

PENGARUH VARIASI TEGANGAN ELEKTRODA TERHADAP SPEKTRUM ABSORBANSI OPTIK GRAPHENE OXIDE (GO) DARI BAHAN PENSIL 2B YANG DISINTESIS MENGGUNAKAN METODE ELEKTROLISIS

THE IMPACT OF ELECTRODE VOLTAGE VARIATION TOWARDS OPTICAL ABSORBANCE SPECTRUM OF GRAPHENE OXIDE (GO) FROM PENCIL 2B MATERIAL WHICH IS SYNTHESIZED USING ELECTROLYSIS METHOD

Oleh : Arif Rahman¹, Rita Prasetyowati², Iman Santoso³, W.S. Brams Dwandaru⁴

¹Mahasiswa Program Studi Fisika FMIPA UNY

²Dosen Program Studi Fisika FMIPA UNY

³Dosen Jurusan Fisika FMIPA UGM

⁴Dosen Program Studi Fisika FMIPA UNY

Email : (arif122.rahman@gmail.com)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses sintesis *graphene oxide* menggunakan metode elektrolisis dengan penambahan kumparan solenoida dan memvariasi tegangan elektroda serta massa serbuk *graphite oxide*, mengetahui pengaruh tegangan elektroda terhadap nilai absorbansi absolut dari *graphene oxide* yang dihasilkan, dan mengetahui pengaruh massa serbuk *graphite oxide* terhadap spektrum absorbansi spektrofotometer UV-Vis. Penelitian ini dimulai dengan membuat larutan elektrolit yaitu H₂SO₄ 0,5 M dan KOH 5,35 M. Selanjutnya proses elektrolisis dan penambahan kumparan solenoida dengan variasi tegangan bias pada elektroda sebesar 12 V, 15 V dan 18 V. Endapan *graphite oxide* yang dihasilkan di filtrasi, kemudian dilakukan pembersihan menggunakan aquades sampai pH nya netral dan ion sulfat sudah tidak ada pada endapan *graphite oxide*. Endapan hasil filtrasi dikeringkan menggunakan oven selama 4 jam pada suhu 100°C hingga menghasilkan serbuk *graphite oxide*. Serbuk *graphite oxide* dilarutkan dalam DMF dengan konsentrasi 0,1 mg/ml; 0,2 mg/ml; dan 0,3 mg/ml kemudian dilakukan ultrasonikasi selama 1 jam untuk menghasilkan *graphene oxide*. Proses pemisahan antara material yang berukuran besar dan kecil menggunakan *centrifuge* dengan kecepatan 500 rpm selama 10 menit. Proses karakterisasi material *graphene oxide* dilakukan dengan pengujian spektrofotometer UV-Vis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi tegangan elektroda 12 V, 15 V, dan 18 V menghasilkan *graphene oxide* yang diindikasikan dengan adanya puncak absorbansi pada panjang gelombang 230 nm dan 250 nm dengan nilai absorbansi absolut sekitar 0,004 – 0,035. Pada variasi tegangan elektroda, semakin tinggi tegangan elektroda maka semakin tinggi nilai absorbansi absolutnya. Sedangkan pada variasi massa serbuk *graphite oxide*, semakin tinggi massa serbuk *graphite oxide* maka puncak absorbansi pada panjang gelombang tertentu semakin tinggi.

Kata Kunci : *graphene*, *graphene oxide*, elektrolisis, tegangan bias pada elektroda,

Abstract

This study aims 1) to determine the synthesis process of graphene oxide using electrolysis method with the addition of solenoid coil, 2) to vary the voltage of the electrode as well as the mass of graphite oxide powder, 3) to know the impact of electrode voltage toward the absolute absorbance value of graphene oxide produced, and 4) to determine the impact of mass of graphite oxide powder toward the absorbance spectrum of UV-Vis spectrophotometer. The study began by making the electrolyte solution that is H₂SO₄ 0,5 M and KOH 0,35 M. Furthermore, the electrolysis process and the addition of a solenoid coil were done with the bias voltage variation towards the electrodes at 12 V, 15 V, and 18 V. The sediment of graphite oxide produced was filtered and the cleaning process was done by using aquadest until reaching the neutral pH and there is no sulphate ion in the sediment of graphite oxide. The sediment of filtration results is dried using the oven for 4 hours at the temperature of 100°C to produce graphite oxide powder. Graphite oxide powder was dissolved in DMF at the concentration of 0.1 mg/ml; 0.2 mg/ml; and 0.3 mg/ml and then the ultrasonication was done for 1 hour to produce graphene oxide. The separation process between the big-sized and the small-sized materials were done by using a centrifuge at the speed of 500 rpm for 10 minutes. The characterization process of graphene oxide material is done by using UV-Vis spectrophotometer. The results showed that the variation of electrode voltage 12 V, 15 V, and 18 V produce graphene oxide which is indicated by the peak of absorbance at a wavelength of 230 nm and 250 nm with absolute absorbance value of about 0.004 to 0.035. On the electrode voltage variations, it is shown that the higher the electrode voltage, the higher the absolute absorbance values. While on the mass variation of graphite oxide powder, it is shown that the higher the mass of graphite powder oxide, the higher the absorbance peak at a specific wavelength.

