



TUGAS AKHIR – SF 141501

**PEMANASAN DAN EKSFOLIASI KIMIA DENGAN
PENAMBAHAN HCL PADA SINTESIS GRAFENA
OKSIDA TEREDUKSI DARI TEMPURUNG KELAPA
TUA SEBAGAI BAHAN PENYERAP RADAR DALAM
RENTANG GELOMBANG X-BAND**

**Khoirotun Nadiyyah
NRP. 01111440000056**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Darminto**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS ILMU ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR – SF 141501

**PEMANASAN DAN EKSFOLIASI KIMIA DENGAN
PENAMBAHAN HCL PADA SINTESIS GRAFENA
OKSIDA TEREDUKSI DARI TEMPURUNG KELAPA
TUA SEBAGAI BAHAN PENYERAP RADAR DALAM
RENTANG GELOMBANG X-BAND**

**Khoirotun Nadiyyah
NRP. 01111440000056**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Darminto
NIP. 19600303 198701 1 002**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS ILMU ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT – SF 141501

**HEAT TREATMENT AND CHEMICAL
EXFOLIATION USING HCl OF REDUCTION
GRAPHENE OXIDE SYNTHESIZED FROM OLD
COCONUT SHELL AS X-BAND RADAR
ABSORBING MATERIAL**

**Khoirotun Nadiyyah
NRP. 01111440000056**

**Supervisor
Prof. Dr. Darminto
NIP. 19600303 198701 1 002**

**DEPARTEMENT OF PHYSICS
FACULTY OF NATURAL SCIENCE
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PEMANASAN DAN EKSFOLIASI KIMIA DENGAN PENAMBAHAN HCL PADA SINTESIS GRAFENA OKSIDA TEREDUKSI DARI TEMPURUNG KELAPA TUA SEBAGAI BAHAN PENYERAP RADAR DALAM RENTANG GELOMBANG X-BAND

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

Khoirotun Nadiyyah
01111440000056

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Prof. Dr. Darminto
NIP. 19600303 198701 1 002



Surabaya, 27 Juli 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Pemanasan dan Eksfoliasi Kimia dengan Penambahan HCl pada Sintesis Grafena Oksida Tereeduksi dari Tempurung Kelapa Tua sebagai Bahan Penyerap Radar dalam Rentang Gelombang X-Band

Nama Mahasiswa : Khoirotun Nadiyyah
NRP : 01111440000056
Departemen : Fisika FIA-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Darminto

Abstrak

Grafena merupakan material yang memiliki struktur ringan, transparan, konduktivitas listrik, kekuatan mekanik dan mobilitas elektron tinggi. Sehingga banyak peneliti yang mengembangkannya sebagai bahan dalam berbagai aplikasi, seperti bahan penyerap radar. Penelitian ini dilakukan menggunakan bahan dasar grafena oksida tereduksi (rGO) dari tempurung kelapa tua yang disintesis melalui proses pemanasan dan eksfoliasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui terbentuknya fasa rGO, pengaruh temperatur pemanasan dan proses eksfoliasi kimia terhadap nilai *reflection loss* dari rGO tempurung kelapa tua. Proses pemanasan dilakukan pada temperatur 400°C dan 700°C. Proses eksfoliasi kimia dilakukan dengan penambahan larutan HCl 1M dalam perbandingan 1:1, 1:5, dan 1:10. Dan dilanjutkan dengan proses penyayatan menggunakan *ultrasonic cleaner*. Karakterisasi yang dilakukan adalah XRD, CHONS, XRF, dan SEM-EDX untuk menentukan terbentuknya fasa rGO. PSA untuk menentukan distribusi ukuran partikel, VNA untuk menentukan nilai *reflection loss*, dan uji konduktivitas listrik. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh nilai *refelction loss* terbesar adalah -8,42 dB pada frekuensi 10,52 GHz dengan nilai konduktivitas listrik $2,1 \times 10^{-4}$ S/cm, serta rata-rata ukuran partikel 48,95 d.nm yang dimiliki

oleh serbuk rGO dari tempurung kelapa tua yang dipanaskan pada temperatur 400°C dan diekfoliasi dengan perbandingan mol 1:1.

Kata Kunci : Eksfoliasi, grafena oksida tereduksi, reflection loss, tempurung kelapa.

Heat Treatment and Chemical Exfoliation Using HCl of Reduction Graphene Oxide Synthesized from Old Coconut Shell as X-Band Radar Absorbing Material

Name : Khoirotun Nadiyyah
NRP : 01111440000056
Department : Physics, FIA-ITS
Supervisors : Prof. Dr. Darminto

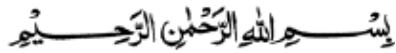
Abstract

Graphene is material that has simple structure, transparent, good electrical conductivity, high mechanical strength, and high electron mobility. Therefore, many researchers are exploring to use it in some applications, such as Radar absorbing material (RAM). This research uses reduced graphene oxide (rGO) as basic material made from old coconut shell which was synthesized through heating and exfoliation process. The purposes of this research is to analyze formation of rGO phase and to analyze influence of heating temperature and chemical exfoliation process on reflection loss value from rGO of old coconut shell. This research employed two temperature variations in heating process at 400°C and 700°C. The chemical exfoliation process was carried out by addition of 1M HCl solution in 1:1, 1:5, and 1:10 mole ratio. After heating and exfoliation process, rGO take slicing process using ultrasonic cleaner device. Samples of rGO were analyzed using several characterizations: XRD, CHONS, XRF, and SEM-EDX to determine formation of rGO phase; PSA to determine particle size distribution; VNA to determine reflection loss value; and Electrical Conductivity Test to determine their electrical conductivity. Based on research that has been done, the conclusion is that the biggest reflection loss value is -8,42 dB at 10,52 GHz, with electrical conductivity value of $2,1 \times 10^{-4}$ S/cm, and the average of particle size is 48.95 nm

owned by rGO of old coconut shell heated at 400°C and exfoliated in 1:1 mole ratio.

Keywords : Coconut shell, exfoliation, reduce graphene oxide, reflection loss.

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat-Nya, petunjuk-Nya berupa nikmat iman, islam, dan ikhsan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Pemanasan dan Eksfoliasi Kimia dengan Penambahan HCl pada Sintesis Grafena Oksida Tereduksi dari Tempurung Kelapa Tua sebagai Bahan Penyerap Radar dalam Rentang Gelombang X-Band**” dengan optimal dan waktu yang tepat. Tugas Akhir (TA) ini penulis susun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Departemen Fisika, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Atas bantuan, dorongan, dan juga bimbingan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan baik. Sehubungan dengan hal tersebut, maka penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Darminto, M.Sc. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membagi pengalaman serta memberikan pengarahan selama proses penelitian dan penyusunan laporan.
2. Seluruh Dosen di Fisika ITS khususnya di Bidang Material yang selalu memberikan ilmu, pengalaman, dan motivasinya kepada penulis.
3. Bapak Shidiq, Ibu Najiha, Mbak Datin, Mbak Us dan seluruh keluarga yang selalu mendukung, mendoakan, dan memberikan segala hal terbaik bagi penulis sejak kecil hingga saat ini.
4. Teman seperjuangan Tim *Graphene* (Ipul, Irma, Kikur, Kader, dan Kiki) yang telah berkerjasama dengan baik dari awal hingga akhir dan selalu memberi semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

5. Penghuni terakhir (Mbak Mas, Tanti, Lutfi, Firda, Irma, dan Mira) yang selalu memberi motivasi dan menghibur penulis hingga dapat menyelesaikan tugas akhir.
6. Penghuni Laboratorium Karakterisasi, Zat Padat, dan Keramik yang telah membantu serta memberi semangat dan saran dalam penyelesaian tugas akhir.
7. Seluruh Asisten Laboratorium Fisika Madya 17/18, Teman-teman ANTARES, dan warga fisika lainnya yang telah memberikan dukungan, do'a dan semangat kepada penulis.
8. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari akan adanya kekurangan dalam penulisan laporan ini karena keterbatasan wawasan dan pengetahuan. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak agar lebih baik di masa yang akan datang. Semoga laporan penelitian Tugas Akhir ini dapat berguna dan dimanfaatkan dengan baik sebagai referensi bagi yang membutuhkan serta menjadi sarana pengembangan kemampuan ilmiah bagi semua pihak yang bergerak dalam bidang Fisika Material. Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, 27 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB I	
PENDAHULUAN.....	1
2.1 Latar Belakang	1
2.2 Rumusan Masalah	3
2.3 Tujuan Penelitian	3
2.4 Batasan Masalah.....	4
2.5 Manfaat Penelitian	4
2.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tempurung Kelapa Tua.....	7
2.2 <i>Reduce Graphene Oxide (rGO)</i>	8
2.3 Karbon Aktif dan rGO Tempurung Kelapa.....	12
2.4 Proses Eksfoliasi Grafena	14
2.5 <i>Radar Absorbing Material (RAM)</i>	16
2.6 <i>Reflection Loss</i>	17
2.7 Penyerapan Gelombang Mikro pada rGO.....	18
BAB III	
METODOLOGI.....	21
3.1 Alat dan Bahan.....	21

3.1.1	Alat	21
3.1.2	Bahan	21
3.2	Langkah Kerja	21
3.2.1	Preparasi Serbuk rGO Tempurung Kelapa Tua	21
3.2.2	Proses Pemanasan	22
3.2.3	Proses Eksfoliasi Kimia	23
3.2.4	Proses Eksfoliasi Mekanik	23
3.2.5	Proses <i>Centrifuge</i>	24
3.3	Karakterisasi Sampel	25
3.3.1	<i>X-ray Diffraction</i> (XRD)	25
3.3.2	<i>X-Ray Flourescene</i> (XRF)	26
3.3.3	Analisa CHONS	26
3.3.4	<i>Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SEM-EDX)	26
3.3.5	<i>Particle Size Analyzer</i> (PSA)	27
3.3.6	Konduktivitas Listrik	28
3.3.7	<i>Vector Network Analyzer</i> (VNA)	29
3.4	Diagram Alir Penelitian	29

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Analisis Preparasi Serbuk rGO dari Tempurung Kelapa Tua	33
4.2 Analisis Struktur Fasa rGO	34
4.3 Analisis Komposisi Unsur rGO	38
4.4 Analisis Morfologi dan Komposisi rGO	41
4.5 Analisis Distribusi Ukuran Partikel rGO	44
4.6 Analisis Konduktivitas Listrik rGO	47
4.7 Analisis Serapan Gelombang Mikro rGO	50

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55

DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN.....	65
BIODATA PENULIS.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Grafit (Callister, 2008)	9
Gambar 2.2 Polimorf Karbon (a) Grafena, (b) Fullerenes, (c) Nanotubes, dan (d) Grafit (Geim dan Novoselov, 2015) .	9
Gambar 2.3 Proses Oksidasi dan Reduksi pada Pembentukan Lembaran rGO (Durmus et al., 2015)	10
Gambar 2.4 Pola Difraksi dari (a) Grafit, (b) GO, (c) Grafena (<i>Chen et al., 2017</i>), dan (d) rGO (Fu, 2013).....	11
Gambar 2.5 Spektrum FTIR dari Tempurung Kelapa Tua pada Temperatur Pemanasan 400°C selama 5 Jam (Nugraheni, 2015).....	13
Gambar 2.6 Ilustrasi pada Proses Eksfoliasi dari Struktur (a) Grafena dan (b) Grafit (Chung, 2015)	14
Gambar 2.7 Proses Eksfoliasi rGO dari Tempurung Kelapa (Al-Hazmi <i>et al.</i> , 2015).....	15
Gambar 2.8 Nilai <i>Reflection Loss</i> dari rGO dan Grafit (Wang et al., 2011).....	19
Gambar 2.9 Nilai <i>Reflection Loss</i> nanokomposit rGO/Fe ₃ O ₄ dengan Ketebalan Lapisan 1.7 mm (Yin <i>et al.</i> , 2016)....	20
Gambar 3.1 Preparasi Arang Tempurung Kelapa Tua (a) Penjemuran dan (b) Pembakaran.....	22
Gambar 3.2 Proses Pemanasan Serbuk Arang Tempurung Kelapa Tua dengan <i>Furnace</i>	22
Gambar 3.3 Proses Eksfoliasi Kimia (a) Pengukuran Temperatur dan (b) Pengadukan Campuran rGO dan HCl.....	23
Gambar 3.4 Proses Eksfoliasi Mekanik dengan <i>Ultrasonic Cleaner</i>	24
Gambar 3.5 Proses Pemisahan Koloid dan Endapan (a) <i>Centrifuge</i> dan (b) Koloid dan Endapan yang telah Terpisah.....	24

Gambar 3.6 <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD) PANalytical di Laboratorium Teknik Material dan Metalurgi ITS.....	25
Gambar 3.7 Perangkat SEM-EDX Zeiss Merk Bruker di LPPM ITS.....	27
Gambar 3.8 <i>Particle Size Analyzer</i> (PSA) tipe Zetasizer Nano ZS Merk Malvern di Laboratorium Fisika Zat Padat ITS....	27
Gambar 3.9 Pengujian Nilai Konduktivitas Listrik	28
Gambar 3.10 (a) Presparasi Sampel serbuk setebal 2 mm, (b) <i>Vector Network Analyzer</i> Merk Anritsu	29
Gambar 3.11 Diagram Alir Tahap Preparasi Serbuk rGO Arang Tempurung Kelapa Tua.....	30
Gambar 3.12 Diagram Alir Tahap Eksfoliasi Serbuk rGO Arang Tempurung Kelapa Tua.....	31
Gambar 4.1 Pola Difraksi Serbuk Arang Tempurung Kelapa Tua setelah Proses Pembakaran.....	35
Gambar 4.2 Pola Difraksi rGO dari Tempurung Kelapa Tua pada Temperatur Pemanasan (a) 400°C (Nugraha, 2015), (b) 700°C (Azis, 2016), dan (c) Ekfoliasi Kimia dan Mekanik (Nugraheni, 2017)	37
Gambar 4.3 Spektrum Hasil Uji XRF Serbuk Arang Tempurung Kelapa Tua setelah Proses Pembakaran	39
Gambar 4.4 Hasil Uji SEM-EDX Serbuk Arang Tempurung Kelapa Tua setelah Proses Pembakaran dengan Perbesaran 500x	41
Gambar 4.5 Struktur Morfologi Serbuk Arang Tempurung Kelapa Tua setelah Proses Pembakaran dengan Perbesaran 1000x	42
Gambar 4.6 Struktur Morfologi Serbuk Arang Tempurung Kelapa Tua setelah Penambahan Larutan HCl 1M (Wilda, 2017).....	43

Gambar 4.7 Distribusi Ukuran Partikel rGO dari Tempurung Kelapa Tua dengan Variasi Pemanasan pada Perbandingan Mol 1:1	44
Gambar 4.8 Distribusi Ukuran Partikel rGO dari Tempurung Kelapa Tua dengan Variasi Perbandingan Mol pada Temperatur (a) 400°C dan (b) 700°C	47
Gambar 4.9 Nilai <i>Reflection Loss</i> dari rGO Tempurung Kelapa Tua.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Kimia dari Tempurung Kelapa (Udhayasankar, 2015)	7
Tabel 4.1 Komposisi Penyusun Serbuk Arang Tempurung Kelapa Tua setelah Proses Pembakaran	40
Tabel 4.2 Nilai Konduktivitas Listrik Serbuk rGO dari Arang Tempurung Kelapa Tua.....	48

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang terdiri dari 18,108 pulau dan wilayahnya berbatasan langsung dengan negara-negara lain seperti Malaysia, Australia, dan negara pasifik lainnya (Ismawarno *et al.*, 2011). Sehingga diperlukan strategi khusus dalam menjaga kedaulatan bangsa untuk memantau wilayah-wilayah perbatasan tersebut. Teknologi pertahanan negara adalah aspek yang paling strategis dalam menjaga kedaulatan bangsa. Dan yang berperan penting dalam hal ini adalah Tentara Nasional Indonesia yang didukung dengan adanya alutsista yang lebih modern dan canggih, guna menjaga pertahanan Negara dari segala macam ancaman (Azmi *et al.*, 2011).

Pada tahun 1935 telah ditemukan teknologi Radar (*Radio Detection and Ranging*) oleh Robert Alexander Watson Watt seorang Ilmuwan Skotlandia. Dalam aspek pertahanan Negara, Radar merupakan teknologi yang dapat mendeteksi adanya objek jarak jauh seperti kapal maupun pesawat asing yang menyusup ke suatu wilayah negara. Namun seiring dengan perkembangan teknologi, telah berkembang pula teknologi baru yang menandingi teknologi radar, yakni teknologi siluman (*Stealth Technology*). Teknologi ini dapat dilakukan dengan mendesain badan kapal/pesawat dalam bentuk multi dimensi agar menghasilkan citra balik yang dapat mengelabui *receiver* pada radar (Hoesada, 2007). Selain itu, teknologi siluman juga dapat dibuat dengan cara melapisi badan kapal/pesawat dengan material anti radar yaitu RAM (*Radar Absorbing Material*) yang merupakan material dengan kemampuan menyerap gelombang radar sehingga dapat meminimalisir gelombang yang direfleksikan (Saville, 2005).

Saat ini penelitian mengenai RAM atau material anti radar sudah banyak dikembangkan, seperti Fe_3O_4 dari produk korosi

(Alwi, 2017), barium heksaferrat (Susanto *et al.*, 2014), dan nanopartikel $\text{Ni}_{0,5}\text{Zn}_{0,5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ dari pasir besi (Mashuri, 2012) yang merupakan bahan nonorganik. Adapun untuk bahan organik juga mulai dikembangkan, namun dalam bentuk komposit seperti karbon aktif dari kulit singkong dan barium heksaferit (Yusro, 2016). Karbon aktif adalah karbon amorf dengan luas permukaan spesifik yang besar. Berdasarkan pola difraksinya, karbon amorf dari kulit singkong terbentuk setelah melalui proses aktivasi. Sedangkan pada penelitian Nugraha (2015), karbon semikristalin dalam fasa rGO (*reduced graphene oxide*) dari tempurung kelapa tua telah terbentuk setelah proses pemanasan.

