PADA SUBSTRAT ITO UNTUK APLIKASI SEL SURYA ORGANIK

GIYA PRANATA^{1,‡}, DERI LASMANA¹, LUSI SAFRIANI¹, NORMAN SYAKIR¹, FITRILAWATI¹

Departemen Fisika,

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam *Jl. Raya Bandung-Sumedang Km.21 Jatinangor 45363,*
Sumedang, Jawa Barat, Telp. 022-7796014

Abstrak. Untuk meningkatkan kinerja sel surya organik digunakan material *Reduced Graphene Oxide* (RGO) sebagai lapisan antara ITO dengan material aktif sel surya. Berkaitan dengan hal tersebut perlu dipelajari karakteristik lapisan RGO pada permukaan ITO. Lapisan film RGO didapat dari lapisan *Graphene Oxide* (GO) yang dikenakan proses termoreduksi (*thermal reduction*). Film GO dibuat dari 4 mg/ml larutan GO yang didispersikan dalam air dengan menggunakan teknik spincoating. Proses termoreduksi dilakukan melalui pemanasan di dalam oven yang dialirkan dengan gas Nitrogen. Pemanasan dilakukan pada suhu 170 °C dengan variasi waktu pemanasan. Perubahan karakteristik film GO akibat proses termoreduksi diamati dengan spektroskopi UV-Vis. Perubahan kandungan oksigen akibat proses tersebut diamati menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*). Hasil spektroskopi UV-Vis menunjukkan film GO yang dipanaskan mengalami perubahan absorbansi, perubahan absorbansi tersebut meningkat dengan penambahan waktu pemanasan. Sama seperti GO pada permukaan isolator, penambahan absorbansi lapisan GO/ITO berkaitan dengan terjadinya konversi dari GO menjadi RGO. Pada permukaan ITO, perubahan absorbansi akibat termoreduksi tidak lagi terjadi setelah 180 menit. Hasil EDS menunjukkan terjadi peningkatan persentase antara atom karbon dengan atom oksigen pada lapisan RGO-ITO. Hasil tersebut mengindikasikan adanya perbaikan konjugasi atom karbon pada lapisan RGO-ITO yang dikenakan proses termoreduksi.

Kata kunci: Elektroda sel surya, Graphene oxide, Reduced grapheme oxide, Thermal reduction.

Abstract. To improve the performance of organic solar cells used material Reduced Graphene Oxide (RGO) as a layer between the ITO with the active material of solar cells. In this regard needs to be studied characteristics RGO layer on the surface of ITO. RGO coating film obtained from the layer Graphene Oxide (GO) imposed thermal reduction process. GO films made of 4 mg/ ml solution of GO dispersed in water using techniques spin coatings. A thermal reduction process carried out by heating in an oven that flowed with nitrogen gas. Heating is carried out at a temperature of 170 °C with a variation of the heating time. GO film characteristics change due thermal reduction process observed by UV-Vis spectroscopy. Changes in oxygen content as a result of the process was observed using EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). UV-Vis spectroscopy results indicate that the film is heated GO absorbance changes, changes in absorbance increased with the addition of heating time. Just like GO on the insulator surface, adding a layer absorbance GO / ITO related to the conversion of GO into RGO. On the surface of ITO, absorbance changes due to thermal reduction no longer occur after 180 minutes. EDS results showed an increase in the percentage between carbon atoms with oxygen atoms in the layer-ITO RGO. These results indicate an improvement in the conjugation of carbon atoms in the layer-ITO RGO imposed thermal reduction process.

Keywords: Solar cell electrodes, Graphene oxide, Reduced Graphene Oxide, Thermal reduction.

