

PELURUHAN BATANG GRAPHITE BATERAI BEKAS DENGAN METODE ELECTROCHEMICAL EXFOLIATION MENGGUNAKAN PELARUT ASAM SULFAT DAN SODIUM SULFAT UNTUK PRODUKSI GRAPHENE

Azhari Harahap¹⁾, Amun Amri²⁾, Syelvya Putri Utami²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia,
Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, 28293
E-mail: azhariharahap30@gmail.com

ABSTRACT

Graphene is two dimensional material (2D) consisting of carbon atoms with a flat lattice configuration in a flexible hexagonal pattern. One of the materials that can be used as raw material in graphene synthesis is carbon used battery bar. The purpose of this research was to synthesize graphene using electrochemical exfoliation graphite (EEG) method and to study the process of exfoliation rate over 30, 60, 90, 120 and 150 minutes for 2.5 hours. Graphene was synthesized by using two solvents H_2SO_4 and Na_2SO_4 with varied concentrations of : 0.25 M, 0.5 M, 0.75 M and 1 M. From the synthesis results, the best exfoliation rate and the best yields were shown by Na_2SO_4 solvent at 1 M concentration with a yield of 21.83%. From the graphene conductivity test, the best conductivity was obtained by Na_2SO_4 solvent at 1 M concentration with conductivity value of $0,1698 \Omega^{-1}.cm^{-1}$.

Key words : Electrochemical exfoliation graphite, graphene, graphite.

1. PENDAHULUAN

Teknologi semakin berkembang seiring dengan berlalunya waktu. Salah satu penelitian dan penemuan yang terus berkembang dan banyak dilakukan oleh peneliti maupun ilmuwan adalah dalam bidang nanoteknologi. Perkembangan teknologi dibidang nanoteknologi pada saat ini mengarah pada penciptaan material yang tidak hanya kecil, *portable* dan ramah lingkungan tetapi juga memiliki sifat termal, elektrik dan mekanik yang unggul (Ilhami *et al.* 2014).

Graphene merupakan suatu material dua dimensi (2D) yang terdiri atas atom-atom karbon dengan bentuk konfigurasi kisi yang datar, dengan jarak antar atom-atom karbon sebesar 0,142 nm dalam pola heksagonal. Graphene memiliki sifat-sifat yang luar biasa. Diantaranya adalah mobilitas elektron yang tinggi mencapai $200.000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, konduktivitas listrik 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%), serta

memiliki kekuatan tarik 1 TPa namun tetap bersifat lentur. Satu lembar *graphene* dengan luas 1 m^2 beratnya hanya 0,77 mg. Sedemikian tipisnya lapisan *graphene* ini sehingga merupakan salah satu contoh dari nanomaterial berdimensi dua (Tripathi *et al.* 2013).

Terdapat beberapa metode sintesis *graphene* yang sudah dikenalkan, diantaranya adalah metode *scotch tape*, *chemical vapour deposition* (CVD), *mechanical exfoliation* (ME), reduksi *graphite okside* (rGO), sintesis *graphene* dari molekul organik, elektrolisis, dan masih banyak yang lainnya. *Graphene* pertama kali ditemukan oleh Andre K. Geim dengan menggunakan metode *scotch tape*. Dalam beberapa tahun terakhir, beberapa peneliti telah berhasil mengembangkan metode sintesis *graphene* dengan teknik pengelupasan *graphite* secara elektrokimia (*electrochemical exfoliation* atau *electro-exfoliated graphite*, EEG) yang berbiaya murah dan

memiliki prospek besar untuk ditingkatkan ke skala industri (Sahoo *et al.* 2015).

Limbah baterai merupakan salah satu limbah yang berbahaya bagi lingkungan karena baterai mengandung berbagai macam logam berat seperti merkuri, timbal, nikel, dan lithium. Limbah baterai yang tidak ditangani dengan baik, dalam jangka panjang akan berbahaya bagi lingkungan. PT. Panasonic Gobel Energy Indonesia, memproduksi baterai kering berbasis mangan dan lithium dua juta unit per-tahun. Dengan pemanfaatan karbon limbah baterai menjadi elektroda untuk memproduksi *graphene*, diharapkan limbah baterai semakin berkurang dan ancaman pencemaran lingkungan dapat ditanggulangi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah karbon baterai, H_2SO_4 98% 0,25 M – 1 M, Na_2SO_4 0,25 M – 1 M dan akuades. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu neraca analitik, gelas ukur, gelas piala, batang pengaduk, kaca arloji, pipet tetes, kertas saring, oven, *generator electrical*, sonikator dan *stainless steel*.

