



TUGAS AKHIR - SF 141501

**EKSFOLIASI MEKANIK DENGAN PENAMBAHAN H_2SO_4
DAN NILAI RUGI REFLEKSI GRAFENA OKSIDA
TEREDUKSI DARI TEMPURUNG KELAPA TUA**

**Mohammad Syaiful Anwar
NRP 0111144000010**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Darminto**

**DEPARTEMEN FISIKA
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**



TUGAS AKHIR - SF 141501

**EKSFOLIASI MEKANIK DENGAN PENAMBAHAN H_2SO_4
DAN NILAI RUGI REFLEKSI GRAFENA OKSIDA
TEREDUKSI DARI TEMPURUNG KELAPA TUA**

**Mohammad Syaiful Anwar
NRP 0111144000010**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Darminto**

**DEPARTEMEN FISIKA
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**

"halaman ini sengaja dikosongkan"



FINAL PROJECT - SF 141501

**MECHANICAL EXFOLIATION USING SULFURIC ACID
AND REFLECTION LOSS OF REDUCED GRAPHENE
OXIDE OLD FROM COCONUT SHELL BASED**

**Mohammad Syaiful Anwar
NRP 0111144000010**

**Advisor
Prof. Dr. Darminto**

**Department of Physics
Faculty of Natural Science
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**

"halaman ini sengaja dikosongkan"

LEMBAR PENGESAHAN

**EKSFOLIASI MEKANIK DENGAN PENAMBAHAN
H₂SO₄ DAN NILAI RUGI REFLEKSI GRAFENA
OKSIDA TEREDUKSI DARI TEMPURUNG KELAPA
TUA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains
pada
Bidang Studi Material
Program Studi S1 Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh
Mohammad Syaiful Anwar
0111144000010**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

**Prof. Dr. Darminto
NIP. 19600303 198701.1.002**

(.....)



”halaman ini sengaja dikosongkan”

EKSFOLIASI MEKANIK DENGAN PENAMBAHAN H₂SO₄ DAN NILAI RUGI REFLEKSI GRAFENA OKSIDA TEREDUKSI DARI TEMPURUNG KELAPA TUA

Penulis : **Mohammad Syaiful Anwar**
NRP : **01111440000010**
Departemen : **Fisika FIA ITS**
Dosen Pembimbing : **Prof. Dr. Darminto**

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proses eksfoliasi kimia/mekanik dengan asam sulfat terhadap nilai serapan gelombang mikro. Bahan utama yang digunakan yaitu arang tempurung kelapa. Pengujian XRD memperlihatkan bahwa fasa arang tempurung kelapa telah terbentuk rGO. Identifikasi komposisi unsur dari material rGO melalui CHONS dan XRF menunjukkan karbon oksigen serta hidrogen sebagai unsur utama. SEM mengungkapkan bahwa morfologi material dasar rGO tempurung kelapa terdiri dari lapisan yang bertumpuk-tumpuk tidak teratur. Material rGO tempurung kelapa dipanaskan dengan menggunakan alat *furnace* pada variasi suhu 400°C dan 700°C yang bertujuan untuk menghilangkan ketidakmurnian seperti C-H, O-H dan oksigen. Proses eksfoliasi kimia/mekanik mengungkapkan terjadinya reduksi ukuran material dari 209 nm menjadi dibawah ukuran 50 nm. Hal ini membuktikan adanya pelemahan ikatan Van Der Waals akibat terjadinya interkalasi pada lapisan rGO. Variasi pencampuran asam H₂SO₄ 1M dengan rGO dilakukan pada perbandingan mol meliputi 1:1, 1:5, 1:10. Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa pengaruh nilai serapan gelombang mikro pada rGO yaitu sifat dielektriknya dan karakteristik kesesuaian impedansi. Berdasarkan hasil pengujian dengan alat *Vector Network Analyzer* diperoleh nilai serapan

gelombang mikro tertinggi yaitu 10,6244 dB pada frekuensi 10,64 GHz.

Kata kunci : Eksfoliasi, Grafena Oksida Tereduksi (rGO), Radar Absorber Material (RAM)

MECHANICAL EXFOLIATION USING SULFURIC ACID AND REFLECTION LOSS OF REDUCED GRAPHENE OXIDE FROM COCONUT SHELL BASED

Name : Mohammad Syaiful Anwar
NRP : 0111144000010
Departement : Physics Faculty of Natural Science ITS
Supervisor : Prof. Dr. Darminto

Abstract

This research aims to understand the effect of chemical/mechanical exfoliation with sulfuric acid on the reflection loss for microwave absorption. The main material used was coconut shell. The result of XRD pattern indicate that coconut shell charcoal phase has formed rGO. Coconut shell charcoals were characterized by XRF, showing the carbon, oxygen, and hydrogen as the main elements. SEM revealed that morphological material of the coconut shell charcoal consists of multiple layers and irregular stacks. The material of rGO coconut shell was heated using temperature at 400°C and 700 °C, to remove impurities such as C-H, O-H, and oxygen. Chemical/mechanical exfoliation process showed the reduction of material size, from 209 nm to below 50 nm. This proved the weakening of Van der Waals bonding due to intercalation of H₂SO₄ in the rGO layers. Variation of this research used 1M H₂SO₄ mixing with rGO(1:1, 1:5, 1:10). Previous research informed that pure of rGO was mostly dependent on the dielectric loss and impedance matching characteristic. The microwave absorption properties resulted from Vector Network Analyzer show that the maximum reflection loss value was 10.6244 dB at 10.64 GHz frequency.

Keywords : *Exfoliation, Reduced Graphene Oxide, Radar Absorber material*

"halaman ini sengaja dikosongkan"

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir di Departemen Fisika FIA ITS dengan judul:

“Eksfoliasi Mekanik dengan Penambahan H₂SO₄ dan Nilai Rugi Refleksi Grafena Oksida dari Tereduksi Tempurung Kelapa”

Penulis menyadari bahwa terselesainya penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu, Ayah Nenek, dan Rasid tercinta yang telah memberi pengajaran, pemahaman, doa, dan dukungan terbaik bagi Penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Darminto selaku dosen pembimbing sekaligus dosen wali yang sangat membantu dalam memberi dukungan, bimbingan, dan wawasan sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng selaku Ketua Departemen Fisika FIA ITS.
4. Firsta Agung Setyawan, Ahmad Rizki Kurniawan, Irma Septi Ardiani, Khoirotn Nadiyyah, dan Anna Zakiyatul Laila, sebagai rekan satu tim *Graphene* di bawah bimbingan Bapak Prof. Dr.Darminto yang telah membantu dalam proses penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Solih, Bapak Slamet dan Teman-Teman Penghuni Laboratorium Bahan yang telah membantu dan memberikan semangat serta saran dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Keluarga pertama di Surabaya, angkatan 2014, Antares, yang telah banyak memberikan pengalaman, tawa, dan juga momen yang tidak pernah terlupakan oleh penulis

7. Alumni Gang Pasar (Adit, Dani, Daya, Ghinan, Rico, Setiyono) yang selalu memberikan dukungan dan motivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini
8. Kabinet Romansa Altruistis Kopma dr. Angka ITS 2017 khususnya Direksi Romantis (Daya, Dhicky, Diah, Ema, Serly, Syifa) dan seluruh jajaran Asbid serta staff untuk semua kebersamaan, pengalaman, pembelajaran, doa, dan dukungan untuk penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala bantuan dan doa penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan serta dapat menjadi sumbangan bagi almamater tercinta dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di masa yang akan datang.

Surabaya, Juli 2018
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
COVER	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tempurung Kelapa Tua.....	5
2.2 Grafena Oksida Tereduksi (rGO)	6
2.3 Eksfoliasi	12
2.3.1 Eksfoliasi Kimia	13
2.3.2 Eksfoliasi Mekanik.....	13
2.4 Radar Absorber Material rGO	15
BAB III METODOLOGI	19
3.1 Alat dan Bahan	19
3.1.1 Alat	19
3.1.1 Bahan	19
3.2 Langkah Kerja	19

3.2.1	Persiapan Serbuk Tempurung Kelapa	19
3.2.2	Proses Pemanasan.....	20
3.2.3	Proses Pencampuran.....	20
3.2.4	Proses Ultrasonifikasi.....	20
3.2.5	Proses <i>Centrifuge</i>	21
3.3	Karakterisasi Material.....	21
3.3.1	<i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) dan CHONS	21
3.3.2	<i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	21
3.3.3	<i>Particle Size Analyzer</i>	22
3.3.4	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	22
3.3.5	Konduktivitas Listrik.....	22
3.3.6	<i>Vector Network Analyzer</i> (VNA)	23
BAB IV	ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	23
4.1	Analisis Serbuk Tempurung Kelapa.....	27
4.2	Komposisi Unsur Bahan Dasar	27
4.3	Analisis Fasa (XRD)	30
4.4	Analisis Morfologi (SEM)	31
4.5	Analisis Distribusi Ukuran Partikel.....	34
4.6	Analisis Konduktivitas Listrik rGO	40
4.7	Analisis Rugi Refleksi rGO	42
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran.....	51
DAFTAR	PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN	57
BIODATA	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alotrop Karbon (Setiawan & Saraswati, 2017).....	7
Gambar 2.2 Pembentukan rGO melalui proses oksidasi dan reduksi (Atkins, 2005)	8
Gambar 2.3 Pola difraksi (a) rGO tempurung kelapa 400°C dan (Nugraha, 2014) (b) GO dan rGO (Fu, et al., 2013)	8
Gambar 2.4 Pola Grafik FTIR Serbuk Arang Tempurung Kelapa dengan Pemanasan 400°C (Nugraheni, et al., 2015)	9
Gambar 2.5 Spektrum FTIR rGO Tempurung Kelapa Suhu 400°C dan 700°C (Kurniasari, 2017)	10
Gambar 2.6 Spektrum FTIR rGO Tempurung Kelapa dengan Penambahan H ₂ SO ₄ (Islamiyah, 2017)	11
Gambar 2.7 Kurva <i>Fitting</i> Spektroskopi Raman dari Arang Tempurung Kelapa (Prasetya <i>et al.</i> , 2015)	12
Gambar 2.8 Skema proses eksfoliasi dengan pemberian asam H ₂ SO ₄ dan tanpa pemberian H ₂ SO ₄ yang dilanjutkan dengan elektrokimia (Munuera, et al., 2017)	13
Gambar 2.9 Mekanisme Eksfoliasi Grafit menjadi Grafena (Al-hazmi, et al., 2015)	14
Gambar 2.10 Karakteristik Serapan Gelombang Mikro Grafit dan Grafena(Wang, et al., 2011)	16
Gambar 2.11 Grafik Hubungan Frekuensi Terhadap Rugi Refleksi Beberapa Variasi rGO Tempurung Kelapa (Nugraha, 2014).....	17
Gambar 3.1 Ilustrasi kabel konduktor yang dialiri arus listrik (Abdullah, 2006)	23
Gambar 3.2 Flowchart pembuatan rGO	24

Gambar 3.3 Flowchart Eksfoliasi Kimia dan Mekanik	25
Gambar 4.1 Preparasi Serbuk Tempurung Kelapa	29
Gambar 4.2 Pola XRD rGO Arang Tempurung Kelapa.....	30
Gambar 4.3 Morfologi Arang Tempurung Kelapa (a) perbesaran 1000 kali dan (b) perbesaran 500 kali (c) Hasil SEM-EDX rGO dengan perbesaran 500 kali	32
Gambar 4.4 Hasil SEM-EDX Morfologi rGO dengan Penambahan H ₂ SO ₄ (Islamiyah, 2017).....	33
Gambar 4.5 Distribusi Ukuran Partikel rGO Tanpa Perlakuan	35
Gambar 4.6 Distribusi Ukuran Partikel rGO Suhu 400°C dengan Variasi Mol H ₂ SO ₄ : rGO	36
Gambar 4.7 Distribusi Ukuran Partikel rGO Suhu 700°C dengan Variasi Mol H ₂ SO ₄ : rGO	36
Gambar 4.8 Nilai Rugi Refleksi Material rGO Tempurung Kelapa dengan Berbagai Variasi.....	43
Gambar 4.9 Grafik Tren Nilai Distribusi Ukuran Partikel	47
Gambar 4.10 Grafik Tren Nilai Konduktivitas Listrik	48
Gambar 4.11 Grafik Tren Nilai Rugi Refleksi	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Komposisi Tempurung Kelapa dan Arang Tempurung Kelapa (Mozammel, et al., 2001)	6
Tabel 2.2 Rugi refleksi beberapa variasi rGO tempurung kelapa (Nugraha, 2014).....	16
Tabel 4.1 Komposisi Unsur Arang Tempurung Kelapa	28
Tabel 4.2 Distrbusi Ukuran Partikel pada Berbagai Variasi Suhu dan Mol	38
Tabel 4.3 Pengukuran Konduktivitas Listrik rGO berbagai Variasi Suhu dan Mol.....	41
Tabel 4.4 Nilai Rugi Refleksi rGO Tempurung Kelapa berbagai Variasi Suhu dan Mol.....	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Spektrum XRF.....	47
Lampiran 2. Hasil Uji SEM-EDX	48
Lampiran 2. Hasil Konduktivitas listrik	51

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penemuan grafena oleh fisikawan bernama A. K. Geim dan K. S. Novoselov sering disebut dengan material ajaib, karena memiliki ketebalan hanya 1 atom karbon, sehingga hal ini membuka aspek baru dalam bidang nano sains dan nano teknologi. Grafena memiliki keunggulan dalam hal konduktivitas listrik, sifat mekanik, besar luas pemukaannya, rendah koefisien muai panas (Sahoo, et al., 2013). Grafena menjadi sebuah material yang menjanjikan dalam bidang aplikasi meliputi baterai, superkapasitor, dan komposit polimer. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa rGO dapat diaplikasikan menjadi material serapan gelombang mikro (Wang, et al., 2011).

Produksi grafena dilakukan dengan berbagai metode yaitu metode pengelupasan yang dikenal dengan *Scotch Tape Method* (Geim & Novoselov, 2007). Metode Penumbuhan Kimia, *Chemical Vapor Deposition* (CVD), Pertumbuhan *Epitaxial*, Teknik *Bottom Up* (Maulana, 2016). Namun, metode ini kurang efisien untuk memproduksi grafena dalam skala komersial (Sahoo, et al., 2013). Metode eksfoliasi kimia dan mekanik merupakan metode yang mudah dan banyak digunakan untuk memproduksi grafena dalam skala komersial. Oleh sebab itu pada penelitian ini dilakukan metode eksfoliasi kimia dan mekanik untuk memperoleh grafena oksida tereduksi.

Penelitian sebelumnya menggunakan grafit sebagai bahan dasar pembuatan grafena. Kemudian grafit diproses untuk menjadi oksida grafena yang dilanjutkan lagi menjadi grafena oksida tereduksi. rGO yang digunakan penelitian ini diperoleh dari tempurung kelapa yang dibakar (karbonisasi) hingga diperoleh produk pembakaran tidak sempurna berupa arang. Fasa yang terbentuk dari hasil penelitian sebelumnya menunjukkan sudah terbentuk fasa rGO pada arang tempurung kelapa (Nugraheni, et al., 2015).

Pemanfaatan rGO tempurung kelapa sebagai material serapan gelombang telah dilakukan penelitian oleh Nugraha (2014). Penelitiannya menyebutkan bahwa arang tempurung kelapa diberikan perlakuan pemanasan pada suhu 400°C dan 1000°C dengan variasi waktu penahan 3 jam, 4 jam, dan 5 jam. Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh nilai rugi refleksi terbesar yaitu rGO yang diberi perlakuan pemanasan 400°C dan waktu penahan 4 jam adalah 26,5 dB pada frekuensi 10,63 GHz. Ukuran partikel serbuk rGO tanpa perlakuan yang telah diuji dengan PSA diperoleh ukuran serbuknya diatas 1000 nm, yang mengindikasikan bahwa ukuran partikelnya masih terlalu besar (Putra, 2017). Oleh sebab itu, maka dilakukanlah eksfoliasi kimia dan mekanik pada rGO tempurung kelapa dalam penelitian ini, yang bertujuan untuk memperkecil ukuran partikel. Liu (2013) menyebutkan bahwa ukuran partikel dari material serapan gelombang mikro akan mempengaruhi nilai rugi refleksi. Penelitian yang telah dilakukan oleh Islamiyah (2017) menyebutkan bahwa pemberian asam sulfat dan ultrasonikasi pada rGO tempurung kelapa dapat menurunkan ukuran partikel hingga dibawah 50 nm.