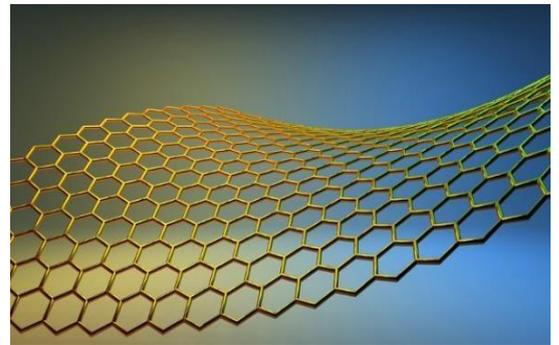
Keywords: *graphene*, *graphene oxide*, *electrolysis*, *the bias voltage to the electrodes*,

PENDAHULUAN

Saat ini, sains teknologi berkembang dengan pesat di berbagai bidang ilmu, baik di bidang Fisika, Kimia, Biologi, industri, ataupun elektronik. Hal itu dibuktikan dengan berkembangnya perangkat-perangkat elektronik yang serba canggih seperti *chip*, *supercapacitor*, dan *transistor*. Seiring dengan berkembangnya teknologi yang pesat, dibutuhkan material baru yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi bidang material elektronik untuk merencanakan material yang berukuran kecil, ringan dan memiliki konduktivitas listrik, konduktivitas termal, sifat optik, serta sifat mekanik yang lebih baik.

Pada tahun 2004, peneliti dari Universitas Manchester, yaitu Andre Geim dan Konstantin Novoselov pertama kali berhasil mengisolasi material yang dinamakan *graphene* dengan metode yang dikenal dengan “*scotch-tape method*” (Pebrika, 2015). Metode ini yang berhasil mengantarkan mereka meraih penghargaan nobel pada tahun 2010. *Graphene* merupakan material yang disusun oleh atom karbon yang membentuk struktur kisi atom segi enam (*hexagonal*) seperti sarang lebah yang ditunjukkan oleh Gambar 1 (Novoselov, 2011). Sedangkan *graphene oxide* (GO) merupakan hasil sintesis dari *graphite oxide* melalui proses ultrasonikasi.

Graphene memiliki keunggulan sifat dibanding material yang lain. Hasil-hasil penelitian para ilmuwan menyebutkan bahwa *graphene* memiliki konduktivitas elektrik yang tinggi sebesar $10^6 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$, transparansi optik 97,7%, mobilitas elektrik sebesar $2 \times 10^6 \text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, konduktivitas termal sebesar $5000 \text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ serta memiliki kekuatan mekanik dengan modulus Young $> 1\text{Tpa}$ (Zhu dkk., 2010).



Gambar 1. Struktur kisi *hexagonal graphene*

Pada daerah energi 0,1 eV sampai dengan 0,6 eV, *graphene monolayer* memiliki konduktansi universal $\pm 6,08 \times 10^{-5} \Omega^{-1}$ (Kuzmenko, 2008). Memiliki nilai regangan yang bersifat reversibel serta memiliki kekuatan tekanan terhadap *pseudo*-medan magnet masing-masing sebesar 20% dan 300 Tesla (Peres, 2010). Sedangkan *graphene multilayer* memiliki mobilitas *carrier* pada suhu 300 K sebesar $15000 \text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ dan pada suhu 4 K sebesar $60000 \text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ (Novoselov dkk, 2004).

