

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI SURFAKTAN DAN WAKTU ULTRASONIKASI TERHADAP SINTESIS MATERIAL GRAPHENE DENGAN METODE LIQUID SONIFICATION EXFOLIATION MENGGUNAKAN TWEETER ULTRASONICATION GRAPHITE OXIDE GENERATOR**

***THE INFLUENCE OF VARIATION SURFACTANT CONCENTRATE AND ULTRASONICATION OF TIME TOWARDS SYNTHESIS MATERIAL OF GRAPHENE WITH LIQUID SONIFICATION EXFOLIATION METHOD USE TWEETER ULTRASONICATION GRAPHITE OXIDE GENERATOR***

Oleh: Achmad Ainul Fikri<sup>1</sup>, W.S. Brams Dwandaru<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Fisika FMIPA UNY

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Fisika FMIPA UNY

Email: (achmad\_fikri93@yahoo.co.id)

**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis material *graphene* dengan metode *liquid sonification exfoliation* (LSE) menggunakan *tweeter ultrasonication graphite oxide generator* (TUGG) yang dikombinasi dengan teknologi surfaktan, mengetahui pengaruh konsentrasi surfaktan terhadap sintesis material *graphene*, dan mengetahui pengaruh waktu ultrasonikasi terhadap sintesis material *graphene*. *Graphene* adalah material baru tertipis, terkuat, dan terunggul di dunia saat ini yang terbentuk dari satu lapis atom karbon yang memiliki struktur hexagonal menyerupai sarang lebah. Penelitian ini dimulai dengan membuat larutan surfaktan yang dicampur serbuk *graphite* dari batang pensil dimana larutan dibuat dengan variasi 0; 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; dan 0,025 g/ml. Kemudian sampel larutan diultrasonikasi menggunakan TUGG. Sampel larutan diultrasonikasi dengan variasi waktu 0, 1, 3, dan 5 jam. Setelah diultrasonikasi selama waktu tertentu sampel larutan kemudian didiamkan semalam agar beberapa lapis *graphene* terpisah dari kumpulan lapis *graphene* tebal atau *graphite*. Sampel larutan yang terpisah dari kumpulan *graphite* selanjutnya dikarakterisasi untuk mengetahui adanya lapisan *graphene*. Proses karakterisasi material *graphene* dilakukan dengan pengujian konduktivitas dan pengujian *scanning electron microscope* (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi konsentrasi surfaktan 0,02 g/ml dan variasi waktu ultrasonik 5 jam menghasilkan *graphene multilayer* dengan jumlah lapis paling sedikit dibandingkan variasi lainnya. Pada variasi konsentrasi surfaktan, semakin besar konsentrasi surfaktan maka semakin baik *graphene* yang dihasilkan. Akan tetapi, penambahan surfaktan hingga pada konsentrasi tertentu akan membuat produksi *graphene* kurang maksimal. Sedangkan pada variasi waktu ultrasonik, semakin lama waktu ultrasonikasi maka semakin baik *graphene* yang dihasilkan.

**Kata Kunci:** *graphene*, *liquid sonification exfoliation*, surfaktan, ultrasonikasi

**Abstract**

*This study aims to synthesize graphene material with liquid sonification exfoliation method (LSE) using a tweeter ultrasonication graphite oxide generator (TUGG) which combined by surfactant technology, knowing the effect of surfactant concentration on the material graphene synthesis, and determine the effect ultrasonication time on the material graphene synthesis. Graphene is a new material thinnest, strongest, and excel in today's world that is formed from a single layer of carbon atoms that has a hexagonal honeycomb-shaped structure. This study begins with a surfactant solution mixed with graphite powder of pencils where the solution is made with variations 0 g/ml; 0,005 g/ml; 0,01 g/ml; 0,015 g/ml; 0,02 g/ml; and 0,025 g/ml. Then the sample solution ultrasonicated using TUGG. Solution sample was ultrasonicated with variation of time 0, 1, 3, and 5 hours. After ultrasonicated during certain times of the sample solution is then allowed to stand overnight so that multiple graphene layers apart from a clump of layer thick graphene or graphite. The sample solution which separated from clump of graphite is characterized for the presence of graphene layers. Graphene material characterization process is done by conductivity testing and scanning electron microscope (SEM) test.*