Pohon kelapa merupakan salah satu kekayaan alam di Indonesia yang jumlahnya sangat melimpah. Dimana luas area perkebunannya mencapai 10,01 juta hektar pada tahun 2013 (Indarti, 2014). Sehingga dapat dikatakan bahwa kekayaan alam Indonesia atas pohon kelapa sangat melimpah. Dan peluang ini haruslah dapat dimanfaatkan dengan baik, yakni dengan meningkatkan nilai ekonomis dari pohon kelapa tersebut, khususnya pada bagian tempurung kelapa yang selama ini pemanfaatannya masih belum optimal. Dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wachid *et al* (2014) menunjukkan bahwa tempurung kelapa tua mengandung 49,86% karbon dan 49,60% oksigen. Dimana unsur karbon dan oksigen merupakan unsur-unsur utama penyusun rGO (*reduce grapheme oxide*).

Saat ini, penelitian mengenai sintesis rGO dari tempurung kelapa telah banyak dikembangkan karena rGO merupakan turunan dari material grafena (*graphene*). Grafena merupakan material tipis dua dimensi (2D) yang memiliki banyak keunggulan, seperti modulus elastisitas yang tinggi, luas permukaan spesifik besar, konduktivitas listrik dan konduktivitas termal yang baik (Mas'udah *et al.*, 2016).

Berdasarkan penelitian Nugraha (2015), rGO dari tempurung kelapa tua yang disintesis dengan proses pemanasan pada temperatur 400°C dapat menghasilkan nilai *reflection loss*

mencapai -26,5 dB pada frekuensi 10,63 GHz. Hal ini menunjukkan adanya potensi rGO dari tempurung kelapa tua sebagai bahan anti radar. Namun pada temperatur yang lebih tinggi, yaitu 1000°C nilai *reflection loss* justru menurun. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai proses sintesis yang tepat, guna meningkatkan daya serap rGO terhadap gelombang radar, seperti proses eksfoliasi kimia dengan penambahan larutan asam (Liao *et al.*, 2011). Dimana proses eksfoliasi ini juga telah dilakukan oleh Nugraheni (2017) dengan menambahkan larutan asam kuat HCl pada rGO dari tempurung kelapa tua, sehingga diperoleh rGO dengan ukuran partikel terkecil mencapai 30 nm.

Dengan demikian, maka penelitian yang berjudul “Pemanasan dan Eksfoliasi Kimia dengan Penambahan HCl pada Sintesis Grafena Oksida Tereduksi dari Tempurung Kelapa Tua sebagai Bahan Penyerap Radar dalam Rentang Gelombang *X-Band*” ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh proses pemanasan dan proses eksfoliasi kimia terhadap kemampuan rGO dari tempurung kelapa tua sebagai material penyerap gelombang radar.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dijelaskan dalam penelitian ini adalah:

- a) Bagaimana menentukan telah terbentuknya fasa rGO dari tempurung kelapa tua?
- b) Bagaimana pengaruh temperatur pemanasan terhadap nilai *reflection loss* rGO dari tempurung kelapa tua?
- c) Bagaimana pengaruh proses eksfoliasi kimia dengan perbandingan mol antara larutan HCl 1M dan rGO terhadap nilai *reflection loss* rGO dari tempurung kelapa tua?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

- a) Mengetahui fasa rGO dari tempurung kelapa tua.
- b) Mengetahui pengaruh temperatur pemanasan terhadap nilai *reflection loss* rGO dari tempurung kelapa tua.
- c) Mengetahui pengaruh proses eksfoliasi kimia dengan perbandingan mol antara larutan HCl 1M dan rGO terhadap nilai *reflection loss* rGO dari tempurung kelapa tua.

1.4 Batasan Masalah

Yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Bahan yang digunakan untuk sintesis rGO adalah tempurung kelapa tua, larutan HCl 1M, dan aquades. Variasi temperatur pemanasan untuk sintesis rGO adalah 400°C dan 700°C. Serta variasi perbandingan mol antara larutan HCl 1M dan rGO adalah 1 : 1, 1 : 5, dan 1 : 10.
- b) Metode yang digunakan untuk sintesis rGO adalah pemanasan pada temperature tertentu, eksfoliasi kimia dengan penambahan larutan HCl 1M, dan eksfoliasi mekanik dengan *ultrasonic cleaner*.
- c) Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan mengembangkan rGO dari tempurung kelapa tua sebagai material penyerap gelombang radar dalam rentang gelombang *X-Band*.
- d) Karakterisasi rGO yang digunakan adalah identifikasi fasa dengan *X-ray Diffraction* (XRD), analisis komposisi dengan *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan CHONS, analisis komposisi dan morfologi dengan *Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDX), analisis distribusi ukuran partikel dengan *Particle Size Analyzer* (PSA), analisis konduktivitas listrik, dan analisis *reflection loss* pada rentang gelombang *X-Band* dengan *Vector Network Analyzer* (VNA).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diberikan melalui penelitian tugas akhir

ini adalah:

- a) Memberikan inovasi dalam pemanfaatan limbah tempurung kelapa, yakni sebagai bahan dasar rGO yang memiliki berbagai sifat unggul sehingga dapat digunakan sebagai material penyerap gelombang radar.
- b) Data hasil penelitian dapat menjadi rujukan dan referensi untuk penelitian selanjutnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini terdiri dari beberapa bagian dengan uraian singkat sebagai berikut :

Bab I – Pendahuluan

Berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan penelitian.

Bab II – Tinjauan Pustaka

Berisi dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian.

Bab III – Metodologi Penelitian

Berisi alat dan bahan, serta uraian mengenai metode-metode dan tahapan-tahapan yang dilakukan selama penelitian.

Bab IV – Analisis Data dan Pembahasan

Uraian tentang hasil yang diperoleh dari penelitian dan mengorelasikan dengan teori-teori yang menjadi landasan dalam penelitian ini.

Bab V – Kesimpulan dan Saran

Uraian mengenai kesimpulan dari hasil analisis data dan pembahasan serta saran untuk memperbaiki memperoleh hasil yang lebih baik dan mendukung penelitian selanjutnya.

Lampiran

Berisi data – data mendukung penelitian beserta beberapa gambar yang menunjang penelitian ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempurung Kelapa Tua

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan *Food and Agriculture Organization* (FAO), produksi pohon kelapa cenderung mengalami peningkatan dari tahun 1980 sampai 2013 dengan pertumbuhan sebesar 11,59% pertahun (Indarti, 2014). Pohon kelapa adalah jenis tanaman yang hampir seluruh bagiannya dapat dimanfaatkan. Namun terdapat beberapa produk dari pohon kelapa yang pengelolannya masih belum optimal, seperti tempurung kelapa. Dimana 90% dari tempurung kelapa yang dihasilkan pertahun, rata-rata menjadi limbah dan dibakar tanpa ada pengolahan lebih lanjut (Udhayasankar, 2015). Tempurung kelapa adalah bagian yang keras dari buah kelapa dengan ketebalan 2-8 mm dan memiliki komposisi kimia seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia dari Tempurung Kelapa (Udhayasankar, 2015)

No.	Komposisi Kimia	Konsentrasi (%)
1	Selulosa	26,6
2	Hemiselulosa	21
3	Lignin	29,4
4	Pentosa	27,7
5	<i>Solvent Extractives</i>	4,2
6	<i>Uronic Anhydrides</i>	3,5
7	Abu	0,6

Pada tempurung kelapa, selulosa terdapat di bagian dinding sel dan berfungsi sebagai pengokoh struktur. Selulosa merupakan senyawa organik dengan rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$. Sedangkan hemiselulosa terdapat di dalam ruang-ruang antar serat selulosa pada dinding sel dan berfungsi sebagai matriks. Hemiselulosa merupakan polimer polisakarida heterogen yang tersusun dari D-Glukosa, L-Arabisosa dan D-Xilosa. Selain itu juga terdapat lignin

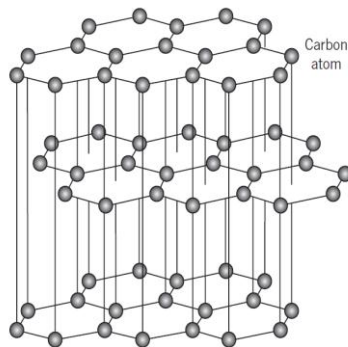
yang berfungsi sebagai pengikat sel-sel dan penguat. Lignin adalah polimer yang memiliki berat molekul besar, senyawa kimia yang kompleks, dan berstruktur amorf. Dan dengan adanya kandungan selulosa yang mencapai 26,6%, hemiselulosa 21%, dan lignin 29,4% maka tempurung kelapa berpotensi sebagai bahan karbon aktif yang baik. (Nurdiansah dan Diah, 2013).

Berat tempurung kelapa adalah sekitar 15% - 19% dari seluruh berat buah kelapa. Tempurung kelapa tua dapat dijadikan sebagai arang yang mengandung fasa rGO melalui proses pemanasan. Proses pemanasan bertujuan untuk menghilangkan kandungan air dan unsur-unsur lain yang mudah menguap. Dimana berdasarkan uji SEM-EDX dari hasil pembakaran tempurung kelapa tua, diperoleh 49,86% karbon, 49,6% oksigen, dan 0,54% unsur lainnya (Wachid *et al.*, 2014).

2.2 Reduce Graphene Oxide (rGO)

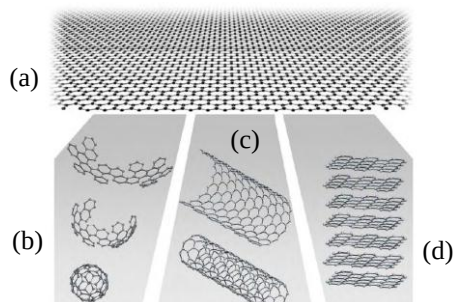
Grafrit merupakan salah satu polimorf dari atom karbon dengan struktur kristal yang lebih stabil terhadap temperatur dan tekanan jika dibandingkan dengan polimorf karbon yang lain, yaitu intan. Dalam susunan grafrit (Gambar 2.1), setiap atom karbon membentuk ikatan kovalen dengan tiga atom karbon lainnya sehingga terbentuk struktur heksagonal (sp^2) dengan susunan berlapis atau bertumpuk. Dan menyisahkan satu elektron yang belum berikatan sehingga menjadi elektron bebas. Dimana elektron bebas inilah yang menyebabkan grafrit dapat dijadikan sebagai bahan penghantar listrik (Callister, 2008).

Dalam hibridisasi sp^2 , dua orbital 2s bergabung dengan dua orbital 2p membentuk tiga orbital sp^2 dan tersisa satu elektron pada orbital p. Sehingga membentuk tiga ikatan σ dan satu ikatan π . Ikatan σ merupakan ikatan kuat antar karbon yang sebidang (*in-plane*) pada orbital sp^2 . Sedangkan ikatan π merupakan ikatan antarbidang yang terbentuk karena *overlap* elektron pada orbital 2p. Ikatan ini mudah putus selama proses sintesis *reduce graphene oxide* (rGO) karena memiliki energi ikat yang lemah (Van der Waals) (Warner, 2013).



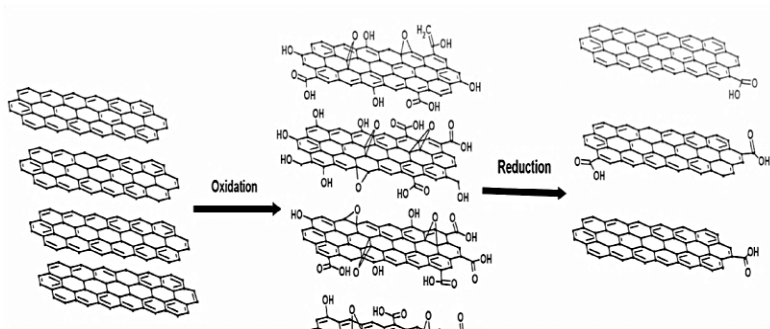
Gambar 2.1 Struktur Grafit (Callister, 2008)

Pada tahun 2010, A. Geim dan K. Novoselov dianugerahi sebuah penghargaan Nobel dalam bidang Fisika atas penemuannya mengenai *Graphene*. Grafena adalah material berupa lembaran tipis dua dimensi (2D) yang tersusun dari atom-atom karbon berikatan sp^2 dengan struktur heksagonal yang menyerupai sarang lebah (Tkachev *et al.*, 2012). Grafena merupakan struktur dasar dari berbagai polimorf karbon, yaitu lipatan grafena membentuk *fullerenes* (0D), gulungan grafena membentuk *nanotubes* (1D), dan tumpukan grafena membentuk grafit (3D), seperti yang tunjukkan pada Gambar 2.1 (Geim dan Novoselov, 2015).



Gambar 2.2 Polimorf Karbon (a) Grafena, (b) Fullerenes, (c) Nanotubes, dan (d) Grafit (Geim dan Novoselov, 2015)

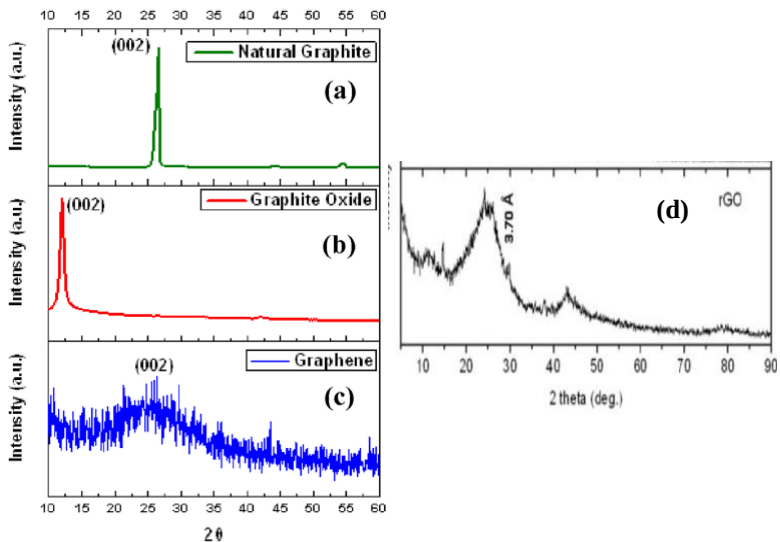
Grafena dapat disintesis dari grafit dengan berbagai metode, seperti metode *Chemical Vapor Deposition* (CVD) pada logam Ni dan Cu serta metode penumbuhan grafena dari silikon karbida (SiC). Namun metode-motode ini membutuhkan biaya yang relatif mahal dan kurang efisien (Taufantri *et al.*, 2016). Oleh karena itu telah berkembang metode sintesis lain yang merupakan modifikasi dari metode Hummer yaitu metode sintesis grafit oksida yang mampu memproduksi grafena dengan sifat unggul dan dalam skala besar. Gambar 2.3 menunjukkan bahwa sintesis ini terdiri dari dua tahapan, yaitu oksidasi dan reduksi (Hummers, 1958).



Gambar 2.3 Proses Oksidasi dan Reduksi pada Pembentukan Lembaran rGO (Durmus *et al.*, 2015)

Grafena dapat dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah *graphene oxide* (GO) dan *reduce graphene oxide* (rGO). GO memiliki struktur yang hampir sama dengan grafena, namun masih terdapat banyak atom oksigen yang berikatan dengan atom karbon sehingga menyebabkan adanya jarak antar lapisan grafena dan ketebalan atom lebih besar. Sedangkan struktur rGO diperoleh melalui proses reduksi (ikatan oksigen dan karbon) pada GO. Sehingga struktur dari rGO mengandung lebih sedikit oksigen jika dibandingkan dengan struktur GO (Fu, 2013).

Adanya perbedaan struktur dan kandungan atom dari bahan grafit, GO, rGO, dan grafena menghasilkan pola difraksi pada bidang kristal (002) yang berbeda pula. Dimana pada Gambar 2.4(a) terbentuk puncak pada posisi $26,3^\circ$ untuk bahan grafit, sedangkan pada Gambar 2.4(b) menunjukkan terjadinya pergeseran puncak menjadi $12,3^\circ$ untuk bahan GO. Berbeda dengan kedua gambar sebelumnya, Gambar 2.4(c) menunjukkan puncak yang lebar pada posisi 25° . Dimana terbentuknya puncak ini mengindikasikan telah terbentuk fase Grafena setelah bahan melalui proses ekfoliasi (Chen *et al.*, 2017). Selain itu berdasarkan penelitian Fu (2013) juga menunjukkan fase rGO dengan dua puncak lebar pada posisi 24° dan 43° seperti Gambar 2.4(d).



Gambar 2.4 Pola Difraksi dari (a) Grafit, (b) GO, (c) Grafena (Chen *et al.*, 2017), dan (d) rGO (Fu, 2013)

Grafena memiliki sturktur yang ringan namun kuat, konduktivitas listrik sangat baik, kekuatan mekanik tinggi, dan

mobilitas elektron tinggi (Saini *et al.*, 2016) sehingga banyak peneliti yang mengembangkannya sebagai bahan dalam berbagai aplikasi, seperti superkapasitor (Stoller *et al.*, 2008), solar panel (Wang *et al.*, 2008), dan adsorben (Xu *et al.*, 2012). Selain sifat elektrik, grafena juga memiliki sifat optik yang unik yaitu transparan hingga 98%. Sehingga grafena berpotensi sebagai material pengganti elektroda transparan *Indium Tin Oxide* (ITO) untuk menghasilkan *display* optik yang lebih murah dan baik, seperti LCD dan LED (Hogan, 2008).