[‡]email : pranata.giya12@yahoo.com

1. Pendahuluan

Sel surya organik secara umum tersusun dari sepasang elektroda dan counter elektroda. elektroda terbuat dari substrat kaca konduktif, yang telah dilapisi *transparent conductive oxide* (TCO). Banyak aplikasi optoelektronik memerlukan penggunaan oksida melakukan transparan (TCO) lapisan, khususnya di *photovoltaics*. Indium oksida timah (ITO) adalah salah satu TCOs paling banyak digunakan karena resistivitas rendah ($10^{-3} \Omega \cdot \text{cm} - 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ tergantung pada metode deposisi yang digunakan) dan transparansi yang tinggi dalam spektrum UV (dari 80 % sampai 90% antara 400 nm dan 800 nm)[2]. Pada elektroda dilapisi oleh layer oksida nanopartikel yang dilapisi oleh molekul dye. Bahan material tersebut tentunya menjadi salah satu faktor transport elektron dan *hole* pada sel surya organik yang dapat mempengaruhi kinerjanya. Pada lapisan anantara elektroda dan aktif layer tersebut masih banyak kekurangannya seperti sifat konduktivitasnya yang belum maksimal karena terdapat perbedaan celah energi yang tinggi.

Sampai saat ini pengembangan bahan material sudah berkembang pesat. Salah satunya ialah *reduced graphene oxide* (RGO), *reduced graphene oxide* merupakan bahan hasil dari konversi *graphene oxide* (GO) dengan metode *thermal reduction* yang bertujuan membuang gugus fungsional oksigen yang terdapat sepanjang bidang GO untuk meningkatkan konduktivitas listrik GO sebesar $550 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ dari $340 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ [3].

Ini adalah salah satu semikonduktor dengan gap terendah dengan sifat elektronik yang unik dan mobilitas elektron yang mencapai $15\,000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ pada suhu kamar[4]. Dari sifat-sifat keunggulan dari *reduced graphene oxide* tersebut banyak sekali aplikasi yang diterapkan seperti pembuatan film tipis film [5] dan anoda transparan [7] untuk aplikasi perangkat PV. Dari hal tersebut bahan RGO dapat digunakan sebagai elektroda *hole transport* pada sel surya untuk meningkatkan konduktivitas pada devais sel surya dengan mengamati celah energi (*energy gap*) antara layer aktif dengan elektroda.

Dalam upaya meningkatkan kinerja sel surya organik digunakan material *Reduced Graphene Oxide* (RGO) sebagai lapisan antara ITO dengan material aktif sel surya. Berkaitan dengan hal tersebut perlu dipelajari karakteristik lapisan RGO pada permukaan ITO. Lapisan film RGO didapat dari lapisan *Graphene Oxide* (GO) yang dikenakan proses termoreduksi (*thermal reduction*).

2. Metode Penelitian

Pada proses penelitian secara garis besar dibagi menjadi empat tahap yaitu, persiapan bahan, pembuatan film tipis diatas substrat ITO (*Indium Tin Oxide*), proses konversi GO menjadi RGO dan karakterisasi lapisan film tipis RGO. Film GO dibuat dari 4 mg/ml larutan GO yang didispersikan dalam air dengan menggunakan teknik *spincoating*. Proses termoreduksi dilakukan melalui pemanasan di dalam oven dengan mengalirkan gas Nitrogen. Pemanasan dilakukan pada suhu $170 \text{ }^\circ\text{C}$ dengan variasi waktu pemanasan. Perubahan karakteristik film GO akibat proses termoreduksi diamati dengan spektroskopi UV-Vis. Perubahan kandungan oksigen akibat proses tersebut diamati menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*).

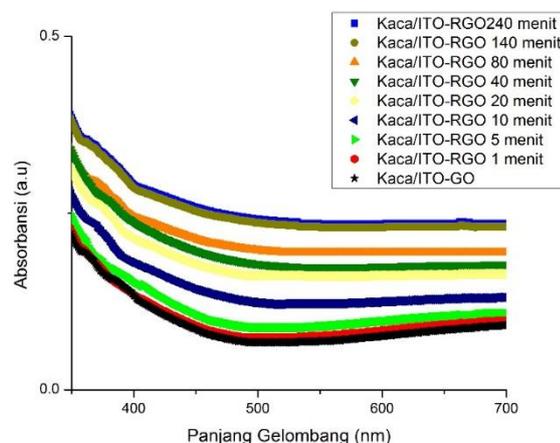
Pada pembuatan larutan *graphene oxide* digunakan bahan serbuk *graphene oxide* komersial tujuannya agar *graphene oxide* yang dihasilkan terjaga kemurnian bahanya. Graphen oxide berupa serbuk akan ditimbang dalam neraca digital dengan massa 4mg, selanjutnya akan dilarutkan kedalam aquades sehingga menjadi bahan yang terlarut dengan nilai 4mg/ml. Bahan larutan