Idealnya untuk menjadikan material serapan gelombang mikro, terdapat 4 ciri yang harus dipenuhi meliputi karakteristik kuatnya serapan gelombang mikro, lebarnya rentang frekuensi serapan gelombang mikro, memiliki berat yang ringan (densitas rendah), dan kesesuaian tipisnya aplikasi ketebalan. Keuntungan yang dimiliki material rGO ketebalan lapisan hanya satu atom karbon, tinggi nilai luas permukaannya, stabilitas suhu yang tinggi. Sehingga sifat ini cocok untuk dijadikan sebagai material serapan gelombang mikro karena dapat diperoleh massa yang ringan (densitas kecil). Beberapa penelitian yang telah dilakukan menggunakan bahan dasar grafit untuk memproduksi rGO. Selanjutnya di lakukan pencampuran dengan material lain untuk memperbaiki nilai serapan gelombang mikro. Penelitian ini menggunakan rGO tempurung kelapa untuk pemanfaatan material

serapan gelombang mikro dengan diberikan pengaruh eksfoliasi kimia/mekanik, dikarenakan belum adanya penelitian serupa.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana fasa, komposisi, morfologi serta distribusi ukuran partikel dari material dasar arang tempurung kelapa. Dan bagaimana pengaruh eksfoliasi kimia/mekanik terhadap besar serapan gelombang mikro.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui fasa, komposisi, morfologi serta distribusi ukuran partikel dari material dasar arang tempurung kelapa. Dan untuk mengetahui pengaruh pemberian eksfoliasi kimia/mekanik terhadap besar serapan gelombang mikro.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan pemahaman mengenai pemanfaatan tempurung kelapa sebagai material rGO khususnya dalam bidang aplikasi serapan gelombang mikro.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah meliputi:

1. Material rGO yang digunakan adalah tempurung kelapa
2. Larutan asam yang digunakan merupakan asam sulfat (H_2SO_4)
3. Variasi suhu yang digunakan $400^\circ C$ dan $700^\circ C$
4. Variasi mol asam sulfat (H_2SO_4) dan rGO yang digunakan adalah 1:1, 1:5, dan 1:10
5. Karakterisasi yang digunakan yaitu, XRD, CHONS, XRF, FTIR, SEM-EDX, PSA, Konduktivitas Listrik metode Hukum Ohm, VNA.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan ini tersusun atas beberapa bab dan mencakup subbab – subbab yang lain, yaitu BAB I adalah pendahuluan, yang mencakup latar belakang, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan. BAB II berisi tinjauan pustaka tentang materi-materi dasar dan teori yang digunakan pada penelitian ini. BAB III berisi metodologi penelitian. BAB IV berisi tentang pembahasan. BAB V, berisi tentang kesimpulan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini disampaikan mengenai tinjauan pustaka yang diperlukan untuk mendukung penelitian. Tinjauan pustaka yang disertakan antara lain mengenai Tempurung Kelapa, Grafena Oksida Tereduksi (rGO), Eksfoliasi, *Radar Absorber Material* Grafena Oksida Tereduksi.

2.1 Tempurung Kelapa Tua

Tanaman kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan salah satu produk mentah perkebunan, yang banyak dijumpai di Indonesia. Tanaman kelapa termasuk tanaman yang memiliki banyak manfaatnya, meliputi dari buah, daun, batang, dan akarnya. Sehingga, karena banyaknya keberagaman manfaat tanaman kelapa untuk keperluan manusia, maka tanaman ini disebut sebagai tanaman kehidupan (*tree of life*) (Tenda & Kaumaunang, 2007).

Buah kelapa terdiri dari sabut, tempurung kelapa, daging buah dan air kelapa, yang keseluruhannya juga mempunyai manfaat masing-masing. Namun pada dasarnya, bagian utama dari buah kelapa merupakan daging buahnya, sedangkan serabut, air kelapa dan tempurung kelapa hanya menjadi hasil samping (*by product*) (Mahmud & Ferry, 2005). Menurut data yang diperoleh dari statistik perkebunan Indonesia komoditas kelapa 2015-2017, total produksi untuk per tahun 2016 yaitu 2.920.665 ton, dengan total luas perkebunan 3.585.599 Ha (Direktorat Jendral Perkebunan, 2016). Jika sumber daya ini dikelola dengan terstruktur dan sistematis, hal ini bisa menjadi sebuah usaha yang menjanjikan kedepannya, terutama pemanfaatan limbah tempurung kelapa. Selain itu, sumber daya ini merupakan termasuk golongan sumber daya yang *renewable*, artinya dapat diperbarui sepanjang waktu.

Karakteristik tebal dan berat dari tempurung kelapa ditentukan oleh jenis tanaman kelapa. Sedangkan rata-rata nilai ketebalan dari tempurung kelapa yaitu 3-5 mm, dan memiliki berat 15-19% dari berat buah (Pugersari, et al., 2013). Tempurung kelapa

berkualitas baik dapat diperoleh dari kelapa tua dan kering. Parameternya dapat dilihat melalui tempurung kelapa yang berwarna coklat tua. Bahan pencampur (*moisture*) dalam tempurung kelapa dapat dikurangi dengan proses pengeringan di bawah terik matahari dan pembakaran/karbonisasi. Proses karbonisasi bertujuan untuk meningkatkan sebanyak mungkin unsur karbon dalam material dan menghilangkan impuritas seperti unsur hidrogen (H) dan oksigen (O) (Budi, 2011). Komposisi kimia dari tempurung kelapa dan arang tempurung kelapa hasil karbonisasi ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbandingan Komposisi Tempurung Kelapa dan Arang Tempurung Kelapa (Mozammel, et al., 2001)

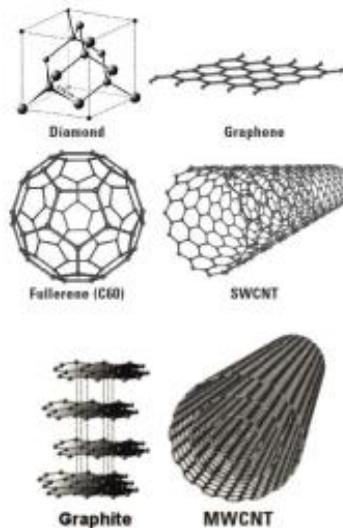
Bahan	Komponen	Persentase(%)
Tempurung Kelapa	<i>Moisture</i>	10,46
	<i>Volatile</i>	67,67
	<i>Karbon</i>	18,29
	Abu	3,58
Arang Tempurung Kelapa	<i>Moisture</i>	10,60
	Karbon	76,32
	Abu	13,08

Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa proses karbonisasi tempurung kelapa dengan suhu pemanasan 400° C selama 2 jam (*holding time*) diperoleh hasil rata-rata berat arang tempurung kelapa adalah 18,14% dari berat awal (Pujianto, 2010).

2.2 Grafena Oksida Tereduksi dari Tempurung Kelapa Tua

Karbon memiliki alotrop seperti grafit, intan, *fullerene*, *singewalled carbon nanotube* (SWCNT), *multi-walled carbon nanotube* (MWCNT) dan grafena yang ditunjukkan dengan Gambar 2.1 (Setiawan & Saraswati, 2017). Grafena sebagai salah satu alotrop karbon berskala nanometer dengan susunan atom heksagonal/sarang lebah (*honeycomb*) berdimensi 2 dengan membentuk lembaran setipis satu atom. Grafena mempunyai

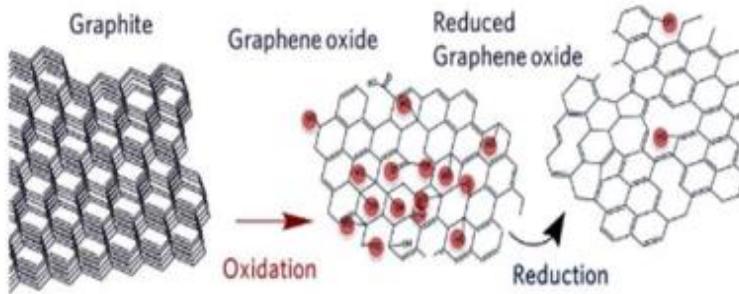
nomor atom 6 dengan hibridisasi sp^2 (Neto, et al., 2009). Hibridisasi sp^2 mendeskripsikan adanya konfigurasi elektron $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$ dalam orbital $2s$ dan dicampurkan dengan dua dari tiga orbital $2p$, sehingga melibatkan ikatan tunggal atom (C-C) serta ikatan rangkap dua (C=C). Orbital sp^2 memiliki arah yang tegak lurus dengan orbital $2p_z$ dan membentuk sudut 120° pada bidang X-Y. Lembaran grafena bertumpuk-bertumpuk membentuk grafit, karena adanya kekuatan *Van Der Waals* yang disebabkan oleh ikatan lemah π antar bidang, sehingga mudah untuk diputus (Warner, 2013).



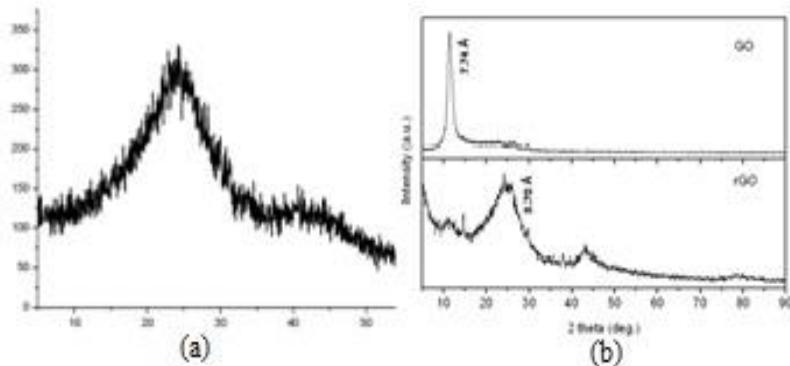
Gambar 2.1 Alotrop Karbon (Setiawan & Saraswati, 2017)

Grafena memiliki 3 turunan yaitu grafit, grafena oksida (GO), dan grafena oksida tereduksi (rGO). GO adalah hasil oksidasi dari grafit dengan tujuan penambahan jumlah oksigen dan melepaskan beberapa ikatan *Van Der Waals*. Sedangkan rGO merupakan hasil pengurangan atom-atom oksigen dan hidrogen. rGO memiliki sifat yang mirip dengan grafena, oleh sebab itu rGO dapat bertindak sebagai pengganti grafena. Gambar 2.2 menunjukkan

pembentukan GO dari grafit dengan proses oksidasi, dan rGO dari GO melalui proses reduksi (Atkins, 2005).



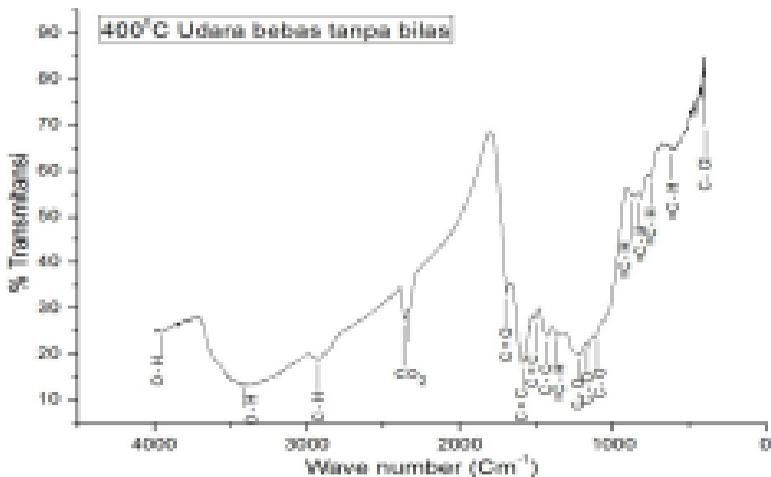
Gambar 2.2 Pembentukan rGO melalui proses oksidasi dan reduksi (Atkins, 2005)



Gambar 2.3 Pola difraksi (a) rGO tempurung kelapa 400°C dan (Nugraha, 2014) (b) GO dan rGO (Fu, et al., 2013)

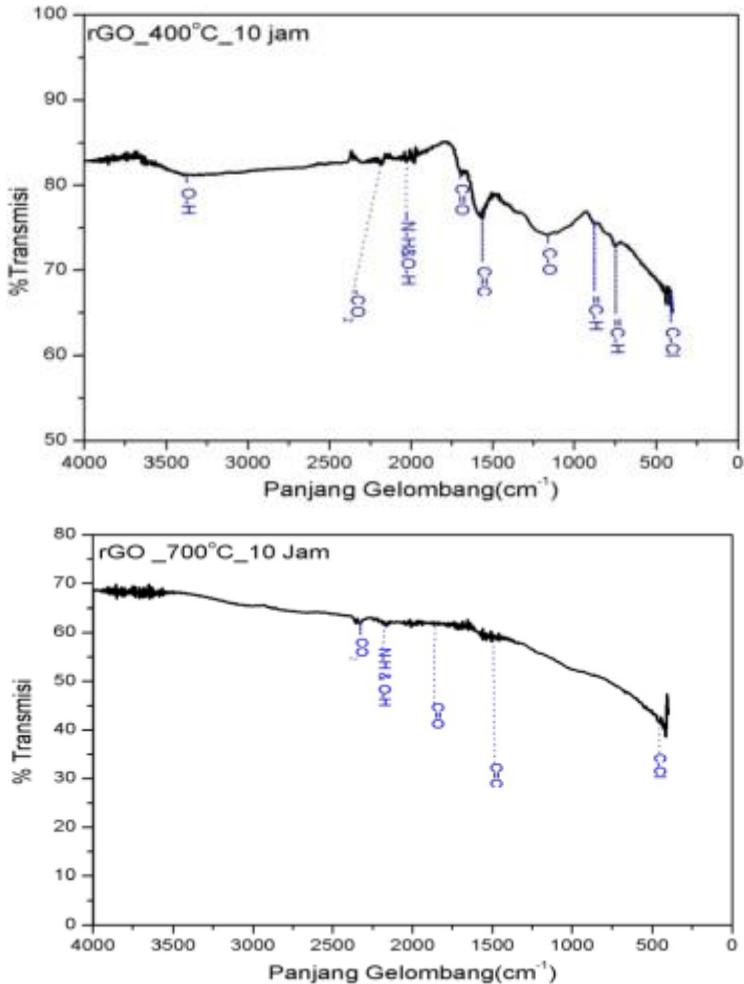
Menurut penelitian yang dilakukan oleh Nugraha (2014), menjelaskan bahwa arang tempurung kelapa yang telah dihaluskan dan dipanaskan pada suhu 400°C dengan udara sekitar selama 5 jam, diperoleh fase rGO yang ditunjukkan dengan pola difraksi hasil uji XRD pada Gambar 2.3 (a). Pola difraksi dari rGO tempurung kelapa ditandai oleh dua puncak yang lebar dengan

masing-masing posisi puncak (2θ) berada pada sudut disekitar 24° dan 43° (Nugraha, 2014). Hasil ini sesuai dengan penelitian lainnya yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 (b), bahwa terdapat 2 posisi puncak (2θ) pola difraksi yang berada pada sudut disekitar 24° dengan indeks Miller (002) dan 43° dengan indeks Miller (100) (Fu, et al., 2013).



Gambar 2.4 Pola Grafik FTIR Serbuk Arang Tempurung Kelapa dengan Pemanasan 400°C (Nugraheni, et al., 2015)

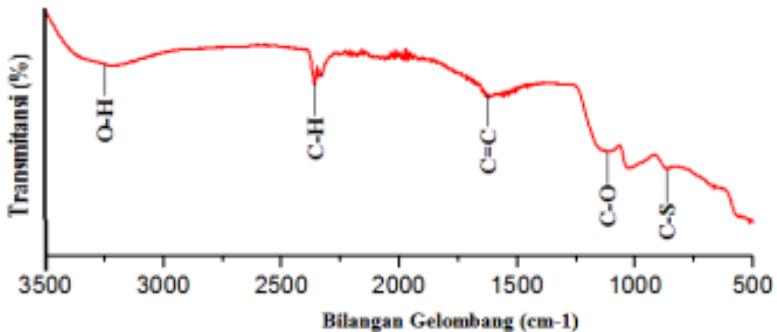
Gugus fungsi pada rGO tempurung kelapa dapat diketahui dengan melakukan pengujian FTIR, yang hasil grafiknya ditunjukkan dengan Gambar 2.4. Berdasarkan hasil pengujian rGO tempurung kelapa dengan pemanasan pada suhu 400°C diperoleh bahwa mayoritas ikatan C=C, C-C, dan juga terdapat ketidakh murnian seperti adanya ikatan C-H, C-O, C=O, dan O-H. Hal ini menunjukkan bahwa terindikasi adanya fasa rGO (Nugraheni, et al., 2015).