2.3 Karbon Aktif dan rGO Tempurung Kelapa

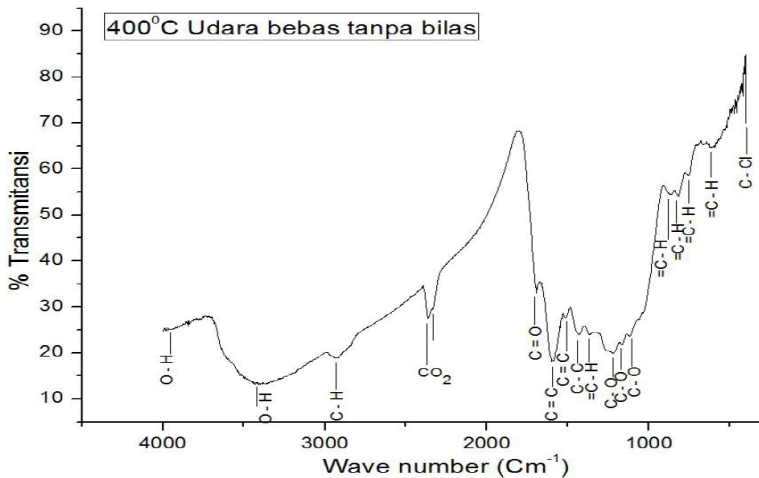
Material padat yang berpori dan merupakan hasil pemanasan dari bahan yang mengandung unsur karbon disebut sebagai arang. Umumnya sebagian besar pori-pori arang masih tertutup oleh senyawa organik yang lain. Karakteristik arang sebagai karbon aktif dipengaruhi oleh banyaknya kandungan karbon pada bahan dasarnya, dimana salah satu bahan yang berpotensi sebagai karbon aktif adalah tempurung kelapa (Rampe *et al.*, 2013). Selain berpori, karbon aktif adalah material yang memiliki struktur amorf dan luas permukaan spesifik yang besar yaitu berkisar 400-2200 m²/g (Ariyanto *et al.*, 2012).

Karbon aktif adalah senyawa karbon yang daya penyerapannya telah ditingkatkan melalui proses aktivasi. Pada proses aktivasi terjadi penguraian hidrogen, kadar air, dan unsur-unsur lain yang mudah menguap dari permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaannya. Hal ini menyebabkan terbentuknya pori-pori baru karena adanya pengikisan atom karbon melalui proses pemanasan (Pujiyanto, 2010). Proses pembuatan karbon aktif melalui dua tahapan, yaitu proses pemanasan dan proses aktivasi (Melati, 2010). Pori-pori yang terdapat pada karbon aktif sangat baik dimanfaatkan sebagai absorber, khususnya pada material penyerap gelombang mikro (Pari, 2014).

Berdasarkan penelitian Nugraha (2015), fasa rGO telah terbentuk pada tempurung kelapa tua setelah disintesis melalui

proses pemanasan pada temperatur 400°C selama 5 jam. Dari penelitian tersebut menunjukkan adanya pola difraksi dengan dua puncak lebar pada posisi 24° di bidang (002) dan 43° di bidang (100) seperti pada Gambar 4.2(a). Dan karena pola difraksi yang dihasilkan termasuk semikristalin, maka identifikasi fasa rGO dilakukan dengan metode pencocokan pola difraksi dengan penelitian-penelitian sebelumnya, seperti penelitian yang dilakukan oleh Chen *et al* (2017) dan Fu (2013).

Penelitian lain juga dilakukan oleh Nugraheni (2015), yang meninjau dari aspek ikatan-ikatan kimia rGO dari tempurung kelapa tua seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.5.



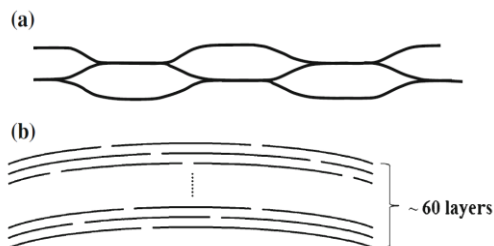
Gambar 2.5 Spektrum FTIR dari Tempurung Kelapa Tua pada Temperatur Pemanasan 400°C selama 5 Jam (Nugraheni, 2015)

Gambar 2.5 menunjukkan bahwa ikatan-ikatan kimia yang terbentuk dari tempurung kelapa tua setelah melalui proses pemanasan pada temperatur 400°C dengan waktu penahanan selama 5 jam adalah C=O, C-O, C=C dan O-H. Dimana ikatan-ikatan kimia tersebut merupakan ikatan yang membentuk material rGO (Nugraheni, 2015).

Proses pemanasan pada arang tempurung kelapa dapat menghilangkan kandungan air dan material-material lain yang mudah menguap sehingga menghasilkan karbon murni. Karbon ini berbeda dengan karbon aktif yang memerlukan proses aktivasi terlebih dahulu guna menghasilkan luas permukaan spesifik yang besar sehingga dapat dijadikan sebagai absorber. Karbon aktif dan grafit memiliki struktur yang sama, yaitu HCP (*Hexagonal Close Packed*). Namun, grafit memiliki derajat kristalinitas yang lebih tinggi daripada karbon aktif (Wachid *et al.*, 2014).

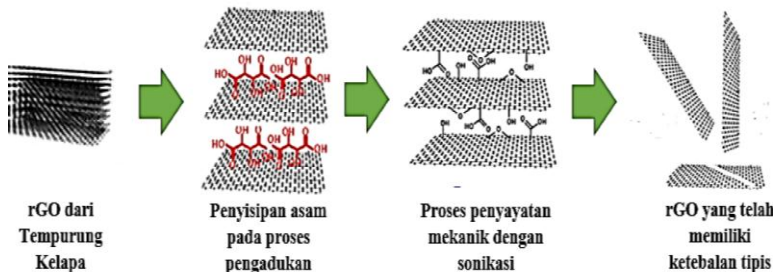
2.4 Proses Eksfoliasi Grafena

Eksfoliasi adalah proses penyayatan grafit dengan memutuskan ikatan *Van der Waals* antar lapisan grafena yang bertumpuk-tumpuk (Gambar 2.6). Metode eksfoliasi melibatkan proses kimia, mekanik, dan termal (Chung, 2015). Eksfoliasi kimia dapat dilakukan dengan penambahan larutan asam kuat (Liao *et al.*, 2011). Penelitian yang telah dilakukan oleh Nugraheni (2017) dengan penambahan asam klorida (HCl) menghasilkan ukuran partikel rGO dari tempurung kelapa mencapai 30 nm. Sedangkan Islamiyah (2017) dengan penambahan asam sulfat (H_2SO_4) menghasilkan ukuran partikel rGO dari tempurung kelapa mencapai 10 nm. Eksfoliasi ini dilakukan dalam keadaan temperatur rendah dan disertai proses pengadukan guna menghasilkan lembaran rGO dalam skala nano (Chung, 2015).



Gambar 2.6 Ilustrasi pada Proses Eksfoliasi dari Struktur (a) Grafena dan (b) Grafit (Chung, 2015)

Eksfoliasi mekanik dapat dilakukan dengan metode sonikasi. Sonikasi adalah pemberian gelombang ultrasonik dengan frekuensi 20 kHz dalam suatu medium, seperti air. Dalam mediumnya, sonikasi dapat menimbulkan propagasi gelombang dengan siklus *compression-rarefaction* dan menghasilkan gelembung vakum (*cavity*) dengan kecepatan hingga 400 km/jam. *Cavity* akan semakin membesar seiring dengan waktu *compression-rarefaction* yang mengikuti amplitudo gelombang ultrasoniknya sampai *cavity* hancur. Apabila terdapat partikel di sekeliling *cavity* tersebut, maka akan terjadi tumbukan antar partikel dan akan menghasilkan dua keadaan, yaitu pengecilan ukuran partikel (*ultrasonic destruction*) dan perbeseran ukuran partikel (*sonochemistry*). Dimana ketika *cavity* hancur, maka akan menghasilkan temperatur lokal hingga 5000°K, tekanan hingga 1000 atm, serta *cooling rate* yang sangat cepat, yakni lebih dari 10^9 K/det (Heielscher, 2005).



Gambar 2.7 Proses Eksfoliasi rGO dari Tempurung Kelapa (Putra, 2017)

Gambar 2.7 menunjukkan bagaimana terjadinya proses penyayatan pada rGO dari tempurung kelapa. Proses penyayatan diawali dengan menyisipnya atom-atom sisa asam diantara lembaran-lembaran rGO sehingga ikatan *Van der Waals* antar lembaran rGO melemah. Selanjutnya terjadi pergeseran dan berakhir dengan terputusnya ikatan *Van der Waals* akibat adanya interaksi gelombang ultrasonik dalam medium air, sehingga

diperoleh lembaran-lembaran rGO yang lebih tipis (Putra, 2017). Jadi medium air dalam proses eksfoliasi mekanik digunakan untuk memperluas jarak antar lembaran-lembaran grafena (Stankovich *et al.*, 2007).

2.5 Radar Absorbing Material (RAM)

Gelombang mikro (*microwave*) adalah gelombang elektromagnetik berfrekuensi tinggi, yaitu 1 GHz–100 GHz (Hollas, 2004). Berdasarkan frekuensinya, gelombang mikro dibagi menjadi beberapa interval dan disebut sebagai daerah *pita frekuensi* (*frequency band*), dimana untuk interval gelombang *X-Band* adalah 8,20 GHz – 12,4 GHz (Mitraryana, 2015). Salah satu pemanfaatan gelombang mikro adalah pada teknologi radar (*Radio Detection and Ranging*) yang digunakan untuk mendeteksi objek jarak jauh dengan memancarkan sinyal gelombang radar dan menerima respon yang dipantulkan oleh objek sasaran. Dimana selang waktu kembalinya pantulan sinyal tersebut menunjukkan jarak antara pemancar dan objek (Nopriansyah *et al.*, 2008). Pantulan sinyal dari radar dapat diminimalisir dengan empat teknik, yaitu bentuk desain, *passive cancellation*, *active cancellation*, dan *Radar Absorbing Material* (Nicolaescu, 2006).

RAM (*Radar Absorbing Material*) adalah material yang memiliki kemampuan menyerap gelombang mikro sehingga dapat meminimalisir gelombang yang direfleksikan. Penyerapan gelombang mikro terjadi karena adanya interaksi antara gelombang dengan material absorber, sehingga akan menghasilkan disipasi dalam bentuk energi panas. Material absorber dibagi menjadi dua, yaitu dielektrik dan magnetik. Umumnya bahan dielektrik yang digunakan adalah karbon, sedangkan bahan magnetik adalah ferrit. Pada bahan dielektrik, energi gelombang elektromagnet diserap oleh dipol-dipol listrik sehingga terjadi polarisasi yang mengikuti arah medan listrik luar. Dimana arah polarisasi akan berubah seiring dengan perubahan arah gelombang, sehingga terjadi gesekan antar molekul dan

menimbulkan panas. Demikian pula yang terjadi pada bahan magnetik (Gaylor, 1989).

Dalam upaya meminimalisir refleksi, perlu dipelajari persamaan-persamaan fisik yang mewakili proses terjadinya refleksi tersebut, seperti koefisien refleksi (Γ) yang dinyatakan dalam persamaan 2.1.

$$\Gamma = \frac{Z_{in} - Z_o}{Z_{in} + Z_o} \quad (2.1)$$

dimana Z_{in} adalah impedansi masukan dan Z_o adalah impedansi udara. Refleksi dapat diminimalisir ketika impedansi masukan sesuai dengan impedansi udara sehingga koefisien refleksi bernilai nol ($\Gamma \approx 0$). Nilai impedansi dipengaruhi oleh medan listrik (E) dan medan magnet (H) yang direpresentasikan dalam nilai permeabilitas (μ) dan permitivitas (ϵ). Dimana besarnya impedansi udara dapat dinyatakan dalam persamaan 2.2.

$$Z_o = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_o}{\epsilon_o}} \approx 377 \, \Omega \quad (2.2)$$

Dari persamaan 2.2 dapat dikatakan bahwa penyerapan sempurna terjadi ketika terdapat kesesuaian impedansi (*impedance matching*), yaitu impedansi material bernilai $377 \, \Omega$ (Saville *et al.*, 2005). Selain memiliki permeabilitas dan permitivitas yang sesuai, karakteristik lain yang harus dimiliki material absorber adalah resistivitas dan nilai saturasi magnet yang tinggi (Saptari, 2014).

2.6 Reflection Loss

Besarnya kemampuan suatu material dalam menyerap gelombang mikro dapat direpresentasikan dengan nilai *reflection loss* (**RL**) yang dinyatakan dalam persamaan 2.3. *Reflection loss* dinyatakan dalam satuan dB dan berharga negatif (-).

$$RL = 20 \log \left| \frac{Z_{in} - Z_o}{Z_{in} + Z_o} \right| \quad (2.3)$$

Dimana Z_o adalah impedansi udara dan Z_{in} adalah impedansi bahan yang besarnya dinyatakan dalam persamaan 2.4.

$$Z_{in} = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tanh \left\{ j \left(\frac{2\pi f d}{c} \right) \sqrt{\mu_r \epsilon_r} \right\} \quad (2.4)$$

Dengan f adalah frekuensi, d adalah tebal lapisan material absorber, c adalah kecepatan cahaya (3×10^8 m/s), μ_r adalah permeabilitas relatif bahan, dan ϵ_r adalah permitivitas relatif bahan (Durmus *et al.*, 2015).

Permitivitas relatif (ϵ_r) adalah ukuran kemampuan suatu bahan dielektrik untuk terpolarisasi karena pengaruh medan listrik luar. Dimana *respond* dari pengaruh medan listrik tersebut adalah terjadinya polarisasi dalam medium dielektrik. Permitivitas dielektrik merupakan fungsi frekuensi dan dinyatakan dalam bilangan kompleks berikut:

$$\epsilon_r = \epsilon'_r - j\epsilon''_r \quad (2.5)$$

Dimana ϵ'_r adalah permitivitas riil dan ϵ''_r adalah permitivitas imajiner. Sedangkan permeabilitas relatif (μ_r) adalah ukuran kemampuan suatu bahan untuk termagnetisasi karena pengaruh medan magnet luar. Permeabilitas magnetik juga sebagai fungsi frekuensi, sehingga dinyatakan dalam bilangan kompleks berikut:

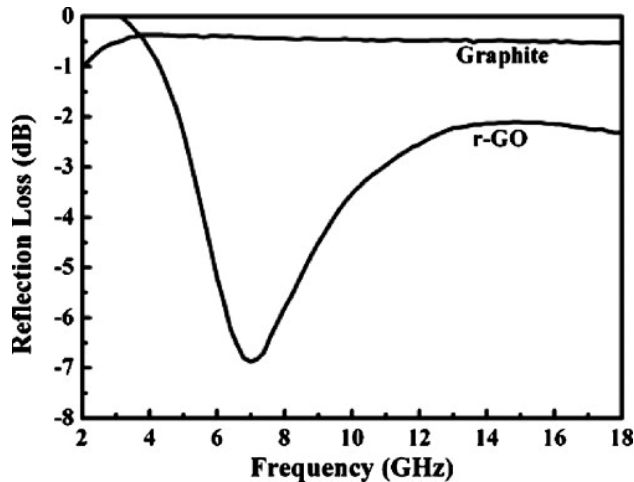
$$\mu_r = \mu'_r - j\mu''_r \quad (2.6)$$

Dengan μ'_r adalah permeabilitas riil dan μ''_r adalah permeabilitas imajiner (Rydholm, 2015).

2.7 Penyerapan Gelombang Mikro pada rGO

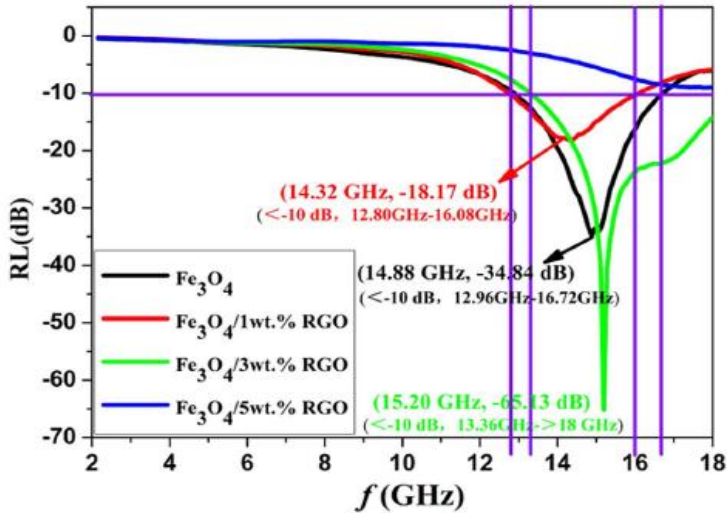
Sebagai dasar dari berbagai polimorf atom karbon, kemampuan rGO sebagai bahan penyerap gelombang radar bisa

dikatakan lebih baik jika dibandingkan dengan grafit. Hal ini telah dibuktikan dari penelitian sebelumnya oleh Wang *et al* (2011). Gambar 2.8 menunjukkan bahwa rGO pada lapisan dengan ketebalan 2 mm menghasilkan nilai *reflection loss* yang lebih besar daripada grafit, yang hanya mencapai -6,9 dB pada frekuensi 7 GHz (Wang *et al.*, 2011).



Gambar 2.8 Nilai *Reflection Loss* dari rGO dan Grafit (Wang *et al.*, 2011)

rGO dari tempurung kelapa tua yang disintesis dengan proses pemanasan pada temperatur 400°C dapat menghasilkan nilai *reflection loss* paling tinggi mencapai -26,5 dB pada frekuensi 10,63 GHz (Nugraha, 2015). Hasil ini menunjukkan adanya potensi rGO sebagai material anti radar (RAM), namun masih tergolong rendah jika dibandingkan dengan material lain seperti ferrit (Gaylor, 1989). Rendahnya kemampuan rGO dalam menyerap gelombang mikro adalah karena rGO bukan termasuk material magnetik, sehingga kemampuan absorber rGO hanya bergantung pada sifat dielektrik dan kesesuaian impedansi (Wang *et al.*, 2011).



Gambar 2.9 Nilai *Reflection Loss* nanokomposit rGO/ Fe_3O_4 dengan Ketebalan Lapisan 1.7 mm (Yin *et al.*, 2016)

Namun kembali lagi pada konsep gelombang elektromagnetik yang terdiri dari medan listrik dan medan magnet, maka untuk mengoptimalkan daya serap dari material anti radar, banyak peneliti yang mengombinasikan kedua bahan tersebut menjadi bahan komposit (Nicolaescu, 2006), seperti nanokomposit $\text{Mn}_3\text{O}_4/\text{rGO}$ (Wang *et al.*, 2016), nanokomposit grafena/ $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ (Durmus *et al.*, 2015), dan nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{rGO}$ yang dapat menghasilkan nilai *reflection loss* mencapai -65,1 dB pada frekuensi 15,2 GHz. Gambar 2.9 menunjukkan bahwa nilai *reflection loss* semakin meningkat dengan terbentuknya nanokomposit antara rGO dan Fe_3O_4 . Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa pembuatan nanokomposit antara bahan dielektrik dan bahan magnetik dapat memperbaiki dan meningkatkan kemampuan absorber bahan terhadap gelombang mikro (Yin *et al.*, 2016).