2.2 Pembuatan Pelarut

Pembuatan pelarut ini mengacu pada penelitian yang dilakukan Su, *et al.*, 2011 yaitu larutan dibuat dengan melarutkan H_2SO_4 dengan akuades pada konsentrasi 0,5 M, 1 M dan 1,5 M masing-masing sebanyak 500 ml. Kemudian larutan H_2SO_4 ditimbang untuk mengetahui berat larutan. Begitu juga dengan larutan Na_2SO_4 yaitu dengan melarutkan Na_2SO_4 dengan akuades pada konsentrasi 0,5 M, 1 M dan 1,5 M masing-masing sebanyak 500 ml.

2.3 Pembuatan *Graphene*

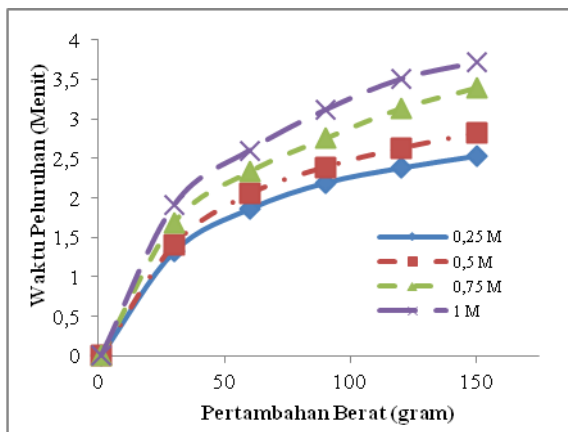
Graphene dibuat dengan menggunakan metode *electrochemical exfoliation graphite*. Larutan berupa H_2SO_4 yang telah disiapkan diletakkan di

atas necara analitik dan dinetralkan pada posisi angka 0. *Graphite* baterai dihubungkan pada kutub positif dan *stainless steel* pada kutub negatif *Generator Electrical*. Kedua elektroda dimasukkan ke dalam larutan H_2SO_4 . *Graphite* baterai dan *stainless steel* dipastikan tidak tercelup secara keseluruhan dalam larutan dan berikan jarak antara *graphite* baterai dan *stainless steel* sejauh 2 cm. Kemudian DC *Generator Electrical* disambungkan ke sumber listrik. Tegangan pada DC *Generator Electrical* diatur mulai dari 3V. Setelah 1 menit saat *graphite* mulai tereduksi, tegangan dinaikkan menjadi 10 V. Lapisan-lapisan dari batang *graphite* akan tereduksi dan menyebar di dalam larutan dan di atas permukaan larutan tersebut. Lapisan yang terdapat di atas permukaan larutan yang disebut dengan *graphene*. Setelah 15 menit, pertambahan berat larutan diamati untuk menentukan *yield graphene* yang dihasilkan. Berat larutan diamati kembali pada waktu 30, 60, 90 dan 120 menit.

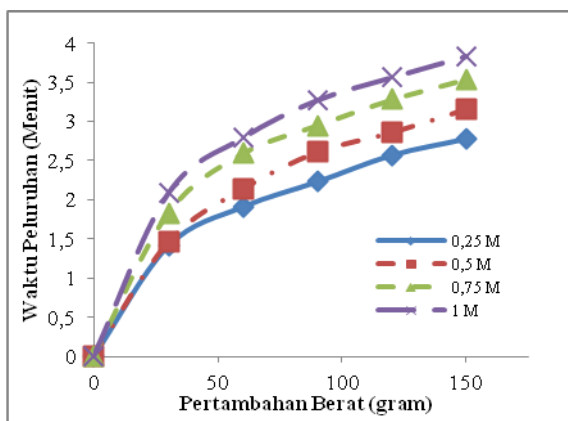
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kecepatan Peluruhan Batang *Graphite*

Proses peluruhan berlangsung selama 2,5 jam dengan besar *voltage* 10 V. Pertambahan berat selama proses peluruhan diamati untuk mempelajari kecepatan peluruhan *graphite*. Pertambahan berat diamati pada rentang waktu 30, 60, 90, 120 dan 150 menit untuk setiap jenis dan konsentrasi pelarut. Variasi konsentrasi 0,25, 0,5, 0,75 dan 1 M. Adapun data peluruhan (pertambahan berat) selama proses peluruhan untuk kedua pelarut di setiap konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 1.