Gambar 2.5 Spektrum FTIR rGO Tempurung Kelapa Suhu 400°C dan 700°C (Kurniasari, 2017)

Berdasarkan Gambar 2.6 grafik FTIR material rGO pada suhu pemanasan 400°C terdapat masih banyak gugus fungsi seperti ikatan C=C, C-H, C=O, C-O, N-H dan O-H. Selain itu juga masih

terdapat ikatan CO_2 pada posisi bilangan tertentu. Sedangkan material rGO yang diberikan suhu pemanasan 700°C memiliki beberapa gugus fungsi meliputi $\text{C}=\text{C}$, $\text{C}-\text{H}$, $\text{C}=\text{O}$, $\text{C}-\text{O}$, $\text{N}-\text{H}$ dan $\text{O}-\text{H}$, namun untuk ikatan $\text{C}-\text{C}$ tidak muncul, serta ketajaman puncak melemah (Kurniasari, 2017).

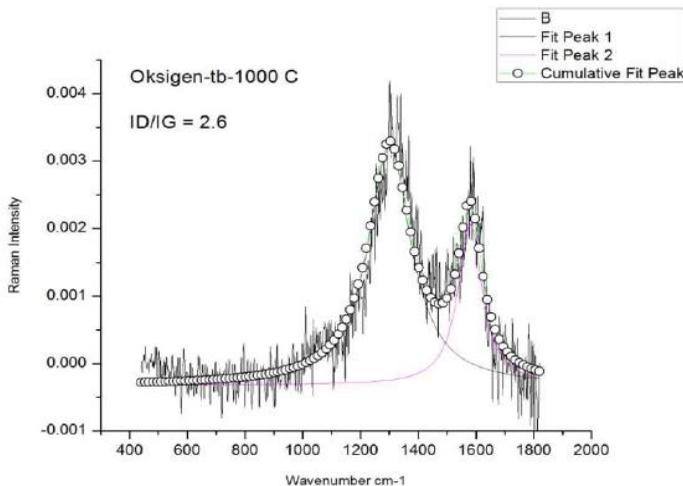


Gambar 2.6 Spektrum FTIR rGO Tempurung Kelapa dengan Penambahan H_2SO_4 (Islamiyah, 2017)

Proses eksfoliasi kimia dengan penambahan asam sulfat mengakibatkan menyisipnya atom, ion, maupun molekul ke dalam lapisan rGO sehingga melemahkan ikatan Van Der Waals. Berdasarkan hasil uji FTIR pada Gambar 2.6 diperoleh bahwa terdapat gugs fungsi seperti $\text{C}=\text{C}$, $\text{C}-\text{O}$, $\text{C}-\text{S}$, $\text{O}-\text{H}$, dan $\text{C}-\text{H}$. gugus fungsi ikatan $\text{C}-\text{S}$ mengindikasikan bahwa atom S dari asam sulfat masih tersisip dalam lapisan rGO (Islamiyah, 2017).

Karakterisasi dengan menggunakan Spektroskopi Raman menunjukkan bahwa terdapat grafik pada bilangan gelombang kisaran 400 cm^{-1} hingga 1850 cm^{-1} sesuai dengan Gambar 2.7. terlihat bahwa puncak pertama terdapat pada bilangan gelombang 1300 cm^{-1} yang disebut dengan *band D* (*defect*) yang disebabkan oleh defek kristal serta puncak di sekitar 1590 cm^{-1} disebut pita G atau ikatan grafit. Berdasarkan hasil uji tersebut diperoleh bahwa nilai rasio I_D/I_G sekitar 2,5. Semakin besar

rasio I_D/I_G menunjukkan defek yang lebih besar, yang artinya bahwa kristal itu tidak sempurna. Nilai yang ditunjukkan menyatakan bahwa arang tempurung kelapa tua mengandung grafena oksida tereduksi (rGO) dengan tingkat cacat rendah dari rasio I_D / I_G (Prasetya *et al.*, 2015).

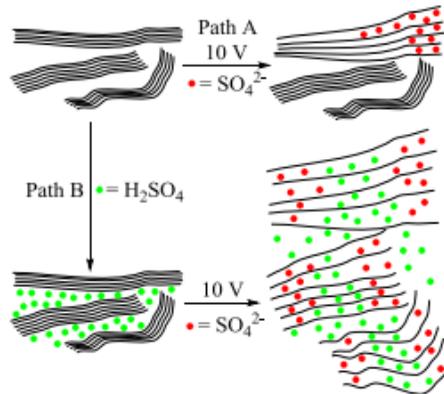


Gambar 2.7 Kurva *Fitting* Spektroskopi Raman dari Arang Tempurung Kelapa (Prasetya *et al.*, 2015)

2.3 Eksfoliasi

Permasalahan yang dihadapi untuk menghasilkan grafena yaitu mendapatkan ketebalan lapisan grafena yang cukup dan lapisan grafena sangat sulit terdistribusi secara homogen (Nugraheni, 2017). Beberapa metode yang digunakan untuk memperoleh lapisan grafena yaitu metode pengelupasan yang dikenal dengan *Scotch Tape Method* (Geim & Novoselov, 2007). Metode Penumbuhan Kimia, *Chemical Vapor Deposition* (CVD), Pertumbuhan *Epitaxial*, Teknik *Bottom Up* (Maulana, 2016). Namun, metode ini kurang efisien untuk memproduksi grafena dalam skala komersial (Sahoo, et al., 2013). Oleh sebab itu, pokok bahasan pada sub bab ini yaitu pembuatan grafena dengan eksfoliasi kimia dan eksfoliasi mekanik.

2.3.1 Eksfoliasi Kimia



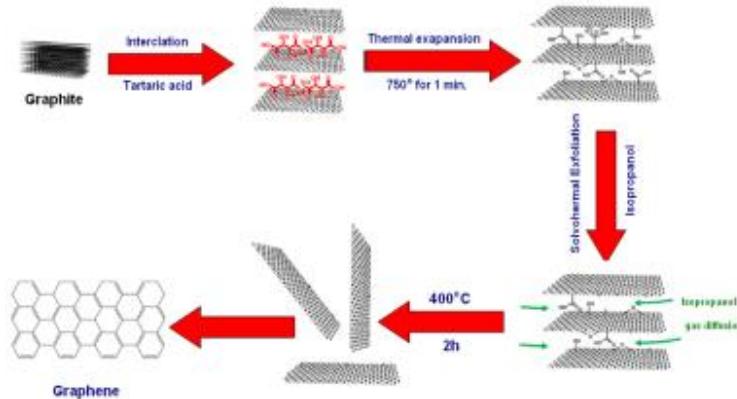
Gambar 2.8 Skema proses eksfoliasi dengan pemberian asam H_2SO_4 dan tanpa pemberian H_2SO_4 yang dilanjutkan dengan elektrokimia (Munuera, et al., 2017)

Grafrit terbentuk dari lapisan grafena yang bertumpuk tumpuk dengan jarak antar lapisan yaitu 3.41\AA (Cai, et al., 2012). Proses kimia untuk memperoleh satu lapis grafena dilakukan dengan penambahan larutan asam seperti H_2SO_4 agar ion, atom atau molekul dapat menyisip diantara lapisan grafena (Guel, et al., 2014). Selain asam, juga dapat digunakan atom logam alkali untuk menyisipkan diantara lapisan grafena tersebut. Efek yang dihasilkan dari sisipan tersebut yaitu menaikkan jarak antar lapisan dari 3.41\AA menjadi 7.0\AA , sehingga menyebabkan melemahnya ikatan Van Der Waals (Cai, et al., 2012). Visualisasi dari sisipan pada lapisan grafena dapat dilihat pada Gambar 2.8, yang membandingkan antara grafena yang diperoleh dengan memberi perlakuan asam H_2SO_4 dan tanpa diberi perlakuan asam.

2.3.2 Eksfoliasi Mekanik

Penggunaan aplikasi mekanik melalui pengadukan (*stirring*), pengocokan, dan sonikasi untuk memperoleh satu lapisan grafena

menjadi hal penting dalam mengeksfoliasi lapisan yang bertumpuk-tumpuk. Pemilihan material pelarut juga memiliki peran yang penting selama proses mengeksfoliasi, untuk menjaga kestabilan hasil yang diperoleh dalam suspensi (Cai, et al., 2012). Proses sonifikasi mudah untuk melepaskan lapisan grafit, yang sebelumnya telah diberi perlakuan pelarut kimia dengan tujuan untuk menaikkan jarak antar tumpukan lapisan. Menaikkan waktu sonifikasi akan menaikkan jarak antar lapisan (Sahou, et al., 2013).



Gambar 2.9 Mekanisme Eksfoliasi Grafit menjadi Grafena ((Al-hazmi, et al., 2015)

Meningkatnya jarak antar lapisan grafena dengan peran air pada ekfoliasi telah dilakukan, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sebelum dieksfoliasi jarak antar lapisannya adalah 3.4 \AA menjadi 7.5 \AA (Martinez, et al., 2016). Penelitian ini juga didukung oleh penelitian lainnya yang menyatakan bahwa, dengan menggunakan metode Hummer dan penggunaan air sebagai pelarut serta diaduk dengan diberi perlakuan panas dan dilanjutkan dengan proses eksfoliasi mekanik (sonifikasi) mengindikasikan terjadinya peningkatan jarak antar lapisan dari 3.4 \AA menjadi 8.2 \AA (Loryuenyong, et al., 2013).

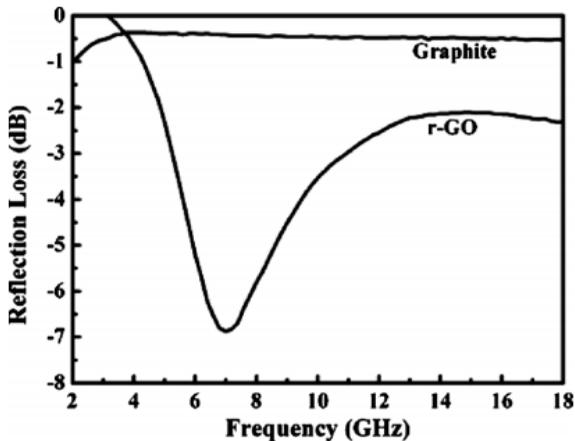
Satu lapisan grafena dapat diperoleh dari hasil pencampuran asam tartarat 1 M yang bertujuan untuk menyisipkan molekul ke

antar lapisan grafena dengan posisi horizontal dan dilanjutkan dengan proses sonifikasi selama 30 menit supaya ikatan Van Der Waals melemah. Selanjutnya dipanaskan dengan suhu 750°C selama 60 detik, sehingga akan terjadi peningkatan jarak antar lapisan dan ditambahkan larutan isopropanol selama pemberian perlakuan *solvothermal* untuk menghilangkan asam tartarat. Serangkaian prosesnya ditunjukkan dengan Gambar 2.9 (Al-hazmi, et al., 2015).

2.4 Radar Absorber Material rGO

Material rGO ditemukan sebagai material non magnetik. Sehingga serapan gelombang mikro bergantung terhadap nilai dielektrik dan karakteristik kesesuaian impedansi. Sehingga nilai dari serapan gelombang mikronya lemah. Oleh karena itu untuk mengatasi masalah tersebut, strategi efektif yang digunakan untuk meningkatkan serapan gelombang mikro yaitu dengan mencampurkan material magnetik. Selain pengaruh nilai dielektrik dan karakteristik kesesuaian impedansi terhadap nilai daya serap gelombang mikro material rGO, juga sangat dipengaruhi oleh struktur kristal, ukuran dan bentuk geometri (Liu, et al., 2013).

Penggunaan material rGO sebagai aplikasi serapan gelombang mikro telah dilakukan dengan metode Hummer berbahan dasar serbuk grafit. Berdasarkan hasil yang diperoleh nilai rugi refleksi rGO yaitu 6.9 dB pada frekuensi 7 GHz. Kemampuan nilai serapan gelombang mikro ini lebih baik dibandingkan dengan nilai serapan gelombang mikro dari grafit, yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 (Wang, et al., 2011). Analisis nilai kompleks permitivitas dan permeabilitas dilakukan untuk merepresentasikan sifat dielektrik dan magnetik. Nilai riil permitivitas dan permeabilitas menunjukkan besaran kemampuan untuk menyimpan energi. Sedangkan nilai imajiner permitivitas dan permeabilitas menunjukkan besaran kemampuan energi yang hilang (Das, et al., 2015).

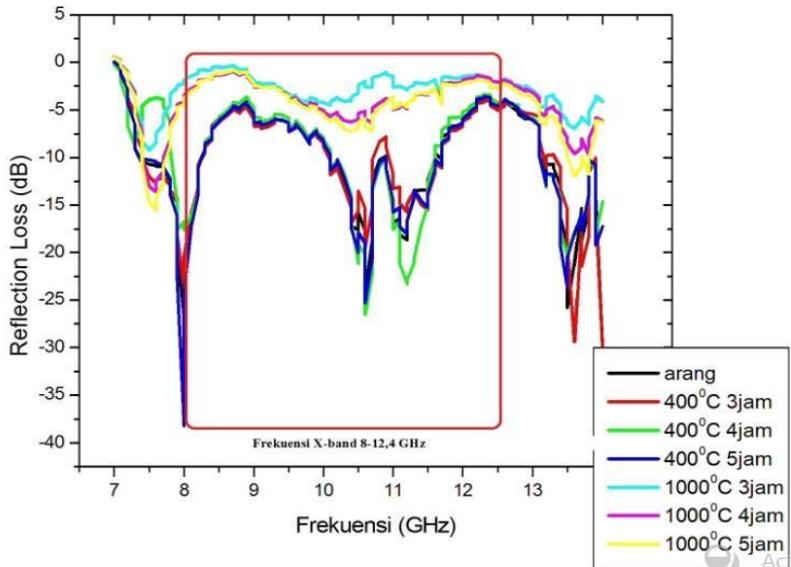


Gambar 2.10 Karakteristik Serapan Gelombang Mikro Grafit dan Grafena (Wang, et al., 2011)

Material rGO berbahan dasar arang tempurung kelapa, telah dilakukan kajian untuk dijadikan sebagai serapan gelombang mikro. Arang tempurung kelapa diberikan perlakuan pemanasan pada suhu 400°C dan 1000 °C dengan variasi waktu penahanan 3, 4, dan 5 jam. Berdasarkan hasil nilai serapan gelombang mikro yang diperoleh sesuai pada Tabel 2.2 dan ditunjukkan dengan Gambar 2.11 (Nugraha, 2014).

Tabel 2.2 Rugi refleksi beberapa variasi rGO tempurung kelapa

Material	Frekuensi (GHz)	RL (dB)
Arang	10,63	24,2
Arang 400°C 3jam	8,05	20,28
Arang 400°C 4jam	10,63	26,5
Arang 400°C 5jam	10,63	25,3
Arang 1000°C 3jam	10,08	4,46
Arang 1000°C 4jam	10,69	6,33
Arang 1000°C 5jam	10,36	7,18



Gambar 2.11 Grafik Hubungan Frekuensi Terhadap Rugi Refleksi Beberapa Variasi rGO Tempurung Kelapa (Nugraha, 2014)

“halaman sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Pada bagian ini dijelaskan tahapan-tahapan yang perlu dilakukan dalam penelitian. Tahapan-tapan ini digambarkan dalam suatu kerangka penelitian yang kemudian disebut dengan metodologi penelitian. Adapun *flowchart* pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.2 dan 3.3

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu alat pembakar, mortar, saringan mesh 200, neraca digital, spatula, *crucible*, *furnace*, pipet, gelas ukur, gelas beker, *hot plate*, *magnetic stirrer*, dan *centrifuge*. Karakterisasi material dilakukan dengan alat uji *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur kristal/fase bahan, CHONS dan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui komposisi unsur, *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk mengetahui distribusi ukuran partikel, *Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDX) untuk mengetahui bentuk morfologi dan mikro struktur.

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tempurung kelapa tua, asam sulfat (H_2SO_4), dan akuades.