BAB III METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu set alat pembakaran, mesh 200, neraca digital, mortar, alung, *crusibel*, gelas beker, spatula, pengaduk kaca, pipet tetes, tabung ukur, cawan petri, kuvet, sedotan berdiameter kecil, *thermometer*, *hot plate*, *magnetic stirrer*, *centrifuge*, *aluminium foil*, *ultrasonic cleaner*, plastik wrap dan *furnace* untuk proses sintesis. Sedangkan peralatan yang digunakan pada proses karakterisasi sampel adalah *X-ray Diffractometer* (XRD) PANalytical, *X-Ray Fluorescence* (XRF) PANalytical tipe Minipal4, *Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDX) Zeiss Merk Bruker, CHONS, *Particle Size Analyzer* (PSA) tipe *Zetasizer Nano ZS* Merk Malvern, *Multimeter*, dan *Vector Network Analyzer* (VNA) Merk Anritsu.

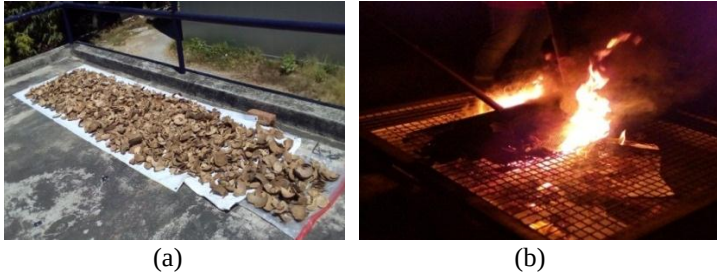
3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tempurung kelapa tua, larutan asam klorida 1M (HCl), dan aquades.

3.2 Langkah Kerja

3.2.1 Preparasi Serbuk rGO Tempurung Kelapa Tua

Untuk mendapatkan hasil yang optimal, tempurung kelapa tua dibersihkan dari serabutnya terlebih dahulu, kemudian dijemur di bawah sinar matahari selama 6 jam guna mengurangi kandungan air. Setelah itu tempurung kelapa yang telah kering dibakar dengan menggunakan satu set alat pembakaran sampai menjadi arang berwarna hitam. Selanjutnya arang dihaluskan dengan menggunakan alung dan mortar, kemudian diayak menggunakan mesh 200 guna menghasilkan serbuk rGO halus dengan ukuran yang homogen.



Gambar 3.1 Preparasi Arang Tempurung Kelapa Tua (a) Penjemuran dan (b) Pembakaran

3.2.2 Proses Pemanasan

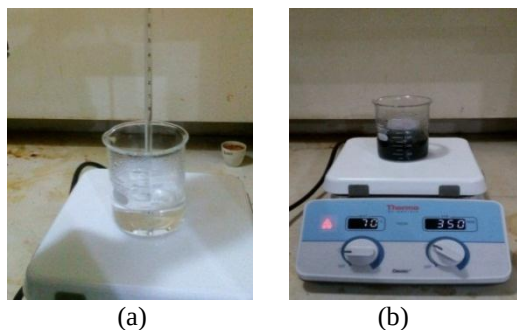
Proses pemanasan serbuk arang tempurung kelapa tua dilakukan dalam lingkungan udara bebas pada variasi temperatur 400°C dan 700°C dengan waktu penahanan selama 5 jam menggunakan *furnace*. Pemilihan waktu penahanan ini berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Nugraha (2015), yang menyatakan bahwa fasa rGO akan terbentuk dengan waktu penahanan tersebut. Tujuan dari proses pemanasan ini adalah untuk mengurangi kandungan air dan unsur-unsur impuritas yang mudah menguap sehingga diharapkan hanya tersisa unsur utama rGO berupa karbon dan sedikit oksigen.



Gambar 3.2 Proses Pemanasan Serbuk Arang Tempurung Kelapa Tua dengan *Furnace*

3.2.3 Proses Eksfoliasi Kimia

Proses eksfoliasi kimia dilakukan dengan mencampurkan 100 ml larutan HCl 1M ke dalam serbuk rGO yang sebelumnya telah melalui proses pemanasan. Proses ini dilakukan dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 70°C selama 20 jam dengan kecepatan putar 350 rpm. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah perbandingan mol antara larutan HCl 1M dan serbuk rGO, yakni 1:1, 1:5 dan 1:10. Pemilihan parameter-parameter ini berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nugraheni (2017) dan Islamiyah (2017). Proses ini bertujuan untuk memperlebar jarak antar lapisan rGO dengan menyisipkan unsur-unsur Cl sehingga melemahkan ikatan *Van der Walls*.



Gambar 3.3 Proses Eksfoliasi Kimia (a) Pengukuran Temperatur dan (b) Pengadukan Campuran rGO dan HCl

3.2.4 Proses Eksfoliasi Mekanik

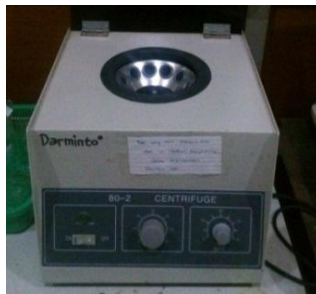
Selanjutnya dilakukan proses eksfoliasi mekanik menggunakan *ultrasonic cleaner* selama 6 jam. Penentuan waktu ultrasonik ini berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Nugraheni (2017). Proses ultrasonik disebut juga sebagai proses penyayatan karena bertujuan untuk menyayat lembaran-lembaran rGO yang masih bertumpuk-tumpuk sehingga menghasilkan lembaran rGO yang lebih tipis.



Gambar 3.4 Proses Eksfoliasi Mekanik dengan *Ultrasonic Cleaner*

3.2.5 Proses *Centrifuge*

Proses *centrifuge* dilakukan untuk memisahkan koloid dan endapannya. Proses ini dilakukan selama 40 menit dengan kecepatan putar 3500 rpm. Dimana bagian endapan akan dikeringkan menggunakan *hot plate* sehingga terbentuk serbuk dan digunakan sebagai sampel dalam karakterisasi konduktivitas listrik dan VNA. Sedangkan bagian koloidnya akan digunakan untuk karakterisasi PSA guna mengetahui distribusi ukuran partikel rGO.



(a)



(b)

Gambar 3.5 Proses Pemisahan Koloid dan Endapan (a) *Centrifuge* dan (b) Koloid dan Endapan yang telah Terpisah

3.3 Karakterisasi Sampel

Karakterisasi yang dilakukan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu karakterisasi sebelum dan sesudah proses eksfoliasi. Berikut ini adalah karakterisasi yang dilakukan:

3.3.1 *X-ray Diffraction (XRD)*

Karakterisasi XRD dilakukan melalui metode difraksi menggunakan *X-Ray Diffractometer (XRD)* PANalytical dengan sumber radiasi Cu-K $_{\alpha 1}$ ($\lambda = 0,154056$ nm) di Laboratorium Teknik Material dan Metalurgi ITS. Bahan yang diuji adalah serbuk arang tempurung kelapa tua yang telah melalui proses pembakaran. Dimana sampel serbuk ditempatkan dalam *holder* sampai penuh dengan permukaan yang rata. Kemudian sampel ditempelkan pada spesimen *holder* dengan perekat ganda, lalu diletakkan pada goniometer dan dirotasikan dengan *range* sudut (2θ) sebesar $5^\circ - 55^\circ$. Setelah pengoperasian XRD selama 10 menit, diperoleh hasil berupa pola difraksi yang dapat diidentifikasi puncak-puncaknya guna mengetahui fasa yang terbentuk. Proses identifikasi fasa ini didasarkan pada pencocokan data secara kualitatif dengan menggunakan referensi berupa jurnal-jurnal dari penelitian sebelumnya.



Gambar 3.6 *X-Ray Diffractometer (XRD)* PANalytical di Laboratorium Teknik Material dan Metalurgi ITS

3.3.2 *X-Ray Flourescene (XRF)*

Karakterisasi XRF digunakan untuk mengetahui komposisi unsur-unsur logam yang terkandung beserta konsentrasinya dalam suatu bahan dengan menggunakan metode spektrometri. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Mineral dan Material Maju Universitas Negeri Malang dengan menggunakan *X-Ray Flourescene (XRF)* PANalytical tipe Minipal4. Bahan yang diuji adalah serbuk arang dari tempurung kelapa tua yang telah melalui proses pembakaran.

3.3.3 Analisa CHONS

Analisis CHONS dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITS. Bahan yang diuji adalah serbuk arang dari tempurung kelapa tua yang telah melalui proses pembakaran. Analisa ini dilakukan atas dasar kelebihan yang dimilikinya, yaitu dapat mendeteksi adanya unsur-unsur yang ukuran atomnya kecil seperti karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen.

3.3.4 *Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX)*

Karakterisasi SEM-EDX dilakukan untuk mengetahui komposisi unsur-unsur dan struktur morfologi dari sampel yang diuji. Pengujain ini dilakukan dengan menggunakan alat SEM-EDX Zeiss Merk Bruker di Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) ITS. Bahan yang diuji adalah serbuk arang dari tempurung kelapa tua yang telah melalui proses pembakaran. SEM merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang dapat menampilkan gambar morfologi dari suatu sampel dengan memanfaatkan sinar elektron berenergi tinggi dalam skala yang lebih baik jika dibandingkan dengan mikroskop optik. Sedangkan EDX merupakan salah satu detektor yang dapat digunakan untuk menangkap informasi komposisi sampel pada skala mikro.



Gambar 3.7 Perangkat SEM-EDX Zeiss Merk Bruker di LPPM ITS

3.3.5 *Particle Size Analyzer (PSA)*

Pengujian distribusi ukuran partikel dilakukan dengan menggunakan *Particle Size Analyzer (PSA)* tipe *Zetasizer Nano ZS* Malvern di Laboratorium Fisika Zat Padat ITS. Pengujian ini digunakan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel dari bahan campuran rGO dan HCl. Sampel yang dibutuhkan berupa koloid dalam kuvet dengan ketinggian maksimal sepertiganya. Sehingga perlu dilakukan proses *centrifuge* terlebih dahulu untuk mendapatkan sampel koloid tanpa endapan. Bahan yang dikarakterisasi adalah sampel dari arang tempurung kelapa tua yang telah melalui proses pembakaran, pemanasan, dan ekfoliasi.



Gambar 3.8 *Particle Size Analyzer (PSA)* tipe Zetasizer Nano ZS Merk Malvern di Laboratorium Fisika Zat Padat ITS

3.3.6 Konduktivitas Listrik

Karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui nilai konduktivitas listrik suatu material. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Zat Padat ITS dengan menerapkan *Konsep Hukum Ohm* pada sampel serbuk yang berbentuk silinder dalam sebuah sedotan dengan panjang 1 cm dan diameter 2.8 mm. Bahan yang dikarakterisasi adalah serbuk dari arang tempurung kelapa tua yang telah melalui proses pembakaran, pemanasan, dan ekfoliasi. Hasil yang diperoleh dari pengukuran ini adalah nilai resistansi (**R**).



Gambar 3.9 Pengujian Nilai Konduktivitas Listrik

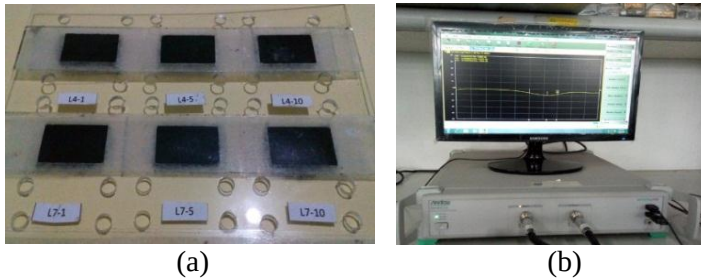
Dengan mengetahui panjang (***l***) dan luas penampang (***A***) sampel yang berbentuk silinder, maka untuk menentukan nilai konduktivitas listriknya dapat dilakukan dengan pengolahan data menggunakan persamaan 3.1.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = R \frac{A}{l} \quad (3.1)$$

Dimana **σ** adalah konduktivitas listrik (S/m), **ρ** adalah resistivitas listrik (**Ω**), dan ***R*** adalah hambatan (**Ω**).

3.3.7 Vector Network Analyzer (VNA)

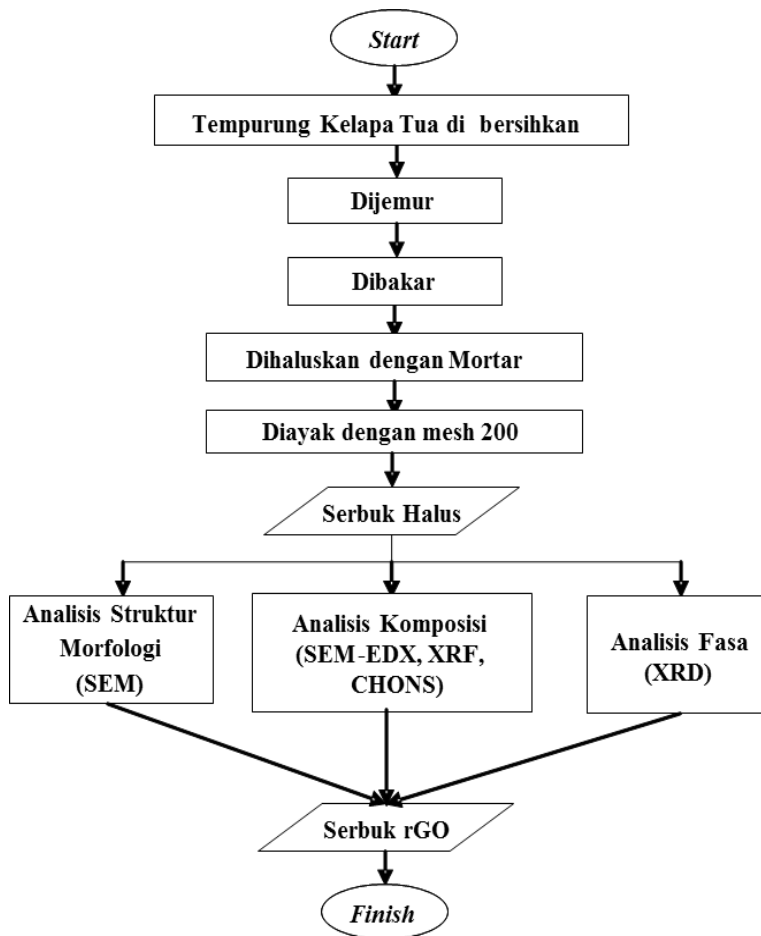
Karakterisasi VNA dilakukan untuk mengetahui besarnya *reflection loss*, yakni sifat serapan gelombang mikro suatu material. Pengujian ini dilakukan di PPET (Pusat Penelitian Elektronika Terapan) LIPI Bandung dengan menggunakan *Vector Network Analyzer* Merk *Anritsu* dalam rentang gelombang *X-Band* (8-12 GHz). Bahan yang dikarakterisasi adalah serbuk dari arang tempurung kelapa tua yang telah melalui proses pembakaran, pemanasan, dan ekfoliasi. Sebelum dilakukan pengujian, sampel dipreparasi dalam holder dengan ketebalan 2 mm seperti Gambar 3.10(a).



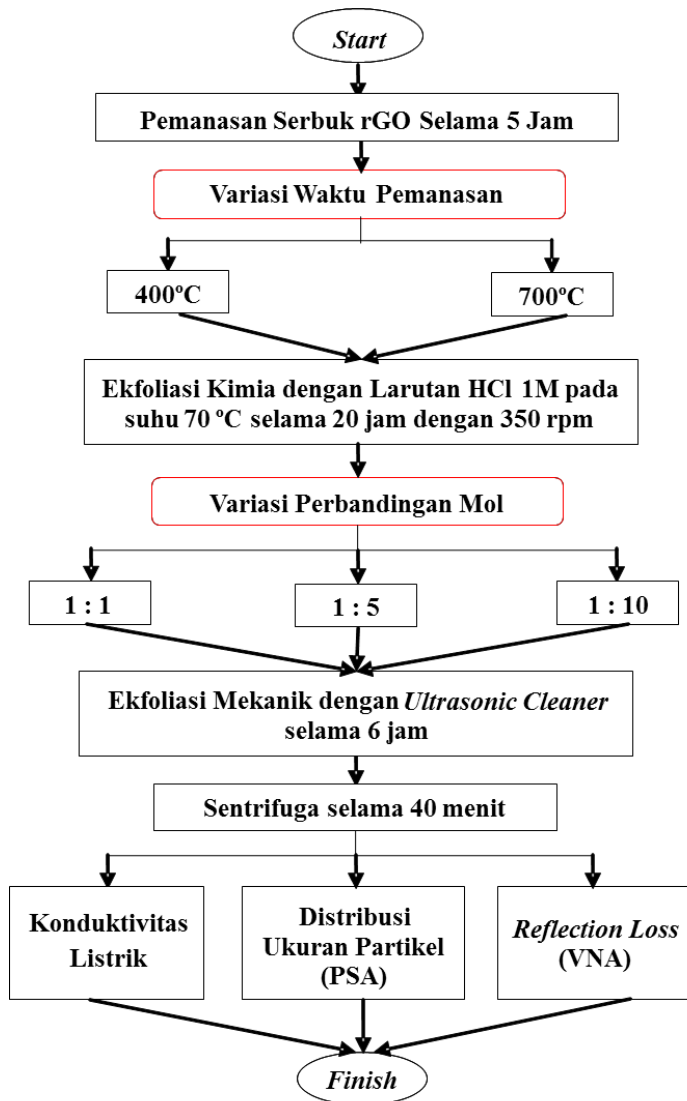
Gambar 3.10 (a) Presparasi Sampel serbuk setebal 2 mm, (b) *Vector Network Analyzer* Merk *Anritsu*

3.4 Diagram Alir Penelitian

Untuk menyederhanakan pemahaman mengenai langkah-langkah metodologi yang digunakan dalam penelitian ini, maka disajikan dalam Gambar 3.11 untuk tahap preparasi serbuk rGO dari tempurung kelapa tua dan Gambar 3.12 untuk tahap eksfoliasi.



