

KARAKTERISTIK TRANSPARANSI FILM TIPIS OKSIDA GRAFENA TEREDUKSI (R-GO) UNTUK ELEKTRODA TRANSPARAN

DERI LASMANA, GIYA PRANATA, RHETI NURLINA, ANNISA APRILIA, NORMAN SYAKIR, FITRILAWATI[‡]

*Departemen Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor 45363*

Abstrak. Grafena adalah material karbon dua dimensi yang mempunyai sifat optik dan listrik yang menarik sehingga memiliki banyak potensi aplikasi, diantaranya elektroda transparan. Grafena dapat diperoleh melalui proses reduksi termal dari Oksida Grafena (GO) yang dikenal sebagai Oksida Grafena Tereduksi (r-GO). Film tipis GO dibuat dari 4 mg/ml suspensi GO pada substrat quartz dengan metode *spin coating*. Film tersebut selanjutnya dikenakan proses reduksi secara termal melalui pemanasan dalam oven yang dialiri dengan gas nitrogen. Pengaruh proses reduksi termal terhadap transparansi dan struktur GO diukur dengan spektroskopi UV-Vis dan SEM-EDS (*Scanning electron microscope-Energy Dispersive Spectroscopy*). Hasil pengukuran spektrum UV-Vis menunjukkan adanya perubahan transparansi dan peningkatan absorpsi seiring dengan penambahan waktu pemanasan. Perubahan transparansi pada sampel GO yang dikenakan proses reduksi termal mencapai keadaan saturasi setelah pemanasan sekitar 150 menit. Di lain pihak, hasil pengukuran EDS menunjukkan adanya peningkatan rasio C/O pada pada sampel GO setelah dikenakan proses reduksi termal akibat berkurangnya kadar oksigen. Pengurangan kadar oksigen tersebut mengindikasikan adanya pemulihan konjugasi pada rantai karbon sehingga meningkatkan absorpsi dan juga diharapkan dapat meningkatkan konduktivitas.

Kata kunci : Oksida Grafena, Oksida Grafena Tereduksi, Reduksi Termal, Transmittansi, Elektroda Transparan

Abstract. Graphene is two dimensional carbon material that has interesting optical, electrical, and mechanical properties, therefore it has many potential applications such as a transparent electrode. Graphene like can be obtained using thermal reduction process of graphene oxide (GO) which is known as reduced graphene oxide (r-GO). GO thin films was prepared from 4 mg / ml GO dispersion on quartz substrates by using spincoating method. Then, the GO thin film was thermally reduced by means of heating on oven that purged with nitrogen gas. The effect of thermal reduction process on the transparency and structure of GO was measured using UV-Vis spectroscopy and SEM-EDS (Scanning electron microscope-Energy Dispersive Spectroscopy). From UV-Vis spectra we obtain a change of transparency and an increasing of absorbance with an heating time. The changes of the transparency saturated after heating about 150 minutes. On the other hand, results of EDS measurements show increasing ratio of C/O of the GO samples after thermal reduction process. Decreasing of oxygen contain is related to a recovery of the conjugation on the carbon chain which caused increasing absorbance and could rise its conductivity.

Keywords : Graphene Oxide, Reduction Graphene Oxide, Thermal Reduction, Transmittance, Transparent Electrode

1. Pendahuluan

Perkembangan industri yang sangat pesat saat ini menyebabkan banyak sekali perangkat keras dengan teknologi terbaru yang diciptakan dan diproduksi untuk membantu pekerjaan manusia, mulai dari transportasi, penghasil energi alternatif seperti solar sel, sampai dengan gadget yang tidak dapat dilepaskan dari kehidupan manusia modern. Dalam perangkat tersebut terdapat beberapa komponen yang sangat penting, salah satunya adalah elektroda. Perkembangan komputer yang berbasis layar sentuh dan usaha peningkatan efisiensi solar sel, serta pembuatan *Organic Light Emmiting Diode* (OLED) [1] membutuhkan elektroda transparan. Salah satu elektroda

[‡] email : fitrilawati@phys.unpad.ac.id

transparan yang banyak digunakan adalah *Indium Tin Oxide* (ITO). ITO merupakan elektroda transparan yang memiliki karakteristik yang baik, diantaranya resistansi $<100 \Omega/\text{m}^2$ dengan transmisi $>90\%$ [2]. Akan tetapi ITO mempunyai keterbatasan, diantaranya adalah persediaan Indium yang semakin sedikit di alam sehingga menyebabkan harga ITO menjadi mahal. Selain itu ITO memiliki fleksibilitas yang terbatas dan membutuhkan waktu produksi yang lama karena proses deposisinya menggunakan kondisi vakum. Oleh karena itu, dibutuhkan material lain yang dapat menggantikan fungsi ITO sebagai elektroda transparan, yang memiliki konduktivitas dan transparansi yang tinggi namun dapat diproduksi dengan harga yang murah dan bahan bakunya tersedia di alam dalam jumlah melimpah.

