SINTESIS GRAFENA DARI LIMBAH PELEPAH SAWIT (*Elaeis* Sp.) DENGAN METODE REDUKSI GRAFIT OKSIDA MENGUNAKAN PEREDUKSI Zn

*(Synthesis Of Graphene From Palm Midrib Waste (*Elaeis* Sp.) Using Graphite Oxide Reduction Method With Reductor Zn)*

Meyly Ekawati Thebora S., Kurnia Nastira Ningsih, Muhammad Irhash Shalihin

Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi
Jl. Jambi-Ma. Bulian KM 15 Mendalo Darat Jambi 36361
Email : meylyekawati@gmail.com

Abstract

Graphene is a nanomaterial that has high conductivity, can be synthesized from palm midrib waste with dominant components of cellulose, hemicellulose and lignin which are used as carbon sources. This study aims to determine how graphene synthesis and graphene characteristics that produced from palm midrib waste. Graphene synthesis method generally consists of carbonization process, graphite oxide synthesis, then reduction of graphite oxide to graphene. Carbonization of palm midrib using temperature of 300°C for 60 minutes and then sieving with 270 mesh size. Graphite oxide (GO) synthesized using the Hummers method, that is oxidation reaction of graphite to graphite oxide with an oxidizer of KMnO_4 in an acidic atmosphere (H_2SO_4) which produces a dark brown mixture. Graphite oxide is obtained as a powder. Furthermore, graphite oxide is reduced to graphene with the Zn reducing agent in an acidic atmosphere (HCl). The results of the characterization were carried out by comparison of the literature; XRD results show different diffractogram results on graphite, graphite oxide and graphene with reduced crystallinity. FTIR results show the presence of functional groups O-H, C=O, C-OH and C-O bonds only in graphite and graphite oxide. SEM results show that sheet-shaped graphene is thinner than graphite oxide. Synthesis of graphene from palm midrib waste can be done using the method of Graphite Oxide Reduction (GO) with the Zn Reductor.

Keywords : Graphene, Graphite Oxide, Palm Midrib, Synthesis.

Abstrak

Grafena merupakan nanomaterial yang memiliki konduktivitas tinggi, dapat disintesis dari limbah pelepah sawit dengan komponen dominan selulosa, hemiselulosa dan lignin yang dimanfaatkan sebagai sumber karbon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara sintesis grafena dan karakteristik grafena yang dihasilkan dari limbah pelepah sawit. Metode sintesis grafena secara umum terdiri dari proses karbonisasi, sintesis grafit oksida, kemudian reduksi grafit oksida menjadi grafena. Karbonisasi pelepah sawit menggunakan suhu 300°C selama 60 menit yang selanjutnya dilakukan pengayakan berukuran 270 mesh. Grafit oksida (GO) disintesis menggunakan metode *Hummers* yaitu reaksi oksidasi grafit menjadi grafit oksida dengan oksidator berupa KMnO_4 dalam suasana asam (H_2SO_4) yang menghasilkan campuran berwarna coklat tua. Grafit oksida diperoleh sebagai bubuk. Selanjutnya, grafit oksida direduksi menjadi grafena dengan reduktor Zn dalam suasana asam (HCl). Hasil karakterisasi dilakukan dengan perbandingan literatur; hasil XRD menunjukkan hasil berbeda pada difraktogram grafit, grafit oksida dan grafena dengan tingkat kristalinitas yang berkurang. Hasil FTIR menunjukkan adanya gugus fungsional O-H, C=O, ikatan C-OH dan C-O hanya pada grafit dan grafit oksida. Hasil SEM menunjukkan grafena berbentuk lembaran yang lebih tipis dari grafit oksida. Sintesis grafena dari limbah pelepah sawit dapat dilakukan dengan menggunakan metode Reduksi Grafit Oksida (GO) dengan Reduktor Zn.

Kata kunci : Grafena, Grafit Oksida, Pelepah Sawit, Sintesis.

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi dunia semakin meningkat termasuk Indonesia, Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia (2018), konsumsi energi Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Periode 2017-2018, konsumsi energi akhir mengalami peningkatan sebesar 11,27% dari 780.600.000 *Barrel of Oil Equivalent* (BOE) menjadi 868.581.000 BOE.