Gambar 3.11 Diagram Alir Tahap Preparasi Serbuk rGO Arang Tempurung Kelapa Tua



Gambar 3.12 Diagram Alir Tahap Eksfoliasi Serbuk rGO Arang Tempurung Kelapa Tua

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Preparasi Serbuk rGO Tempurung Kelapa Tua

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah tempurung kelapa tua yang diperoleh dari tempat penggilingan buah kelapa di Pasar Keputih Sukolilo Surabaya sebanyak 2 karung. Preparasi awal yang dilakukan adalah memisahkan tempurung kelapa dari serabutnya, kemudian dijemur di bawah sinar matahari selama 6 jam untuk menghilangkan kandungan air, sehingga diperoleh massa awal tempurung kelapa sebesar 23 kg. Proses selanjutnya adalah pembakaran tempurung kelapa dalam lingkungan udara bebas dengan menggunakan satu set alat pembakaran sampai berubah menjadi arang berwarna hitam. Dalam proses ini, massa awal berkurang menjadi 5 kg. Proses selanjutnya adalah pembentukan serbuk arang, dimana arang tempurung kelapa dihaluskan menggunakan mortar dan alung sehingga menghasilkan serbuk kasar, kemudian serbuk tersebut diayak menggunakan mesh 200 guna memperoleh serbuk halus dengan ukuran yang homogen dan luas permukaan yang besar sehingga serbuk arang terdistribusi merata. Dan dari proses ini diperoleh serbuk halus arang tempurung kelapa tua sebesar 3 kg.

Proses preparasi serbuk rGO dilanjutkan dengan proses pemanasan dalam lingkungan udara bebas menggunakan *furnace* pada variasi temperatur 400°C dan 700°C dengan waktu penahanan selama 5 jam. Berdasarkan penelitian Nugraha (2015), nilai *reflection loss* terbesar dihasilkan dari serbuk dengan pemanasan 400°C, sedangkan ketika temperatur pemanasan 1000°C nilai *reflection loss* menurun. Sehingga variasi temperatur yang digunakan dalam penelitian ini adalah 400°C dan 700°C. Selain itu, berdasarkan penelitian Nasrullah (2014) menunjukkan bahwa pada temperatur 400°C ikatan C-O dan C-H telah terpecah sehingga menghasilkan ikatan utama grafena berupa C=C dan C-C. Tujuan dari proses pemanasan ini adalah untuk mengurangi

kandungan air dan unsur-unsur impuritas lain yang mudah menguap, sehingga diharapkan hanya tersisa unsur utama berupa karbon dan sedikit oksigen.

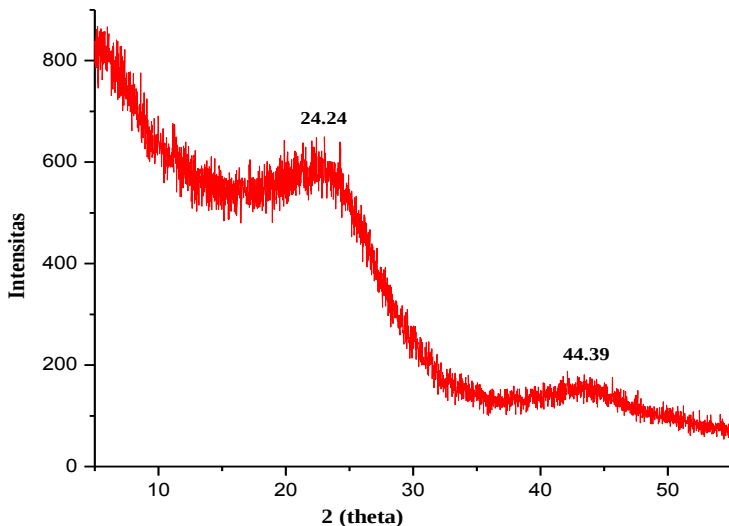
Selanjutnya dilakukan proses eksfoliasi secara kimia dan mekanik. Dimana pada proses eksfoliasi kimia dilakukan dengan menambahkan larutan HCl 1M dengan perbandingan mol sebesar 1:1, 1:5, 1:10 dan diaduk selama 20 jam dengan menggunakan *hot plate* dalam suhu 70°C. Hal ini bertujuan untuk menyisipkan unsur-unsur Cl pada ikatan *Van Der Walls* antar lembaran-lembaran rGO, sehingga ikatan tersebut akan melemah dan memudahkan dalam proses penyayatan. Kemudian proses eksfoliasi mekanik dilakukan selama 6 jam dengan menggunakan *Ultrasonic Cleaner* untuk memutuskan ikatan *Van der Walls* sehingga menyayat lembaran-lembaran rGO menjadi lembaran yang lebih tipis. Dan dari proses ini diharapkan terbentuk material rGO yang memiliki nilai *reflection loss* lebih besar agar dapat diaplikasikan sebagai material penyerap gelombang radar (*Radar Absorbimg Material*). Pemilihan parameter-parameter seperti penggunaan larutan asam HCl 1M, waktu proses eksfoliasi kimia dan mekanik, serta variasi perbandingan mol dalam penelitian ini berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nugraheni (2017) dan Islamiyah (2017) karena dalam waktu ekfoliasi tersebut telah terbentuk serbuk rGO dari tempurung kelapa tua dengan distribusi ukuran partikel yang berukuran nanometer. Dimana dengan ukuran partikel yang semakin kecil dan homogen, maka daerah kontak dengan gelombang mikro juga akan semakin luas sehingga penyerapan gelombang mikro semakin optimal (Nugraha, 2015).

4.2 Analisis Struktur Fasa rGO

Karakterisasi fasa dilakukan dengan menggunakan *X-ray Diffractometer* (XRD) *PANalytical* di Laboratorium Teknik Material & Metalurgi ITS, sehingga data yang diperoleh dalam format *.rd. Uji XRD dilakukan pada sampel serbuk karena database yang terdapat dalam *software Match!* merupakan hasil

dari pengujian sampel serbuk. Sehingga ketika dilakukan identifikasi fasa, diharapkan dapat diperoleh kecocokan antara data sampel dengan database. Match! adalah *software* yang digunakan untuk menganalisa sampel kristal secara kualitatif dan semikuantitatif, yakni dengan mengidentifikasi fasanya. Data XRD yang diolah dengan Match! akan membentuk pola difraksi yang menghasilkan puncak-puncak dengan tiga karakterisasi utama, yakni posisi (2θ), intensitas (tinggi puncak), dan lebar setengah puncak. Dimana ketiga karakterisasi tersebut akan digunakan untuk mengidentifikasi fasa yang terbentuk dari suatu material.

Dalam penelitian ini, uji XRD dilakukan dengan rentang 2θ (5° - 55°) pada sampel serbuk arang tempurung kelapa tua yang telah melalui proses pembakaran dengan nyala api dalam lingkungan udara bebas, sehingga diperoleh pola difraksi seperti Gambar 4.1.



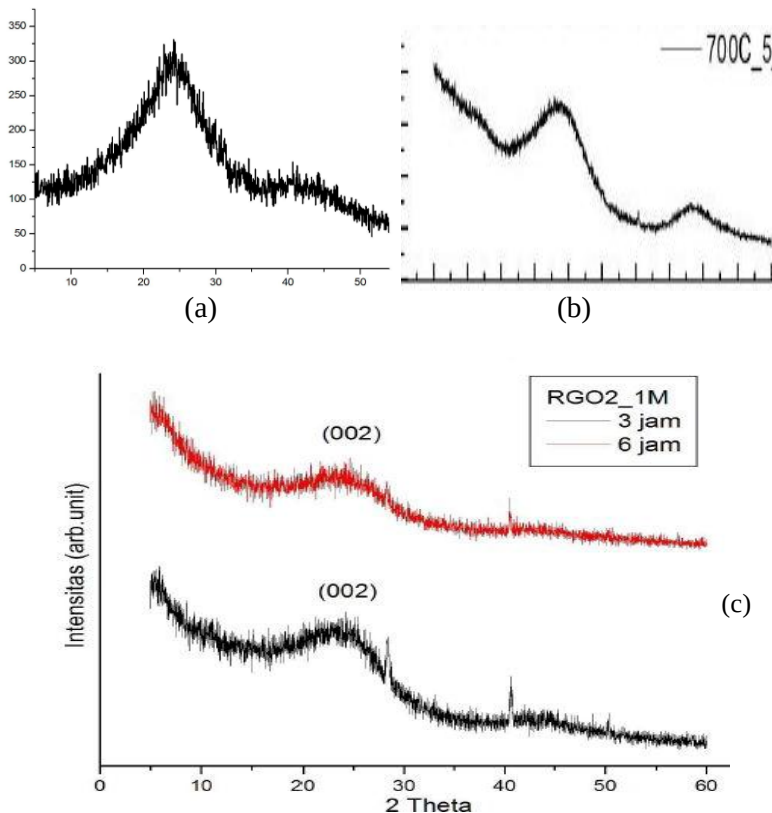
Gambar 4.1 Pola Difraksi Serbuk Arang Tempurung Kelapa Tua setelah Proses Pembakaran

Gambar 4.1 menunjukkan pola difraksi dengan dua puncak lebar pada posisi 24.24° di bidang (002) dan 44.39° di bidang (100). Puncak lebar tersebut mengindikasikan ukuran kristal yang kecil dan tersusun dalam rentang pendek sehingga terbentuk struktur cenderung lebih acak (semikristalin). Dimana struktur acak tersebut disebabkan adanya *defect* (cacat) karena hilangnya atom karbon ketika proses reduksi oksigen. Dan berdasarkan hasil ini, identifikasi fasa tidak dapat dilakukan dengan menggunakan Match!, melainkan menggunakan metode pencocokan dengan pola difraksi yang dihasilkan dari penelitian-penelitian sebelumnya. Dimana berdasarkan penelitian Fu (2013) yang ditampilkan pada Gambar 2.4(d), menunjukkan bahwa pada fasa rGO terbentuk puncak lebar pada 24° di bidang (002) dan 45° di bidang (100). Sehingga dari analisis metode pencocokan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa fasa rGO telah mulai terbentuk pada serbuk arang tempurung kelapa tua yang telah melalui proses pembakaran.

Nugraha (2015) telah melakukan penelitian mengenai serbuk arang tempurung kelapa tua yang dipanaskan pada temperatur 400°C dengan waktu penahanan selama 5 jam, dan Maulana (2016) pada temperatur 700°C . Kemudian dilanjutkan oleh Nugraheni (2017) melalui proses eksfoliasi kimia dengan larutan HCl 1M selama 20 jam dan eksfoliasi mekanik dengan diultrasonik selama 6 jam. Dimana dari ketiga penelitian tersebut menghasilkan pola difraksi seperti pada Gambar 4.2.

Secara keseluruhan, dari ketiga pola difraksi pada Gambar 4.2 menunjukkan telah terbentuk dua puncak lebar pada posisi $\pm 24^\circ$ di bidang (002) dan $\pm 44^\circ$ di bidang (100) dengan intensitas yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pola difraksi pada Gambar 4.1. Rendahnya intensitas tersebut mengindikasikan telah terjadi reduksi ukuran partikel sehingga menjadi lebih kecil. Sebagai contoh pada Gambar 4.2(c) terlihat puncak lebar pada posisi $\pm 44^\circ$ di bidang (100) dengan intensitas yang sangat rendah. Terjadinya proses reduksi ini diakibatkan oleh tersisipnya atom-atom Cl pada ikatan karbon antar lapisan rGO sehingga

merenggangkan ikatan *Van der Walls* ketika proses eksfoliasi kimia dan akan terputus ketika proses penyayatan dengan menggunakan *ultrasonic cleaner*. Sehingga akan terbentuk puncak lebar dengan intensitas rendah ketika sinar-X ditembakkan dan mengenai bidang (100) karena susunan heksagonal atom-atom karbon pada bidang tersebut telah tereduksi (Nugraheni, 2017).



Gambar 4.2 Pola Difraksi rGO dari Tempurung Kelapa Tua pada Temperatur Pemanasan (a) 400°C (Nugraha, 2015), (b) 700°C (Azis, 2016), dan (c) Ekfoliasi Kimia dan Mekanik (Nugraheni, 2017)

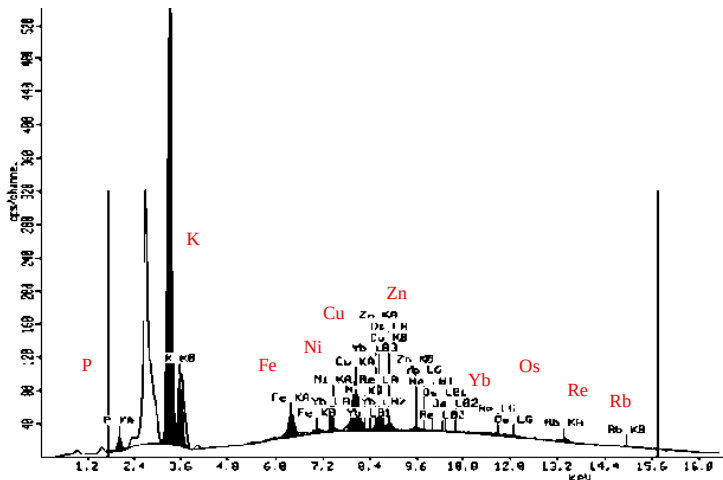
Sehingga dapat dikatakan bahwa setelah melalui proses pemanasan pada temperatur 400°C dan 700°C, eksfoliasi kimia dengan larutan HCl 1M selama 20 jam, dan ultrasonik selama 6 jam, serbuk arang dari tempurung kelapa tua masih dalam fasa rGO dengan struktur semikristalin.

4.3 Analisis Komposisi Unsur rGO

Analisa komposisi serbuk arang tempurung kelapa tua dilakukan dengan menggunakan karakterisasi CHONS di Laboratorium Teknik Lingkungan ITS dan *X-Ray Fluorescence* (XRF) di Laboratorium Mineral dan Material Maju UM. Uji CHONS digunakan untuk menganalisa presentase berat dari unsur-unsur yang memiliki nomor atom kecil, seperti unsur utama penyusun rGO. Sedangkan uji XRF digunakan untuk menganalisa presentase berat dari unsur-unsur yang memiliki nomor atom besar, dan dalam penelitian ini merupakan unsur impuritas. Dimana diketahui bahwa tempurung kelapa merupakan bahan organik yang berasal dari alam dan memiliki ketidakmurnian yang cukup tinggi. Sehingga perlu dilakukan proses lain untuk menghilangkan unsur-unsur pengotor tersebut, seperti pemanasan pada titik didih tertentu.

Dari uji CHONS diperoleh enam unsur penyusun serbuk arang dari tempurung kelapa tua hasil proses pembakaran yang bernomor atom kecil, yaitu Karbon (C), Nitrogen (N), Hidrogen (H), Oksigen (O), Sulfur (S), dan Fospor (P). Dimana presentase berat terbesar adalah karbon dan oksigen yang merupakan unsur utama penyusun rGO. Sedangkan dari uji XRF diperoleh sepuluh unsur pengotor yang disajikan pada Gambar 4.3.

Dan dari hasil pengujian keduanya, maka dapat dibandingkan dan dijadikan satu sehingga diperoleh presentase total komposisi penyusun serbuk arang tempurung kelapa tua yang disajikan pada Tabel 4.1.



Gambar 4.3 Spektrum Hasil Uji XRF Serbuk Arang Tempurung Kelapa Tua setelah Proses Pembakaran

Dari Tabel 4.1 terlihat bahwa presentase terbesar adalah karbon dengan 53,65039%. Namun pada sampel ini kandungan oksigen juga masih cukup besar yaitu 34,0798%. Hal ini dikarenakan sampel yang diuji adalah serbuk arang dari tempurung kelapa tua yang hanya disintesis melalui proses pembakaran sehingga proses penguraian kandungan air dan impuritas-impuritas lain yang terdapat di dalamnya belum optimal. Dimana berdasarkan penelitian Islamiyah (2017), serbuk rGO tempurung kelapa tua yang dipanaskan pada temperatur 400°C dengan waktu penahanan selama 5 jam menunjukkan hasil yang lebih baik, yaitu telah diperoleh presentase karbon sebesar 81,48% dan oksigen 9,02%. Hasil ini menunjukkan bahwa telah terjadi reduksi unsur oksigen dari arang tempurung kelapa selama proses pemanasan pada temperatur 400°C. Umumnya karbon pada material alam dan tambang memiliki kadar oksigen mencapai 20% (Wachid *et al.*, 2014). Sehingga dengan adanya unsur karbon dan oksigen dengan presentase tersebut, maka dapat dikatakan bahwa telah terbentuk fasa rGO pada serbuk arang tempurung kelapa tua.