graphene oxide akan digunakan sebagai lapisan tipis pada substrat ITO. Pada penelitian ini substrat yang digunakan untuk penumbuhan film tipis RGO adalah substrat ITO. Substrat dibersihkan secara fisik menggunakan tisu lensa, selanjutnya substrat dicuci dengan air untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada permukaan substrat. Kemudian substrat dimasukkan kedalam *standing jar* yang berisi isopropanol 40ml. *Standing jar* dimasukkan kedalam untuk *ultrasonic bath* untuk disonikasi bertujuan untuk mengelupas kotoran (minyak & lemak) pada lapisan substrat. Proses sonikasi dilakukan pada suhu 40° C selama 20 menit dan frekuensi tinggi (sekitar 20 KHz). Substrat dikeringkan dengan cara mencelupkan substrat ke larutan aseton yang sudah dididihkan dengan suhu 200°C selama 5 menit. Proses pembuatan lapisan film tipis GO digunakan metode *spin coating* dengan parameter waktu putar selama 30 detik dan kecepatan 1000 rpm. Selanjutnya proses konversi GO menjadi RGO dilakukan dengan metode termoreduksi (*Thermal Reduction*). Proses termoreduksi dilakukan melalui pemanasan di dalam oven yang dialirkan dengan gas Nitrogen bertekanan 0.2kgf/cm² (1,93 atm). Pemanasan dilakukan pada suhu 170 °C dengan variasi waktu pemanasan.

Karakterisasi lapisan film tipis RGO diatas lapisan ITO dianalisis dengan berbagai teknik karakterisasi yaitu spektroskopi UV-Vis dan spektroskopi EDS. Karakterisasi ini bertujuan untuk memperoleh informasi sifat fisis struktur mikro dan sifat optik. Karakterisasi EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) digunakan untuk mengenali jenis atom pada permukaan yang mengandung multi atom. Dengan menganalisis persentase kandungan unsur material pada substrat dapat diketahui perbedaan kandungan oksigen sebelum dan setelah dilakukan termoreduksi. Karakterisasi Spektroskopi UV-Vis digunakan untuk mengetahui serapan yang dihasilkan oleh interaksi kimia antara radiasi elektromagnetik dengan molekul atau atom dari suatu zat kimia pada daerah sinar tampak dan ultraviolet [8].

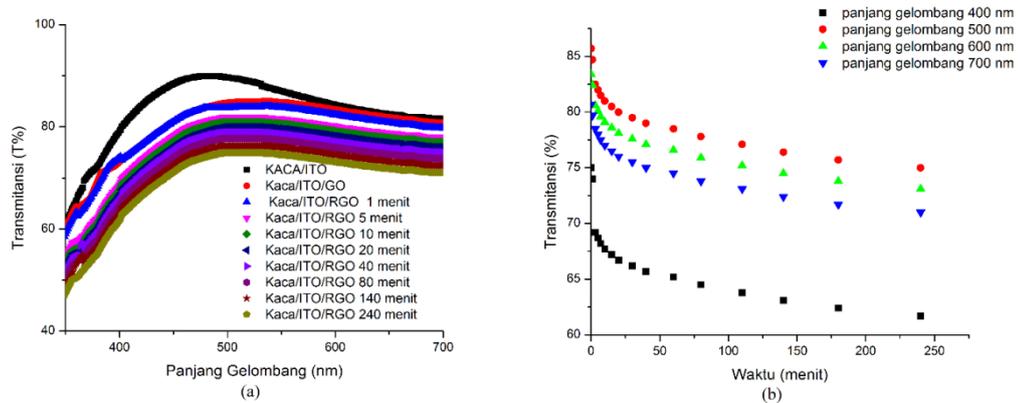
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil spektrum UV-VIS yang dapat diamati pada Gambar 1. Spektrum tersebut memiliki absorbansi pada panjang gelombang 350 nm sampai dengan 700 nm. Pola spektrum film Reduced Graphene Oxide (RGO) yang terus meningkat akibat lamanya waktu proses termoreduksi ditunjukkan oleh spektrum pada Gambar 1. Perbedaan pola absorbansi pada panjang gelombang yang berbeda disebabkan oleh derajat oksida yang juga berbeda pada masing-masing sampel.