Menurut jenis energi, tahun 2018 konsumsi energi Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan konsumsi energi tertinggi (336.949.000 BOE) yang diikuti listrik (156.984.000 BOE), *biogasoline* (113.829.000 BOE), batu bara (100.506.000 BOE) dan gas alam (95.646.000 BOE). Meskipun listrik merupakan sumber energi yang menjanjikan untuk mengganti bahan bakar fosil, namun berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian ESDM RI (2017), pembangkit listrik yang ada di Indonesia pun masih didominasi oleh pemanfaatan bahan bakar fosil seperti PLTU, PLTG, PLTGU, PLTMG dan PLTD yang menguasai

87,9% dari keseluruhan kapasitas terpasang pembangkit tenaga listrik nasional. Sementara itu, bahan bakar fosil adalah sumber energi tidak terbarukan yang suatu saat akan habis. Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi suatu sumber energi alternatif yang lebih efisien dan terbarukan dimasa depan, serta inovasi baru dibidang energi.

Saat ini, permasalahan energi tidak hanya terfokus pada pencarian sumber energi baru, namun juga inovasi pada material untuk menyimpan energi tersebut. Material terkait energi yang saat ini dikembangkan adalah material dalam bentuk nano (*nanomaterial*), salah satunya adalah grafena. Grafena merupakan molekul yang terdiri dari atom karbon murni. Grafena adalah lembaran yang sangat tipis yang pernah ada. Grafena juga memiliki konduktivitas listrik yang tinggi. Elektron dalam grafena bersifat relativistik; memiliki kecepatan yang luar biasa. Aplikasi grafena sangat menjanjikan dalam berbagai bidang, khususnya energi seperti sebagai elektroda konduktor transparan, transistor, ultrakapasitor (penangkap dan penyimpan energi) dan anoda

pada baterai lithium ion (Li, *et al.*, 2013; Stoller, *et al.*, 2008; Samantara, 2015).

Material grafena pertama kali disintesis oleh Andre K. Geim dan Konstantine Novoselov dari Manchester University, UK pada tahun 2004 dengan cara mengambil satu lapisan tipis karbon dengan ketebalan hanya satu atom yang terdapat pada pensil dengan menggunakan selotip (Yusupandi, 2017). Sekarang ini, untuk mensintesis grafena umumnya digunakan teknologi tinggi seperti metode *Mechanical Exfoliation*, akan

tetapi biaya yang cukup tinggi menjadi salah satu permasalahan utamanya. Untuk itu perlu dilakukan sintesis grafena yang lebih sederhana dan terjangkau yakni dengan menggunakan metode reduksi Grafit Oksida (GO). Secara sederhana grafit dioksidasi menjadi oksida grafit (GO), kemudian lembaran-lembaran oksida grafit tersebut dikelupas (*exfoliated*) dalam air hingga terbentuk oksida grafena. Konsentrasi oksigen dalam oksida grafena dapat direduksi hingga habis meninggalkan lapisan grafena (Syakir, *et al.*, 2015). Proses yang terjadi dapat dilihat

pada

Gambar 1. Skema Pembuatan Grafena dari Grafit
(Sumber : Syakir, *et al.*, 2015)

Sintesis grafena menggunakan bahan baku alami telah dilakukan sebelumnya oleh Sutayasa dan Sanjaya (2016) dari arang ampas tebu menggunakan metode kimia modifikasi *Improved Graphene Oxide*

(IGO). Hasil uji kristalinitas XRD menunjukkan puncak 2θ pada $26,343^\circ$ dengan nilai *d-spacing* 0,338050 nm serta ukuran kristal sebesar 15,41 nm. Hasil uji morfologi TEM menunjukkan adanya *few-layer graphene* (FLG) serta

bagian layer grafena yang sangat tipis dan transparan dimana menunjukkan hasil yang serupa dengan grafena alam.