(a)



(b)

Gambar 1. Pertambahan Berat Peluruhan Batang Graphite disetiap Konsentrasi (a) H₂SO₄ dan (b) Na₂SO₄

Pada Gambar 1 terlihat konsentrasi pelarut mempengaruhi kecepatan peluruhan. Semakin tinggi konsentrasi maka kecepatan peluruhan semakin tinggi dan *yield* produk yang dihasilkan semakin banyak. Begitu juga dengan waktu proses, dimana semakin lama waktu proses maka semakin banyak batang *graphite* yang terluruh sehingga hasil yang didapatkan juga semakin banyak.

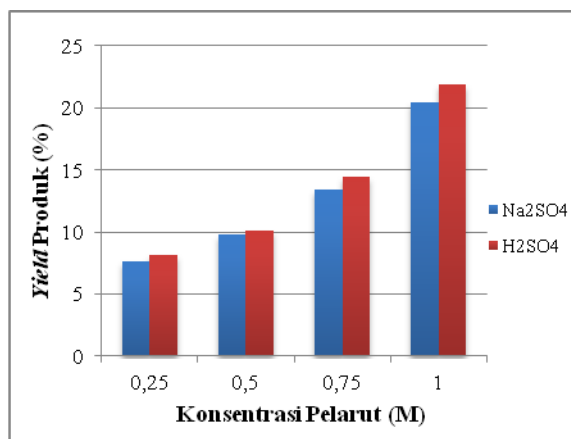
Kecepatan peluruhan menggunakan pelarut Na₂SO₄ memperlihatkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan pelarut H₂SO₄. Hal ini dipengaruhi perbedaan reaksi elektrolisis yang terjadi pada kedua pelarut seperti yang terlihat pada persamaan reaksi oksidasi-reduksi kedua pelarut. Pada reaksi elektrolisis, elektroda berperan sebagai tempat berlangsungnya

reaksi. Reaksi oksidasi berlangsung di anoda, sedangkan reduksi berlangsung di katoda. Kutub negatif sumber arus mengarah pada katoda dan kutub positif sumber arus mengarah pada anoda. Akibatnya, katoda bermuatan negatif dan menarik kation-kation yang akan tereduksi menjadi endapan logam dan anoda bermuatan positif dan menarik anion-anion yang akan teroksidasi menjadi gas (Chang *et al*, 2014).

Perbedaan reaksi elektrolisis dari kedua jenis pelarut yang digunakan yaitu terdapat pada reaksi reduksi di katoda. Reaksi reduksi larutan Na₂SO₄ menghasilkan gas hidrogen dan ion OH⁻ sedangkan larutan H₂SO₄ hanya menghasilkan gas hidrogen. Sehingga reaksi redoks dengan larutan Na₂SO₄ menghasilkan ion OH⁻ lebih banyak dibanding larutan H₂SO₄. Ion OH⁻ merupakan nukleofil kuat yang berfungsi sebagai agen pembuka kisi-kisi antar lembar *graphene* pada *graphite* untuk interkalasi ion sulfat (SO₄²⁻) (Parvez *et al*, 2014). Jumlah ion OH⁻ inilah yang mempengaruhi efisiensi proses peluruhan sehingga hasil dari kedua pelarut berbeda. Namun peran ion OH⁻ hasil dari reaksi oksidasi-reduksi tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap kecepatan peluruhan batang *graphite* dan *yield* produk yang dihasilkan dibandingkan reaksi elektrolisis dasarnya.

3.2 Yield Produk Hasil Peluruhan Batang Graphite

Waktu 2,5 jam dipilih dengan mempertimbangkan batang *graphite* yang tersisa selama proses peluruhan dan interval waktu yang digunakan. Adapun *yield* produk hasil peluruhan untuk kedua pelarut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan *Yield* Produk Menggunakan Dua Pelarut

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa kedua pelarut yang digunakan untuk mensintesis *graphene* menghasilkan *yield* yang berbeda. Setiap jenis pelarut memberikan efek yang berbeda terhadap proses peluruhan *graphite* dan *graphene* yang dihasilkan (Parvez *et al*, 2014). Pelarut Na₂SO₄ menunjukkan *yield* yang lebih besar dibandingkan H₂SO₄. Perbedaan ini dikarenakan kedua pelarut memiliki ion-ion penyusun yang berbeda. Pelarut Na₂SO₄ merupakan garam sedangkan H₂SO₄ merupakan asam. Kedua pelarut akan terionisasi menjadi ion-ion penyusunannya di dalam air. Pelarut Na₂SO₄ terionisasi menjadi Na⁺ dan SO₄²⁻ sedangkan H₂SO₄ terionisasi menjadi H⁺ dan SO₄²⁻. Ion-ion penyusun inilah yang membedakan efisiensi peluruhan *graphite* dan membedakan *yield* produk yang didapatkan. Perbedaan *yield* produk dapat diketahui melalui reaksi oksidasi reduksi yang terjadi pada proses. Dimana OH⁻ yang dihasilkan melalui reaksi oksidasi-reduksi pada pelarut Na₂SO₄ lebih banyak dibandingkan H₂SO₄.