*The results showed that the variation of surfactant concentration of 0.02 g/ml and 5 hour time variations ultrasonic produce multilayer graphene layers with the least amount compared to other variations. In a variation of surfactant concentration, the greater the concentration of surfactant, the resulting graphene layer is getting thinner. However, the addition of a surfactant to at a certain concentration will make the production of graphene less than the maximum. Whereas in the variation of ultrasonication time, the longer the time ultrasonication then the resulting graphene layer is getting thinner.*

**Keywords:** *graphene*, *liquid sonification exfoliation*, surfactant, ultrasonication

## PENDAHULUAN

Graphene adalah material baru tertipis, terkuat dan terunggul di dunia saat ini yang terbentuk dari satu lapis atom karbon yang memiliki struktur hexagonal menyerupai sarang lebah. Graphene merupakan allotropi karbon yang menjadi struktur dasar dari material berbasis karbon seperti graphite, carbon nano tube (CNT) dan fullerene. Lembaran-lembaran graphene yang ditumpuk akan membentuk material berbasis karbon seperti graphite. Lembaran-lembaran tersebut diikat oleh ikatan van der Waals dengan jarak antar lembarnya 0,335 nm. Graphene memiliki jarak antar atom 0,142 nm dan diikat oleh ikatan kovalen. Material graphene pertama kali berhasil disintesis oleh Andre K. Geim dan Konstantin Novoselov pada tahun 2004. Geim dan Novoselov mensintesis graphene dengan cara mengelupas lapisan-lapisan kristalin graphite hingga skala nanometer menggunakan selotip. Lapisan-lapisan graphene yang diikat oleh ikatan van der Walls terkelupas menjadi satu lembar graphene yang teramati menggantung pada substrat silikon oksida. Metode sintesis yang dilakukan oleh Andre K. Geim dan Konstantin Novoselov ini dinamakan metode mechanical exfoliation. Berkat penemuannya tersebut Geim dan Novoselov mendapatkan penghargaan Nobel pada tahun 2010. Material graphene sangat menarik untuk dikaji lebih dalam karena memiliki sifat yang unggul dibandingkan material yang lain. Sifat-sifat unggul tersebut diantaranya adalah mobilitas elektron yang tinggi mencapai  $200.000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , konduktivitas yang tinggi ( $0,96 \times 10^6 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ), konduktivitas termal yang tinggi (5000

W/mK), transparansi optik yang baik (97,7%), dan modulus Young 1 TPa. Sifat-sifat graphene yang unggul tersebut dapat diaplikasikan secara luas di berbagai bidang. Salah satu contohnya yaitu di bidang industri elektronik graphene dapat diaplikasikan untuk pembuatan super kapasitor dan transistor.

Berbagai metode sintesis telah dikembangkan diantaranya adalah metode mechanical exfoliation menggunakan selotip, chemical vapor deposition (CVD), dan epitaxial growth. Akan tetapi ketiga metode tersebut dinilai kurang efisien dan membutuhkan biaya yang mahal. Selain itu, ada metode sintesis graphene lain yaitu metode reduksi graphene oxide (rGO). Metode ini menjanjikan karena dapat menghasilkan graphene secara masal tetapi menyebabkan sifat elektroniknya rusak. Ada metode sintesis graphene lain yang juga tidak kalah menjanjikan. Metode tersebut yaitu metode liquid exfoliation (LE). Metode yang dilakukan pertama kali oleh Coleman dkk (2008) ini merupakan sintesis graphene dalam fase cair yang mudah dilakukan, efisien, sederhana, dan murah. Dalam prosesnya, metode LE memanfaatkan teknologi surfaktan untuk melepas lembaran-lembaran graphene dari material graphite. Metode LE menghasilkan graphene dengan kualitas baik dan stabil terlepas dari cacat yang dibawa oleh surfaktan. Metode ini terus dikembangkan oleh para peneliti. Salah satu contohnya yaitu Murat dkk (2011) mengembangkan metode LE ini dengan mengkombinasikan metode LE dan elektrolisis. Elektrolisis dikombinasikan untuk membantu

surfaktan dalam melepas lembaran-lembaran graphene.