Selain *graphene*, GO juga memiliki kelebihan dibanding material lain, GO memiliki nilai indeks bias bagian imajiner (koefisien *extinction*) berkisar antara 0,05 - 0,5 pada energi 0 eV dan nilai indeks bias *real* hasil ekstraksi menggunakan metode Kramers-Kronig dalam rentang energi 1,5 - 6,2 eV berkisar antara 0,85 - 0,95. Selain itu, GO bersifat semikonduktor dan dapat difungsikan untuk berbagai aplikasi seperti optoelektronik yang diharapkan memiliki keunggulan mendekati *graphene* murni (Efelina, 2015). Sifat lain yang dimiliki oleh GO, adalah memiliki konduktivitas elektrik sebesar 5 Scm^{-1} (Peng dkk, 2011), memiliki kekuatan mekanik dengan modulus Young 0,25 Tpa (Hansora dkk, 2015).

Berbagai metode sintesis telah dikembangkan untuk proses sintesis *graphene* dan GO diantaranya adalah metode *mechanical exfoliation* (ME) (*scotch tape*), *chemical vapor deposition* (CVD), *chemical exfoliation* (metode Hummer's), dan *electrochemical exfoliation*. Namun, keempat metode tersebut dinilai kurang efisien dan mahal.

Sejauh ini belum ada penelitian yang mendalam yang mengkaji sifat optik khususnya nilai absorbansi absolut material GO. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan sintesis GO menggunakan metode elektrolisis untuk mengkaji sifat optik khususnya nilai absorbansi absolut. Metode elektrolisis ini dikombinasikan dengan penambahan kumparan solenoida dan memvariasi tegangan elektroda serta massa serbuk *graphite oxide* untuk menghasilkan *graphene oxide*.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Koloid Fisika, Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fisika, Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta (FMIPA UNY) serta di Laboratorium Teknologi Farmasi Departemen Farmasi UGM pada bulan November 2015 – April 2016.

Prosedur Penelitian

1. Proses Pembuatan Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit yang digunakan yaitu larutan H_2SO_4 dengan konsentrasi 0,5 M sebanyak 200 ml dan larutan kalium hidroksida (KOH) 5,35 M 11 ml .

2. Proses Elektrolisis

Proses elektrolisis dilakukan untuk mensintesis *graphite* menjadi *graphite oxide*. Proses ini diawali dengan secara bersamaan memberi tegangan pada kumparan solenoida sebesar 10 V dan elektroda sebesar 3 volt selama 1 menit. Selanjutnya menaikkan tegangan pada elektroda dengan variasi 12 Volt, 15 Volt, dan 18 Volt selama 30 menit dengan secara bergantian menggunakan tegangan bias maju selama 2 menit dan tegangan bias mundur selama 2 menit.

3. Proses Filtrasi

Proses filtrasi dilakukan untuk memisahkan larutan dengan endapan hasil elektrolisis. Kertas saring yang digunakan yaitu kertas *whatman 42* ukuran 90 nm. Setelah dilakukan proses pemisahan antara larutan dan endapan, langkah selanjutnya adalah proses pencucian endapan yang tersaring dengan menggunakan aquades sampai tingkat keasaman (pH) nya netral.

4. Proses Pengeringan

Proses pengeringan dilakukan menggunakan *oven*. Proses ini dilakukan selama 4 jam pada suhu 100 °C. Selanjutnya, dilakukan pengeringan serbuk *graphite oxide* menggunakan spatula dan memasukkan ke dalam tabung kaca.

5. Proses Ultrasonikasi

Menimbang serbuk *graphite oxide* sebanyak 0,3, 0,6, dan 0,9 mg dan memasukan ke dalam tabung reaksi. Selanjutnya memasukan pelarut DMF sebanyak 3 ml ke dalam tabung reaksi yang telah diisi terlebih dahulu dengan serbuk *graphite oxide*. Setelah itu, dilakukan proses ultrasonikasi selama 60 menit untuk menghasilkan *graphene oxide*.

6. Proses *Centrifuge*

Proses *centrifuge* dilakukan untuk memisahkan partikel-partikel besar dengan partikel-partikel kecil yang terdapat pada larutan hasil ultrasonikasi. Proses *centrifuge* menggunakan kecepatan sebesar 500 rpm selama 10 menit. Setelah proses *centrifuge*, secara otomatis partikel-partikel besar akan terpisah dengan larutan dan berada di dasar tabung reaksi. Larutan yang terpisah dengan partikel-partikel besar dipindahkan ke tabung kaca untuk proses karakterisasi.