Limbah organik lain yang juga berpotensi sebagai bahan baku sintesis grafena yaitu limbah pelepah sawit. Analisa kimia terhadap pelepah sawit menunjukkan terdapat kom-ponen selulosa, hemiselulosa dan lignin yang dapat dimanfaatkan dalam sintesis grafena

sebagai bahan baku karbon karena lignin dan selulosa sebagian besar tersusun dari unsur karbon. Pelepah kelapa sawit termasuk bahan dengan kandungan selulosa yang cukup tinggi dan memiliki massa jenis lebih daripada kayu yaitu sebesar 1,16 g/cm³ (Pope, 1999). Kandungan selulosa yang cukup tinggi tersebut lah yang berpotensi dapat diolah lebih lanjut menjadi bahan baku (karbon)

Tabel 1
Kandungan Senyawa Kimia Penyusun Serat pada Pelepah Kelapa Sawit

Unsur Kimiawi	Pelepah Kelapa Sawit (%)
Selulosa	33,7
Hemiselulosa	35,9
Lignin	17,4
Silika	2,6
Abu	3,3
Nitrogen	2,38
Kalium	1,316
Kalsium	2,568
Magnesium	0,487
Fosfor	0,157
Sulfur	0,40
Klorida	0,70

Sumber : Ginting dan Elizabeth, 2013

Hal ini didukung oleh fakta bahwa sawit merupakan hasil pertanian yang cukup melimpah, Direktorat Jenderal Perkebunan tahun 2017, Provinsi Jambi tahun 2017 memiliki luas lahan sawit mencapai 463.952 hektar. Dengan

asumsi bahwa produksi biomassa pelepah sawit mencapai 6,3 ton per hektar per tahun (Darmayanti, 2016), maka diperoleh perkiraan produksi pelepah sawit di Provinsi Jambi adalah sebesar 2.922.897,6 ton per tahunnya. Namun, pada kenyata-annya pelepah

sawit selama ini hanya dibakar menjadi arang dan abu yang sering menimbulkan polusi udara. Sehingga perlu dilakukan pemanfaatan terhadap limbah pelepah sawit tersebut agar lebih bernilai dan menghasilkan suatu senyawa yang bermanfaat.

Penelitian sintesis grafena menggunakan limbah pelepah sawit ini memiliki beberapa kelebihan seperti ketersediaan bahan baku yang sangat melimpah dan murah, menggunakan metode kimia berupa Reduksi Grafit Oksida (GO) sehingga tidak memerlukan biaya yang tinggi dan proses sintesis yang cukup sederhana dibandingkan metode kimia lain seperti *Improved Graphene Oxide* (IGO) dan *Chemical Vapor Deposition* (CVD).

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan di atas, tujuan penelitian ini adalah (1). Mengetahui cara mensintesis grafena dari limbah pelepah sawit; dan (2). Mengetahui karakteristik grafena yang dihasilkan dari pelepah sawit. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi kepada instansi penelitian dan ilmu pendidikan mengenai informasi

bahwa limbah pelepah sawit dapat disintesis menjadi material grafena, yang merupakan material yang memiliki banyak aplikasi, terutama dalam bidang energi dan teknologi. Hal ini kemudian dapat meningkatkan nilai ekonomi dari limbah pelepah sawit itu sendiri.

LANDASAN TEORI

Grafena

Grafena merupakan alotrop karbon dengan bentuk dua dimensi dan berikatan secara heksagonal. Grafena merupakan penyusun dasar dari alotrop karbon lainnya seperti grafit, arang, carbon *nanotubes* dan *fullerenes*. Panjang ikatan C – C pada grafena sebesar 1,42 Å, dengan ikatan yang kuat dalam satu bidang lapisan tetapi lemah antar lapisan lain. Grafena merupakan senyawa dua dimensi yang hanya terdiri dari satu lapisan, sedangkan untuk struktur ikatan yang terdapat pada grafena sama seperti alotrop karbon yang berbentuk tiga dimensi (Royal Swedish Academy, 2010).

Pelepah Sawit

Pelepah kelapa sawit merupakan salah satu limbah padat pengolahan minyak sawit yang belum banyak pemanfaatannya. Kandungan senyawa

kimia penyusun pada pelepah kelapa sawit terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin secara berurutan yaitu 31.7%, 33.9% dan 17.4% (Pope, 1999). Bahan organik yang mengandung lignin, hemiselulosa, dan selulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku karbon, karena lignin dan selulosa sebagian besar tersusun dari unsur karbon. Pelepah kelapa sawit termasuk bahan dengan kandungan selulosa yang cukup tinggi dan memiliki massa jenis lebih daripada kayu yaitu sebesar 1,16 g/cm³ (Pope, 1999).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini termasuk jenis penelitian studi literatur, dengan menggunakan sumber-sumber hasil penelitian yang telah dilakukan dan relevan terhadap tujuan yang ingin dicapai.

Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini adalah seperangkat gelas, oven, furnace, ayakan (270 mesh), mortal dan alu, *crucible* keramik, spatula, neraca analitik, sentrifugasi, XRD (X-Ray Diffraction), FTIR (Fourier Transform

Infra Red) dan SEM (Scanning Electron Microscope).

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelepah dari pohon sawit yang berumur dewasa-tua (14-20 tahun) sebanyak 1 kg. Sampel pelepah sawit diperoleh dari perkebunan sawit di daerah Mendalo Darat, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah H₂SO₄ 98%, NaNO₃, KMnO₄, H₂O₂, akuademineral, HCl 5%, HCl 35% dan logam Zn.

Karbonisasi Pelepah Sawit

Pelepah sawit yang telah dikumpulkan, disortasi dan dipotong kecil-kecil memanjang sekitar 10-15 cm. Lalu dikeringkan selama 2 hari dengan bantuan sinar matahari. Kemudian dimasukkan pelepah yang telah kering ke dalam *crucible* keramik dan dioven pada suhu 100°C selama 60 menit. Lalu pelepah sawit tersebut dimasukkan kedalam furnace pada suhu 300°C selama 90 menit. Pelepah hasil karbonisasi digerus dan diberikan dua perlakuan : pengayakan berukuran 270 mesh dan tanpa pengayakan. Digunakan ayakan dengan ukuran yang tidak terlalu kasar dan halus yaitu ukuran pertengahan (270 mesh). Tujuannya untuk mengetahui pengaruh

perbedaan ukuran sampel terhadap hasil sintesis yang diperoleh.

Sintesis Grafit Oksida

Grafit oksida (GO) disintesis dengan *metode Hummers* melalui oksidasi bubuk arang pelepah sawit (Taufantri, *et al.* 2016). Bubuk arang kelapa sawit (1 g) dan NaNO_3 (1 g) dicampur 25 mL H_2SO_4 (98%) dalam erlenmeyer 100 mL dengan *ice bath* dibawahnya (0-5°C) sambil diaduk terus menerus. Campuran diaduk selama 2 jam pada suhu ini dan KMnO_4 (3 g) ditambahkan pada suspensi dengan perlahan. Kecepatan penambahan dikendalikan untuk menjaga suhu reaksi agar lebih rendah dari 15°C. *Ice bath* lalu dialihkan dan campuran diaduk pada 35°C sampai menjadi kecoklatan pucat dan terus diaduk selama 2 hari. Campuran kemudian diencerkan dengan penambahan 100 mL akuademineral. Suhu reaksi akan cepat meningkat menjadi 98°C dengan gelembung dan warna berubah menjadi warna coklat. Selanjutnya larutan ini diencerkan dengan menambahkan 200 mL akuademineral dan diaduk terus-menerus. Larutan akhirnya ditambahkan 10 mL H_2O_2 untuk

mengakhiri reaksi ditandai dengan perubahan menjadi warna kuning.

Untuk pemurnian, campuran tersebut dicuci dan disentrifugasi dengan 10% HCl dan aquademineral beberapa kali. Hasil sentrifugasi disaring menggunakan kertas saring whatman GF/D (berukuran 2,7 μm) dan dikeringkan dengan vakum pada suhu kamar. Grafit oksida (GO) yang diperoleh sebagai bubuk.