Penelitian ini akan membahas mengenai sintesis material graphene dengan metode LE yang dikembangkan dengan menambahkan sonifikasi. Sonifikasi ditambahkan atau dikombinasikan dengan surfaktan untuk membantu kerja surfaktan dalam melepas lembaran-lembaran graphene. Metode ini dinamakan metode liquid sonification exfoliation (LSE). Metode LSE yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan tweeter piezoelectric sebagai sound sonifikasinya. Sedangkan surfaktan yang digunakan yaitu LAS yang terdapat pada deterjen. Penelitian ini akan menganalisa pengaruh waktu ultrasonikasi terhadap sintesis material graphene yang dikarakterisasi dengan uji konduktivitas, dan scanning electron microscope (SEM).

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Koloid dan laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta pada bulan Oktober 2015 sampai Januari 2016.

### Prosedur Penelitian

#### 1. Pembuatan alat TUGG

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.

- b. Memotong papan kayu triplek menjadi bentuk persegi sebanyak 9 buah dan 1 buah berbentuk persegi panjang untuk alas.
- c. Merangkai masing-masing 3 buah papan kayu berbentuk persegi menjadi bentuk segitiga.
- d. Mengecat rangkaian triplek menggunakan cat kayu dan mengeringkannya.
- e. Menempelkan *tweeter piezoelectric* ke papan triplek berbentuk persegi seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Probe ultrasonikasi dari TUGG.

- f. Merangkai papan triplek dengan botol aqua, kabel penghubung, saklar, AFG, dan amplifier menjadi alat TUGG seperti yang dapat dilihat pada Gambar 19.



**Gambar 2.** Alat TUGG

2. Proses sintesis *graphene* dengan metode LSE untuk variasi konsentrasi larutan surfaktan
  - a. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
  - b. Menimbang serbuk *graphite* 0,5 gram sebanyak 6 kali menggunakan timbangan digital.

- c. Menimbang deterjen dengan variasi (dalam gram): 1, 2, 3, 4, dan 5 menggunakan timbangan digital.
  - d. Menyiapkan aquades 200 ml sebanyak 6 kali.
  - e. Mencampurkan serbuk *graphite*, deterjen, dan aquades menggunakan blender lalu menuangkannya ke gelas beaker dan menandainya sesuai variasi yang ada.
  - f. Mengultrasonikasi larutan pada kegiatan sebelumnya selama 5 jam dengan frekuensi 30 kHz dan setelah itu mendiamkan larutan tersebut selama satu malam.
3. Proses sintesis *graphene* dengan metode LSE untuk variasi waktu ultrasonikasi
- a. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
  - b. Menimbang serbuk *graphite* 0,5 gram sebanyak 4 kali menggunakan timbangan digital.
  - c. Menimbang deterjen 5 gram menggunakan timbangan digital sebanyak 4 kali.
  - d. Menyiapkan aquades 200 ml sebanyak 4 kali.
  - e. Mencampurkan serbuk *graphite*, deterjen, dan aquades menggunakan blender lalu menuangkannya ke gelas beaker dan menandainya sesuai variasi yang ada.
  - f. Mengultrasonikasi larutan pada kegiatan sebelumnya dengan variasi waktu (dalam jam): 0, 1, 3, 5 dan

setelah itu mendiamkan larutan tersebut selama satu malam.



(a)



(b)



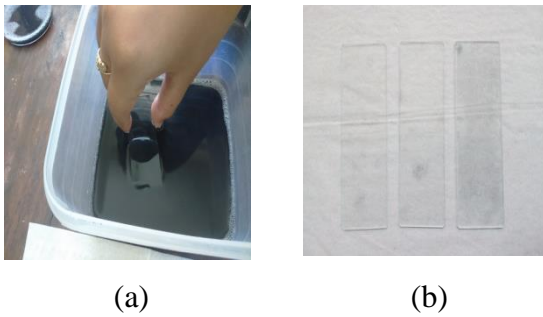
(c)