Tabel 4.1 Komposisi Penyusun Serbuk Arang Tempurung Kelapa Tua setelah Proses Pembakaran

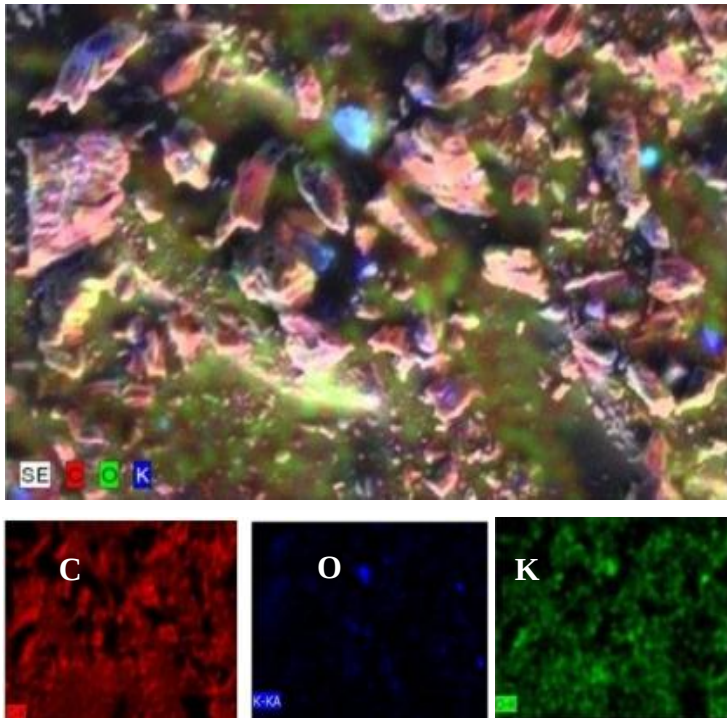
No.	Unsur	Presentase (%)
1	Karbon (C)	53,65039
2	Nitrogen (N)	0,09887
3	Hidrogen (H)	6,262096
4	Oksigen (O)	34,0798
5	Sulfur (S)	0,011408
6	Pospor (P)	0,194888
7	Kalium (K)	5,002135
8	Besi (Fe)	0,135831
9	Nikel (Ni)	0,022442
10	Tembaga (Cu)	0,30001
11	Seng (Zn)	0,064963
12	Rubidium (Rb)	0,070868
13	Ytterbium (Yb)	0,017717
14	Renium (Re)	0,059057
15	Osmium (Os)	0,029529
Total		100

Pada Tabel 4.1 juga menunjukkan bahwa presentase unsur impuritas terbesar adalah kalium yang mencapai 5,002135%. Begitu juga hasil dari uji SEM-EDX seperti Gambar 4.4. Hal ini dikarenakan kalium merupakan salah satu unsur yang menyusun kandungan unsur hara dan air dalam sabut kelapa. Dimana presentasinya mencapai 6,726 ppm (Sundari, 2013). Selain itu, tempurung kelapa tua juga mengandung 21% hemiselulosa (Udhayasankar, 2015) sehingga wajar apabila unsur kalium merupakan salah satu impuritas terbesar dari serbuk rGO yang dihasilkan dari sintesis ini. Selain itu terdapat pula unsur-unsur impuritas lain yang bersifat magnetik dan elektrik seperti besi (0,135831%) dan tembaga (0,30001%). Unsur-unsur impuritas ini memiliki presentase yang sangat kecil jika dibandingkan dengan unsur karbonnya, sehingga dapat dikatakan bahwa sifat magnetik

dan elektrik yang dihasilkan dari proses pengujian selanjutnya merupakan sifat murni dari serbuk rGO tempurung kelapa tua.

4.4 Analisis Morfologi dan Komposisi rGO

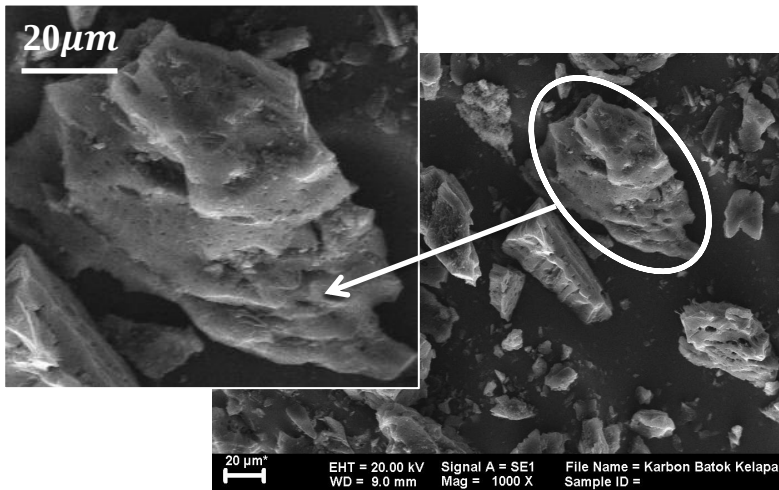
Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDX) dilakukan untuk menganalisa struktur morfologi dan komposisi penyusunnya. Dalam menganalisa komposisi serbuk arang tempurung kelapa dilakukan dengan mengambil perbesaran minimum guna memperoleh daerah *scan* yang luas seperti Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil Uji SEM-EDX Serbuk Arang Tempurung Kelapa Tua setelah Proses Pembakaran dengan Perbesaran 500x

Dari Gambar 4.4 menunjukkan bahwa serbuk arang tempurung kelapa tua tersusun dari unsur karbon sebesar 78,42 wt%, oksigen sebesar 20,81 wt%, dan kalium sebesar 0,77 wt%. Hasil ini sesuai dengan uji CHONS dan XRF sebelumnya, yaitu unsur impuritas terbesar adalah kalium. Serta unsur utama penyusunnya adalah karbon dan sedikit oksigen, yangmana unsur-unsur ini merupakan unsur utama penyusun rGO.

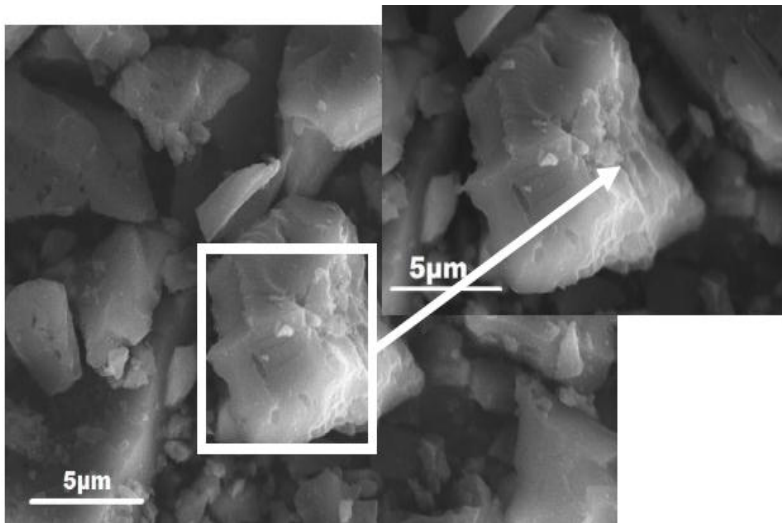
Sedangkan untuk menganalisa struktur morfologinya, dilakukan dengan mengambil perbesaran maksimum guna memperoleh bentuk morfologi yang lebih jelas dari serbuk arang tempurung kelapa tua seperti Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Struktur Morfologi Serbuk Arang Tempurung Kelapa Tua setelah Proses Pembakaran dengan Perbesaran 1000x

Struktur morfologi dari serbuk arang tempurung kelapa tua pada Gambar 4.5 menunjukkan adanya bentuk berupa bongkahan-bongkahan dengan berbagai ukuran yang memiliki ketebalan sekitar 20μm. Bongkahan-bongkahan tersebut terlihat memiliki banyak *flakes* grafit. Struktur ini terbentuk karena proses

penghalusan arang menjadi serbuk halus hanya dengan menggunakan mortar dan mesh 200 tanpa adanya tahapan proses selanjutnya sehingga kemungkinan besar telah terjadi aglomerasi ketika dibiarkan terlalu lama dalam lingkungan udara bebas. Namun apabila ditinjau dari strukturnya, serbuk arang tempurung kelapa memiliki kemungkinan besar dapat diolah sebagai grafena melalui proses eksfoliasi kimia dan mekanik (penyayatan).



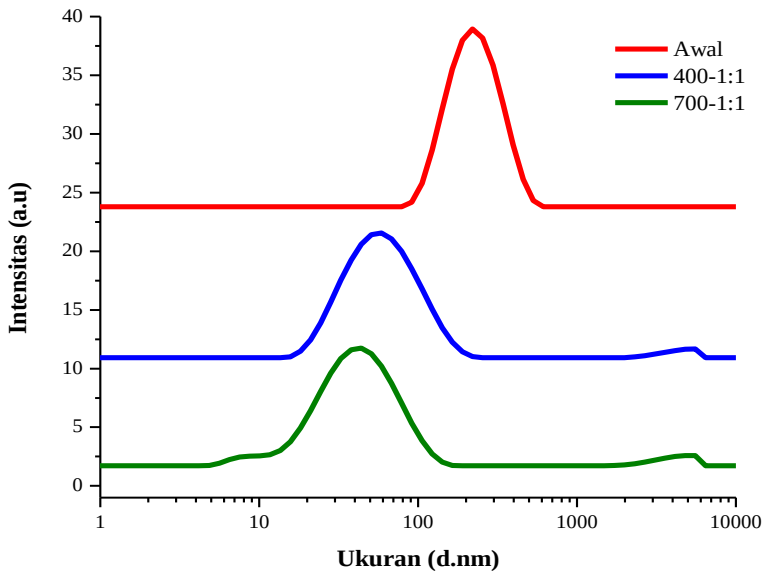
Gambar 4.6 Struktur Morfologi Serbuk Arang Tempurung Kelapa Tua setelah Penambahan Larutan HCl 1M (Islamiyah, 2017)

Gambar 4.6 adalah hasil uji SEM dari penelitian yang dilakukan oleh Islamiyah (2017). Hasil tersebut mengindikasikan bahwa serbuk rGO dari tempurung kelapa tua yang telah dieksfoliasi dengan penambahan larutan HCl 1M dan dieksfoliasi mekanik dengan *ultrasonic cleaner* telah mengalami perubahan struktur morfologi jika dibandingkan dengan Gambar 4.5. Dimana ukurannya menjadi lebih kecil sekitar 5µm dan juga berkurangnya jumlah *flakes* grafit. Hal ini dikarenakan pada

proses eksfoliasi kimia, unsur-unsur Cl akan menyisip dan melemahkan ikatan *Van der Walls* antar lembaran-lembaran rGO, kemudian ketika diultrasonik ikatan tersebut akan terputus sehingga lembaran-lembaran rGO tersayat menjadi lembaran-lembaran yang lebih tipis.

4.5 Analisis Distribusi Ukuran Partikel rGO

Distribusi ukuran partikel dari serbuk rGO dari tempurung kelapa tua diuji dengan *Particle Size Analyzer* (PSA) di Laboratorium Fisika Zat Padat ITS. Sampel yang dikarakterisasi berupa koloid dari serbuk rGO yang telah melalui proses pemanasan dan eksfoliasi. Data yang diperoleh dari uji PSA adalah distribusi ukuran partikel yang disajikan dalam grafik seperti pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Distribusi Ukuran Partikel rGO dari Tempurung Kelapa Tua dengan Variasi Pemanasan pada Perbandingan Mol 1:1

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa sebagian besar data hasil uji PSA yang disajikan dalam grafik membentuk puncak lebih dari satu. Hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi aglomerasi (penggumpalan), sehingga ukuran partikel yang dihasilkan tidak 100% homogen melainkan membentuk beberapa puncak dengan intensitas yang berbeda-beda (data terlampir).

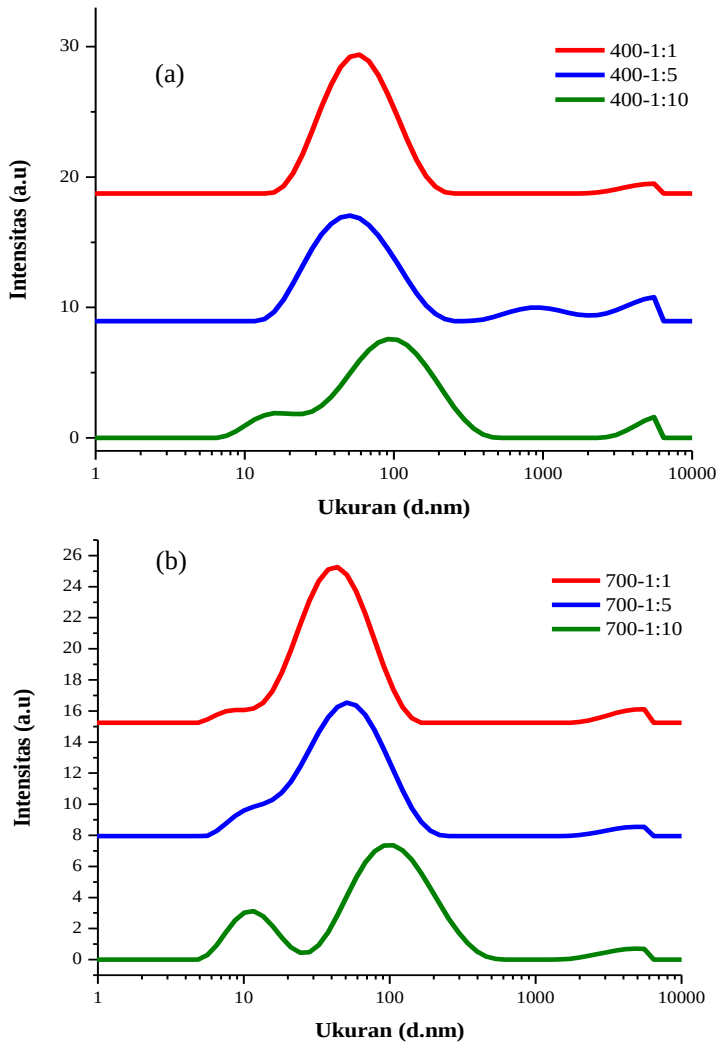
Penentuan ukuran partikel serbuk rGO dapat dilakukan dengan melihat rata-rata ukuran partikel yang terdistribusi dalam sampel apabila data tersebut memenuhi syarat *Polydispersity Index* ($PdI \leq 0,5$). PdI adalah nilai yang menunjukkan keseragaman ukuran partikel dalam sistem koloid. Dimana semakin kecil nilai PdI , maka ukuran partikel semakin homogen (Nur, *at al.*, 2011). Dan berdasarkan data yang telah diperoleh maka dapat dikatakan bahwa telah terbentuk partikel nano ($<100\text{nm}$) pada serbuk rGO dari arang tempurung kelapa tua yang telah melalui proses pemanasan dan eksfoliasi. Dimana tujuan dari proses eksfoliasi ini adalah untuk memutuskan ikatan-ikatan *Van der Waals* sehingga menghasilkan lembaran rGO yang lebih tipis. Dan hal ini akan terlihat pada perubahan ketebalan yang diindikasikan dengan rata-rata ukuran partikelnya.

Dimana untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 4.7. Garis merah menunjukkan distribusi ukuran partikel dari serbuk rGO awal (tanpa pemanasan dan eksfoliasi) yang memiliki rata-rata ukuran partikel 209 d.nm. Hasil tersebut sangat jauh berbeda jika dibandingkan dengan serbuk rGO yang telah melalui proses pemanasan dan eksfoliasi (garis biru dan hijau). Hal ini dikarenakan adanya pengaruh dari proses pemanasan dan penambahan larutan HCl 1M serta proses penyayatan. Dimana proses pemanasan dapat menyebabkan hilangnya atom-atom impuritas yang mudah menguap sehingga diperoleh fasa rGO dengan partikel serbuk yang lebih kecil. Namun apabila telah mencapai batas maksimum dari temperatur pemanasannya, maka peningkatan temperatur akan menyebabkan perubahan dan terbentuknya fasa baru, seperti serbuk arang yang dipanaskan pada temperatur 1000°C (Nugraha, 2015). Dan apabila ditinjau

dari pengaruh temperatur pemanasan, dapat dilihat pada Gambar 4.7 bahwa semakin tinggi temperatur pemanasan maka rata-rata ukuran partikel semakin kecil. Dimana rata-rata ukuran partikel rGO pada 400°C adalah 48,95 d.nm, sedangkan pada 700°C adalah 35,81 d.nm untuk perbandingan mol 1:1.

Selain itu, pengaruh penambahan larutan HCl 1M dan proses penyayatan adalah memperkecil rata-rata ukuran partikel rGO. Hal ini disebabkan pada proses pencampuran, ikatan HCl akan terlepas karena proses tersebut dilakukan pada temperatur 70°C, sehingga akan memberikan energi yang lebih besar daripada energi ikat dari HCl sendiri (Nugraheni, 2017). Selanjutnya atom-atom hidrogen akan berikatan dengan atom oksigen, dan sebagian akan menguap pada saat proses pengadukan. Sedangkan atom-atom Cl akan berikatan dengan atom karbon membentuk ikatan C-Cl. Dimana atom-atom Cl ini menyisip dan merenggangkan ikatan *Van der Walls* antar lapisan-lapisan rGO, sehingga ikatan tersebut melemah. Dan ketika dieksfoliasi mekanik dengan *ultrasonic clenear*, maka ikatan *Van der Walls* yang telah renggang akan terputus dan menghasilkan lembaran rGO yang lebih tipis.

Pada Gambar 4.8 terlihat bahwa rata-rata ukuran partikel juga dipengaruhi oleh perbandingan mol antara HCl dan rGO. Dimana rata-rata ukuran partikel semakin kecil seiring dengan semakin kecilnya perbandingan mol serbuk rGO. Sebagai contoh, pada temperatur pemanasan 400°C, terlihat bahwa rata-rata ukuran partikel pada perbandingan mol 1:1 adalah 48,95 d.nm, 1:5 adalah 49,04 d.nm, dan 1:10 adalah 60,52 d.nm. Hal ini dikarenakan semakin kecil perbandingan mol rGO, maka atom-atom karbon yang terdapat dalam larutan tersebut juga semakin sedikit jika dibandingkan dengan atom-atom Cl. Sehingga proses pemutusan ikatan *Van der Walls* akan semakin mudah dan memperbanyak terbentuknya lembaran rGO yang lebih tipis sehingga rata-rata ukuran partikel yang terbentuk lebih kecil.