Reduksi Grafit Oksida menjadi

Grafena (Taufantri, *et al.* 2016)

Sebanyak 40 mg grafit oksida ditambahkan 40 mL akuademineral dan diaduk selama 1 jam kemudian dilakukan ultrasonikasi pada pancaran gelombang ultrasonik 50/60 Hz selama 90 menit untuk mendapatkan larutan yang homogen. Grafit oksida direduksi dengan penambahan 0,8 g Zn dan 10 mL HCl 35%, kemudian diaduk selama 1 jam. Setelah 1 jam pengadukan, larutan ditambahkan lagi 10 mL HCl 35% dan diikuti proses pengadukan selama 5-30 menit, kemudian dicuci dengan menggunakan akuademineral dan HCl 5%. Proses pencucian dilakukan berulang kali menggunakan akuades sampai pH campuran menjadi netral. Hasil endapan pada proses

pencucian dimasukkan ke dalam tabung *stainless steel* dan dipanaskan pada suhu 160°C selama 18 jam.

Karakterisasi Grafena (Taufantri, *et al*, 2016 dan Syakir, *et al*, 2015)

Karakterisasi grafena dari limbah pelepah sawit diuji menggunakan instrument XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk analisis struktur 2D, FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk mengetahui konfigurasi ikatan pada grafena hasil sintesis (gugus fungsi), dan SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk menentukan topografi (bentuk 3D) nanomaterial grafena dari limbah pelepah sawit.

eaksi nantinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi dan Karbonisasi Pelepah Sawit

Preparasi sampel dilakukan secara konvensional dengan menjemur pelepah sawit selama 2 hari untuk mengurangi kadar air. Kemudian disortasi berdasarkan tingkat kekerasannya (Gambar 2) dan dipilih pelepah sawit yang bertekstur keras agar diperoleh senyawa dengan ikatan antar karbon yang lebih kuat. Sampel hasil sortasi dipotong kecil-kecil dan memanjang sekitar 10-15 cm untuk memperbesar luas permukaan sehingga dapat meningkatkan laju r

Gambar 2. Hasil Sortasi Pelepah Sawit

(Sumber : Taufantri, *et al*, 2016)

Selanjutnya pelepah sawit penghilangan air secara total, dan dilanjutkan dengan menggunakan pengeringan dalam oven pada suhu 100°C selama 60 menit untuk dilanjutkan dengan menggunakan furnace pada suhu 300°C selama 60 menit hingga menjadi arang. Arang

hasil karbonisasi digerus untuk mendapatkan bubuk arang. Bubuk arang dibuat dalam dua variasi ukuran yaitu 270 mesh dan tanpa ayakan yang bertujuan untuk melihat pengaruh luas permukaan terhadap kualitas grafena yang akan dihasilkan. Berdasarkan hasil pengayakan, variasi ukuran 270 mesh memiliki tekstur yang lebih halus dibandingkan variasi tanpa pengayakan sehingga dipilih untuk digunakan ke tahap sintesis. Dipilih ayakan dengan ukuran pertengahan yang tidak terlalu kasar dan halus. Sampel dengan tekstur yang lebih halus (ukuran kecil) akan memberikan luas permukaan yang lebih besar sehingga dapat meningkatkan laju reaksi dalam proses aplikasi grafena untuk tahap selanjutnya.

Sintesis Grafit Oksida dari Grafit

Sintesis Grafit Oksida (GO) dilakukan dengan menggunakan metode *Hummers* melalui oksidasi bubuk arang pelepah sawit. Bubuk arang distirrer dengan NaNO_3 , KMnO_4 dan H_2SO_4 98% dengan pengaturan suhu $0-5^\circ\text{C}$. Untuk mempertahankan keadaan pada suhu tersebut digunakan pendingin termostat dari campuran es batu dan garam.

Pengadukan dengan *stirrer* dilakukan selama 2 hari untuk mengoptimalkan reaksi oksidasi pada sampel. Pada perlakuan ini berlangsung reaksi oksidasi grafit menjadi grafit oksida (GO) dengan oksidator berupa KMnO_4 dalam suasana asam yang menghasilkan campuran berwarna coklat tua (pengamatan secara kualitatif). Grafit dioksida menjadi grafit oksida yang memiliki atom Oksigen. Menurut penelitian Taufantri, *et al* (2016) adanya perubahan warna dari hijau tua pekat menjadi coklat tua yang terjadi akibat reaksi antara karbon, H_2SO_4 , dan KMnO_4 menunjukkan indikasi bahwa proses oksidasi karbon telah dimulai. Selama proses oksidasi, beberapa gugus fungsi seperti gugus fenol, gugus epoksi, gugus keton, gugus karboksil dan gugus karbonil terbentuk pada karbon (Shao, *et al*, 2012).