**Gambar 3.** (a) Proses ultrasonikasi sampel (b) serbuk *graphite* dan deterjen (c) proses pembuatan larutan.

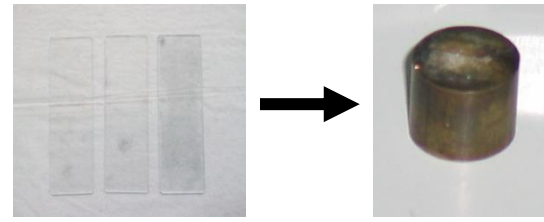
### Teknik Pengambilan Data

#### 1. Uji Konduktivitas Sampel pada Kaca Preparat

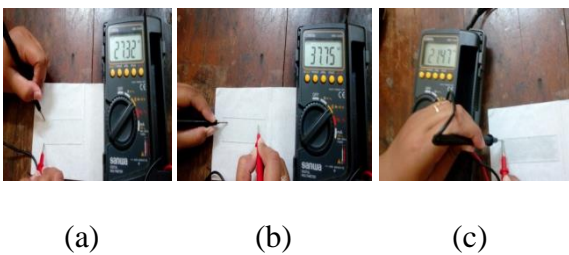
Pengukuran konduktivitas sampel dilakukan dengan menempelkan sampel larutan pada kaca preparat dengan cara mencelupkan kaca preparat ke dalam sampel larutan. Selanjutnya kaca preparat tersebut dioven dengan suhu  $150^{\circ}\text{C}$  selama 10 menit dan kemudian didinginkan selama 1 jam. Setelah itu kaca preparat tersebut diukur resistansinya menggunakan multimeter baik secara melebar, memanjang, dan jika perlu diukur juga secara acak di semua bagian preparat.



**Gambar 4.** (a) Penempelan sampel dengan cara mencelupkannya ke dalam sampel larutan, (b) kaca preparat setelah dioven



**Gambar 6.** Sampel pada kaca preparat dipindahkan ke specimen.



**Gambar 5.** (a) pengukuran resistansi secara melebar (b) pengukuran resistansi secara memanjang (c) pengukuran resistansi secara acak.

Ada 5 kaca preparat yang diukur resistansinya tiap satu variasi tertentu. Konduktivitas listrik sampel ditentukan dari besar resistansi menggunakan hubungan antara resistansi dan konduktivitas listrik.

## 2. Pengujian SEM

Pengujian SEM dilakukan dengan memindahkan sampel pada kaca preparat ke specimen. Sampel yang telah dipindahkan kemudian dikarakterisasi menggunakan SEM untuk mengetahui morfologi permukaan dari sampel. Hasil karakterisasi selanjutnya dibandingkan dengan literatur yang ada.

## Teknik Analisis Data

### 1. Pengujian Konduktivitas

Pengujian konduktivitas dilakukan untuk mengetahui sifat listrik dari material *graphene* yang telah disintesis. Besar konduktivitas dapat diketahui dari hasil pengukuran resistansi. Hal tersebut karena keduanya memiliki hubungan seperti pada persamaan (2), yaitu konduktivitas berbanding terbalik dengan resistansinya. Hasil dari data konduktivitas kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik yang ditampilkan adalah grafik hubungan konduktivitas terhadap konsentrasi larutan surfaktan dan grafik hubungan konduktivitas terhadap waktu ultrasonikasi. Dari literatur yang ada semakin besar konduktivitasnya maka semakin tipis lapisan *graphene*, begitu juga sebaliknya.

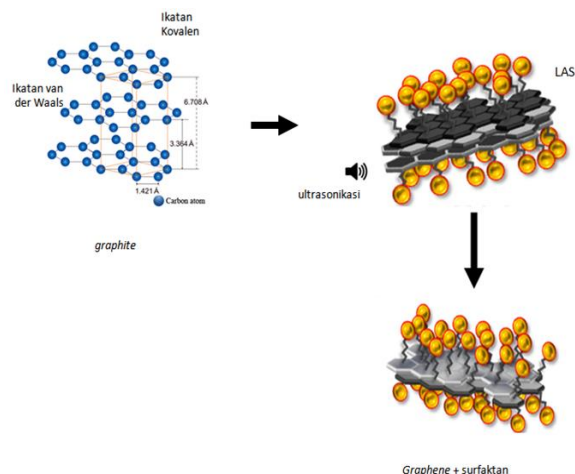
### 2. Pengujian SEM

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan dari sampel sintesis *graphene*. Hasil gambar karakterisasi SEM dibandingkan dengan literatur yang ada. Dari literatur, hasil gambar karakterisasi akan berbentuk menyerupai segi enam dimana bentuk tersebut merupakan ciri khas material *graphene*.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Hasil Sintesis Material *Graphene*