3.2 Langkah Kerja

Pada bagian ini dibagi menjadi lima bagian yaitu persiapan serbuk bahan tempurung kelapa, proses pemanasan, proses pencampuran, proses ultrasonik, dan proses *centrifuge*

3.2.1 Persiapan Serbuk Bahan tempurung Kelapa

Tempurung kelapa yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari pasar keputih. Bahan yang telah diperoleh dibersihkan serabutnya, agar diperoleh hasil maksimal.

Tempurung kelapa tua dijemur dibawah sinar matahari selama sehari, dan dibakar hingga terbentuk arang berwarna hitam. Bahan dihaluskan dengan mortar dan kemudian diayak dengan mesh 200.

3.2.2 Proses Pemanasan

Serbuk arang dimasukkan ke dalam *crucible* untuk dilakukan karbonisasi, proses pemanasan menggunakan alat *furnace* dengan waktu penahanan (*holding time*) selama 5 jam pada variasi suhu 400°C dan 700°C. Nugraheni dkk (2015) menyebutkan bahwa proses pemanasan serbuk arang yang telah dilakukan dengan waktu penahan 5 jam dan variasi suhu 400°C dan 700°C terbentuk fasa rGO, sehingga hal inilah yang menjadi rujukan untuk penelitian ini. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menyebutkan bahwa pemanasan dengan suhu 400° C pada bahan organik melalui proses pirolisis akan menyebabkan pecahnya rantai C-O dan C-H (Rachimoellah, 1997).

3.2.3 Proses Pencampuran

Material rGO yang telah diperoleh dari proses pemanasan, selanjutnya dilakukan pencampuran larutan asam sulfat (H_2SO_4) 1 M. Penelitian ini menggunakan variasi mol antara larutan asam sulfat (H_2SO_4) dengan rGO yaitu 1:1, 1:5, serta 1:10 dari hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Islamiyah (2017) sebagai rujukan pada penelitian ini. Proses pencampuran ini dilakukan dengan menggunakan *hot plate magnetic stirrer* pada suhu 70°C selama 20 jam. Tujuannya adalah untuk eksfoliasi secara kimia.

3.2.4 Proses Ultrasonifikasi

Proses ultrasonik dilakukan dengan tujuan untuk menyayat ikatan antara lapisan rGO sehingga menghasilkan ukuran ketebalan partikel yang tipis. Proses ultrasonik yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan daya 500 watt dengan waktu penyayatan 6 jam. Pemilihan parameter ini berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Islamiyah, 2017).

3.2.5 Proses *Centrifuge*

Proses *centrifuge* dilakukan dengan tujuan untuk memisahkan antara endapan dengan pelarutnya agar diperoleh larutan tanpa endapan. Sentrifugasi dilakukan selama 40 menit pada alat *centrifuge* dengan kecepatan putar 3500 rpm. Selanjutnya, larutan rGO dilakukan karakterisasi menggunakan alat uji *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk memperoleh distribusi ukuran partikel.

3.3 Karakterisasi Material

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi material yang meliputi *X-Ray Fluorescence* (XRF), CHONS, *X-Ray Diffraction* (XRD), *Particle Size Analyzer* (PSA), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), Konduktivitas Listrik Metode Hukum Ohm, *Vector Network Analyzer* (VNA).

3.3.1 X-Ray Fluorescence (XRF) dan CHONS

Pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF) dilakukan untuk mengetahui komposisi unsur yang terkandung dalam material. Pengujian ini dilakukan di Universitas Negeri Malang dengan menggunakan alat XRF tipe PANalytical Minipal 4. Pengujian CHONS digunakan untuk mengetahui komposisi unsur yang terkandung pada material. Kelebihan dari alat uji ini yaitu dapat mendeteksi unsur dengan nomor atom yang lebih kecil dibandingkan XRF. Pengujian CHONS dilakukan di Laboratorium Pemulihan air Departemen Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

3.3.2 X-Ray Diffraction (XRD)

Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan untuk identifikasi fasa (senyawa dengan struktur kristal tertentu) yang terbentuk pada material. Prinsipnya yaitu, efek interferensi yang disebabkan oleh terjadinya hamburan sinar radiasi pada arah tertentu, dan mengikuti hukum Bragg. Sumber radiasi sinar-X yang digunakan berasal dari Cu-K α dengan panjang gelombang

1.541874 Å (Cullity, 1978). Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan Philips X'Pert MPD (*Multi Purpose Diffractometer*) di Departemen Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pengujian dilakukan pada rentang sudut (2teta) 10°-60° dengan *step size* (2teta) 0.02°.

3.3.3 Particle Size Analyzer (PSA)

Pengujian *Particle Size Analyzer* (PSA) dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel dengan menggunakan prinsip *Dynamic Light Scattering* (DLS), atau waktu korelasi dari hamburan sinar terhadap partikel. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Zat Padat Departemen Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

3.3.4 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Pengujian *Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDX) dilakukan untuk mengetahui struktur mikro, distribusi material, dan bentuk morfologi material. Pengujian SEM dilakukan di LPPM Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

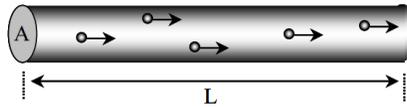
3.3.5 Konduktivitas Listrik

Pengujian konduktivitas listrik bertujuan untuk mengetahui nilai mobilitas pergerakan elektron dalam sebuah medium. Pada pengujian ini digunakan metode pengukuran resistansi dari material rGO yang digunakan, dengan alat ohm meter SANWA CD772. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Madya ITS. Persamaan konduktivitas listrik diungkapkan dalam ekspresi berikut

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

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

Dimana R adalah resistansi (Ω), ρ adalah resistivitas (Ω/m), L adalah panjang medium (m), A adalah Luas penampang (m^2), σ adalah konduktivitas (m/Ω) (Abdullah, 2006).



Gambar 3.1 Ilustrasi kabel konduktor yang dialiri arus listrik (Abdullah, 2006).

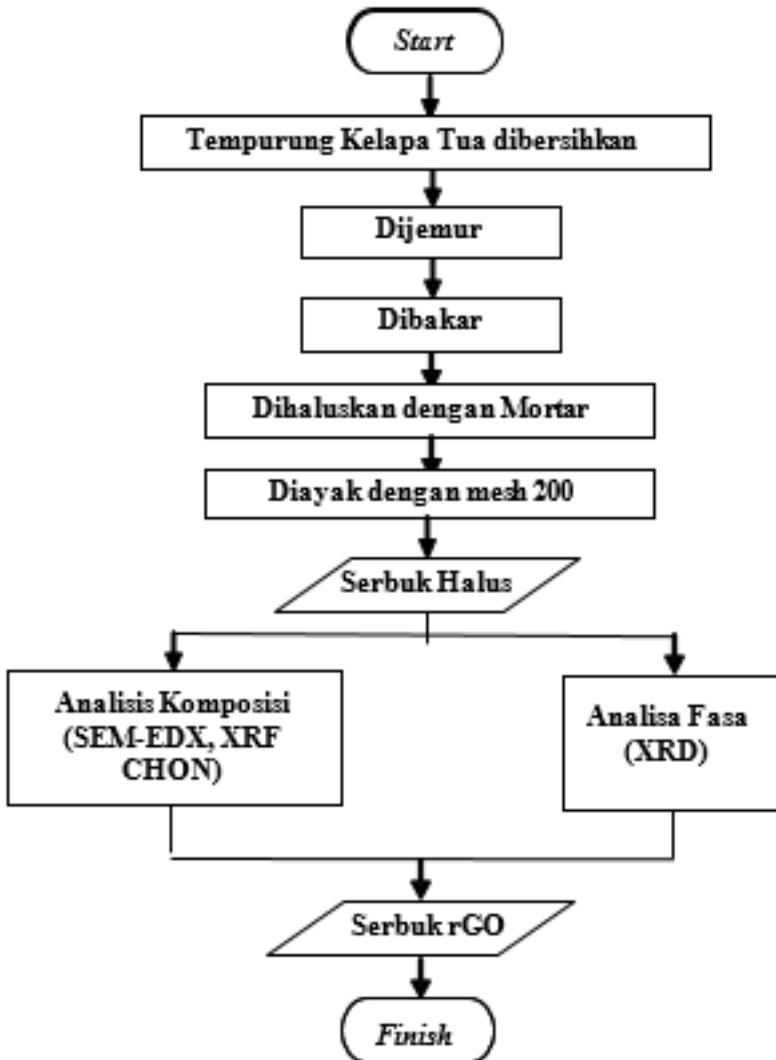
3.3.6 Vector Network Analyzer (VNA)

Pengujian *Vector Network Analyzer* (VNA) dilakukan untuk mengukur gelombang mikro dan parameter *scattering* pada suatu bahan dalam rentang frekuensi tertentu/yang diberikan (nilai *Reflection Loss*). Alat VNA bekerja dengan cara mengirimkan sinyal dari bagian menuju bagian *Device Under Test* (DUT). Fenomena yang terjadi pada bagian tersebut meliputi terefleksinya beberapa sinyal ke bagian 1, sebagian dihamburkan pada DUT, dan sebagian yang lain ditransmisikan ke bagian ke 2. Pengukuran VNA secara akurat merupakan perbandingan kompleks antara sinyal terpantul (refleksi) dengan sinyal awal (S_{11}), sebagaimana perbandingan antara sinyal transmisi dengan sinyal awal (S_{21}). Pengujian ini dilakukan di LIPI Bandung Jawa Barat. Untuk menghitung nilai impedansi material absorber, diungkapkan dalam persamaan

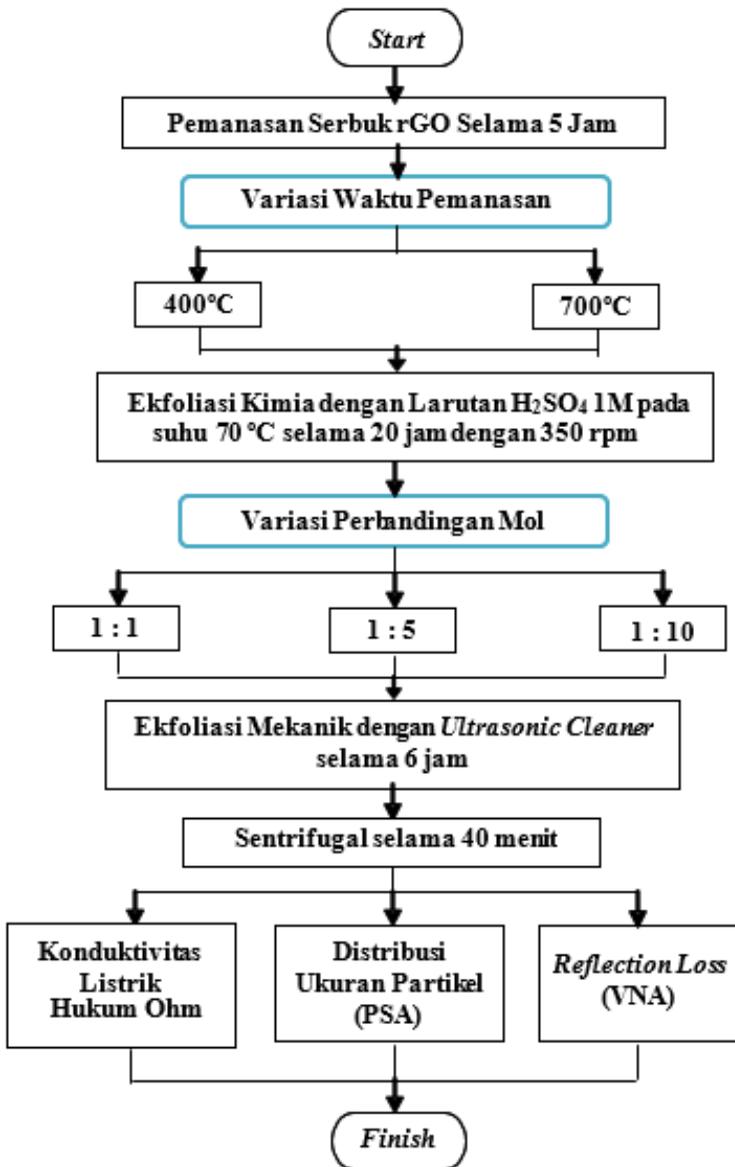
$$S_{11} = \left| \frac{Z-1}{Z+1} \right| \quad (3)$$

$$Z = \left| \frac{Z_{in}}{Z_0} \right| \quad (4)$$

Dimana S_{11} merupakan koefisien refleksi, Z adalah impedansi ternormalisasi, Z_{in} adalah impedansi masukan dari material, dan Z_0 adalah impedansi karakteristik gelombang EM di udara, dengan nilai 377Ω (Das, et al., 2015).



Gambar 3.2 *Flowchart* pembuatan rGO



Gambar 3.3 Flowchart Eksfoliasi Kimia dan Mekanik

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN DISKUSI

4.1 Analisis Serbuk Arang Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa tua yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari pasar Keputih, Sukolilo, Surabaya. Tempurung kelapa dibersihkan dari serabut (sabut), dan daging buahnya. Sehingga diperoleh massa bersih batok kelapa yaitu 23 kg, kemudian tempurung kelapa dipanaskan/dijemur dibawah terik matahari dengan tujuan untuk mengurangi kadar air, agar mudah dilakukan proses pembakaran. Batok kelapa dibakar di lingkungan terbuka dengan menggunakan api sehingga diperoleh produk arang berwarna hitam, pembakaran ini bertujuan untuk meningkatkan unsur karbon dan mengurangi impuritas meliputi *volatile* atau material yang mudah menguap (Budi, 2011). Massa arang yang diperoleh hasil pembakaran yaitu 5 kg. Selama proses pembakaran, arang yang diperoleh sebagian kecil ada yang runtuh dibawah dan tidak bisa diambil. Arang tempurung kelapa selanjutnya dihaluskan dengan menggunakan mortar, dan diayak menggunakan *mesh* 200 agar diperoleh distribusi ukuran arang yang homogen. Selanjutnya, serbuk arang diberikan perlakuan panas untuk mengurangi unsur impuritas pada suhu 400°C dan 700°C selama 5 jam.