Gambar 4.8 Distribusi Ukuran Partikel rGO dari Tempurung Kelapa Tua dengan Variasi Perbandingan Mol pada Temperatur (a) 400°C dan (b) 700°C

4.6 Analisis Konduktivitas Listrik rGO

Analisa konduktivitas listrik dilakukan dengan menerapkan konsep *Hukum Ohm*. Pengujian dilakukan dengan mengukur nilai hambatan (**R**) menggunakan multimeter pada sampel serbuk yang dicetak padat dalam sebuah sedotan berdiameter 2,8 mm dan panjang 1cm. Pengujian ini dilakukan dengan prinsip aliran arus pada sebuah kabel yang diketahui panjang dan luas penampangnya. Konduktivitas listrik merupakan ukuran kemampuan suatu material dalam menghantarkan arus listrik. Dan berdasarkan data yang diperoleh dan telah diolah dengan persamaan 3.1, maka nilai konduktivitas listrik rGO dari tempurung kelapa tua disajikan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai Konduktivitas Listrik Serbuk rGO dari Tempurung Kelapa Tua

No.	Sampel	Konduktivitas Listrik (S/cm)
1	Awal	$1,19 \times 10^{-5}$
2	rGO 400°C (1:1)	$2,1 \times 10^{-4}$
3	rGO 400°C (1:5)	$5,95 \times 10^{-4}$
4	rGO 400°C (1:10)	$9,03 \times 10^{-4}$
5	rGO 700°C (1:1)	$6,32 \times 10^{-2}$
6	rGO 700°C (1:5)	$5,33 \times 10^{-2}$
7	rGO 700°C (1:10)	$5,83 \times 10^{-2}$

Berdasarkan hasil uji TEM dari penelitian Nugraha (2015), serbuk rGO yang telah dipanaskan pada temperatur 400°C telah membentuk struktur turbostatik yaitu struktur dengan susunan atom-atom karbon heksagonal yang mendekati teratur. Dan pada Tabel 4.2 terlihat bahwa nilai konduktivitas listrik dari rGO tempurung kelapa tua mengalami peningkatan seiring dengan semakin tingginya temperatur pemanasan. Hal ini dikarenakan pada temperatur yang lebih tinggi, susunan atom-atom karbon yang menyusun rGO akan lebih teratur. Dan dengan adanya keteraturan struktur, maka proses transfer elektron akan lebih

mudah sehingga material rGO lebih konduktif. Apabila dihubungkan dengan hasil uji PSA, maka dapat dikatakan bahwa ukuran partikel yang semakin kecil (mengindikasikan semakin tipisnya lapisan rGO) menyebabkan meningkatnya nilai konduktivitas listrik yang masih dalam rentang bahan semikonduktor. Hal ini dikarenakan energi gap yang dimiliki semakin kecil, yaitu mendekati nol yang menyerupai struktur grafena.

Berdasarkan hasil uji Spektroskopi Raman oleh Kurniasari (2017), peningkatan temperatur pada rGO tempurung kelapa tua menyebabkan meningkatnya intensitas *defect* (cacat) pada rGO. Namun apabila hasil penelitian nugraha (2015) dibandingkan dengan penelitian ini, maka dapat dikatakan bahwa nilai konduktivitas listrik pada penelitian ini lebih tinggi. Hal ini dikarenakan adanya proses eksfoliasi kimia dengan penambahan larutan HCl dan proses penyayatan. Dimana proses-proses tersebut menyebabkan berkurangnya luas permukaan partikel rGO karena semakin banyaknya *defect* (cacat) yang terbentuk. *Defect* dapat berasal dari *vacancy* (kekosongan) pada ikatan karbon maupun terlepasnya atom oksigen setelah proses reduksi.

Peningkatan temperatur pemanasan juga dapat mengurangi unsur-unsur impuritas pada serbuk rGO, seperti kandungan air dan unsur-unsur lain yang mudah menguap pada temperatur tinggi. Hal ini menyebabkan meningkatnya kandungan karbon dan keteraturan struktur. Sebelumnya telah dijelaskan bahwa rGO adalah Grafena oksida yang tereduksi sehingga strukturnya merupakan selembur lapisan grafit. Dalam susunan grafit, tiga atom karbon membentuk ikatan kovalen dengan tiga atom karbon lainnya, sehingga terbentuk struktur heksagonal (sp^2) dengan susunan bertumpuk. Dan menyisahkan satu elektron bebas. Dimana elektron bebas inilah yang menyebabkan grafit dapat dijadikan sebagai bahan penghantar listrik.

Pada Tabel 4.2 juga menunjukkan bahwa variasi perbandingan mol antara serbuk rGO dan larutan HCl 1M juga mempengaruhi nilai konduktivitas listrik, namun tidak secara

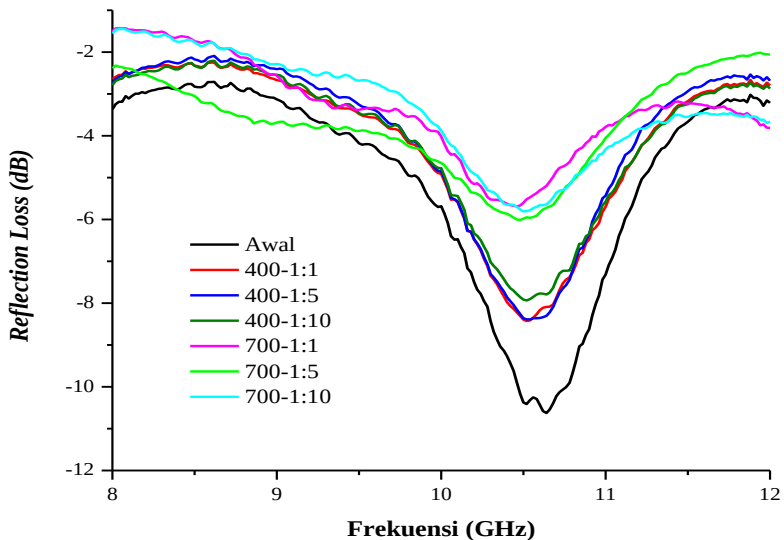
signifikan. Sebagaimana yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya, bahwa semakin banyak serbuk rGO yang ditambahkan ke dalam larutan HCl, maka perbandingan atom-atom Cl yang menyisip dan melemahkan ikatan *Van der Waals* juga semakin sedikit, sehingga proses penyayatan lebih sulit. Hal ini menyebabkan lembaran-lembaran rGO tersebut masih bertumpuk dan meyerupai struktur grafit.

4.7 Analisis Serapan Gelombang Mikro rGO

Material yang dapat dijadikan sebagai penyerap gelombang radar adalah bahan yang bersifat magnetik dan dielektrik. Serbuk rGO dari tempurung kelapa tua merupakan bahan dielektrik sehingga kemampuan rGO dalam menyerap gelombang mikro hanya bergantung pada sifat dielektrik dan kesesuaian impedansinya. Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kemampuan rGO sebagai bahan penyerap gelombang mikro cukup rendah. Oleh karena itu, rGO sering dijadikan sebagai komposit dengan bahan magnetik guna meningkatkan nilai *reflection loss*-nya.

Analisis serapan gelombang radar dari rGO tempurung kelapa tua dilakukan dengan mengukur nilai *reflection loss*-nya. *Reflection loss* bernilai negatif dan semakin besar harga negatif tersebut, maka semakin besar pula daya serap bahan terhadap gelombang radar yang mengenainya. Pengukuran ini dilakukan di PPET (Pusat Penelitian Elektronika Terapan) LIPI Bandung dengan menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA). Pengujian VNA dilakukan dengan menembakkan gelombang mikro dalam rentang gelombang X-Band yaitu 8-12 GHz pada sampel serbuk rGO yang sebelumnya telah dipreparasi dengan ketebalan 2 mm. Pemilihan rentang frekuensi ini didasarkan atas penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nugraha (2015), dimana rentang gelombang X-Band merupakan frekuensi yang digunakan dalam dunia militer. Data yang diperoleh adalah nilai *reflection loss* pada setiap rentang frekuensi tersebut dan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.9.

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa nilai *reflection loss* terbesar dimiliki oleh rGO tempurung kelapa tua yang belum melalui proses pemanasan dan eksfoliasi, yaitu dengan nilai yang mencapai -10,62 dB pada frekuensi 10,64 GHz. Nilai ini jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil yang diperoleh oleh Nugraha (2015) untuk rGO tempurung kelapa tua yang telah dipanaskan pada temperatur 400°C selama 5 jam. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai *reflection loss* dipengaruhi oleh temperatur pemanasan dan waktu penahannya. Namun hubungan ini tidak terjadi secara linear, karena pada temperatur 1000°C nilai *reflection loss* mengalami penurunan menjadi -7,18 dB pada frekuensi 10.4 GHz (Nugraha, 2015). Penurunan nilai *reflection loss* karena pengaruh temperatur pemanasan juga terjadi pada penelitian ini. Dimana pada rGO dengan perbandingan mol 1:1, *reflection loss* bernilai -8,42 dB pada 10,52 GHz untuk temperatur pemanasan 400°C, dan bernilai -5,69 dB pada 10,46 GHz untuk temperatur pemanasan 700°C.



Gambar 4.9 Nilai *Reflection Loss* dari rGO Tempurung Kelapa Tua

Berdasarkan hasil FTIR dari penelitian Nugraheni (2015), serbuk rGO tempurung kelapa tua yang telah dipanaskan pada temperatur 400°C mempunyai ikatan molekul C=C dan C-C. Ikatan ini merupakan ikatan utama grafena. Selain itu, terdapat pula banyak ikatan C-H, C-O, C=O dan O-H yang merupakan ikatan-ikatan impuritas sehingga mengindikasikan bahwa telah terbentuk fasa rGO. Sedangkan pada temperatur pemanasan yang lebih tinggi, ikatan-ikatan impuritas seperti C-O, C-H, C=O dan O-H berkurang. Padahal ikatan-ikatan impuritas tersebut merupakan ikatan yang berperan penting dalam proses polarisasi karena menyebabkan adanya beda keelektronegatifan sehingga material rGO memiliki dipol-dipol listrik. Dan dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi temperatur pemanasan, maka nilai *reflection loss* semakin rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa kemampuan material rGO sebagai bahan penyerap radar lebih baik dibandingkan dengan material grafena dan grafit, karena pada material rGO terdapat banyak dipol-dipol listrik.

Mekanisme penyerapan gelombang radar pada bahan rGO (dielektrik) adalah adanya interaksi antara medan listrik dari gelombang datang dengan dipol-dipol listrik pada material rGO yang menyebabkan terjadinya polarisasi. Dipol-dipol listrik terbentuk karena adanya beda keelektronegatifan antara dua atom atau lebih sehingga membentuk ikatan kovalen. Dimana atom akan bermuatan lebih positif apabila kekurangan elektron, dan bersifat negatif apabila kelebihan elektron, sehingga kedua atom tersebut mempunyai kutub-kutub berlawanan. Dipol-dipol listrik tersebut akan bergerak mengikuti arah medan listrik luar, sehingga terjadi gerak bolak-balik dan atom-atom akan saling bergesekan dan menghasilkan energi berupa energi panas yang kemudian diserap oleh rGO dari tempurung kelapa tua.

Selain temperatur pemanasan, nilai *reflection loss* juga dipengaruhi oleh proses eksfoliasi kimia dan penyayatan. Dan berdasarkan data dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai *reflection loss* menurun cukup jauh setelah mengalami proses eksfoliasi. Dimana pada temperatur pemanasan dan waktu

penahanan yang sama yaitu 400°C selama 5 jam, nilai *reflection loss* dari hasil penelitian Nugraha (2015) mencapai -25,3 dB pada frekuensi 10,6 GHz. Sedangkan dalam penelitian ini nilai terbesar hanya mencapai -8,42 dB pada 10,52 GHz. Hal ini dikarenakan proses eksfoliasi menyebabkan meningkatnya nilai konduktivitas listrik pada rGO. Dimana pada material konduktif terdapat lebih banyak elektron bebas. Dan ketika gelombang elektromagnetik mengenai permukaan material konduktif, maka medan listrik luar (gelombang datang) akan berinteraksi dengan elektron-elektron bebas yang dimiliki oleh material. Sehingga elektron-elektron tersebut akan beresilasi dan menimbulkan arus konduksi yang akan mengimbas medan magnet. Medan magnet tersebut akan menginduksi medan listrik dan menghasilkan gelombang baru yang arahnya berlawanan dengan arah gelombang datang, sehingga gelombang elektromagnetik yang datang akan cenderung terpantul kembali (refleksi). Dan hal inilah yang menyebabkan, semakin konduktif suatu material maka nilai *reflection loss* atau daya serap terhadap gelombang radar juga semakin kecil.

Kemampuan material dalam menyerap gelombang radar juga dipengaruhi oleh ukuran partikel. Dimana material penyerap gelombang radar yang baik adalah material yang memiliki ukuran partikel kecil karena semakin kecil ukuran partikel maka luas permukaan partikel semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin luas permukaan partikel, maka permukaan daya serap terhadap gelombang radar juga semakin besar. Namun hasil penelitian ini cenderung menunjukkan hubungan yang sebaliknya. Dimana pada serbuk rGO yang berukuran paling kecil, yaitu 35,81 d.nm hanya memiliki nilai *reflection loss* yang rendah, yaitu -5,69 dB pada 10,46 GHz. Hal ini dikarenakan partikel-partikel yang menyusun rGO tempurung kelapa tua masih belum terdistribusi merata. Sehingga mengindikasikan bahwa kemampuan penyerapan gelombang radar dari rGO tempurung kelapa tua tidak hanya dapat ditentukan dari ukuran partikel, namun banyak faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhinya, seperti

kesesuaian nilai impedansi, permitivitas relatif, dan permeabilitas relatif. Nilai *reflection loss* akan lebih tinggi apabila nilai impedansi bahan mendekati 377Ω dan koefisien refleksi mendekati nol. Dimana hubungan ini dapat dilihat pada data terlampir.

Berdasarkan penelitian Anwar (2018), penggunaan larutan asam H_2SO_4 pada proses eksfoliasi kimia cenderung menghasilkan nilai *reflection loss* yang lebih kecil jika dibandingkan dengan larutan asam HCl . Sebagai contoh, pada temperatur $400^\circ C$ dan perbandingan mol 1:1, diperoleh nilai *reflection loss* sebesar -5,47 dB pada 10,44 GHz. Dimana penurunan nilai *reflection loss* ini dikarenakan meningkatnya nilai konduktivitas listrik sebesar $8,18 \times 10^{-4} S/cm$. Hal ini dikarenakan ukuran atom-atom yang menyisip pada lapisan-lapisan rGO lebih besar karena terdiri dari ion SO_4^{2-} . Sehingga jarak perenggangan dari ikatan *Van der Walls* semakin jauh dan ketika proses penyayatan akan lebih mudah dalam menghasilkan lembaran-lembaran rGO yang lebih tipis. Hal ini menyebabkan tidak adanya muatan ruang (*space charger*) diantara lapisan-lapisan rGO tersebut sehingga dipol-dipol listrik yang terbentuk semakin sedikit dan menyebabkan berkurangnya kemampuan rGO dalam menyerap gelombang radar.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah terbentuk fasa rGO dari tempurung kelapa tua yang telah melalui proses pembakaran, pemanasan, dan eksfoliasi. Hal ini diindikasikan dari hasil uji XRD, CHONS, XRF, dan SEM-EDX.
2. Semakin tinggi temperatur pemanasan rGO dari tempurung kelapa tua, maka nilai *reflection loss* semakin rendah karena nilai konduktivitas listriknya semakin meningkat.
3. Proses ekfoliasi kimia dengan penambahan larutan HCl 1M dan proses penyayatan menyebabkan menurunnya nilai *reflection loss* pada rGO dari tempurung kelapa tua.
4. Nilai *refelction loss* terbesar dimiliki oleh rGO dari tempurung kelapa tua yang dipanaskan pada temperatur 400°C dan diekfoliasi dengan perbandingan mol 1:1, yaitu mencapai -8,42 dB pada frekuensi 10,52 GHz. Dengan nilai konduktivitas listrik sebesar $2,1 \times 10^{-4}$ S/cm dan rata-rata ukuran partikel sebesar 48,95 d.nm.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Dilakukan pengujian terhadap nilai permeabilitas relatif dan permitivitas relatif serbuk rGO.
2. Digunakan variasi ketebalan dalam pengujian VNA.
3. Menyintesis serbuk rGO dengan bahan magnetik menjadi material nanokomposit guna meningkatkan kemampuan penyerapan gelombang radar.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Alwi, M. Faisol. 2017. *Pemanfaatan Bahan Magnetik (Fe_3O_4) Berbahan Dasar Karat Besi Hasil Korosi Atmosferik Sebagai Radar Absorber Mateial*. Tugas Akhir Program S1. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Anwar, M. Syaiful. 2018. *Eksfoliasi Mekanik dengan Penambahan H_2SO_4 dan Nilai Reflection Loss Grafena Oksida Tereduksi Tempurung Kelapa Tua*. Tugas Akhir Program S1. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ariyanto, T., Prasetyo, I., et al. 2012, *Pengaruh Struktur Pori Terhadap Kapasitansi Elektroda Superkapasitor Yang di Buat dari Karbon Nanopori*. Reaktor, Vol.14, No.1, Jurusan Teknik Kimia Universitas Gajah Mada, hal 25-32.
- Cai, M., Thorpe, D., et al. 2012. *Methods of graphite exfoliation*. J. Mater. Chem. 22, 24992.
- Callister, W. D., David D. R. 2008. *Fundamentals of Materials Science and Engineering an Integrated Approach*. United States: John Wiley & Sons Inc.
- Chen, C. Y., Nen W. P., et al. 2017. *Remarkable Microwave Absorption Performance of Graphene at A Very Low Loading Ratio*. Taiwan: Elsevier. Composites Part B 114, 395-403.
- Chung, D. D. L. 2015. *A Review of Exfoliated Graphite*. New York: Springer. Journal of Materials Science. ISSN 0022-2461. Vol. 51, No. 1, doi: 10.1007/s10853-015-9284-6.
- Durmus Z., Ali D., Huyesin K. 2015. *Synthesis and Characterization of Structural and Magnetic Properties of Graphene/Hard Ferrite Nanocomposites as Microwave-Absorbing Material*. New York: Springer Science. doi:

- 10.1007/s10853-014-8676-3.
- Fu Changjing, *et al.* 2013. *Evaluation and Characterization of reduced Graphene Oxide Nanosheets as Anode Materials for Lithium-Ion Batteries*. Int. J. Electrochem. Sci., 8, 6269-6280.
- Gaylor, K. 1989. *Radar Absorbing Materials – Mechanisms and Materials*. Australia: DSTO Materials Research Laboratory.
- Geim, A. K., Novoselov, K. S. 2015. *A Collection of Reviews from Nature Journals: The Rise of Graphene*. Manchester Centre for Mesoscience and Nanotechnology: University of Manchester, Oxford Road M13 9PL, United Kingdom
- Heielscher, T. 2005. *Ultrasonic Production of Nano-Size Dispersions and Emulsions*. Dans European Nano Systems Workshop.
- Hoesada, Jan. 2007. *Dampak Inovasi Radar pada Pertahanan dan Keamanan*. Vol. 3 No. 1. Jakarta: SATRIA Studi Pertahanan.
- Hogan, Hank. 2008. *Photonic Spectra* . 42, pp.19.
- Hollas, J. M. 2004. *Modern Spectroscopy Fourth Edition*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Hummers, W. S., Offeman R.E. 1958. *Preparation of graphitic oxide*. J. Am. Chem. Soc. 80(6): 1339-1339.
- Indarti, Diah. 2014. *Outlook Komoditi Kelapa Sawit*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal – Kementerian Pertanian.
- Islamiyah, W. 2017. *Eksfoliasi Mekanik dengan Penambah H₂SO₄ pada Grafena Oksida Tereduksi dari Tempurung Kelapa Tua*. Tugas Akhir Program S1. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ismawarno, A., Azmi, *et al.* 2011. *Beranda Depan Negara*

- Dalam Bingkai NKRI Edisi 56*. Jakarta: Arsip Nasional Republik Indonesia.
- Kurniasari. 2017. *Analisa Cacat dan Sifat Magnetik Grafena Oksida Tereduksi dari Tempurung Kelapa*. Tesis Program S2. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Liao, K.H., Mittal, A., et al. 2011. *Aqueous only route toward graphene from graphite oxide*. *Acs Nano* 5, 1253–1258.
- Liu YS, Huang X., et al. 2011. *Skin collagen fiberbased radar absorbing materials*. *Chinese Science Bulletin* 56 (2): 202208.
- Mashuri, 2012. *Partikel Nano Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe₂O₄ Berbahan Baku Fe₃O₄ dari Pasir Besi sebagai Bahan Penterap Gelombang Mikro pada Frekuensi Tinggi*. Disertasi Program Doktor. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mas'udah, K.W., Nugraha., et al. 2016. *Solution of Redusced Graphene Oxide Synthesized from Coconut Shells and Its Optical Properties*. Amerika: American Institute of Physics. doi: 10.1063/1.4945499.
- Maulana, A. 2016. *Karakterisasi Sifat Magnetik Grafena Oksida Tereduksi dari Hasil Pembakaran Tempurung Kelapa Tua*. Tugas Akhir Program S1. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Melati, I. 2010. *Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Singkong UKM Tapioka Kabupaten Pati*. Semarang: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.
- Mitrayana. 2015. *Teori dan Aplikasi Gelombang Mikro*. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.
- Nasrullah, M. 2014. *Analisis Fasa dan Lebar Celah Pita Energi Karbon Pada Hasil Pemanasan Tempurung Kelapa*.