Beberapa material yang sedang diteliti untuk menggantikan ITO sebagai elektroda transparan diantaranya adalah grafena, *Carbon Nanotube* (CNT), *Metal Mesh*, *Silver Nanowires*, dan Polimer konduktif [3]. Akhir-akhir ini telah dilaporkan penggunaan *reduced Graphene oxides* (rGO) sebagai elektroda transparan [4, 5]. Penggunaan rGO sebagai elektroda transparan sangat menarik untuk diaplikasikan karena selain mudah dibuat juga memiliki stabilitas yang baik [6]

Grafena adalah salah satu material yang menjadi pusat penelitian sejak beberapa tahun terakhir karena memiliki sifat yang unggul dan potensi aplikasi yang luas di berbagai bidang seperti nanoelektrik, sensor, nanokomposit, baterai, superkapasitor, dan elektroda transparan^[7]. Dengan menggunakan metode Hummer dapat dihasilkan Oksida Grafena (GO), akan tetapi keberadaan oksigen pada Oksida Grafena mengurangi kinerja GO sebagai elektroda transparan. Oleh karena itu perlu dilakukan proses reduksi untuk menghilangkan oksigen pada GO sehingga menjadi Oksida Grafena Tereduksi (rGO) dengan reduksi termal.

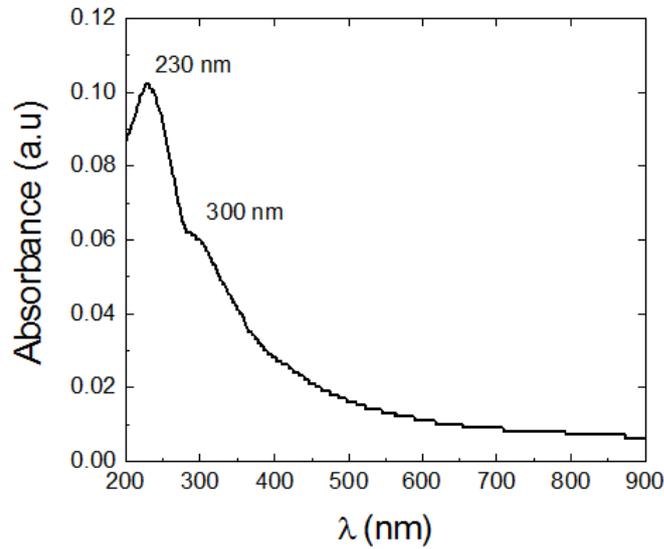
2. Metode Penelitian

Lapisan tipis GO dibuat pada substrat quartz dengan metode *spin coating* dari 4 mg/ml suspensi GO (Graphene) dalam akuades menggunakan kecepatan 1000 rpm selama 30 detik. Lapisan GO tersebut selanjutnya dianneling pada suhu 40 °C untuk membuang sisa pelarut. Substrat quartz tersebut sebelumnya telah dibersihkan dengan menggunakan larutan teepol, lalu dibilas dengan akuades. Substrat tersebut selanjutnya direndam dalam *piranha solution* pada suhu 60 °C selama 30 menit untuk mendapatkan permukaan yang hidrofilik. Larutan piranha tersebut terbuat dari campuran akuades, hidrogen peroksida, dan amonia dengan rasio 5:1:1.

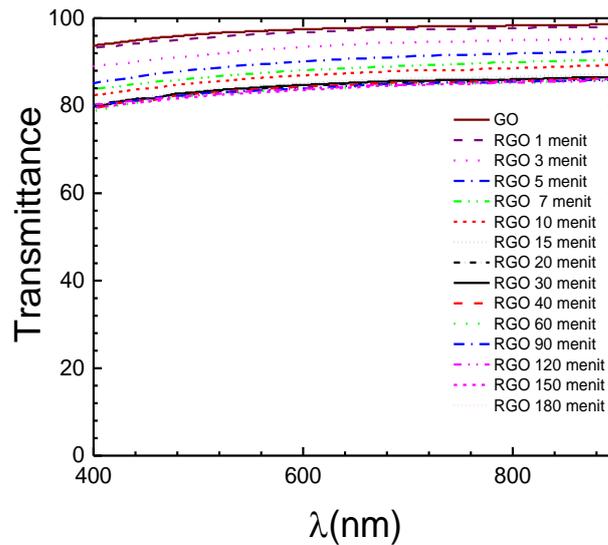
Tahapan eksperimen berikutnya adalah proses reduksi termal yang dilakukan melalui pemanasan sampel di dalam oven yang dialirkan dengan gas Nitrogen. Pemanasan dilakukan pada suhu 170 - 175 °C pada berbagai waktu pemanasan. Pengamatan dilakukan pada berbagai lama pemanasan tersebut dimaksudkan untuk mengamati perubahan dari GO menjadi rGO pada berbagai tingkat oksidasi yang berbeda. Perubahan karakteristik film GO akibat proses reduksi termal diamati dengan spektroskopi UV-Vis. Selain itu untuk mengetahui perubahan kandungan oksigen akibat proses reduksi termal dilakukan juga pengukuran EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*)