4.2 Analisis Komposisi Unsur Bahan Dasar

Bahan dasar yang digunakan pada penelitian ini yaitu arang tempurung kelapa produk dari pembakaran tak sempurna. Dikarenakan sampel yang digunakan penelitian ini merupakan bahan alam, dan memiliki berbagai komposisi pembentuknya, dari hasil proses penyerapan unsur hara oleh tumbuhan kelapa. Maka dari itu, dilakukan pengujian dengan menggunakan alat CHONS dan XRF yang bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan unsur yang terdapat dalam bahan dasar. Penggunaan dua alat uji ini dikarenakan pada alat CHON hanya dapat mendeteksi unsur dengan nomor atom dibawah Na. Pengujian CHON pada penelitian ini dikarenakan kandungan unsur utama yang terdapat pada

material arang tempurung kelapa didominasi karbon akibat dari perlakuan pembakaran. Sedangkan untuk menguji ketidakmurnian (impuritas) unsur lain, dapat dilakukan pengujian dengan alat XRF yang dapat mendeteksi unsur dengan nomor atom diatas unsur Na sampai U. Hal ini dikarenakan material alam seperti tempurung kelapa memiliki kandungan seperti lignin, selulosa, dan hemiselulosa (Pugersari, et al., 2013). Terdapatnya kandungan tersebut dikarenakan selama pertumbuhannya hingga berbuah, unsur hara yang terdapat dalam tanah diserap oleh tanaman kelapa, diolah dalam proses fotosintesis hingga didistribusikan ke seluruh bagian dari tanaman kelapa, seperti salah satunya yaitu buah (sabut, daging buah, tempurung). Hasil antar kedua pengujian ini selanjutnya dilakukan perbandingan. Sehingga diperoleh persentase keseluruhan unsur yang terkandung dalam arang tempurung kelapa, seperti tertuang dalam Tabel 4.1

Tabel 4.1 Komposisi Unsur Arang Tempurung Kelapa

No	Unsur	Jumlah (%)
1	C	53,650
2	N	0,099
3	H	6,262
4	O	34,080
5	S	0,011
6	P	0,195
7	K	5,002
8	Fe	0,136
9	Ni	0,022
10	Cu	0,300
11	Zn	0,065
12	Rb	0,071
13	Yb	0,018
14	Re	0,059

15	Os	0,030
Total		100



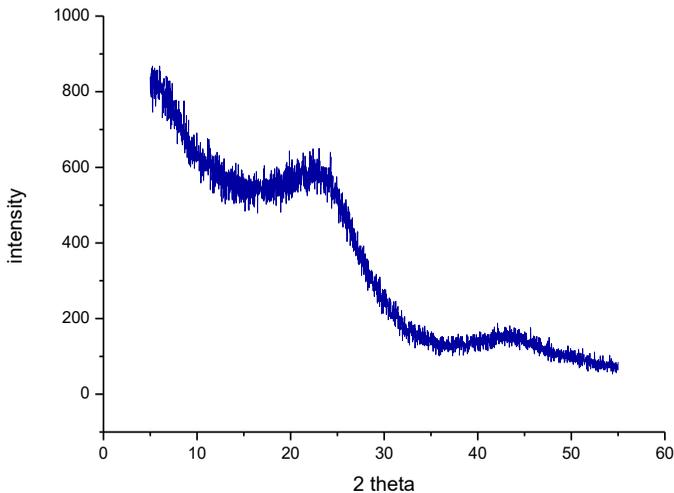
Gambar 4.1 Preparasi Serbuk Tempurung Kelapa

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada material arang tempurung kelapa tua, terdapat 15 unsur penyusun. Unsur yang paling dominan yaitu karbon, oksigen dan hidrogen secara berturut-turut bernilai 53,65% 34,080% dan 6,262%. Sedangkan unsur lainnya merupakan unsur impuritas yang meliputi N, S, P dll dikarenakan persentasenya yang sangat kecil. Komposisi kandungan unsur pada penelitian ini memiliki kemiripan dengan penelitian sebelumnya, yakni unsur yang dominan pada arang tempurung kelapa berturut-turut adalah C, O, dan H dengan nilai 81,48% 9,02% dan 7,61% (Islamiyah, 2017). Perbedaan persentase kandungan unsur atom C, O, H ini disebabkan oleh, penelitian ini dilakukan uji CHON dan XRF setelah didapatkan hasil pembakaran tempurung kelapa, dan ukuran serbuknya telah dihomogenkan dengan *mesh* 200. Sedangkan penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa, peningkatan kandungan unsur karbon dan penurunan kandungan unsur O dan H serta unsur impuritas, dikarenakan perlakuan panas 400°C selama 5 jam,

setelah diperoleh serbuk arang tempurung kelapa hasil pembakaran. Hal ini membuktikan bahwa sesudah pemberian panas mengakibatkan meningkatnya kadar karbon dan berkurangnya impuritas karena telah terlepas dari ikatannya dan menguap (Islamiyah, 2017).

4.3 Analisis Fasa (XRD)

Pengujian XRD bertujuan untuk menentukan fasa yang terbentuk dari suatu sampel. Prinsip kerjanya yaitu menggunakan hukum Bragg. Penelitian ini menggunakan bahan dasar arang tempurung kelapa dari hasil pembakaran, yang selanjutnya dihaluskan dan diayak menggunakan *mesh* 200. Serbuk yang homogen ini dilakukan uji XRD dan diperoleh hasil pola difraksi seperti pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Pola XRD rGO Arang Tempurung Kelapa

Berdasarkan pola difraksi arang tempurung kelapa pada Gambar 4.2, diperoleh 3 informasi mengenai posisi puncak, tinggi puncak (intensitas), dan lebar setengah puncak. Merujuk dari hasil pengujian diatas, mengindikasikan bahwa terdapat dua posisi

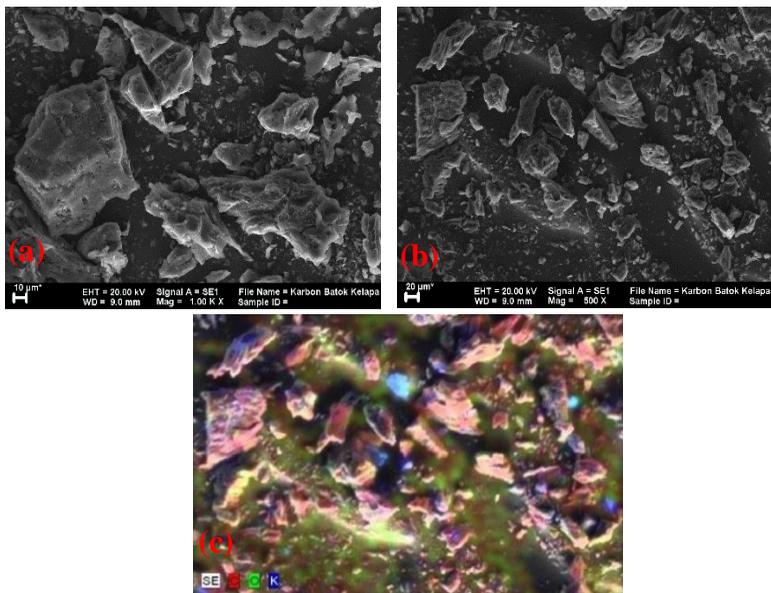
puncak (2teta) berturut-turut dengan bidang kristalnya 23,61 (002) dan 44,60 (100) serta memiliki puncak yang lebar. Hal ini mengindikasikan terbentuknya kristal yang kecil. Fasa yang terbentuk dari hasil uji XRD diatas yaitu rGO, dikarenakan pola difraksinya memiliki kecocokan dengan penelitian sebelumnya melalui karbonisasi tempurung kelapa dan metode Hummer, seperti yang terlihat pada Gambar 2.3 (Fu, et al., 2013) (Nugraha, 2014).

4.4 Analisis Morfologi (SEM)

Pengujian SEM bertujuan untuk mengetahui bentuk morfologi dari suatu material. Prinsip kerja yang digunakan yaitu pemanfaatan dari deteksi *secondary electron* yang terpantul akibat terkenanya permukaan sampel oleh pemindaian berkas elektron. Berkas elektron yang digunakan berasal dari *electron gun*, biasanya menggunakan filamen tungsten, yang mana diantara filamen tersebut terdapat katoda dan anoda, berfungsi untuk menarik elektron menuju ke anoda akibat adanya medan. Selanjutnya berkas elektron difokuskan dengan adanya lensa kondenser dan menuju ke permukaan sampel yang menimbulkan adanya *Secondary Electron* maupun *Back Scattered Electron*. Hamburan berkas elektron ini dideteksi oleh detektor dan diperkuat sinyalnya, kemudian dimunculkan sebagai gambar morfologi melalui monitor. Perbesaran yang dapat dicapai oleh alat SEM ini berkisar antara 10-3000000 kali dengan resolusi sebesar 1-10 nm.

Arang batok kelapa hasil pembakaran yang telah dihaluskan dan diayak menggunakan mesh 200 selanjutnya dilakukan pengujian morfologi menggunakan alat SEM. Visualisasi hasil uji SEM ditunjukkan pada Gambar 4.3. Terlihat bahwa morfologi dari rGO tempurung kelapa memiliki bentuk yang beragam dan berbeda-beda ukurannya. Dari kedua Gambar 4.3 (a) dan (b), diperoleh ukuran partikelnya dari 3 μm sampai dengan 102 μm , sehingga perlu dilakukan reduksi ukuran partikel dari RGO

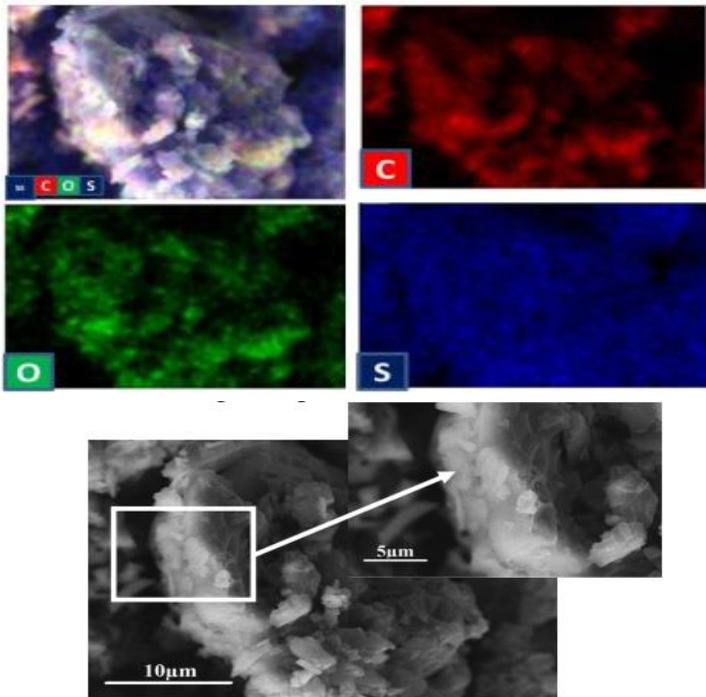
dengan menggunakan metode eksfoliasi kimia (penambahan asam kuat H_2SO_4) dan mekanik (teknik sonikasi dengan *ultrasonic cleaner*). Berdasarkan Gambar (c) menunjukkan bahwa terdapat unsur karbon dengan warna merah, oksigen dengan warna hijau dan kalium dengan warna biru. Warna merah mendominasi pada sampel rGO menunjukkan bahwa pada sampel rGO, unsur karbon adalah unsur mayoritas, sedangkan unsur oksigen lebih sedikit dibandingkan dengan unsur karbon, namun lebih banyak dibandingkan unsur kalium.



Gambar 4.3 Morfologi Arang Tempurung Kelapa (a) perbesaran 1000 kali dan (b) perbesaran 500 kali (c) Hasil SEM-EDX rGO dengan perbesaran 500 kali

Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa, rGO yang diberikan perlakuan panas dengan suhu $400^{\circ}C$ selama 5 jam dan dilakukan eksfoliasi kimia (H_2SO_4)-mekanik (ultrasonik) telah mengalami penyusutan menjadi lapisan tipis. Dibuktikan dengan

hasil uji SEM yang menunjukkan adanya lapisan tipis yang terlihat transparan, meskipun masih terdapat beberapa bentuk gumpalan-gumpalan. Lapisan tipis yang terbentuk diakibatkan oleh terlepasnya ikatan Van Der Waals antar lapisan rGO karena proses kimia, sehingga ion SO_4^{2-} menyisip diantara lapisan rGO, menyebabkan peningkatan jarak antar lapisan. Proses mekanik dengan teknik sonikasi juga membantu untuk melepas ikatan Van Der Waals, yang ikatannya telah dilemahkan oleh penyisipan ion SO_4^{2-} , sehingga dapat terlepas dari lapisan antar rGO. Ilustrasi dari hasil uji SEM-EDX setelah diberikan perlakuan eksfoliasi kimia-mekanik ditunjukkan oleh Gambar 4.4 (Islamiyah, 2017).



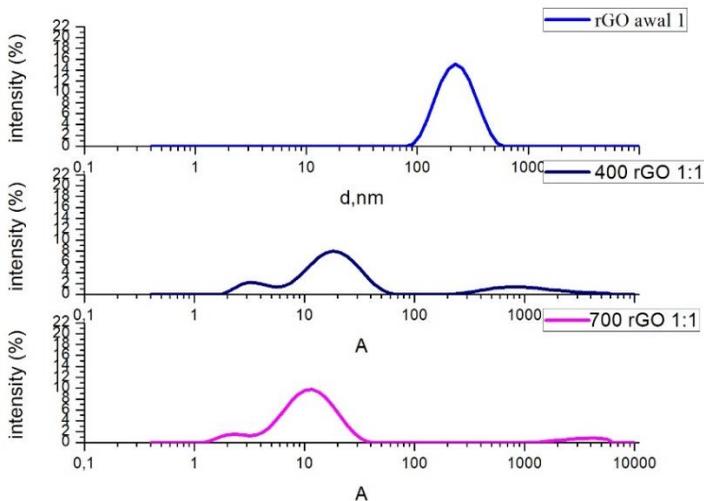
Gambar 4.4 Hasil SEM-EDX Morfologi rGO dengan Penambahan H_2SO_4 (Islamiyah, 2017)

4.5 Analisis Distribusi Ukuran Partikel

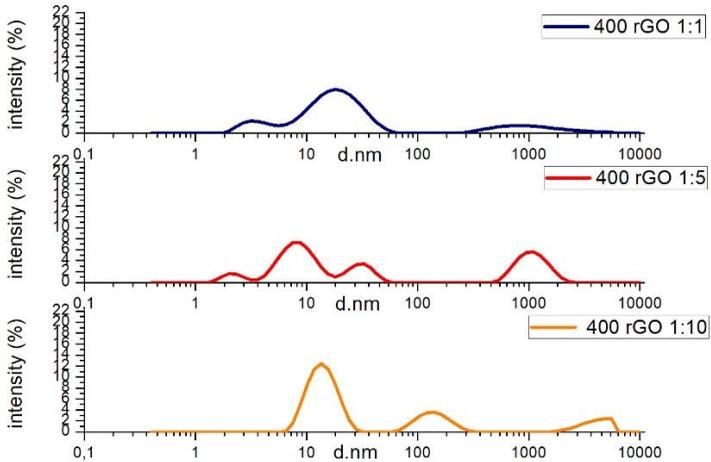
Pengujian distribusi ukuran partikel menggunakan alat *Particle Size Analyzer* (PSA). Pengujian ini menggunakan material yang terlarut dalam larutan dan diletakkan pada sebuah wadah (*cuvette*). Prinsip kerja dari PSA yaitu dengan memanfaatkan *Dynamic Light Scattering* (DLS), dan perhitungan waktu korelasi hamburan sinar terhadap gerak partikel (gerak acak/gerak Brownian). Alat PSA menggunakan sumber cahaya dari laser, yang ditembakkan ke sampel uji sehingga akan ada sinar yang terhamburkan oleh partikel dalam sampel tersebut. Sinar yang dihamburkan akan berfluktuatif, kecepatan fluktuatifnya bergantung terhadap ukuran partikel dan kecepatan fluktuatif sebanding dengan waktu korelasi. Waktu korelasi erat kaitannya dengan kecepatan gerak dari partikel. Kecepatan gerak partikel dipengaruhi oleh viskositas larutan, suhu, dan ukuran partikel. Gerak Brownian akan semakin cepat ketika ukuran partikelnya kecil, begitupun sebaliknya. Partikel yang besar akan bergerak lebih lambat. Akibat dari kecepatan gerak partikel ini mempengaruhi hasil dari waktu korelasi yang dihitung, partikel yang besar akan memiliki waktu korelasi yang lambat. Sedangkan partikel kecil memiliki waktu korelasi terukur yang semakin cepat. Sehingga dari hasil pengukuran ini diperoleh grafik distribusi ukuran partikel terhadap intensitas.

Serbuk arang hasil pembakaran tempurung kelapa dilakukan pengujian untuk mengetahui distribusi ukuran partikelnya. Diperoleh bahwa distribusi ukurannya sesuai dengan Gambar 4.5 yaitu diatas 100 nm yang masih cukup besar. Maka dari itu, diberikan perlakuan yang bertujuan untuk memperkecil ukurannya. Pada penelitian ini, dilakukanlah metode eksfoliasi kimia dan mekanik. Secara kimia, diharapkan penggunaan senyawa asam dapat menyisipkan atom, ion, maupun molekul ke dalam antar lapisan grafena, sehingga meningkatkan jarak antar lapisan. Senyawa kimia yang digunakan yaitu asam kuat H_2SO_4 . Langkah pertama yang digunakan yaitu mencampurkan rGO dan

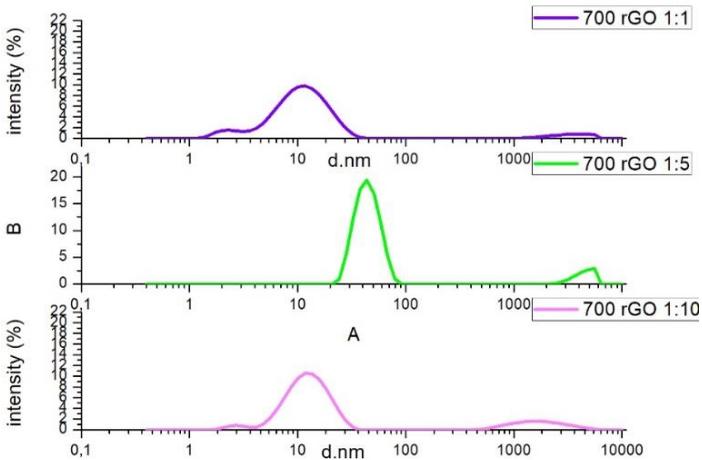
H_2SO_4 pada volume 100 mL dengan suhu 70°C selama 20 jam. Perlakuan ini bertujuan untuk menyisipkan ion SO_4^{2-} diantara lapisan rGO. Ion SO_4^{2-} dapat menyisip dikarenakan adanya bantuan pengadukan dan pemberian suhu, sehingga memperoleh energi yang cukup. Akibat dari menyisipnya ion SO_4^{2-} yaitu terjadi penambahan jarak antar lapisan rGO, sehingga dapat melemahkan ikatan *Van Der Waals*. Ilustrasi dari penambahan jarak antar lapisan ditunjukkan oleh Gambar 2.5. Selanjutnya dilakukan perlakuan yang kedua, yaitu dengan teknik sonikasi menggunakan alat *ultrasonic cleaner* berdaya 600 Watt pada material yang telah di eksfoliasi kimia. Eksfoliasi mekanik ini dilakukan selama rentang waktu 6 jam. Alat ultrasonik ini menghasilkan gelombang mikro, sehingga mampu menggetarkan material rGO yang ikatan *Van Der Waals*nya telah melemah karena tersisipnya ion SO_4^{2-} , akibatnya lapisan antar rGO dapat terlepas, sehingga diperoleh lapisan yang lebih tipis. Ilustrasi dari perlakuan sonifikasi ditunjukkan oleh Gambar 2.6.