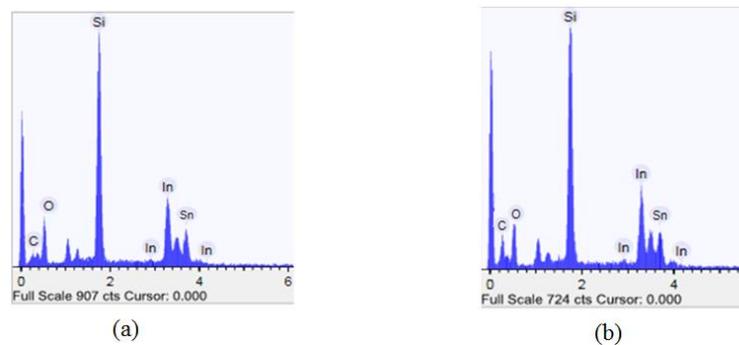
Gambar 1. (a) Perubahan spektrum UV-VIS absorbansi film RGO pada Substrat ITO dengan waktu lamanya proses termoreduksi

Hasil perubahan absorbansi terhadap panjang gelombang dengan lamanya waktu proses termoreduksi ditunjukkan oleh spektrum pada Gambar 2(a). Dari hasil spektrum menunjukkan terjadi perubahan spektrum absorbansi dari film GO diatas susbstrat ITO transparent menjadi kondisi gelap. Hal tersebut dikaitan dengan pulihnya jaringan konjugasi $sp^2-\pi$ sehingga menambah panjang ikatan konjugasi $C=C$ di sepanjang bidang GO [6][1]. Anam dkk melaporkan bahwa spektrum GO memiliki puncak absorbs maksimal (λ maks) pada panjang gelombang ~ 230 nm [1]. Setelah dilakukan pelapisan RGO pada substrat ITO puncak pada RGO tak dapat diaamati diakibatkan lapisan kaca/ITO yang mengabsorbsi pada panjang gelombang 200nm-300nm. Berdasarkan informasi spektroskopi UV-Vis bahwa material RGO memiliki daerah serapan yang sangat rendah pada daerah cahaya tampak.



Gambar 2 . (a) Perubahan spectrum UV-VIS transmittansi film RGO pada Substrat ITO dengan waktu lamanya proses termoreduksi. (b) Grafik laju reduksi pada panjang gelombang tertentu.

Pada Gambar 2(a) tampak bahwa lama waktu proses termoreduksi dapat menurunkan transmittansi pada daerah panjang gelombang cahaya tampak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa bahan RGO dapat digunakan sebagai *hole transport* pada sel surya organik karena masih dapat mentransmisikan cahaya tampak menuju bahan aktif pada sel surya organik. Laju reduksi akan evaluasi untuk beberapa panjang gelombang dengan mengamati penurunan transmittansi pada masing-masing gelombang. Laju reduksi yang akan mengakibatkan penurunan transmittansi dievaluasi pada panjang gelombang seperti diperlihatkan pada Gambar 2(b). terlihat bahwa laju reduksi terjadi lebih cepat pada panjang gelombang 400nm,700nm,600nm dan terakhir 500nm.



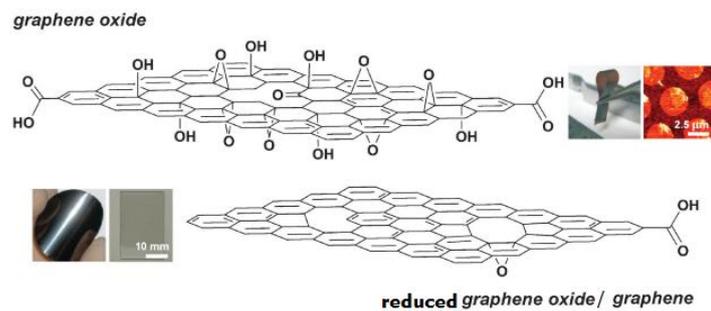
Gambar 3 (a) Spektrum komposisi unsur pada film *Graphene Oxide* (GO) pada substrat ITO. (b) Spektrum komposisi unsur pada film *Reduced Graphene Oxide* (RGO) setelah proses termoreduksi selama 240 menit.