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran spektroskopi UV-Vis film tipis GO ditunjukkan oleh spektrum pada Gambar 1. Spektrum film tipis GO tersebut memiliki puncak absorbansi pada panjang gelombang 230 nm dan *shoulder* pada panjang gelombang 300 nm. Puncak absorpsi pada panjang gelombang 230 nm tersebut berkaitan dengan transisi $\pi - \pi^*$ dari ikatan dan C=C, serta *shoulder* pada spektrum tersebut berhubungan dengan transisi $n - \pi^*$ dari ikatan C-O. Hasil tersebut sesuai dengan hasil yang telah dilaporkan sebelumnya [7].



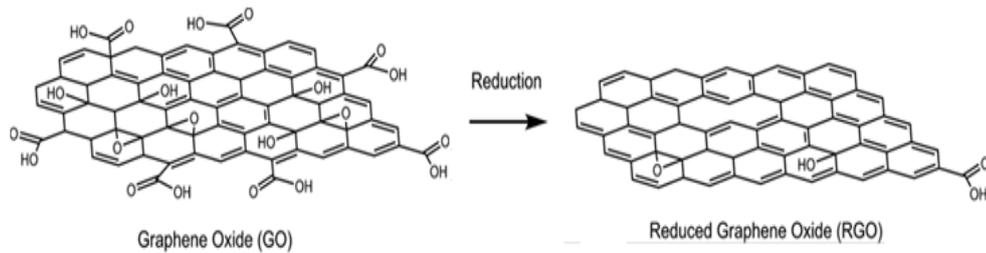
Gambar 1. Spektrum Absorbansi film tipis GO yang dibuat dengan teknik spincoating di atas substrat Quartz.



Gambar 2. Spektrum transmitansi film tipis GO yang direduksi secara termal dengan waktu pemanasan yang berbeda.

Pengaruh proses reduksi termal terhadap transparansi dilakukan melalui pengukuran spektrum transmitansi seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2. Dari spektrum tersebut tampak bahwa film tipis GO yang direduksi secara termal pada suhu 170 °C memperlihatkan adanya penurunan transparansi (transmitansi) seiring dengan penambahan waktu pemanasan. Hal tersebut mengindikasikan adanya peningkatan absorpsi bahan yang diakibatkan oleh proses reduksi termal. Peningkatan absorpsi tersebut berkaitan dengan pulihnya konjugasi C=C akibat lepasnya oksigen yang diakibatkan oleh proses reduksi termal seperti yang digambarkan pada diagram dalam Gambar 3. Tampak bahwa spektrum transmitansi film GO mengalami saturasi setelah pemanasan selama 150 menit, yang mengindikasikan bahwa tidak ada lagi gugus oksigen yang dapat dilepaskan melalui penambahan waktu reduksi termal. Analisa perubahan transparansi dilakukan

pada panjang gelombang 550 nm yang merupakan panjang gelombang paling sensitif yang dapat diindera oleh mata manusia. Perubahan transparansi film rGO pada panjang gelombang paling sensitive tersebut diperlihatkan pada table 1.



Gambar 3. Skema yang menggambarkan perubahan struktur GO menjadi rGO akibat proses reduksi [7].

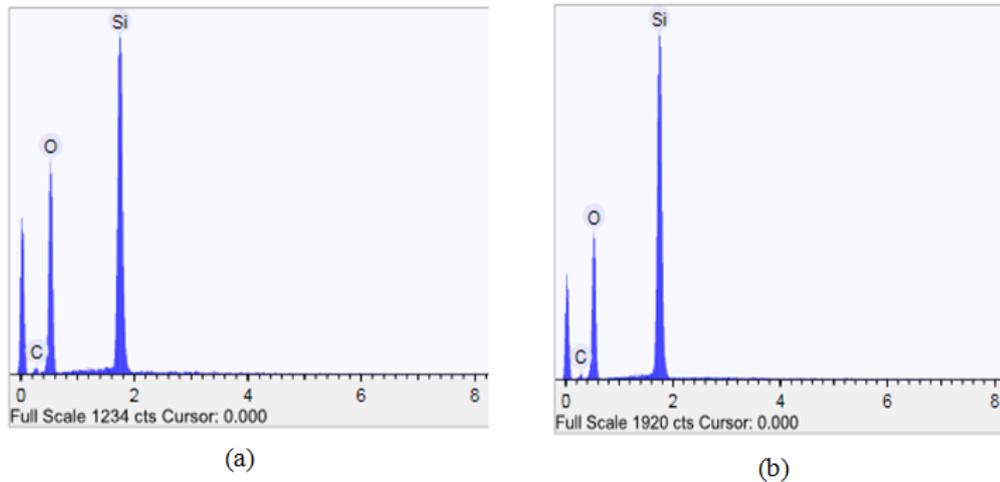
Tabel 1. Perubahan transparansi film GO yang diamati pada $\lambda = 550$ nm sebagai fungsi waktu reduksi termal