Gambar 4.5 Distribusi Ukuran Partikel rGO Tanpa Perlakuan, rGO 400 $^\circ\text{C}$ 1:1, rGO 700 $^\circ\text{C}$ 1:1



Gambar 4.6 Distribusi Ukuran Partikel rGO Suhu 400°C dengan Variasi Mol H_2SO_4 : rGO



Gambar 4.7 Distribusi Ukuran Partikel rGO Suhu 700°C dengan Variasi Mol H_2SO_4 : rGO

Secara keseluruhan, proses eksfoliasi kimia dengan penambahan asam sulfat dan eksfoliasi mekanik telah tercapai. Dibuktikan dengan hasil distribusi ukuran partikel sebelum dan sesudah diberi perlakuan. Menurut data hasil pengukuran, diperoleh distribusi ukuran partikel rGO arang tempurung kelapa hasil pembakaran, dengan tanpa perlakuan selanjutnya memiliki distribusi ukuran partikel 209 nm, masih cukup besar, yang ditampilkan pada Gambar 4.5. Material dapat dikatakan memiliki dimensi nanopartikel apabila rata-rata distribusi ukuran partikelnya dapat mencapai dibawah ukuran 100nm. Maka dari itu, jika dibandingkan dengan hasil yang diperoleh sesudah perlakuan eksfoliasi kimia-mekanik, diperoleh rata-rata distribusi ukuran partikelnya jauh lebih kecil, dengan rata-rata sudah dibawah 20 nm. Hal ini menunjukkan bahwa, secara garis besar perlakuan eksfoliasi kimia-mekanik dapat mereduksi ukuran partikel. Sesuai dengan grafik hasil eksfoliasi kimia-mekanik pada Gambar 4.5, terlihat memiliki kecenderungan bahwa semakin kecil ukuran partikel seiring dengan peningkatan suhu. Hal ini terjadi disebabkan oleh pada suhu 1000°C memberikan energi yang cukup untuk mengurangi unsur impuritas dibandingkan dengan pemberian suhu 400°C. hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Kurniasari (2017) menyebutkan bahwa, untuk perbandingan antara suhu pemanasan 400 °C dengan 700 °C yang telah mengalami hilangnya beberapa gugus fungsi impuritas pada material rGO (Kurniasari, 2017). Oleh sebab itu, penurunan unsur impuritas mengakibatkan ukuran partikel material rGO dengan pemanasan 700 °C lebih kecil dibandingkan dengan pemanasan 400°C.

Perlakuan eksfoliasi kimia dan mekanik telah tercapai untuk sampel rGO yang telah dipanaskan dengan suhu 400°C selama 5 jam, dan ditampilkan dengan grafik pada Gambar 4.6 bahwa perbedaan variasi mol menunjukkan keseluruhan sampel membentuk distribusi ukuran partikel dibawah 50 nm dengan berbagai intensitas yang berbeda-beda. Sama halnya dengan material rGO yang dipanaskan dengan suhu 700°C, telah diperoleh

distribusi ukuran partikelnya dibawah 50 nm dengan intensitas yang berbeda-beda, ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 4.7. Untuk keseluruhan distribusi ukuran partikel berbagai variasi suhu dan mol, ditunjukkan oleh Tabel 4.2. Menurut hasil pengujian distribusi partikel kedua variasi suhu, menunjukkan kecenderungan yang sama yaitu semakin kecil perbandingan molnya juga semakin kecil distribusi ukuran partikelnya, hal ini bisa jadi dikarenakan semakin banyaknya ion yang menyisip pada ruang antar lapisan rGO dibandingkan dengan perbandingan mol yang semakin besar, penambahan mol rGO dan mol asamnya sama mengakibatkan berkurangnya ion yang dapat menyisip pada ruang antar lapisan rGO. Jika dilihat pada gambar grafik distribusi ukuran partikel untuk Gambar 4.6 dan 4.7, menunjukkan terdapat adanya beberapa distribusi ukuran partikel pada rentang daerah 1000nm. Terbentuknya partikel berukuran mikro ini bisa jadi disebabkan oleh penggunaan larutan dengan 1M. Akibatnya, larutannya cukup pekat sehingga mampu untuk membuat partikel untuk beraglomerasi.

Tabel 4.2 Distrbusi Ukuran Partikel pada Berbagai Variasi Suhu dan Mol

No	Suhu	H ₂ SO ₄ : rGO	Distribusi Ukuran Partikel (nm)			
			Puncak 1	Puncak 2	Puncak 3	Rata- rata
1	Tanpa perlakuan	S0_1	236,5	-	-	209
2	400°C	1:1	19,86	1290	12,5	13,60
3		1:5	8,740	1107	30,81	14,26
4		1:10	14,25	143,1	4054	19,15
5	700°C	1:1	12,21	2,307	3468	8,916
6		1:5	44,91	4517	-	45,38
7		1:10	13,25	1884	2,728	12,53

Apabila dibandingkan dengan hasil uji SEM, terlihat bahwa diperoleh ukuran partikel dengan rentang antara 3 µm

sampai dengan 102 μm . Hasil ini jauh berbeda dengan distribusi ukuran partikel yang dilakukan dengan uji PSA. Perbedaan ini disebabkan oleh perlakuan sentrifugal pada sampel untuk uji PSA. Sampel yang digunakan untuk keperluan uji harus berada dalam sebuah larutan. Untuk mempermudah dan mempercepat pemisahan antara koloid dengan endapannya (material dengan partikel yang lebih besar) maka digunakan alat *centrifuge*. Sehingga hanya digunakan larutan koloid untuk uji PSA. Jika dilihat sekilas pada hasil uji SEM, terlihat masih ada ukuran partikel yang lebih kecil, diidiasikannya oleh adanya sekumpulan materi yang mengelilinginya. Diibaratkan seperti adanya sekumpulan pasir disekeliling bongkahan batu. Namun kurang terlihat jelas dikarenakan perbesarannya kurang maksimal.

Penggunaan eksfoliasi kimia-mekanik dengan penambahan H_2SO_4 cukup efektif untuk mereduksi ukuran partikel dari rGO tempurung kelapa. Namun terdapat efek yang ditimbulkan setelah penggunaan larutan H_2SO_4 terhadap hasil serbuk yang diperoleh. Serbuk rGO menjadi lebih cepat basah jika didiamkan dalam lingkungan terbuka, artinya serbuk rGO hasil eksfoliasi kimia-mekanik ini suka mengikat oksigen. Sehingga oksigen yang terikat menyebabkan serbuk menjadi lebih basah. Karena berdasarkan hasil uji FTIR yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya menunjukkan bahwa ion SO_4^{2-} mengikat pada ikatan utama unsur karbon. Terdapat ikatan C=C, O-H, C-H, C-O dan C-S (Islamiyah, 2017).

Peneliti yang dilakukan oleh Nadiyyah (2018) menggunakan asam klorida untuk proses eksfoliasi kimia pada material rGO tempurung kelapa tua dengan suhu pemanasan 400°C dan 700°C . Salah satu hasil penelitian Nadiyyah (2018) menyebutkan bahwa untuk material rGO yang diberi perlakuan pemanasan 400°C dengan variasi mol $\text{HCl}:\text{rGO}$ 1:1 mengungkapkan terbentuknya distribusi ukuran partikel 48,95 nm, apabila dibandingkan dengan penelitian ini pada variasi suhu dan variasi mol yang sama, diperoleh distribusi ukuran partikel 13,60 nm (Nadiyyah, 2018). Perbedaan ukuran ini terlihat signifikan

antara kedua perbedaan larutan yang digunakan. Hal ini dipengaruhi oleh faktor jari-jari ion SO_4^{2-} yang lebih besar dibandingkan dengan jari-jari ion Cl^- . Marcus (1988) telah melakukan riset terhadap jari-jari ion beberapa senyawa dengan menggunakan beberapa metode, dengan melakukan perhitungan rata-rata diperoleh bahwa untuk ion SO_4^{2-} memiliki jari-jari $0,242 \pm 0,007$ nm sedangkan untuk ion Cl^- memiliki jari-jari $0,180 \pm 0,007$ nm (Marcus, 1988). Perbedaan jari-jari ini mengakibatkan perbedaan hasil jarak ekspansi antar lapisan rGO. Jari-jari ion yang besar mengakibatkan lebih meningkatnya jarak antar lapisan rGO dan menyebabkan akan lebih melemahkan ikatan Van Der Waals dibandingkan dengan jari-jari ion yang lebih kecil. Sehingga penggunaan larutan secara signifikan mempengaruhi hasil dari distribusi ukuran partikel. Penggunaan asam sulfat lebih menguntungkan dalam segi penurunan nilai distribusi ukuran partikel dibandingkan dengan penggunaan asam klorida.

4.6 Analisis Konduktivitas Listrik

Pengujian konduktivitas listrik pada material rGO tempurung kelapa dengan variasi suhu dan mol melalui metode eksfoliasi kimia dan mekanik menggunakan asam sulfat dilakukan dengan berdasarkan pengukuran hambatan (resistansi) / hukum ohm. Gambar 3.1 menampilkan ilustrasi adanya pergerakan bebas oleh elektron-elektron dalam medium kawat. Apabila tidak terdapat beda potensial diantara kedua ujung, maka pergerakan elektron antara ke kiri dan ke kanan memiliki nilai yang sama dan menimbulkan arus total nol. Sedangkan jika terdapat beda potensial di kedua ujung kawat, maka akan menimbulkan medan listrik. Medan listrik menyebabkan elektron bergerak karena tertarik olehnya, dan berlawanan arah dengan arah medan listrik. Dikarenakan dalam medium terdapat atom atom yang posisi rata-ratanya tetap, maka pergerakan elektron akan mengalami rintangan yang dinamakan hambatan. Besaran nilai hambatan diungkapkan sebagai resistansi (R). Besaran resistansi dengan luas penampang A dan panjang medium L serta resistivitas ρ dinyatakan dalam

persmaan 1 dan 2. Resistivitas merupakan sifat dari medium. Oleh sebab itu, material dengan resistivitas yang kecil memiliki nilai konduktivitas listrik yang tinggi, dan sebaliknya jika material memiliki resistivitas yang besar maka memiliki konduktivitas listrik yang kecil. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan 1 dan 2, diperoleh nilai konduktivitas listrik untuk berbagai macam variasi ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Pengukuran Konduktivitas Listrik rGO berbagai Variasi Suhu dan Mol

No	Suhu	H ₂ SO ₄ : rGO	Konduktivitas Listrik (S/m)
1	Tanpa perlakuan		$1,19 \times 10^{-3}$
2	400 °C	1:1	0,081815
3		1:5	0,233314
4		1:10	0,107546
5	700 °C	1:1	8,526138
6		1:5	28,63098
7		1:10	9,634283

Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa pola nilai antara kedua suhu memiliki kesamaan, yaitu nilai tertingginya diawali dengan perbandingan mol H₂SO₄ : rGO berturut-turut dari 1:5, 1:10, dan 1:1. Perbedaan nilai ini didasarkan pada adanya sisa hasil eksfoliasi yang masih terdapat dalam rGO. Hal ini dapat dilihat dari hasil uji FTIR yang dilakukan oleh Islamiyah (2017) bahwa ada ikatan ikatan C=C, O-H, C-H, C-O dan C-S. Sedangkan pengaruh perlakuan suhu juga memberikan dampak yang signifikan terhadap nilai konduktivitas listriknya. Menurut hasil pengujian diatas, untuk suhu yang lebih tinggi menghasilkan nilai konduktivitas yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan, perlakuan suhu tinggi menyebabkan tereduksinya impuritas pada material rGO. Hal ini didukung dengan uji komposisi unsur yang telah dilakukan pada penelitian ini dan dibandingkan dengan peneltian yang dilakukan oleh Islamiyah (2017) menyebutkan bahwa material rGO yang telah diberikan

perlakuan panas pada suhu 400 °C mengalami peningkatan unsur karbon dan mengurangi unsur impuritas. Implikasi dari hal ini adalah, peningkatan suhu dapat meningkatkan fase kristalinitas dari rGO tempurung kelapa. Peningkatan keteraturan atom mengakibatkan meningkatnya konduktivitas listrik yang diperoleh. Ukuran kristalinitas ini diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Nugraha (2014), dilihat dari lebar setengah puncak (FWHM) uji XRD bahwa untuk suhu yang tinggi memiliki lebar yang sempit dibandingkan dengan suhu yang lebih rendah. Semakin sempitnya nilai lebar setengah puncak dari XRD menandakan semakin meningkatnya ukuran kristalnya. Peningkatan nilai konduktivitas listrik juga diakibatkan oleh nilai distribusi ukuran partikelnya. Grafena satu lapis dan dua lapis memiliki nilai konduktivitas yang tinggi, dan bahkan nilai energi gapnya mendekati nol, namun ketika lapisan grafena mulai lebih tebal (lebih dari tiga lapis) nilai konduktivitasnya semakin menurun (Warner, 2013).

Penelitian yang dilakukan Nadiyyah (2018) menyebutkan bahwa nilai konduktivitas listrik untuk suhu 400°C dengan variasi mol HCl:rGO 1:1 diperoleh $2,1 \times 10^{-2}$ S/m, sedangkan pada penelitian ini pada suhu 400°C dan variasi mol H₂SO₄:rGO 1:1 diperoleh $8,18 \times 10^{-2}$ S/m. Oleh sebab itu, penggunaan pelarut asam sulfat menghasilkan nilai konduktivitas listrik yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan pelarut asam klorida.