Sintesis material *graphene* pada penelitian ini menggunakan metode LSE. Metode LSE yaitu metode sintesis *graphene* yang memanfaatkan teknologi surfaktan dan teknologi ultrasonikasi. Surfaktan berfungsi untuk melemahkan ikatan van der Waals antar lapisan *graphene* pada material *graphite*. Sedangkan ultrasonikasi berfungsi sebagai pemecah atau pemisah lapisan *graphene* satu dengan lapisan *graphene* yang lain. Pada saat proses sintesis *graphene*, ekor surfaktan akan menempel pada lapisan-lapisan *graphene* dan kepalanya menutupi permukaan lapisan. Kepalan surfaktan yang menutupi lapisan *graphene* satu dengan lapisan *graphene* lainnya akan saling berhadapan. Hal tersebut menyebabkan ikatan van der Waals antar lapisan menjadi melemah. Ketika ikatan van der Waals antar lapisan melemah sonikasi bekerja untuk memisahkan lapisan *graphene* satu dengan lainnya. Getaran ultrasound yang sangat cepat dari probe sonikasi menyebabkan lapisan *graphene* satu dengan lainnya terpisah. Lapisan *graphene* yang lebih tipis akan terpisah dari lapisan *graphene* tebal yang masih dalam bentuk gumpalan *graphite*. Surfaktan yang digunakan dalam penelitian ini adalah LAS yang terdapat pada deterjen. Larutan surfaktan dicampur dengan serbuk *graphite* lalu diultrasonikasi menggunakan tweeter piezoelectric sonification. Tweeter piezoelectric sonification adalah ultrasonikasi yang dibuat atau dirangkai secara sederhana oleh peneliti dengan sound berupa tweeter piezoelectric.



**Gambar 7.** Proses kerja surfaktan dan ultrasonikasi pada sintesis material *graphene* dengan metode LSE.

Efek dari ultrasonikasi yang dapat dilihat atau dirasakan secara langsung yaitu terjadi kenaikan temperatur dan warna pada permukaan larutan menjadi hitam keabuan. Kenaikan temperatur akibat ultrasonikasi ditandai dengan gelas beaker yang menjadi hangat ketika dipegang. Setelah diultrasonikasi selama waktu tertentu sampel kemudian didiamkan semalam agar beberapa lapis *graphene* terpisah dari kumpulan lapis *graphene* tebal atau *graphite*. Beberapa lapis *graphene* atau *graphene* multi-layer akan tetap melayang pada larutan sedangkan kumpulan lapis *graphene* tebal atau *graphite* akan tenggelam.



(a)



(b)



**Gambar 8.** (a) Sampel hasil sintesis graphene setelah diultrasonikasi (b) sampel hasil sintesis graphene setelah didiamkan semalam

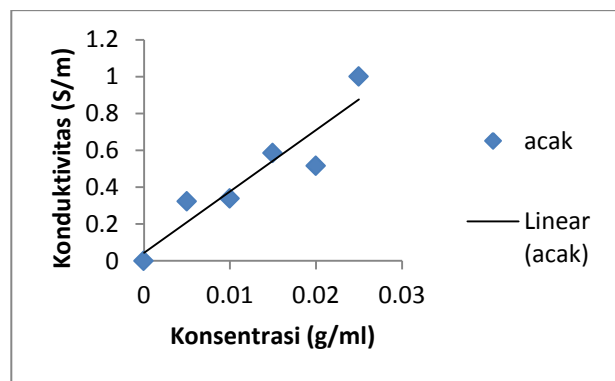
Dari gambar 8 (b) dan (c) terlihat bahwa kumpulan lapis graphene tebal atau graphite tenggelam sedangkan beberapa lapis graphene melayang pada larutan. Beberapa lapis graphene yang berukuran nano tidak terlihat secara fisik melayang akan tetapi dapat dilihat dari warnanya yang masih agak hitam keabuan. Sampel yang telah didiamkan semalam kemudian diambil supernatannya atau larutan yang sudah dipisahkan dari gumpalan graphite yang tenggelam. Supernatan tersebut selanjutnya dikarakterisasi atau diuji untuk mengetahui adanya graphene atau beberapa lapis graphene yang berhasil disintesis menggunakan metode LSE. Karakterisasi dilakukan dengan uji konduktivitas dan uji SEM.