Gugus fungsi ini menyebabkan material bersifat sangat hidrofilik dan mudah terkelupas dalam air menjadi grafit oksida.

Tahapan akhir berupa pengenceran larutan grafit oksida dengan akuademineral disertai proses pengadukan terus-menerus agar proses penghomogenan terjadi secara

optimal. Larutan ditambahkan H_2O_2 untuk mengakhiri reaksi oksidasi yang ditandai dengan perubahan menjadi warna kuning. Untuk pemurniannya, campuran dicuci dan disentrifugasi dengan HCl 5% dan aquademineral selama beberapa kali. HCl berfungsi untuk melarutkan logam pengotor dan aquademineral yang berfungsi untuk menetralkannya. Hasil sentrifugasi disaring dan endapan dikeringkan dengan vakum pada suhu kamar. Grafit oksida (GO) hasil sintesis penelitian ini diperoleh berupa bubuk.

Reduksi Grafit Oksida menjadi

Grafena (Taufantri, *et al*, 2016)

Berdasarkan hasil penelitian Taufantri, *et al* (2016) grafit oksida yang dihasilkan selanjutnya direduksi secara keseluruhan.

menjadi grafena. Grafit oksida direduksi oleh reduktor Zn dan dilakukan dalam suasana asam (menggunakan HCl). Reduktor Zn dalam reaksi reduksi grafit oksida berfungsi untuk mengembalikan cacat struktural pada kisi karbon dengan mengembalikan konjugasi π dan untuk menghilangkan gugus fungsi. Gugus epoksi membentuk gugus hidroksi akibat reaksi Zn dengan HCl. Gugus hidroksi juga dihasilkan pada saat reduksi gugus karbonil. Adanya gugus hidroksi pada kondisi asam menyebabkan terlepasnya hidrogen dan menghasilkan olefin (Taufantri, *et al*, 2016). Gambar 3 menunjukkan reaksi sintesis grafena

Gambar 3

Reaksi Oksidasi Grafit Menjadi Grafit Oksida Dan Reduksi Menjadi Grafena
(Sumber : Taufantri, *et al*, 2016)

Digunakan juga sonifikasi lembaran-lembaran grafena. Kemudian untuk membantu pelepasan dicuci dengan menggunakan HCl 5%

dan akuades sampai pH campuran menjadi netral. Hasil endapan dikeringkan pada suhu 160°C selama 18 jam.

Karakterisasi Grafena

Berdasarkan penelitian oleh

Taufantri, *et al* (2016) dan Syakir, *et al* (2015).

n grafena berdasarkan penelitian Taufantri, *et al* (2016).

XRD

Pengamatan hasil uji sintesis grafena dilakukan menggunakan XRD dengan difraksi sinar x pada sudut $2\theta = 50-900$ dan λ Cu-K α 1.54060 Å. Gambar 4 menunjukkan difraktogram grafit, grafit oksida da

Gambar 4. Hasil XRD (a) Grafit; (b) Grafit Oksida; dan (c) Grafena
(Sumber : Taufantri, *et al*, 2016)

Pada gambar (4a) dapat diamati puncak grafit yang muncul adalah 26.5872 dengan *d-spacing* 3.3527Å. Pada grafit oksida (4b) membentuk puncak baru yaitu 11.2055 dengan *d-spacing* 7.8965 Å. Adanya perubahan pola sudut XRD yang bergeser ke arah kiri lebih rendah menunjukkan terjadinya perubahan material sifat kristalinitas grafit oksida menjadi berkurang. Pelebaran jarak antar lapisan dari

grafit sebesar 3.3527 Å menjadi grafit oksida sebesar 7.8965 Å terjadi karena terbentuknya gugus fenol, gugus epoksi, gugus keton, gugus karboksil dan gugus karbonil. Penambahan molekul H₂O dan gugus oksigen juga menyebabkan grafit oksida memiliki *d-spacing* yang lebih lebar.