Teknik Pengambilan Data

Pengujian UV-Vis

Proses karakterisasi dari sampel *graphene oxide* dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Proses ini dilakukan untuk mengetahui nilai absorbansi dan panjang gelombang dari sampel *graphene oxide* yang diperoleh.

Teknik Analisis Data

Proses analisis data dilakukan untuk menentukan nilai absorbansi absolut *graphene oxide* (GO). Untuk menentukan nilai absorbansi absolut GO dilakukan melalui 2 tahap, yaitu:

1. Menentukan nilai koefisien serapan (α)

Untuk menentukan nilai koefisien serapan (α) dapat menggunakan persamaan regresi linear yang dinyatakan dalam persamaan

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Dimana : x_i : nilai konsentrasi larutan, \bar{x} : rata-rata nilai konsentrasi larutan, y_i : nilai absorbansi hasil spektrofotometer UV-Vis, \bar{y} : rata-rata nilai absorbansi hasil spektrofotometer UV-Vis, dan α : koefisien serapan.

Setelah diperoleh koefisien serapan, maka selanjutnya menentukan nilai absorbansi absolut.

2. Menentukan nilai absorbansi absolut

Untuk menentukan nilai absorbansi absolut dapat menggunakan persamaan :

$$A = \frac{\alpha x d}{2,303}$$

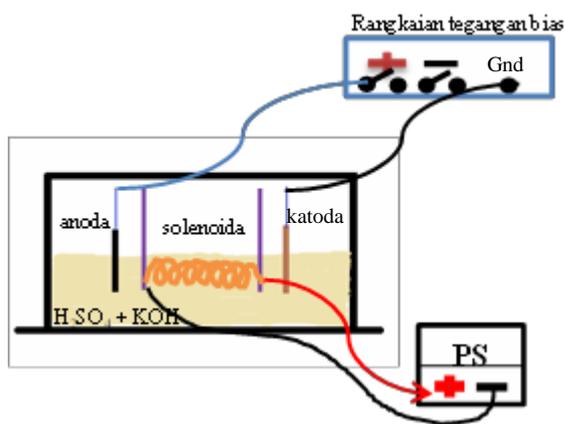
Dimana : A = nilai absorbansi absolut, α = nilai koefisien serapan, dan d = ketebalan sampel/kuvet (1 cm).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Sintesis *Graphite Oxide*

Sintesis material *graphene oxide* pada penelitian ini menggunakan metode *electrochemical exfoliation*. Metode *electrochemical exfoliation* yaitu mensintesis grafit secara kimiawi sehingga menghasilkan *graphene oxide* (GO).

Salah satu contoh metode *electrochemical exfoliation* untuk mensintesis *grapheme oxide* adalah menggunakan metode elektrolisis. Dalam melakukan proses elektrolisis dibutuhkan seperangkat rangkaian system elektrolisis seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.