- Surabaya: Laporan Tugas Akhir Fisika FMIPA-ITS.
- Nicolaescu, I. 2006. *Radar Absorbing Materials Used For Target Camouflage*. Romania: Military Technical Academy. Journal of Optoelectronics and Advanced Materials. Vol. 8, No. 1, pp. 333 – 338.
- Nopriansyah, Aciek I. W., et al. 2008. *Sistem Identification Friend, Foe, or Neutral Radar Menggunakan Radar Cross Section dan Kecepatan Pesawat Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Adaptive Resonance Theory 1 dan Fusi Informasi*. Jakarta: Prosiding Seminar Radar Nasional. ISSN: 1979-2921.
- Nugraha, A. I. M. 2015. *Karakterisasi Grafena Oksida Tereduksi (rGO) dari Tempurung Kelapa Tua Sebagai Material Penyerap Gelombang Mikro*. Tugas Akhir Program S1. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nugraheni, A. Y., et al. 2015. *Study on Phase, Molecular Bonding and Bandgap of Reduced Graphene Oxide Prepared by Heating Coconut Shell*. Material Science Forum.
- Nugraheni, A. Y. 2017. *Analisa Struktur Grafena Oksida Tereduksi dari Tempurung Kelapa Tua dengan Hamburan Sinar-X Sudut Kecil Sinkrotron (SAXS)*. Tesis Program S2. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nurdiansah, H. dan Diah S. 2013. *Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan Temperatur Aktivasi Fisika dari Elektroda Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak Terhadap Nilai Kapasitansi Electric Double Layer Capacitor (EDLC)*. Surabaya: ITS. Jurnal Teknik Pomits Vol. 2, No. 1.
- Nur, Jamaludin at al. 2011. *Sintesis Nanopartikel Perak*

- Menggunakan Ekstrak Kayu Manis (Cinnamomum sp.) sebagai Bioreduktor.* Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin: Makasar.
- Pari, G. S. 2014. *Porous Carbon Spheres from Hydrothermal Carbonization and KOH Activation on Cassava and Tapioca Flour Raw Material.* Procedia Environmental Science.
- Pujiyanto. 2010. *Pembuatan Karbon Aktif Super Dari Batu Bara Dan Tempurung Kelapa.* Depok: Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Putra, G. B. A. 2017. *Sintesis Elektroda Superkapasitor dengan Proses Eksfoliasi Kimia Dan Pengaitan Fe^{3+} pada Grafena Oksida Tereduksi Dari Tempurung Kelapa Tua.* Tugas Akhir Program S1. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rampe, M. J., Vistarani A. T., et al. 2013. *The Effect of Temperature on the Crystal Growth of Coconut Shell Carbon.* Manado: FMIPA Universitas Negeri Manado. Jurnal Sainsmat. ISSN 2086-6755, Vol. II. No. 2.
- Rydholm, T. 2015. *Measurement of Complex Permittivity and Permeability Through a Cavity Perturbation Method.* Master's Thesis in Applied Physics. Sweden: Chalmers University of Technology.
- Saini, A., Ashok K., et al. 2016. *Synthesis of Graphene Oxide using Modified Hummer's Method and its Reduction using Hydrazine Hydrate.* India: ECE Dept, Ambala College of Engg & Applied Research. International Journal of Engineering Trends and Technology. Vol. 40, No. 2.
- Saptari, S. A. 2014. *Disain Material Absorber Gelombang Mikro Senyawa Dasar (La, Ba)(Mn, Ti)O₃ Melalui Proses Pengahalusan Mekanik Dan Sonikasi Daya Tinggi.* Laporan Penelitian Berbasis Publikasi Nasional. Surabaya:

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.

- Saville, P. 2005. *Review of Radar Absorbing*. Canada: Defence Research and Development Canada Atlantic. Technical Memorandum.
- Stankovich, S., Dikin, D.A., et al. 2007. *Synthesis of Graphene-Based Nanosheets Via Chemical Reduction of Exfoliated Graphite Oxide*. Carbon 45, 1558–1565. doi:10.1016/j.carbon.2007.02.034.
- Stoller, M. D., Park S., et al. 2008. *Graphene-Based Ultracapacitors*. Nano Lett. 8(10): 3498-3502.
- Suhartana. 2006. *Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Belor Kecamatan Ngaringan Kabupaten Grobogan*. Diponegoro: Laboratorium Kimia Organik FMIPA Universitas Diponegoro.
- Sundari, D. 2013. *Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair dari Rendaman Sabut Kelapa (Cocos Nucifera) terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Bengkoang (Pachyrhizus Erosus)*. Laporan Penelitian Program Studi Ilmu Pengetahuan Alam. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Susanto, Eko A., et al. 2014. *Material Barium Heksaferrat Tipe-W Sebagai Material Penyerap Gelombang Elektromagnetik*. Depok: Universitas Indonesia.
- Taufantri, Y., Irdhawati, et al. 2016. *Sintesis dan Karakterisasi Grafena dengan Metode Reduksi Grafit Oksida Menggunakan Pereduksi Zn*. Bali: Universitas Udayana. Valensi Jurnal Kimia.
- Tkachev, S. V., E. Yu. Buslaeva, et al. 2012. *Reduced Graphene Oxide*. Neorganicheskie Materialy, 2012, Vol. 48, No. 8,

- pp. 909–915, doi: 10.1134/S0020168512080158.
- Udhayasankar, R., B. Karthikeyan. 2015. *A Review On Coconut Shell Reinforced Composites*. India: Annamalai University. International Journal of ChemTech Research Vol.8, No.11 pp 624-637.
- Wachid, F. M., Adhi Y. P., et al. 2014. *Synthesis and Characterization of Nanocrystalline Graphite from Coconut Shell with Heating Process*. Amerika: American Institute of Physics. doi: 10.1063/1.4866759.
- Wang, C., Han X. J., et al. 2011. *The Electromagnetic Property of Chemically Reduced Graphene Oxide and It's Application as microwave absorbing material*. China: Departement of Chemistry Laboratory Center, Harbin Institue of Technology.
- Wang, X., Zhi L., Mullen K. 2008. *Transparent Conductive Graphene Electrodes For Dye-Sensitized Solar Cells*. *Nano Lett.* 8(1): 323-327.
- Wang, Y., Hongtao G., et al. 2016. *Reduced Graphene Oxide (rGO)/Mn₃O₄ Nanocomposites for Dielectric Loss Properties and Electromagnetic Interference Shielding Effectiveness at High Frequency*. University of Birmingham: Ceramics International, Vol 42, No. 1, pp. 936-942. doi: 10.1016/j.ceramint.
- Warner, J. H., 2013. *Graphene: Fundamentals and Emerging Applications*, in: *Graphene*. Elsevier, pp. 1–4. doi:10.1016/B978-0-12-394593-8.00001-1.
- Xu, J., Wang L., Zhu Y. 2012. *Decontamination of bisphenol a from aqueous solution by graphene adsorption*. *Langmuir*. 28(22): 8418-8425.
- Yin, Y., Min Zeng, et al. 2016. *Enhanced High Frequency Absorption of Anisotropic Fe₃O₄/Graphene*

Nanocomposites. Scientific Reports. doi:
10.1038/srep25075.

Yusro, Khoirotul. 2016. *Karakterisasi Material Penyerap Gelombang Radar Berbahan Dasar Karbon Aktif Kulit Singkong dan Barium M-Heksaferit*. Tugas Akhir Program S1. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

LAMPIRAN

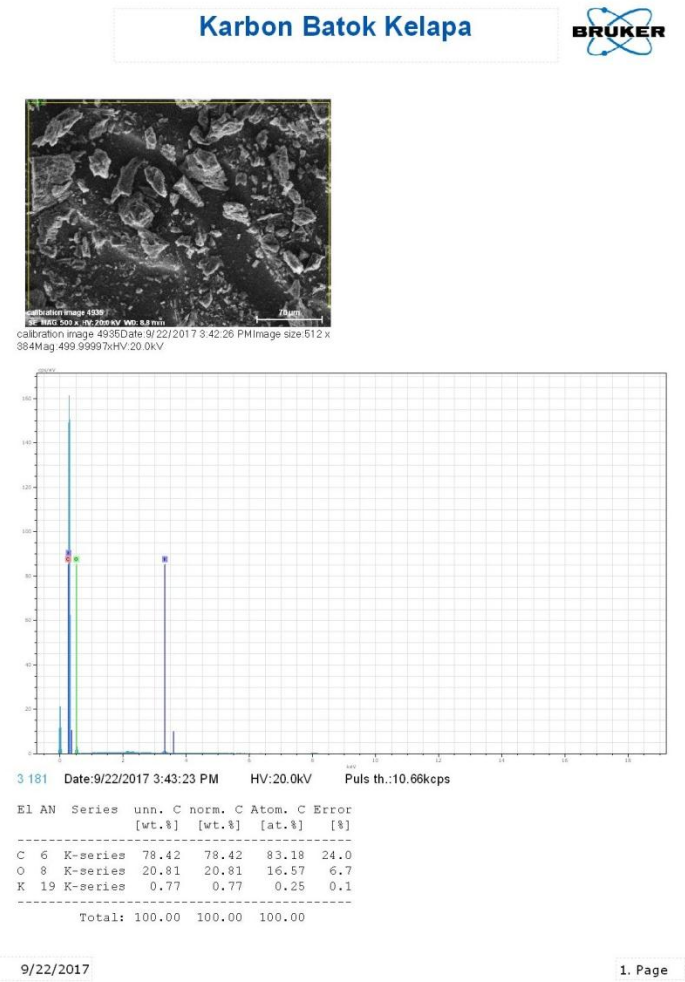
1. Uji PSA (Distribusi ukuran partikel pada setiap puncak)

No.	Sampel	Ukuran Partikel Tiap Puncak (d.nm)			Rata-rata (d.nm)
		1	2	3	
1	Tanpa Perlakuan	236,5	-	-	209
2	rGO 400°C (1:1)	64,85	4311	-	48,95
3	rGO 400°C (1:5)	60,64	4096	1020	49,04
4	rGO 400°C (1:10)	106,9	15,20	4685	60,52
5	rGO 700°C (1:1)	45,18	4163	-	35,81
6	rGO 700°C (1:5)	53,54	4053	-	37,05
7	rGO 700°C (1:10)	121,9	12,21	3927	47,93

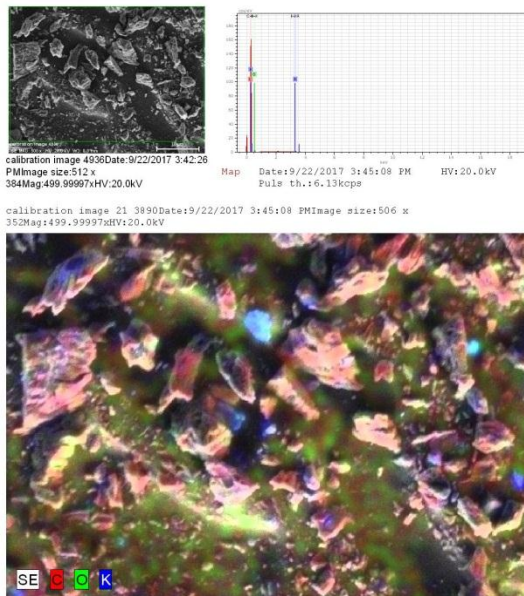
2. Nilai *Reflection Loss*, Koefisien Refleksi, dan Impedansi Bahan

No.	Sampel	RL (dB)	Frekuensi (GHz)	Γ	$Z_{in} (\Omega)$
1	Tanpa Perlakuan	-10,62	10,64	0,294	507,702
2	rGO 400°C (1:1)	-8,42	10,52	0,379	615,109
3	rGO 400°C (1:5)	-8,39	10,52	0,381	617,992
4	rGO 400°C (1:10)	-7,93	10,52	0,401	647,875
5	rGO 700°C (1:1)	-5,69	10,46	0,519	874,767
6	rGO 700°C (1:5)	-6,01	10,48	0,501	833,220
7	rGO 700°C (1:10)	-5,81	10,5	0,512	858,246

3. Hasil Uji SEM-EDX



Karbon Batok Kelapa



9/22/2017

2. Page

4. Hasil Uji XRF

05-jan-2016 *1 42 17

Sample results

Page 1

[illegible]

68

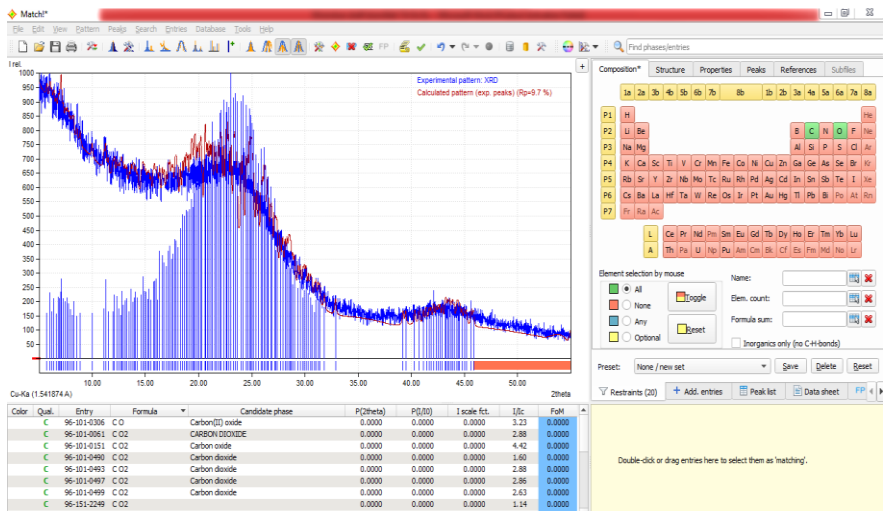
5. Hasil Uji CHONS

Dikirim Tanggal : 06 Oktober 2017
Sample : Arang Batok Kelapa

Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Metoda Analisis
Analisa Ultimat			
Karbon C (db)	% C	56,434	ASTM D 5373-2002
Nitrogen N (db)	% N	0,104	ASTM D 5373-2002
Hidrogen H (db)	% H	6,587	ASTM D 5373-2002
Oksigen O (db)	% O	35,848	Balance
Sulfur S (db)	% S	0,012	ASTM D 3177-2002
Pospat P (db)	% P	0,205	SNI 02-3776-2005

Catatan :

6. Hasil Uji XRD dari Match!



BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis yaitu Khoirotun Nadiyyah, dengan nama panggilan Dia. Penulis dilahirkan di Gresik, 03 Juli 1995, merupakan anak ketiga dari 3 bersudara. Ayah penulis bernama Nur Shidiq dan ibu bernama Najiha. Saat ini penulis tinggal di Jl. Belimbing, RT.03/RW.01, Desa Dukunanyar, Kec. Dukun, Kab. Gresik, Jawa Timur. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Manaratul Ulum 151 Kalirejo, MI. Ihyaul Ulum Dukun, MTs. Ihyaul Ulum Dukun, dan SMAN 1 Sidayu. Setelah lulus dari SMAN pada tahun 2014, penulis mengikuti SNMPTN-Undangan dan diterima di Departemen Fisika, Fakultas Ilmu Alam di ITS dan terdaftar dengan NRP 01111440000056. Di Departemen Fisika ini, penulis mengambil bidang studi material. Penulis sempat aktif di UKM IBC, Himpunan Himasika ITS dan LDJ Fosif ITS. Penulis pernah menjadi asisten laboratorium bidang fisika madya (laboratorium gelombang dan fisika modern) selama dua periode, dan asisten laboratorium fisika dasar 1. Selain itu penulis juga pernah menjadi asisten dosen fisika dasar 1 dan fisika dasar 2. Saran dan kritik atau sharing tentang tugas akhir ini bisa menghubungi line atau e-mail penulis.

@nadiyyah73
khoirotun.nadiyyah@gmail.com