Pola XRD grafena (Gambar 4c) hasil proses reduksi menunjukkan puncak yang muncul adalah 23.9369

dengan d -spacing 3.7176 Å. Perubahan jarak d -spacing ini menunjukkan bahwa proses reduksi grafit oksida telah berjalan dengan baik. Pergeseran sudut 2θ ke arah kanan terjadi pada saat transformasi grafit oksida menjadi grafena yang disebabkan oleh hilangnya gugus fenol, gugus epoksi, gugus keton, gugus karboksil dan gugus karbonil pada grafit oksida karena proses reduksi (Taufantri, *et al*, 2016). Sedangkan grafik XRD grafena dari arang ampas tebu, muncul puncak pada sudut 2θ 26,427° dengan nilai d -spacing 0,336993 nm (Sutayasa dan Sanjaya, 2016).

Hasil difraktogram grafena menunjukkan bahwa material

cenderung berubah menjadi amorf atau tingkat kristalinitasnya berkurang. Dari pola XRD pada grafena dapat diamati bahwa terdapat puncak lain di sebelah puncak grafena yang teridentifikasi sebagai puncak grafit. Puncak grafit ini memiliki sudut 26.6644 dengan d -spacing 3.3432 Å. Pola puncak grafit muncul disebabkan karena grafit oksida pada saat proses reduksi tidak bereaksi dan menjadi pengotor pada material grafena (Taufantri, *et al*, 2016).

FTIR

Gambar 5 menunjukkan spektrum serapan infra merah Grafit dan Grafit Oksida berdasarkan penelitian Syakir, *et al* (2015).

Gambar 5. Spektrum FTIR Grafit dan Grafit Oksida (GO)
(Sumber : Syakir, *et al*, 2015)

Spektrum FTIR dari grafit dan grafit oksida memunculkan puncak-puncak transmitansi sekitar bilangan gelombang 3400 cm^{-1} yang

menunjukkan adanya ikatan O-H. Hal ini menandakan adanya molekul air dan gugus fungsi hidroksil pada sampel. Vibrasi pada sekitar bilangan

gelombang 1700 cm^{-1} berkaitan dengan ikatan C=O yang berkaitan dengan gugus karboksil yang terletak pada tepi lapisan GO.

Selain itu tampak pula adanya gugus fungsi keton dan kuinon. Selanjutnya vibrasi pada bilangan gelombang 1200 cm^{-1} dan 1050 cm^{-1}

berkaitan dengan kehadiran ikatan C–OH dan C–O (Syakir, *et al*, 2015).

SEM

Gambar 6 menunjukkan pengamatan morfologi grafena yang diuji dengan SEM berdasarkan penelitian Taufantri, *et al* (2016).

Gambar 6
Hasil SEM Grafena Perbesaran (a) 500 kali; (b) 2500 kali; (c) 5000 kali; dan (d) 10000 kali
(Sumber : Taufantri, *et al*, 2016)

Hasil SEM dari penelitian Taufantri, *et al* (2016) menunjukkan grafena berbentuk lembaran yang lebih tipis dari grafit oksida. Lembaran grafena terdiri dari satu lapis struktur heksagonal planar sehingga tampak agak transparan yang terdiri atas *single layer* dan *multi layer*. Pengamatan grafena pada perbesaran 10000 kali (gambar 6D) menunjukkan lembaran grafena yang menekuk ke

dalam dan pada per-besaran 500 kali (gambar 6A) tampak adanya pola bintik atau pengotor. Pola bintik yang muncul ini menandakan adanya kelemahan dari hasil penelitian ini yaitu proses pencucian pada tahap reduksi grafit oksida masih kurang bersih yang mengakibatkan masih tersisanya grafit yang tidak bereaksi saat direduksi (Taufantri, *et al*, 2016).

KESIMPULAN

1. Sintesis grafena dari limbah pelepah sawit menggunakan metode Reduksi Grafit Oksida (GO) dengan Reduktor Zn. Grafit Oksida disintesis menggunakan metode *Hummers* melalui oksidasi bubuk arang pelepah sawit dengan ukuran 270 mesh. Diberikan variasi ukuran bubuk arang pelepah sawit yaitu dengan pengayakan ukuran pertengahan (270 mesh) dan tanpa pengayakan.
2. Karakterisasi Grafena menggunakan analisis XRD, FTIR dan SEM. XRD untuk menganalisis struktur 2D; FTIR untuk mengetahui konfigurasi ikatan pada grafena hasil sintesis (gugus fungsi); dan SEM untuk menentukan topografi (bentuk 3D) nanomaterial grafena dari limbah pelepah sawit.