**Hasil Uji Konduktivitas**

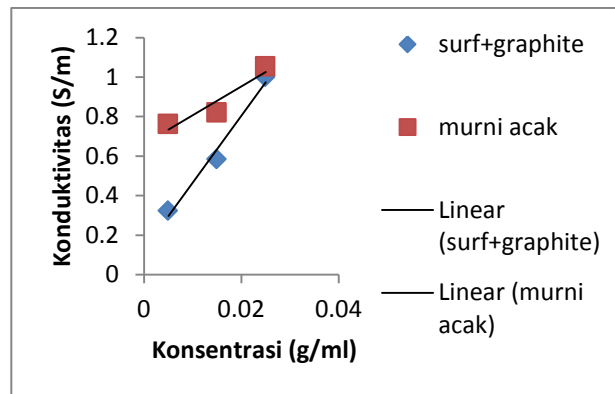
Uji konduktivitas dilakukan untuk mengetahui sifat listrik dari sampel hasil sintesis material *graphene*. Sifat listrik dapat digunakan untuk mengkarakterisasi lapisan *graphene* secara tidak langsung. Hasil uji konduktivitas ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara konduktivitas dengan variasi konsentrasi surfaktan maupun variasi lamanya waktu ultrasonikasi. Kecenderungan grafik tersebut kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan literatur.

Pada penelitian ini variasi yang dilakukan adalah variasi konsentrasi surfaktan dan lamanya waktu ultrasonikasi. Variasi konsentrasi

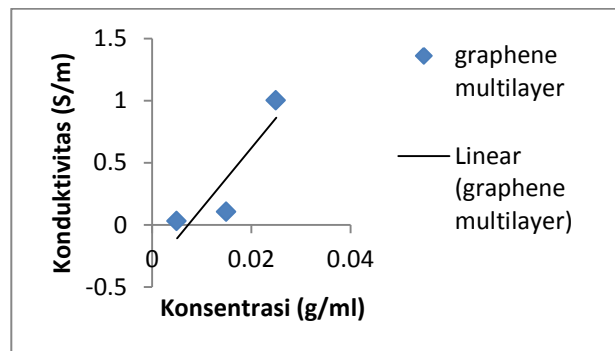
surfaktan untuk uji konduktivitas, yaitu (dalam g/ml): 0; 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; dan 0,025. Sedangkan untuk variasi waktu ultrasonikasi, yaitu (dalam jam): 0, 1, 3, dan 5. Uji konduktivitas untuk variasi konsentrasi surfaktan dilakukan dengan pengukuran resistansi secara acak pada preparat. Hasil uji konduktivitas yang telah dinormalisasi untuk variasi konsentrasi surfaktan dan waktu ultrasonikasi dapat dilihat pada Gambar 10.



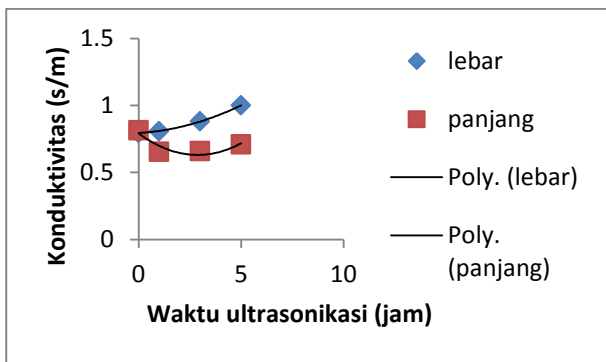
(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 10.** (a) (b) (c) variasi konsentrasi surfaktan (d) variasi waktu ultrasonikasi

Grafik Gambar 10 merupakan grafik uji konduktivitas. Grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi surfaktan yang digunakan untuk mensintesis *graphene* maka konduktivitas pada preparat semakin besar. Selain itu, semakin lama waktu ultrasonikasi maka konduktivitasnya pada preparat juga semakin besar.