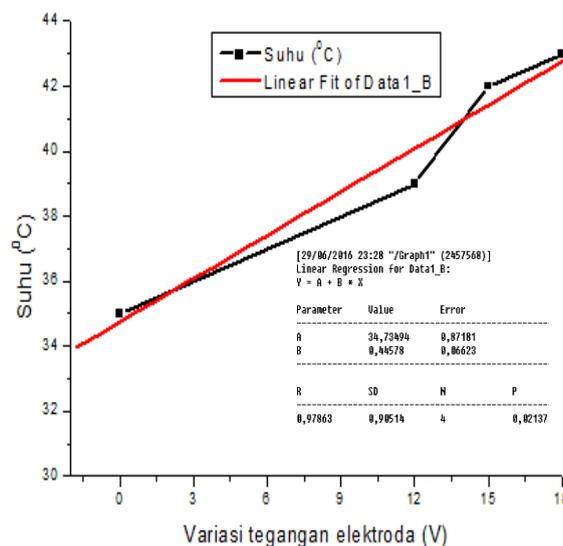


Gambar 2. Rangkaian sistem elektrolisis

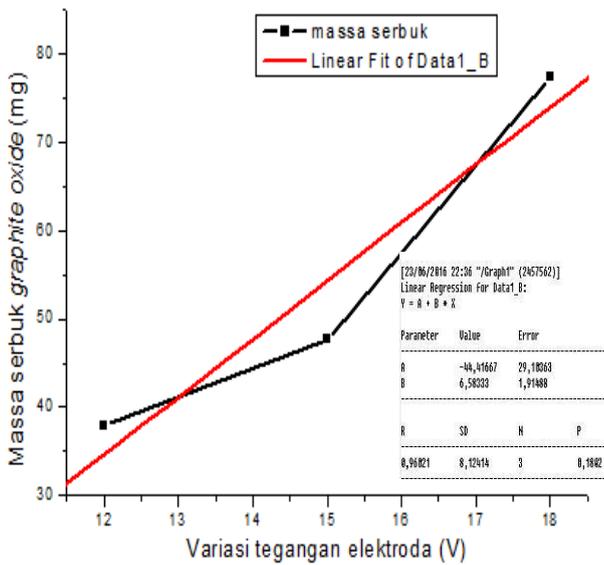
Sebelum melakukan proses elektrolisis, diukur terlebih dahulu suhu larutan elektrolit yaitu 35°C. Pada saat tegangan bias maju (+12 V, +15 V dan +18V) digunakan, maka akan terjadi penarikan elektron pada anoda sehingga akan Muatan positif ini akan menyebabkan tertariknya ion SO_4^{2-} oleh anoda untuk masuk dan menyusup diantara lapisan *interlayer* grafit. Akibatnya, lapisan antar penyusun grafit jaraknya menjadi semakin besar dan akan mengakibatkan terjadinya pengelupasan antar lapisan penyusun grafit (Yu dkk., 2015). Batang grafit secara cepat terdisosiasi menjadi bagian-bagian kecil dan menyebar di permukaan larutan. Sebaliknya ketika tegangan bias mundur (-12 V, -15 V dan -18 V) dikenakan pada grafit yang berfungsi sebagai elektroda aktif (*working electrode*), maka akan terjadi penarikan ion-ion bermuatan positif (K^+).

Bias mundur pada elektroda grafit akan menarik ion-ion positif pada larutan untuk masuk kedalam lapisan-lapisan pada grafit, maka akan terjadi pelebaran jarak dan pengelupasan lapisan-lapisan grafit (Yu dkk., 2015).

Dari proses elektrolisis, diperoleh nilai suhu akhir yang berbeda-beda setiap variasi tegangan. Sedangkan serbuk *graphite oxide* yang dihasilkan setelah melalui proses filtrasi dan pengeringan menggunakan oven pada suhu 100 °C selama 4 jam dari setiap variasi tegangan 12 V, 15 V, dan 18 V ditimbang menggunakan timbangan digital. Hubungan antara variasi tegangan elektroda terhadap suhu akhir elektrolisis dan massa *graphite oxide* yang dihasilkan ditunjukkan oleh Gambar 3.



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Grafik hubungan variasi tegangan terhadap suhu akhir elektrolisis, (b) Grafik hubungan variasi tegangan terhadap massa serbuk *graphite oxide* yang dihasilkan.

2. Sintesis Graphene Oxide

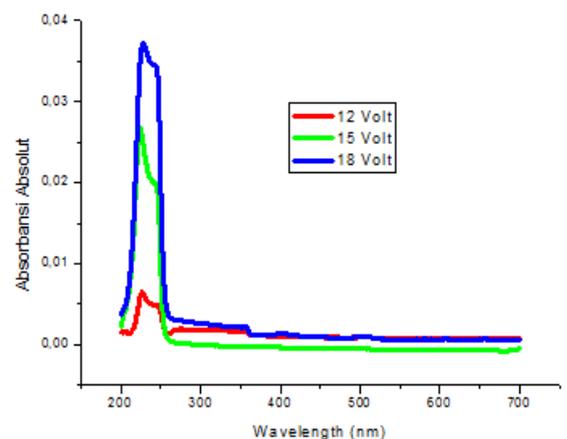
Graphene oxide diperoleh melalui proses pendispersian *graphite oxide* pada pelarut DMF menggunakan proses ultrasonikasi selama 1 jam. Ultrasonikasi dilakukan untuk mengelupas *graphite oxide* menjadi *graphene oxide*. Pengelupasan ini dapat terjadi karena adanya gelombang ultrasonik yang merupakan salah satu dari gelombang mekanik dengan frekuensi lebih dari 20.000 Hz. Sehingga pengelupasan dari *graphite oxide* menjadi *graphene oxide* dilakukan secara mekanik. Setelah itu dilakukan proses *centrifuge* selama 10 menit dengan kecepatan 500 rpm.