SARAN

Penelitian ini perlu dikembangkan lagi dalam mencari sumber-sumber karbon alami yang melimpah dan murah. Serta perlu dilakukan tahapan sintesis sampai selesai (yaitu tahapan karakterisasi) untuk mengetahui hasil sintesis yang sesungguhnya. Untuk penelitian lebih lanjut juga perlu dilakukan

pengembangan dari segi metode yang lebih efektif dan sederhana sehingga dapat memudahkan proses sintesis nantinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Bapak Kepala BALITBANGDA Provinsi Jambi, dosen pembimbing Dr. Drs. Ngatijo, M.Si, tim penelitian Nurmawati Lase, S.Si., Rismatua Oktafiani Sirait, S.Si. dan Puja Iklima, S.Si.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmayanti, S. 2016. "Penyerapan Logam Tembaga dalam Air Limbah dengan Menggunakan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa Sawit". *Laporan Akhir*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. 2017. *Statistik Ketenagalistrikan 2017*. Jakarta : Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2017. *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa Sawit 2015-2017*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Ginting, S.P dan J. Elizabeth. 2013. *Teknologi Pakan Berbahan Dasar Hasil Sampingan Perkebunan Kelapa Sawit. Lokakarya Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi*. Loka Penelitian Kambing Potong Sei Putih, Galang, Sumatera Utara: Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia. 2018. *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia*

- (*Final Edition*). Jakarta: Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral.
- Li, X., T. Zhao., Q. Chen., P. Li., K. Wang., M. Zhong., J. Wei., D. Wu., B. Wei dan H. Zhu. 2013. "Flexible All Solid-State Supercapacitors Based On Chemical Vapor Deposition Derived Graphene Fibers". *Physical Chemistry Chemical Physics*. Vol 15(41) : 17752.
- Pope. 1999. *Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit*. Online (<http://eprints.polsri.ac.id/831/3/BAB%20II%20Fergi%20n.pdf>). Diakses 26 Mei 2018.
- Royal Swedish Academy, O. F. Sciences. 2010. "Graphene: Scientific Background on the Nobel Prize in Physics 2010." *The Royal Swedish Academy of Sciences* 50005: 0-10.
- Samantara, A.K. 2015. *Graphene : Synthesis, Properties and Application*. India : KIIT University.
- Shao, G., Y. Lu., F. Wu., C. Yang., F. Zeng dan Q. Wu. 2012. "Graphene Oxide: The Mechanisms of Oxidation and Exfoliation". *J. Mater. Sci*. Vol 47 (10): 4400-4409.
- Stoller, M.D., S. Park., Y. Zhu., J. An dan R.S. Ruoff. 2008. "Graphene-Based Ultracapacitors". *Nano Letters*. Vol 8 (10): 3498-3502.
- Sutayasa, L.P dan I.G.M. Sanjaya. 2016. "Karakterisasi Graphene Arang Ampas Tebu Berbasis X-RD dan TEM". *UNESA Journal of Chemistry*: 23-27.
- Syakir, N., R. Nurlina., S. Anam., A. Aprilia., S. Hidayat dan Fitrilawati. 2015. "Kajian Pembuatan Oksida Grafit untuk Produksi Oksida Grafena dalam Jumlah Besar". *Jurnal Fisika Indonesia*. Vol XIX (55): 26-29.
- Taufantri, Y., Irdhawati., I.A. Raka dan A. Asih. 2016. "Sintesis dan Karakterisasi Grafena dengan Metode Reduksi Grafit Oksida Menggunakan Pereduksi Zn". *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*. Vol 2(1): 17-23.
- Yusupandi, F. 2017. *Graphene Ball : Material Baru yang Mampu Melakukan Full Charging dalam Waktu 12 Menit*. Online (<https://warstek.com/2017/12/14/graphene-ball/>). Diakses 23 Oktober 2019