Waktu (menit)	0	1	3	5	7	10	15	20	90	120	150	180
Transmitansi (%)	97	96.2	92.7	89.7	87.3	86.3	84.5	83.7	83.3	83.2	83	83.7

Untuk mengklarifikasi perubahan kandungan oksigen pada lapisan tipis GO yang diubah menjadi lapisan tipis rGO melalui proses reduksi termal telah dilakukan pengukuran EDS. Sampel yang digunakan pada pengukuran tersebut adalah lapisan GO dan lapisan rGO yang dideposisi pada substrat *quartz*. Dalam pengukuran tersebut substrat *quartz* dipergunakan sebagai referensi. Dari pengukuran EDS terhadap substrat *quartz* didapatkan perbandingan antara atom Oksigen dan Silikon adalah 1.4 : 1. Perbandingan spektrum EDS dari sampel GO dan rGO diperlihatkan pada Gambar 4 yang menunjukkan adanya perbedaan kadar oksigen antara keduanya secara kualitatif. Tampak bahwa ada perubahan kadar oksigen dan karbon akibat proses reduksi termal. Hasil tersebut menunjukkan terjadi pengurangan komposisi unsur oksigen pada rGO dibandingkan GO akibat pemanasan yang dilakukan pada sampel GO. Perbandingan kadar karbon dan oksigen tersebut secara kuantitatif diperlihatkan pada tabel 2.

Tabel 2. Presentasi kandungan Karbon dan Oksigen pada film tipis GO sebelum dan setelah dikenakan proses reduksi termal

Reduksi 180 menit	% Atom		
	Karbon (C)	Oksigen (O)	C/O
Sebelum	10.46	17.27	0.606
Sesudah	11.36	1.56	7.263



Gambar 4. Perbandingan Spektrum EDS film GO (a) dan film rGO (b) yang dihasilkan melalui proses reduksi termal

4. Kesimpulan

Telah berhasil dibuat film GO pada substrat quartz dari dispersi oksida grafena yang tersedia secara komersial dengan kualitas yang cukup baik. Proses reduksi termal pada suhu 170 – 175 C yang dikenakan pada berbagai waktu pemanasan telah mengakibatkan perubahan transparansi sampel dan pada waktu pemanasan 150 menit terjadi saturasi, yang mana penambahan waktu pemanasan tidak mengubah transparansi dari bahan yang dihasilkan. Hasil pengukuran EDS menunjukkan gugus oksigen pada GO semakin berkurang setelah mengalami proses termoreduksi. Proses termoreduksi terjadi peningkatan rasio antara C/O sebelum dan sesudah proses tersebut. Selanjutnya hasil pengukuran XPS menunjukkan terdapat perbedaan struktur antara GO dengan sampel rGO yang dihasilkan melalui proses reduksi termal.

Ucapan terima kasih

Penelitian ini didanai oleh Program ALG 2015 no. kontrak DIPA BLU Universitas Padjadjaran, No : 7632/UN6.RKT/KU/2013, 1 February 2015.

Daftar Pustaka

1. Y. Aiguo, *Journal Alloys and Compound* 458 (2008) 487.
2. D. E. Zhang, *et al. Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 292 (2005) 491.
3. H. Kai, C-Y. Xu, L. Zhen, e-Z. Shao, *Materials Letters* 61 (2007) 303.
4. G. Jo, *et al.*, (2012), *The application of graphene as electrodes in electrical and optical devices*, *Nanotechnology* 23, 11200`1 (19pp)
5. M.M. Stylianakis, *et al.*, (2012), *Organic bulk Heterojunction Photovoltaic Devices Base on Polythiophene-Graphene Composites*, *ACS Applied Materials & Interfaces* 08/2012; 4(9) 4864-70
6. R. Cruz, *et al.*, (2011), *Reduced graphene oxide films as transparent counter-electrodes for dye-sensitized solar cells*, *Solar Energy*, 86 (2), 716-724
7. H. Li, C. Bubeck, *Photoreduction Processes of Graphene Oxide and Related Applications*, *Macromol. Research*, 21 (2013), 290-297