Hasil proses *centrifuge* akan memisahkan endapan- endapan yang berukuran besar di dasar tabung reaksi dan endapan-endapan yang berukuran kecil (*graphene oxide*) akan tetap bercampur dengan pelarut DMF. Selanjutnya, larutan *graphene oxide* akan dipindahkan ke dalam gelas kaca yang akan digunakan untuk proses karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis

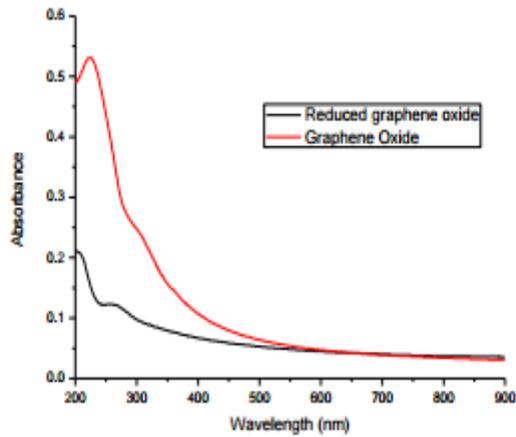
3. Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis

Karakterisasi UV-Vis dilakukan untuk mengetahui nilai absorpsi dan panjang gelombang dari suatu sampel. Dari hasil karakterisasi UV-Vis, dilakukan normalisasi untuk memperoleh nilai absorpsi absolut yang dijadikan sebagai indikator untuk menentukan adanya *graphene oxide* pada larutan sampel hasil sintesis material *graphene oxide* dengan menggunakan metode elektrolisis.

Grafik pada Gambar 4 (a) merupakan grafik UV-Vis dari hasil sintesis material *Graphene Oxide* (GO) yang telah dinormalisasi. Sedangkan grafik pada Gambar 4 (b) merupakan salah satu grafik hasil UV-Vis *Graphene Oxide* (GO) yang digunakan sebagai acuan menurut literatur.



(a)



(b)

Gambar 4. (a) Grafik absorbansi UV-Vis dari hasil normalisasi, (b) Spektrum UV-Vis *graphene oxide* (GO) dan rGO

Dari grafik hasil normalisasi menunjukkan bahwa terdapat puncak absorbansi pada panjang gelombang sekitar 230 nm yang menunjukkan transisi $\pi-\pi^*$ dari ikatan C-C. Sedangkan puncak absorbansi disekitar panjang gelombang 250 nm menunjukkan transisi $n-\pi^*$ dari ikatan C-C. Hal tersebut menunjukkan bahwa material yang dihasilkan merupakan *graphene oxide* (GO). Akan tetapi material GO yang dihasilkan memiliki nilai absorbansi absolut yang kecil, yaitu sekitar 0,004 – 0,035 dibandingkan dengan nilai absorbansi absolut standar dari GO yaitu sekitar 0,2 – 0,8.

Dari grafik normalisasi, menunjukkan bahwa semakin besar nilai tegangan elektroda maka semakin tinggi nilai absorbansi absolutnya. Sehingga untuk menaikkan nilai absorbansi absolut agar mendekati nilai standar dari GO yaitu dengan menggunakan tegangan elektroda diatas 18 Volt. Hal lain yang menyebabkan grafik absorbansi spektrofotometer UV-Vis GO kurang sempurna yaitu rangkaian tegangan polaritas tidak berfungsi secara maksimal mengakibatkan reaksi

oksidasi dan reaksi reduksi pada elektroda tidak berjalan maksimal, proses ultrasonikasi yang terlalu cepat serta kecepatan proses *centrifuge* yang rendah. Hal ini mengakibatkan kualitas serbuk *graphite oxide* dan GO dari hasil metode elektrolisis menurun.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan data penelitian yang diperoleh dan hasil analisis data, maka dari penelitian yang telah dilakukan peneliti dapat disimpulkan bahwa telah berhasil di sintesis *graphene oxide* menggunakan metode elektrolisis dengan variasi tegangan elektroda 12 V, 15 V dan 18 V serta variasi massa serbuk *graphite oxide* 0,3 mg; 0,6 mg; dan 0,9 mg ke dalam 3 ml pelarut DMF. Tegangan elektroda berpengaruh terhadap nilai absorbansi absolut dari *graphene oxide* yang dihasilkan. Pada penelitian ini, semakin besar nilai tegangan elektroda maka semakin tinggi nilai absorbansi absolutnya. Massa serbuk *graphite oxide* berpengaruh terhadap spektrum absorbansi spektrofotometer UV-Vis. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan maka puncak absorbansi pada panjang gelombang tertentu semakin tinggi. Sehingga dapat diperoleh bahwa semakin tinggi massa serbuk *graphite oxide* maka akan semakin tinggi puncak absorbansi pada panjang gelombang tertentu.