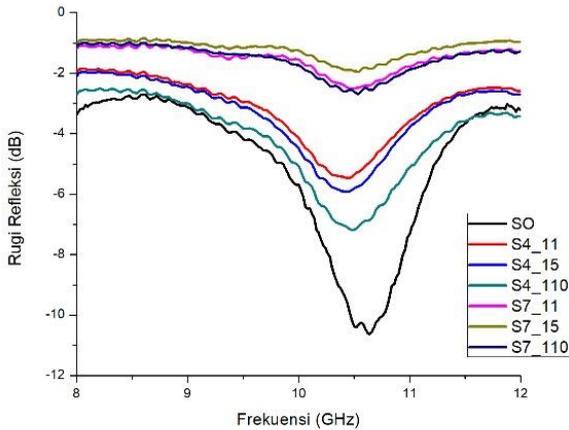
4.7 Analisis Rugi Refleksi

Material rGO murni merupakan material non magnetik, ia termasuk dalam kategori dielektrik. Oleh sebab itu, mekanisme penyerapan gelombang mikro pada material rGO sangat bergantung terhadap nilai rugi dielektrik dan karakteristik kesesuaian impedansinya. Namun, rGO memiliki nilai yang tinggi konduktivitas listriknya, sehingga apabila digunakan sebagai material absorber tunggal maka ia akan mempengaruhi kondisi dari karakteristik kesesuaian impedansi (Quan, et al., 2017) (Feng, et al., 2016). Salah satu faktor yang mempengaruhi rugi dielektrik (*dielectric loss*) yang dimiliki oleh rGO yaitu hilangnya gugus

fungsi oksigen dari permukaan grafena. Gugus fungsi oksigen dapat memberikan tambahan hilangnya *dipole relaxation* karena ketidaksamaannya nilai keelektronegatifan antara atom O dan C pada rGO, sehingga hal ini menyebabkan terjadinya dipol listrik permanen yang dapat membuat bergetar dan memutarnya medan listrik (Chen, et al., 2017). Terdapatnya atom atom O pada material ini dibuktikan dengan dilakukannya uji FTIR dan diperoleh bahwa terdapat ikatan meliputi C=C, C-C, dan juga terdapat ketidakmurnian seperti adanya ikatan C-H, C-O, C=O, dan O-H. Mekanisme penyerapan gelombang mikro pada material ini dapat dijelaskan melalui hubungan interaksi medan elektromagnetik dengan bahan, khususnya bahan dielektrik. Pada bahan dielektrik interaksinya ditinjau dari medan listriknya dengan dipol pada material dielektrik. Arah dipol dalam keadaan sebelum dikenai medan listrik, keseluruhan arahnya acak dan apabila dijumlahkan nilainya nol. Namun, ketika medan listrik dikenakan pada material maka arah dipol menyesuaikan dengan arah medan listrik. Karena medan listrik merupakan fungsi gelombang, maka arah dari dipol mengikuti arah medan yang menyebabkan terjadinya osilasi pada dipol, dipol-dipol yang berosilasi mengakibatkan adanya gesekan dengan dipol tetangganya, oleh sebab itu terjadilah konversi energi menjadi panas. Dipol-dipol pada materi rGO tempurung kelapa tua penelitian ini disumbang oleh adanya perbedaan keelektronegatifan antar unsur penyusunnya, seperti adanya unsur impuritas O dan H yang berikatan dengan unsur utama C.

Idealnya sebuah material serapan gelombang mikro memiliki nilai peningkatan serapan dari gelombang mikro yang datang ke lapisan material. Untuk mengidentifikasinya dapat dilakukan melalui nilai karakteristik kesesuaian impedansi, yang dinyatakan dalam persamaan $Z = \left| \frac{Z_{in}}{Z_0} \right|$. Z merupakan impedansi ternormalisasi, Z_{in} merupakan impedansi input dari material absorber, sedangkan Z_0 merupakan impedansi karakteristik gelombang EM di udara yang bernilai 377Ω . Ketika perhitungan nilai Z pada persamaan diatas diperoleh nilai sama dengan atau mendekati 1, maka hampir keseluruhan dari

gelombang EM dapat masuk ke dalam material absorber dan tidak ada refleksi gelombang EM ke udara. Artinya bahwa, ketika nilai Z sama dengan atau hampir mendekati 1 maka nilai serapan gelombang mikro akan semakin baik, dan sebaliknya jika nilai Z mendekati 0 maka nilai serapan semakin buruk (Huang, et al., 2016).



Gambar 4.8 Nilai Rugi Refleksi Material rGO Tempurung Kelapa dengan Berbagai Variasi

Pada penelitian ini, pengukuran serapan gelombang mikro dengan Alat *Vector Network Analyzer* dilakukan di Pusat Penelitian Elektronika Terapan LIPI Bandung. Sampel dipreparasi ke dalam holder dengan ketebalan 2mm. rentang frekuensi yang digunakan yaitu 8-12 GHz. Pemilihan rentang frekuensi ini mengikuti penelitian yang telah dilakukan oleh Nugraha (2014). Berdasarkan nilai hasil uji VNA yang telah dilakukan, diperoleh nilai maksimum serapan gelombang RL yaitu 10,6244 dB pada frekuensi 10,64 GHz untuk material rGO awal tanpa diberikan perlakuan. Sesudah diberikan perlakuan eksfoliasi kimia dan mekanik, nilai serapan gelombangnya semakin menurun. Hal ini dipengaruhi oleh nilai konduktivitas listrik yang tinggi dari

material rGO tersebut. Konduktivitas dan parameter elektromagnetik grafena murni sangat tinggi untuk memenuhi karakteristik kesesuaian impedansi, sehingga sangat mempengaruhi lemahnya kondisi kesesuaian impedansi yang dihasilkan. Selanjutnya akan menghalangi secara ekstrim nilai penyerapan gelombang (Feng, et al., 2016). Jika dilihat dari sudut pandang tersebut, maka hal tersebut memiliki kesamaan dengan hasil yang diperoleh pada penelitian ini, bahwa untuk nilai konduktivitas semakin tinggi mengakibatkan lemahnya kondisi kesesuaian impedansinya, dan mengurangi nilai rugi refleksi. Material yang konduktif memiliki banyak awan-awan elektron. Elektron akan berinteraksi dengan gelombang mikro yang datang, mengakibatkan terjadinya getaran elektron. Menurut elektrostatis, getaran elektron tersebut akan menyebabkan timbulnya gelombang baru (sekunder) yang besar frekuensinya sama dengan frekuensi gelombang yang datang. Oleh sebab itulah, nilai daripada serapan gelombang mikro pada penelitian ini relatif kecil.

Penelitian yang dilakukan oleh Nugraha (2014) mengungkapkan bahwa pemberian perlakuan pemanasan mempengaruhi nilai dari serapan gelombangnya. Pemanasan yang lebih tinggi menyebabkan nilai serapan gelombangnya semakin menurun. Hal ini disebabkan karena menurunnya gugus fungsi impuritas C-O, C-H, C=O, dan O-H pada rGO akibat pemanasan pada suhu 1000°C. Menurut Wang (2011), ikatan O-H pada rGO justru menghasilkan nilai serapan gelombang yang lebih besar karena sebagai pusat polarisasi. Gugus fungsi oksigen memberikan tambahan hilangnya *dipole relaxation* (Chen, et al., 2017). Sedangkan pada suhu pemanasan 400°C nilai serapan gelombangnya lebih tinggi dibandingkan dengan rGO dengan suhu pemanasan 1000°C karena gugus fungsi impuritas seperti C-O, C-H, C=O, dan O-H pada rGO lebih tinggi (Nugraha, 2014). Pada penelitian ini memiliki pola yang sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Nugraha (2014), bahwa pada suhu pemanasan 400°C nilai serapannya lebih tinggi dibandingkan dengan rGO

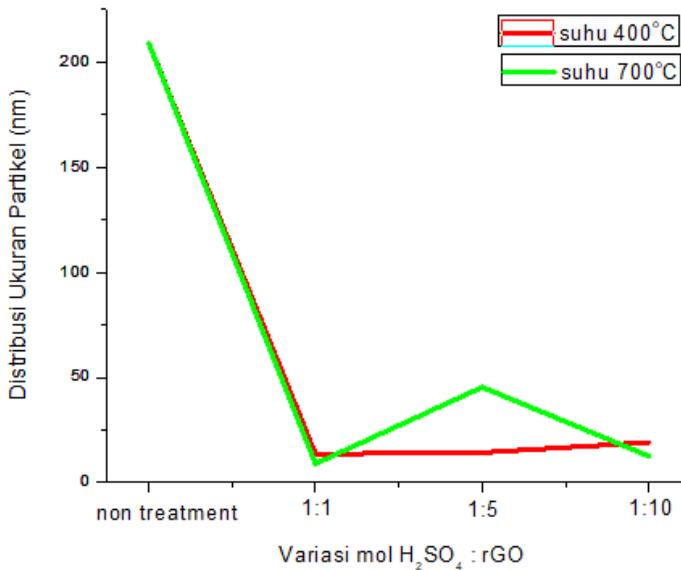
yang mengalami pemanasan pada suhu 700°C. hal ini disebabkan oleh menurunnya gugus fungsi impuritas pada rGO. Kemampuan penyerapan gelombang mikro juga dipengaruhi oleh ukuran partikel. Semakin kecil ukuran partikelnya maka nilai serapan gelombangnya semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena meningkatnya luas permukaan akan meningkatkan interaksi (Liu, et al., 2013). Namun pada penelitian ini, faktor ukuran partikel tidak berpengaruh secara signifikan. Dibuktikan dengan nilai serapan gelombang mikro material rGO yang tanpa perlakuan memiliki nilai distribusi ukuran partikel rata-ratanya adalah 209 nm, sedangkan setelah dilakukan proses penyayatan eksfoliasi kimia/mekanik dengan nilai distribusi ukuran partikelnya lebih kecil menghasilkan nilai serapan gelombang yang lebih kecil. Oleh sebab itu terdapat faktor utama lain yang mempengaruhi nilai dari serapan gelombang tersebut seperti nilai kompleks permittivitas dan permeabilitas, dimana nilai real berhubungan dengan kemampuan untuk menyimpan energi sedangkan nilai imajiner berhubungan dengan nilai energi yang hilang (Das, et al., 2015).

Tabel 4.4 Nilai Rugi Refleksi rGO Tempurung Kelapa berbagai Variasi Suhu dan Mol

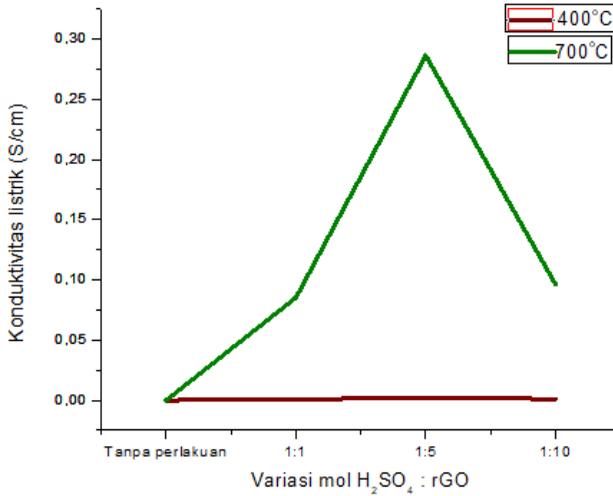
Suhu	H ₂ SO ₄ : rGO	Frekuensi (GHz)	RL (dB)	Γ	Zin (Ohm)
Tanpa perlakuan		10,64	10,624	0,2943	691,43
400 °C	1:1	10,44	5,47	0,5327	1236,60
	1:5	10,42	5,917	0,5059	1149,19
	1:10	10,48	7,186	0,4372	962,81
700 °C	1:1	10,48	2,511	0,7489	2626,12
	1:5	10,54	1,951	0,7988	3371,42
	1:10	10,54	2,684	0,7342	2459,64

Penelitian yang dilakukan oleh Nadiyyah (2017), dengan menggunakan HCl, diperoleh nilai serapan gelombang mikro maksimum -8,42 pada variasi suhu 400°C dengan variasi mol HCl:rGO adalah 1:1, distribusi ukuran partikel 48,95 nm,

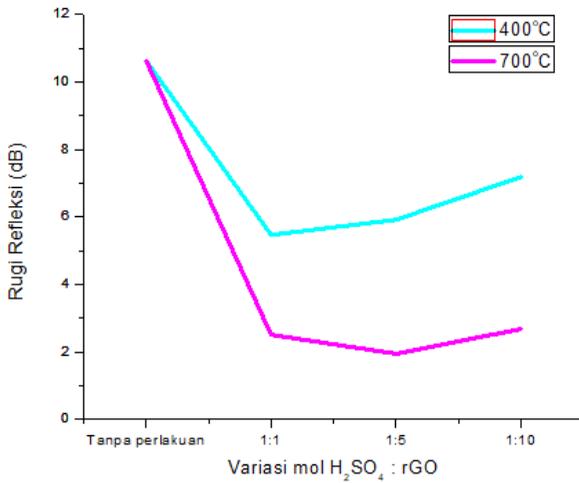
konduktivitas listrik $2,1 \times 10^{-4}$ S/m. Sedangkan penelitian ini diperoleh nilai $-5,47$ dB untuk suhu 400°C dengan variasi mol $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{rGO}$ 1:1 konduktivitas listriknya $8,18 \times 10^{-2}$ S/m, dan distribusi ukuran partikelnya $13,60$ nm. Perbedaan nilai serapan gelombang mikro antara penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh Nadiyyah (2016) disebabkan oleh pada penelitian ini menunjukkan nilai konduktivitas listrik yang lebih tinggi. Karakteristik kesesuaian impedansi akan menurun nilainya ketika nilai dari konduktivitas listriknya meningkat. Dikarenakan pada penulisan ini menggunakan istilah “*rugi / loss*”, maka nilainya tetap dinyatakan dalam angka positif. Berikut ini ditampilkan nilai rugi refleksi pada berbagai variasi suhu dan mol, dan ditunjukkan pula nilai impedansinya



Gambar 4.9 Grafik Tren Nilai Distribusi Ukuran Partikel



Gambar 4.10 Grafik Tren Nilai Konduktivitas Listrik



Gambar 4.11 Grafik Tren Nilai Rugi Refleksi

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penelitian ini, bahwa hasil yang diperoleh tidak harus memiliki kecenderungan yang linier, artinya pada suatu keadaan ia akan tinggi nilainya dan pada keadaan tertentu juga ia akan mengalami penurunan. Perlu dipahami bahwa pada material serapan gelombang mikro khusus material dielektrik, fenomena utama yang terjadi yaitu interaksi antara dipol dengan medan listrik sesuai dengan penjelasan sebelumnya. Dari keseluruhan hasil penelitian ini, terdapat beberapa tren data meliputi distribusi ukuran partikel, konduktivitas listrik dan nilai rugi refleksi yang ditunjukkan oleh grafik tren pada Gambar 4.9, 4.10 dan 4.11. Oleh sebab itu, nilai serapan gelombang mikro pada material rGO tempurung kelapa tua ini, memiliki berbagai faktor yang berpengaruh, faktor faktor tersebut saling beradu. Sehingga pada faktor yang paling dominanlah yang akan berpengaruh terhadap nilai serpan gelombang mikro tersebut

“halaman sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a. Material dasar dari arang tempurung kelapa tua teridentifikasi telah terbentuk fasa rGO dengan distribusi ukuran partikel sekitar 209 nm. Komposisi utama penyusunnya adalah karbon, oksigen dan hidrogen sebesar 53.65%, 34.080%, 6.262% berturut-turut, serta morfologinya terdiri dari lapisan-lapisan yang bertumpuk secara tidak teratur
- b. Pengaruh dari eksfoliasi kimia/mekanik mengakibatkan tereduksinya distribusi ukuran partikel menjadi dibawah 50nm, dan menurunkan nilai dari serapan gelombang mikro. Peningkatan suhu pemanasan juga menurunkan nilai serapan gelombang mikro.

5.2 Saran

Setelah dilakukannya penelitian ini maka diperoleh beberapa hal yang perlu dilakukan sebagai pengembangan untuk penelitian selanjutnya, antara lain sebagai berikut :

- a. Diperlukan pengujian nilai permittivitas dan permeabilitas material, untuk mengetahui nilainya serta *dielectric loss tangen dan magnetic loss tangen*.
- b. Digunakan variasi ketebalan sampel.
- c. Diperlukan pengujian konduktivitas listrik dengan alat yang lebih stabil, untuk mengetahui pengaruh nilai konduktivitas terhadap nilai serapan gelombang mikro.
- d. Diperlukan tambahan material magnetik sebagai campuran untuk memperbaiki nilai serapan gelombang mikro.

"halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M., 2006. *DIKTAT KULIAH FISIKA DASAR II TAHAP PERSIAPAN BERSAMA ITB*. Bandung: FMIPA-ITB.

Al-hazmi, F. S. et al., 2015. Synthesis and structure of high quality graphene prepared via solvothermal exfoliation of intercalated graphite flakes. *Elsevier*, Issue 10.1016/j.spmi.2015.07.067, pp. 270-274.

Atkins, P., 2005. *Physical Chemistry*. 9th penyunt. Ebgland: Oxford University Press.

Budi, E., 2011. Tinjauan Proses Pembentukan dan Penggunaan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar. *Jurnal Penelitian Sains UNJ*, pp. 25-29.

Cai, M., Thorpe, D., Adamson, D. H. & Schniepp, H. C., 2012. Methods of Graphite Exfoliation. *Journal of Material Chemistry*, pp. 24992-25002.

Chen, C.-Y. et al., 2017. Remarkable microwave absorption performance of graphene at a very low loading ratio. *elsevier*, Issue 114, pp. 395-403.

Cullity, B. D., 1978. *Elements of X-Ray Diffraction*. Sydney: Addison-Wiseley.

Das, S., Ganesh, C. N., Sahu, S. K. & Oraon, R., 2015. Development of FeCoB/Graphene Oxide Based microwave absorbing materials for X-Band region. *Elsevier*, pp. 224-228.