Pada Gambar 3 menunjukkan hasil spektroskopi EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) sampel kaca/ITO/GO dan kaca/ITO/RGO. Komposisi tersebut dapat dilihat seperti pada Tabel 1. Hasil pengukuran EDS menunjukkan bahan Kaca/ITO/GO memiliki nilai persentase oksigen sebesar 54,671%. Dan setelah dikonversi menjadi Kaca/ITO/RGO nilai persentase oksigen menjadi 41,889%. Hal tersebut diakibatkan gugus oksigen pada GO terlepas melalui proses termoreduksi.

Tabel 1. Persentase komposisi dari sampel.

Sampel	%Atom				
	Karbon (C)	Oksigen (O)	Silikon(Si)	Tin (Sn)	Indium(In)
Kaca/ITO/GO	4,439	54,671	24,641	3,431	6,803
Kaca/ITO/RGO	28,325	41,889	17,748	2,408	5,378

Struktur GO dikonversi menjadi RGO dapat dilihat pada Gambar 4 [9]. Atom karbon yang sebelumnya berikatan dengan gugus oksigen terlepas akibat proses termoreduksi dan berikatan dengan atom karbon lainnya sehingga nilainya semakin besar.



Gambar 4. Struktur GO dan RGO [9].

4. Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh bahwa Graphene Oxide dapat dikonversi menjadi Reduced Graphene Oxide dengan proses termoreduksi. Pada proses termoreduksi dengan waktu selama 240 menit material GO berubah menjadi RGO. Komposisi gugus oksigen pada GO semakin berkurang setelah mengalami proses termoreduksi. Proses termoreduksi terjadi penurunan persentase oksigen antara sebelum dan sesudah proses tersebut. Hasil tersebut menunjukkan bahwa material RGO dapat digunakan sebagai hole transport pada divais sel surya organik..

Ucapan terima kasih

Ucapan terimakasih kepada Laboratorium Fisika Material Departemen Fisika dan Kimia Analitik FMIPA Unpad yang telah memberikan fasilitas penelitian.

Daftar Pustaka

1. Anam, Syafiul. "Pembuatan Film Tipis Oksida Grafena (GO) dan Kajian Evolusi Spektrum UV-Visnya Akibat Proses Fotoreduksi". 2015. Departemen Fisika FMIPA Universitas Padjadjaran.
2. Vasu V, Subrahmanyam A. Reaction kinetics of the formation of indium tin oxide films grown by spray pyrolysis. *Thin Solid Films* 1990; 193/194:696-703
3. Novoselov K.S, D. Jiang, F. Schedin, T.J. Booth, V. V. Khotkevich, S. V. Morozov, and A.K. Geim. 2005. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America 102,10451.
4. K. S. Novoselov, A. K. Geim, S.V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S.V. Dubonos, I. V. Grigorieva, A. A. Firsov, *Science* 2004, 306, 666.
5. a) S. Gilje, S. Han, M. Wang, K. L. Wang, R. B. Kaner, *Nano Lett.* 2007,7, 3394. b) S. Watcharotone, D. A. Dikin, S. Stankovich, R. Piner, I. Jung, G. H. B. Dommett, G. Evmenenko, S. E. Wu, S. F. Chen, C. P. Liu, S. T. Nguyen, R. S. Ruoff, *Nano Lett.* 2007,7, 1888. Zhang Yong-lai. et al. Photoreduction of Graphene Oxide : Method, Properties and Application. *Adv. 2014. Optical Mater* 2014, 2.10-28.
6. K. S. Novoselov, A. K. Geim, S.V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S.V. Dubonos, I. V. Grigorieva, A. A. Firsov, *Science* 2004, 306, 666.
7. Bologna Scienzagiovane. The photovoltaics effect. Desember 2006. <http://www.scienzagiovane.unibo.it> (Diakses 20 Agustus 2015)
8. Cuce, E., Cuce, P.M., Bali, T., 2013. An experimental analysis of illumination intensity and temperature dependency of photovoltaic cell parameters. *App. Energy* 111, 374–382.
9. Owen C. Compton and SonBinh T. Nguyen*, 2010 Graphene Oxide, Highly Reduced Graphene Oxide, and Graphene: Versatile Building Blocks for Carbon-Based Materials. *small* 2010, 6, No. 6, 711–723.