Saran

Setelah terselesaikannya penelitian ini, terdapat saran yang perlu diperhatikan bagi peneliti selanjutnya. Beberapa saran tersebut adalah

1. Dalam penelitian ini variasi tegangan yang digunakan yaitu 12 V, 15 V dan 18 V dan nilai absorbansi yang diperoleh masih di bawah standar dari nilai absorbansi *graphene oxide* (GO) menurut literatur. Untuk penelitian selanjutnya agar bisa menaikkan nilai absorbansi absolut supaya mendekati nilai standar dari *graphene oxide* (GO) yaitu dengan menggunakan tegangan elektroda diatas 18 Volt.
2. Dari penelitian ini digunakan juga kumparan solenoida pada proses elektrolisis, sehingga dapat diteliti lebih lanjut tentang pengaruh medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan solenoida dan besarnya energi yang bekerja pada proses elektrolisis.
3. Dalam penelitian ini gelas ukur yang digunakan untuk proses ultrasonikasi dan *centrifuge* ada yang berbeda. Hal ini kemungkinan mempengaruhi hasil pada proses ultasonikasi karena wadah dari sampel penelitian memiliki ketebalan yang berbeda- beda. Sehingga untuk penelitian selanjutnya bisa memberikan perlakuan yang sama pada setiap sampel untuk meminimalisir perbedaan hasil yang diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- Ilham Pebrika. (2015). Tinjauan Numerik Rapat Keadaan Graphene Layer Ganda Dengan Untiran Pada Energi Rendah Menggunakan Metode Newton Raphson. Skripsi. Yogyakarta. FMIPA UGM
- Novoselov, K. S. (2011). Nobel Lecture: Graphene: Materials in the Flatland. *Rev. Mod. Phys.* 83. 837-838
- Zhu, Y., Murali, Weiwei Cai, S., Li, X., Suk, J.W., Potts, J.R., dan Ruoff, R.S. (2010). Graphene and Graphene Oxide: Synthesis, Properties and Applications. *Adv. Mater.* 2010. XX. 1-19
- Kuzmenko, A.B., van Heumen, E., Carbone, F., and van der Marel, D. (2008). *Universal Dynamical Conductance in Graphite*. *Physical Review Letters*. 100. 117401.
- Peres, N.M.R. (2010). The Transport Properties of Graphene: An Introduction, *Rev. Mod. Phys.* 82. 2673.
- Novoselov, K.S., Geim, A.K., Morozov, S.V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S.V., Grigorieva, I.V., Firsov, A.A. (2004). Electric Effect in Atomically Thin Carbon Films. *Science*. 5696. 306. 666-669
- Vita Efelina. (2015). Kajian Pengaruh Konsentrasi Urea Dalam Sifat Optik Nanofiber *Graphene Oxide*/PVA (Polyvinyl Alcohol) Yang Difabrikasi Menggunakan Teknik *Electrospinning*. Tesis. Yogyakarta. FMIPA UGM
- Peng-Gang Ren, Ding-Xiang Yan, Xu Ji, Tao Chen and Zhong-Ming Li. (2011). Temperature Dependence of Graphene Oxide Reduced by Hydrazine Hydrate. People's Republik of China : Iop publishing-Nanotechnology-22 055705
- D.P.Hansora, N.G.Shimpi dan S. Mishra. (2015). Graphite to Graphene via Graphene Oxide: An Overview on Synthesis, Properties, and Application. University Institute of Chemical Technology, North Maharashtra, Jalgaon. India : Jom, Vol.67 No.12, 2015
- Yu, P., Sean, E., Lowe, Simon, G.P., Zhong, Y.L., (2015). Electrochemical Exfoliation of Graphite and Production of Functional Graphene. Department of Materials Science and Engineering, Monash University. *Current in Colloid & Interface Science* 20 (2015) 329-338