Direktorat Jendral Perkebunan, 2016. *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa 2015-2017*. s.l.:Kementrian Pertanian.

Feng, J. et al., 2016. Interfacial interactions and synergistic effect of CoNi nanocrystals and nitrogen-doped graphene in a composite microwave absorber. *elsevier*, Issue 104, pp. 214-225.

Fu, C., Zhao, G., Zhang, H. & Shuang, L., 2013. Evaluation and Characterization of reduced Graphene Oxide Nanosheets as Anode Materials for Lithium-Ion Batteries. *International Journal of Electrochemical Science*, pp. 6269-6280.

Geim, A. K. & Novoselov, K. S., 2007. The Rise of Graphene. *Nature Materials*, Volume VI, pp. 183-191.

Guel, E., Hernandez, F. C. R., Gallardo, C. & Sanchez, R. M., 2014. A Green Method for Graphite Exfoliation, Effect of Milling Intensity. *cimav*, pp. 1-4.

Huang, Y. et al., 2016. Magnetic reduced graphene oxide nanocomposite as an effective electromagnetic wave absorber and its absorbing mechanism. *elsevier*, Issue 42, pp. 17116-17112.

Islamiyah, W., 2017. *Eksfoliasi Mekanik dengan Penambahan H₂SO₄ pada Grafena Oksida Tereduksi dari Tempurung Kelapa*. Surabaya: Laporan Tugas Akhir Fisika FMIPA ITS.

Liu, P., Huang, Y. & Sun, X., 2013. NiFe₂O₄ clusters on the surface of reduction graphene oxide and their excellent microwave absorption properties. *Elsevier*, pp. 117-120.

Loryuenyong, V. et al., 2013. Preparation and Characterization of Reduce Graphene Oxide Sheets via Water - Based Exfoliation and Reduction Methods. *Hindawi*, Volume MMXIII, pp. 1-5.

Mahmud, Z. & Ferry, Y., 2005. Prospek Pengolahan Hasil Samping Buah Kelapa. *Perspektif*, IV(2), pp. 55-63.

Martinez, U. et al., 2016. Critical role of intercalated water for electrocatalytically active nitrogen-doped graphitic systems. *Research Article*, Issue 10.1126/sciadv.1501178, pp. 1-6.

Maulana, A., 2016. *Karakterisasi Sifat Magnetik Grafena Oksida Tereduksi dari Hasil Pembakaran Tempurung Kelapa*. Surabaya: Laporan Tugas Akhir Fisika FMIPA ITS.

Mozammel, H. M., Masahiro, O. & Bhattacharya, S., 2001. Activated charcoal from coconut shell using ZnCl₂ activation. *Pergamon: Biomass and Bio-energy*, pp. 397-400.

Munuera, J. M. et al., 2017. A Simple Strategy to Improve The Yield of Graphene Nanosheets In The Anodic Exfoliation of Graphite Foil. *Elsevier*, pp. 625-628.

Neto, A. H. et al., 2009. The Electronic Properties of Graphene. *Review of Modern Physics*, pp. 109-162.

Nugraha, A. I. M., 2014. *Karakterisasi Grafena Oksida Tereduksi (rGO) dari Tempurung Kelapa sebagai Material Penyerap Gelombang Mikro*. Surabaya: Tugas Akhir Fisika FMIPA ITS.

Nugraheni, A. Y., 2017. Analisis Struktur Grafena Oksida Tereduksi dari Tempurung Kelapa Tua dengan Hamburan Sinar-X Sudut Kecil Sinkroton (SAXS). *Laporan Tesis Fisika FMIPA ITS*.

Nugraheni, A. Y., Prasetya, F. A., Astuti, F. & Darminto, 2015. Study on Phase, Molecular Bonding, and Bandgap of Reduced Graphene Oxide Prepared by Heating Cococnut Shell. *Matreial Science Forum*, Volume 827, pp. 285-289.

Pugersari, D., Syarief, A. & Larasati, D., 2013. Eksperimen Pengembangan Produk Fungsional Bernilai Komersial Bahan Baku Tempurung Kelpa Berusia Muda dengan Teknik Pelunakan. *LPPM ITB*.

Pujiyanto, 2010. *Pembuatan Karbon Aktif Super dari Batubara dan Tempurung Kelapa*. Depok: Tesis T. Kimia FTI UI.

Putra, G. B. A., 2016. *Sintesi Elektroda Superkapasitor dengan Proses Eksfoliasi Kimia dan Pengaitan Fe^{3+} pada Grafena Oksida Tereduksi Tempurung Kelapa Tua*. Surabaya: Laporan Tugas Akhir Fisika FMIPA ITS.

Quan, L. et al., 2017. Magnetic Graphene for Microwave Absorbing Application: Towards the Lightest Graphene-Based Absorber. *elsevier*, Issue 125, pp. 630-639.

Rachimoallah, 1997. Kinetika Reaksi Dekomposisi Termal Gambut Kalimantan. *Jurnal Penelitian Jurusan Teknik Kimia ITS*.

Sahoo, S. et al., 2013. One Pot Sythesis of Graphene by Exfoliation of Graphite in ODCB. *Scientific Research*, pp. 42-48.

Setiawan, U. H. & Saraswati, T. E., 2017. Studi Analisis Perbedaan Struktur Alotrop Karbon Berdasar pada Spektroskopi Inframerah Dan Spektroskopi Raman. *Jurnal Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*, pp. 426-438.

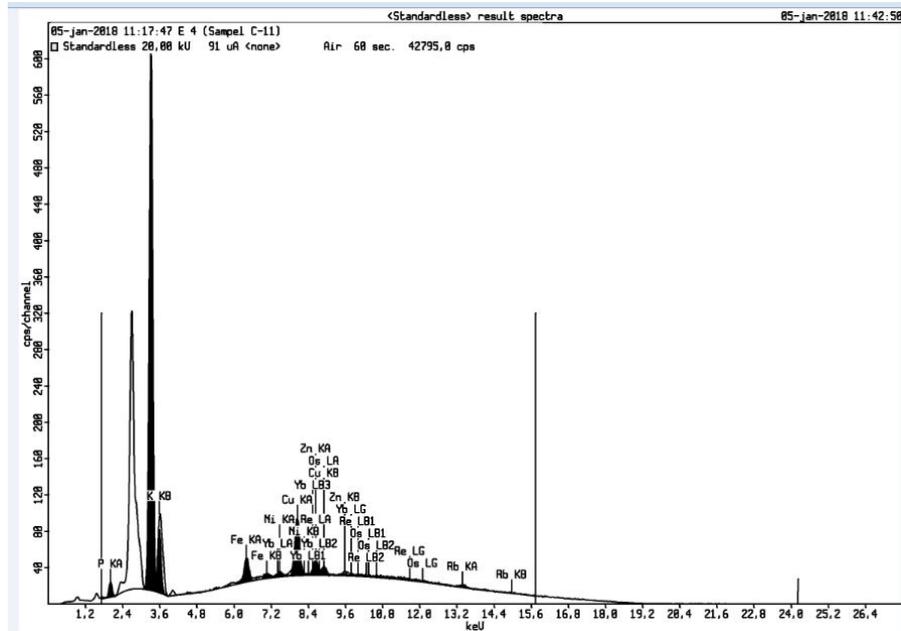
Tenda, E. T. & Kaumaunang, J., 2007. Keragaman Fenoliptik Kelapa Dalam di Kabupaten Pacitan Tulungagung dan Lumajang Jawa Timur. *Buletin Palma*, Issue 32, pp. 22-29.

Wang, C. et al., 2011. The electromagnetic property of chemically reduce graphene oxide and its application as microwave absorbing material. *American Institute of Physics*, Issue 072906, pp. 1-3.

Warner, J. H., 2013. Graphene: fundamentals and Emerging Applications. *Elsevier*, pp. 1-4.

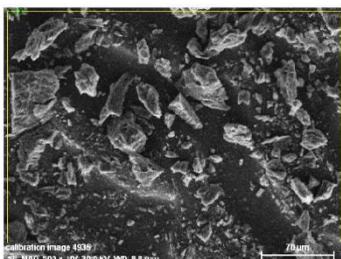
LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Spektrum XRF

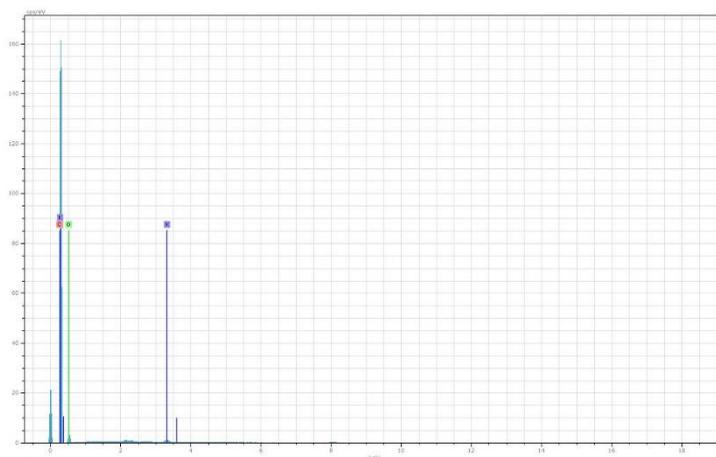


Lampiran 2. Hasil Uji SEM-EDX

Karbon Batok Kelapa



calibration image 4936 Date: 9/22/2017 3:42:26 PM Image size: 512 x 384 Mag: 499.99997x HV: 20.0kV



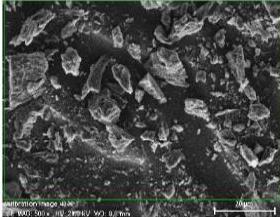
3 181 Date:9/22/2017 3:43:23 PM HV:20.0kV Puls th.:10.66keps

El	AN	Series	unn.	C norm.	C Atom.	C Error
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]
C	6	K-series	78.42	78.42	83.18	24.0
O	8	K-series	20.81	20.81	16.57	6.7
K	19	K-series	0.77	0.77	0.25	0.1
Total:			100.00	100.00	100.00	

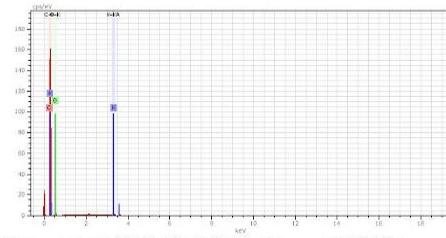
9/22/2017

1. Page

Karbon Batok Kelapa

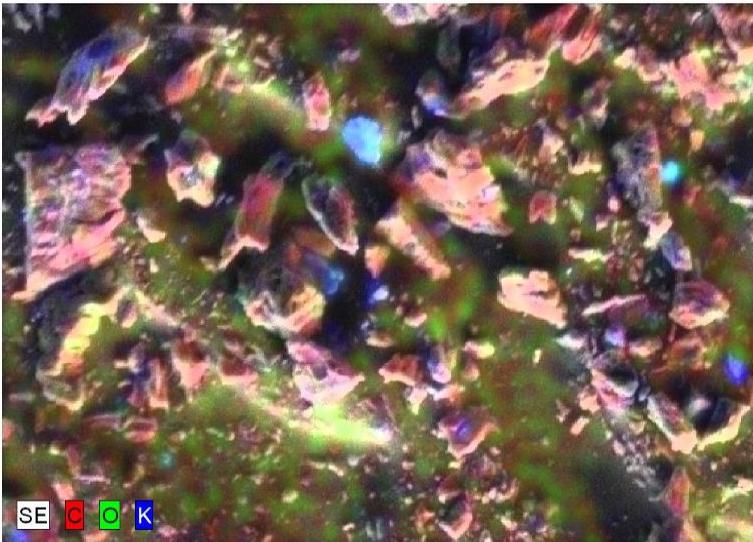


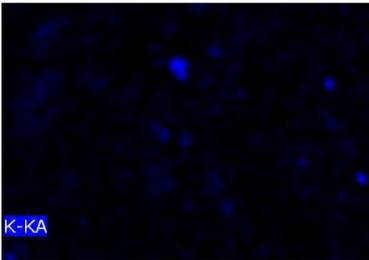
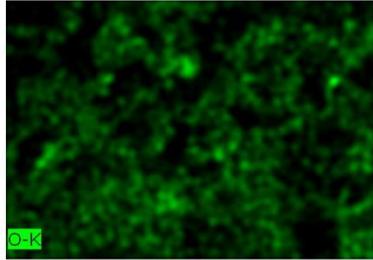
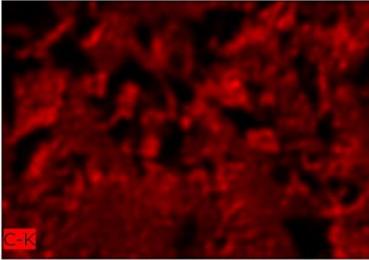
calibration image 4936 Date: 9/22/2017 3:42:26
 PMImage size: 512 x
 384 Mag: 499.99997x HV: 20.0kV



Map Date: 9/22/2017 3:45:08 PM HV: 20.0kV
 Puls th.: 6.13kcps

calibration image 21 3890 Date: 9/22/2017 3:45:08 PM Image size: 506 x
 352 Mag: 499.99997x HV: 20.0kV





C-K, O-K, K-KA Date: 9/22/2017 3:46:01 PM
Image size: 506 x 352
Mag: 499.99997x
HV: 20.0kV

Lampiran 3. Hasil Uji Konduktivitas Listrik

Suhu	H ₂ SO ₄ : rGO	R	A (m)	l (m)	rho (m/S)	Konduktivitas Listrik (S/m)
400 °C	1:1	18850	6,2,E-06	0,0095	12,22274	0,081815
	1:5	6610	6,2,E-06	0,0095	4,286063	0,233314
	1:10	14340	6,2,E-06	0,0095	9,298358	0,107546
700 °C	1:1	190,4	6,2,E-06	0,01	0,117286	8,526138
	1:5	56,7	6,2,E-06	0,01	0,034927	28,63098
	1:10	168,5	6,2,E-06	0,01	0,103796	9,634283

"halaman ini sengaja dikosongkan"

BIODATA



Penulis lahir dari sosok orang yang hebat yaitu Asrori (Bapak) dan Umi Suharti (Ibu). Lahir di Blitar, 24 Juli 1996 tepat pada siang hari, anak pertama dari 2 bersaudara, dengan nama yang amat berat yakni Mohammad *Syaiful* Anwar yang memiliki arti “Pedang Bercahaya”. Harapan yang diberikan oleh Bapak kepada Anaknya yaitu agar senantiasa mampu menebas rintangan dihadapannya dengan pedang yang

bercahaya tersebut. Penulis memulai studinya dari TK Alhidayah (5 bulan / Fast Track) selanjutnya melanjutkan jenjang Sekolah Dasar di SDN 01 Jati, kemudian merantau dan berpindah rumah sekaligus sekolahnya di SDN Kebonagung 03 pada saat kelas 2. Selanjutnya meneruskan studinya di MTsN Kunir (sekarang MTsN 1 Kabupaten Blitar). Setelah lulus dari SMAN 1 Srengat, melanjutkan studi Kuliahnya di Departemen Fisika Fakultas Ilmu Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Selama kuliah, penulis aktif mengikuti kegiatan berorganisasi, pada tahun kedua penulis aktif di HIMASIKA (staff RnT), JMMI (Asisten Sekretaris Jendral), UKM Kopma dr. Angka (staff Keuangan). Tahun ketiga, di HIMASIKA (Kabiro Keilmiah Ristek), UKM Kopma dr. Angka (Asisten Bidang Keuangan), FOSIF (Sekretaris Jendral). Tahun keempat, UKM Kopma dr. Angka (Ketua Umum). Tidak hanya itu, penulis juga mengeluti dunia karya ilmiah pada tahun 2016-2017 dengan menjadi juara 1 pada LKTI di Jambore Kopma Nasional (UNS) dan terdanainya PKM-P. Selain itu, penulis juga menjadi Asisten Laboratorium Madya Departemen Fisika ITS. Magang/Kerja Praktik juga pernah diikuti penulis di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) selama 1,5 bulan dengan

fokusan pada serta pengoperasian alat XRD. Besar harapan penulis kedepannya bisa menjadi pengajar sekaligus menjadi ilmuwan, oleh sebab itu MOTTO penulis yaitu “Time is Study”. Akhir kata, apabila ada kritik dan saran untuk penulis, dapat menghubungi melalui e-mail : ipul.msa@gmail.com