3.3 Nilai Resistivitas (Rs) dan Konduktivitas (σ) *Graphene*

Karakterisasi sifat listrik *graphene* dilakukan pengukuran dengan metode *four probe* menggunakan alat multimeter. Sifat listrik yang diukur adalah hambatan jenis (resistivitas) dan konduktivitas *graphene*. Hambatan jenis (resistivitas) dan

konduktivitas *graphene* yang terbentuk dapat dihitung dengan persamaan berikut (Toifur dan Asmiarto, 2017):

$$R_s = \frac{\pi t}{\ln 2} \times R \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\sigma = \frac{1}{R_s} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

R_s : Resistivitas (Ω.cm)

t : Ketebalan (cm)

R : Hambatan (Ω)

σ : Konduktivitas (Ω⁻¹.cm⁻¹)

Semakin tinggi konsentrasi pelarut, maka semakin rendah nilai resistivitasnya. Sedangkan nilai resistivitas untuk pelarut yang berbeda dengan konsentrasi yang sama memiliki nilai resistivitas yang hampir sama. Hal ini diduga karena kualitas *graphene* yang dihasilkan tidak jauh berbeda. Nilai resistivitas didapatkan menggunakan persamaan 1, dimana nilai yang dihasilkan digunakan untuk menghitung nilai konduktivitas. Nilai konduktivitas terbaik ada pada *graphene* yang dihasilkan menggunakan pelarut Na₂SO₄ konsentrasi 1 M sebesar 0,1698 Ω⁻¹.cm⁻¹.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yaitu *graphene* disintesis dengan metode *electrochemical exfoliation* menggunakan pelarut H₂SO₄ dan Na₂SO₄ telah berhasil dilakukan dengan *yield* terbaik yaitu sebesar 21,83 % menggunakan pelarut Na₂SO₄ 1 M. Konduktivitas terbaik ada pada *graphene* dengan pelarut Na₂SO₄ dengan konsentrasi 1 M sebesar 0,1698 Ω⁻¹.cm⁻¹.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan arahan dalam menyelesaikan penelitian dan yang telah dilakukan penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Chang, R. dan K. A. Goldsby. (2014). *General Chemistry The Essential Concepts 7th Edition*. Mc Graw Hill International Edition.
- Chen, D., H. Feng dan J. Li. (2012). Graphene Oxide; Preparation Functionalization And Electrochemical Applications. *Chemical review*, 112, 6027-6053.
- Childres, I., A.J. Luis, C. Helin, P. Wonjun, dan P.C Yong. (2013). Raman Spectroscopy Of Graphene And Related Materials. *Birck Nano Tecnology Center*, 19, pp. 4-5.
- Ilhami, M.R. dan D. Susanti. (2014). Pengaruh Massa Zn dan Temperatur Hydrothermal Terhadap Struktur dan Sifat Elektrik Material Graphene. *Jurnal Teknik Pomits*, 3, 2.
- Parvez, K., Z.S. Wu, R. Li, X. Liu, R. Graf, X. Feng dan K. Mullen. (2014). Exfoliation of Graphite into Graphene in Aqueous Solutions of Inorganic Salts. *American Chemical Society*, 136 : 6083-6091.
- Sahoo, S.K. dan A. Malik. (2015). Simple, Fast and Cost-Effective Electrochemical Synthesis of Few Layer Graphene Nanosheets. *World Scientific*, 10, 2.
- Su, C.Y., A.Y. Lu, F. Xu, F.R. Chen, A.N. Khlobstov dan L.J. Li. (2011). High-Quality Thin Graphene Films from Fast Electrochemical Exfoliation. *National Tsing Hua University, Taipei*.
- Tripathi, P., R.P. Patel, M.A. Shaz dan O.N. Srivastava. (2013). Synthesis of High-Quality Graphene through Electrochemical Exfoliation of Graphite in Alkaline Electrolyte. *Nanoscience Centre, Department of Physics (Centre of Advanced Studies). Banaras Hindu University, India*.