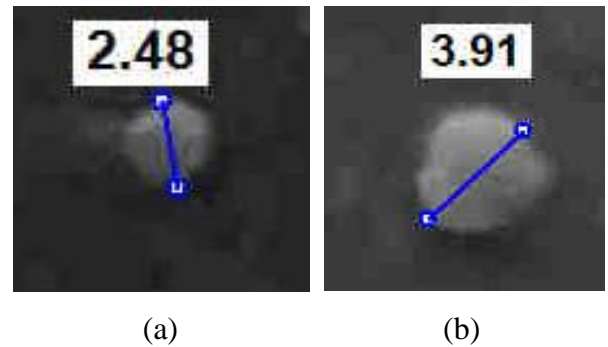
Berdasarkan literatur yang ada, semakin besar konduktivitas sampel hasil sintesis maka semakin tipis lapisan *graphene* yang terbentuk. Hal tersebut mengacu pada *graphene* dengan lapisan *single-layer* (satu lapis). *Graphene* dengan lapisan *single-layer* memiliki konduktivitas sebesar  $0,96 \times 10^6 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ . Oleh sebab itu, semakin besar konsentrasi surfaktan dan semakin lama waktu ultrasonikasi maka lapisan *graphene* yang dihasilkan akan semakin tipis. Akan tetapi, *graphene* yang dihasilkan merupakan *graphene multi-layer* yang jumlah lapisnya masih banyak.

### Hasil Uji SEM

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan dan bentuk partikel dari *graphene* yang telah disintesis

menggunakan metode LSE. Pengujian dilakukan menggunakan mesin SEM tipe Jeol JSM T300 dengan tegangan mencapai 30 kV.

Pada penelitian ini sampel yang diuji SEM adalah sampel variasi lamanya ultrasonikasi untuk waktu 5 jam. Hasil uji SEM untuk variasi 5 jam dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Hasil cropping gambar uji SEM untuk variasi 5 jam (a) bagian 1 (b) bagian 2

Gambar 11 merupakan gambar morfologi permukaan dari sampel hasil sintesis *graphene* untuk variasi 5 jam. Dari Gambar 11 terlihat bahwa ada beberapa partikel yang bentuk permukaannya menyerupai segi enam yang berlapis-lapis. Bentuk segienam merupakan ciri khas dari material *graphene*. Selain itu, bentuk partikel juga seperti lembaran-lembaran transparan yang ditumpuk. Hal tersebut menunjukkan bahwa sintesis yang dilakukan dalam penelitian ini berhasil diperoleh *graphene* meskipun dihasilkan *graphene multi-layer* yang berlapis tebal.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan hasil analisis data dan pembahasan di atas, maka dalam



penelitian ini dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Telah berhasil disintesis material *graphene multilayer* dengan metode LSE yang dikarakterisasi dengan uji konduktivitas dan uji SEM.
2. Dari hasil uji konduktivitas diperoleh semakin besar konsentrasi surfaktan maka lapisan *graphene* yang dihasilkan akan semakin tipis.
3. Dari hasil uji konduktivitas diperoleh semakin lama waktu ultrasonikasi maka lapisan *graphene* yang dihasilkan akan semakin tipis.

### Saran

Setelah terselesaikannya penelitian ini, beberapa saran berikut perlu diperhatikan bagi peneliti selanjutnya.

1. Untuk peneliti selanjutnya, sebaiknya menambah variasi konsentrasi surfaktan tetapi menurunkan besar konsentrasinya.
2. Untuk peneliti selanjutnya, juga sebaiknya menambah lama waktu ultrasonik pada variasi lamanya waktu ultrasonikasi.
3. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut atau inovasi yang lebih baik mengenai sintesis *graphene* menggunakan metode LSE dan cara mengkaraktisasinya.
4. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaplikasian hasil sintesis material *graphene* menggunakan metode LSE.

### DAFTAR PUSTAKA

- Budianto. 2015. Pengaruh Penambahan Nanopartikel Perak Pada Setiap Sel Elemen Basah ( ACCU ) Terhadap Tegangan Keluaran Elemen Basah ( ACCU ).
- C. T. J. Low, dkk. 2012. *Review Electrochemical Approaches to The Production of Graphene Flakes and Their Potential Application*. UK: Elsevier.
- Edward P Randviir, dkk. 2014. *Review A Decade of Graphene Research*. UK: Elsevier.
- Efelina Vita. 2015. *Kajian Pengaruh Konsentrasi Urea Dalam Sifat Optik Nanofiber Graphene Oxide/PVA (Polyvinyl Alcohol) yang Difabrikasi Menggunakan Teknik Electrospinning*. Yogyakarta: UGM.
- Geim,A.K. dan Novoselov,K.S. 2007. *The rise of graphene*. Nature Materials vol.6. 1-14.
- <http://id.wikipedia.org>. Diakses tanggal 14 januari 2016.
- <https://jujubandung.wordpress.com/2012/06/04/deterjen-surfaktan-dan-las-2/>. Diakses tanggal 5 januari 2016.
- <http://lib.unnes.ac.id/2196/1/4300.pdf>. Diakses tanggal 11 januari 2016.
- <https://wocono.wordpress.com/2013/03/04/spektrofotometri-uv-vis/>. Diakses tanggal 8 januari 2016.
- <http://www.mmindustri.co.id/logam-perak-anti-jamur/>. Diakses 13 januari 2016.
- <http://www.scribd.com/doc/243679931/Resistansi-Dan-Resistivitas-Baru#scribd>. Diakses tanggal 10 januari 2016.
- <http://yyuniarti.blogspot.co.id/2015/03/sonikasi.html>. Diakses tanggal 7 januari 2016.
- Ilhami & Susanti. 2014. *Pengaruh Massa Zn Dan Temperatur Hydrotermal Terhadap Struktur Dan Sifat Elektrik Material Graphene*. Surabaya: ITS.

- Lai, Qi S. Z, Xueping L, Min Z, and Shuanghua H, 2012, *Ultraviolet-visible spectroscopy of graphene oxides*, AIP Advances2, 032146, doi: 10.1063/1.4747817.
- Murat, dkk. 2011. *The Synthesis of Graphene Sheets With Controlled Thickness and Order Using Surfactant-Assisted Electrochemical Processes*. Spanyol: Elsevier.
- Octavia, Reza. 2014. *Pengaruh Konsentrasi Larutan Nanopartikel Perak Terhadap Tegangan Keluaran Sel Volta Yang Berisi Larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Risley, Mason J. 2013. *Surfactant-Assisted Solution Exfoliation And Processing of Graphite And Graphene*. Thesis. Georgia Institute of Technology.
- Seong, dkk. 2011. *Synthesis of Graphene Layers Using Graphite Dispersion in Aqueous Surfactant Solutions*. South Korea: Seoul National University.
- Suparno. 2012. *Dinamika Partikel Koloid*. Yogyakarta: UNY Press.
- Suwarno, Edi. 2009. *Kolokium Rancang Bangun Rangkaian Pemancar (Transmitter) dan Penerima (Receiver) Gelombang Ultrasonik*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- The Royal Swedish Academy of Sciences. 2010. *Graphene*. Sweden: Kungl Vetenskaps Akademien.
- Truong & Lee. 2013. *Graphene From Fundamental to Future Application*. South Korea: Chonbuk National University.
- Wang Shuai, dkk. 2014. *The Effect of Surfactants and Their Concentrations On The Liquid-Exfoliation of Graphene*. Cina: Beijing University.
- [www.academica.edu](http://www.academica.edu). Diakses tanggal 14 januari 2016.
- [www.google.com](http://www.google.com). Diakses tanggal 14 januari 2016.