SINTESIS *REDUCED GRAPHENE OXIDE* (*r*GO) DENGAN METODE HUMMER TERMODIFIKASI

SKRIPSI

Oleh :
NOVIA ALFIYANSYAH PUTRI
NIM. 16630058

PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021

SINTESIS *REDUCED GRAPHENE OXIDE* (*r*GO) DENGAN METODE HUMMER TERMODIFIKASI

SKRIPSI

Oleh:
NOVIA ALFIYANSYAH PUTRI
NIM. 16630058

Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021

SINTESIS *REDUCED GRAPHENE OXIDE* (*r*GO) DENGAN METODE HUMMER TERMODIFIKASI

SKRIPSI

Oleh:
NOVIA ALFIYANSYAH PUTRI
NIM. 16630058

Telah Diperiksa dan disetujui untuk Diuji
Tanggal 16 Desember 2021

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Anton Prasetyo, M. S.i	**Dr. H. Mochamad Imamudin, Lc. M.A**
NIP. 19770925 200604 1 003	**NIP. 19740602 200901 1 010**

Mengetahui,
Ketua Program Studi

Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811 200801 1 010

SINTESIS *REDUCED GRAPHENE OXIDE* (*r*GO) DENGAN METODE HUMMER TERMODIFIKASI

SKRIPSI

Oleh:
NOVIA ALFIYANSYAH PUTRI
NIM. 16630058

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelas Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 16 Desember 2021

Penguji Utama	**: Dr. Akyunul Jannah, S.Si., M.P.** **NIP. 19750410 200501 2 009**	**(……)**
Ketua Penguji	**: Eny Yulianti, M. Si** **NIP. 19760611 200501 2 006**	**(……)**
Sekretaris Penguji	**: Dr. Anton Prasetyo, M. Si** **NIP. 19770925 200604 1 003**	**(……)**
Anggota Penguji	**: Dr. H. Mochamad Imamudin, Lc. M. A** **NIP. 19740602 200901 1 010**	**(……)**

Mengesahkan,
Ketua Program Studi

Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811 200801 1 010

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahi robbil 'alamin dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah Swt, skripsi saya ini persembahkan untuk:

Kedua orangtua, Bapak Shodiq dan Ibu Lilik Suryani, Kakak saya Evi Viana Sophia. Yang telah memberi saya cinta, kasih sayang serta perhatian yang begitu besar. Senantiasa memberi saya nasihat, dukungan dan do'a untuk keberhasilan saya. Selain itu mendukung keputusan yang saya pilih dan memberikan kekuatan mental kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan kewajiban pendidikan saya dalam menempuh S1 Kimia.

Seluruh dosen, staf laboran dan administrasi program studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang yang selalu memberikan bimbingan, arahan dan ilmu yang bermanfaat baik dalam proses saya menempuh pendidikan S1 Kimia. Terkhusus kepada Bapak Dr. Anton Prasetyo, M. Si selaku pembimbing utama saya, Ibu Utiya Hikmah, M. Si selaku pembimbing, Bapak Dr. H. Mochamad Imamudin, Lc. M. A selaku Pembimbing agama, Bapak A. Ghanaim Fasya, M. Si. selaku dosen wali, Ibu Dr. Akyunul Jannah, S. Si dan Ibu Eny Yulianti, M. Si selaku dosen penguji yang telah membimbing dan mengarahkan saya mulai dari pembuatan proposal, penelitian di laboratorium hingga saya dapat menyelesaikan naskah skripsi ini.

Teman-teman yang saya cintai dan sayangi.
Yang telah memberikan semangat, dorongan serta motivasi dalam proses penulisan skripsi saya mulai dari awal sampai akhir. Terkhusus teman-teman Kimia-B, Carbon-16, Keluarga Cemara, Grup Keluarga Abah Anton Prasetyo-16, Kost-Sumsar 88, BTS dan sahabat saya di rumah yang selalu mendukung saya.

Tiada kata yang bisa saya ucapkan selain terima kasih yang sebanyak-banyaknya.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Novia Alfiyansyah Putri
NIM	: 16630058
Program Studi	: Kimia
Fakultas	: Sains dan Teknologi
Judul Penelitian	: Sintesis *Reduced Graphene Oxide* (*r*GO) dengan Metode Hummer Termodifikasi

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 24 Desember 2021

Yang membuat Pernyataan

Novia Alfiyansyah Putri

NIM. 16630058

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Allah Swt yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad Saw, keluarga, sahabat, serta pengikutnya. Atas Ridho dan Kehendak Allah Swt, penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini yang berjudul sintesis oksida graphene tereduksi dengan metode Hummer termodifikasi sebagai syarat menyelesaikan tugas akhir kuliah.

Kiranya penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini telah mendapatkan banyak bantuan dan dorongan semangat dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan segala kerendahan dan ketulusan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. M. Zainuddin, MA selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Rachmawati Ningsih, M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Anton Prasetyo, M.Si selaku Dosen Pembimbing I Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Dr. H. Mochammad Imamuddin, Lc., M. A selaku Dosen Pembimbing II Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
6. Segenap dosen, laboran, dan pegawai yang telah banyak membantu dan memberikan pelayanan, pengalaman dan wawasan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
7. Kedua orang tua serta keluarga di rumah yang selalu berdoa dan memberi dukungan kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.
8. Teman-teman Program Studi Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang angkatan 2016, semua anggota “Keluarga Abah Anton Prasetyo-16” yaitu Fikri Haikal, Usman Ali Rouf, Indra Nur Cahyo, M. Lathif Al-Abror, dan juga

Syilfia, dan grup “Gabut bermanfaat” yaitu Najiyatul Falichah, Hani Hardiyani, dan Fatimatuzzahra.

9. Kim Namjoon, Kim Soekjin, Min Yoongi, Park Jimin, Kim Taehyung, dan Joen Jungkook selaku member BTS yang menjadi penyemangat penulis dalam mengerjakan skripsi lewat karya-karyanya.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, kurang lebihnya penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, tambahan ilmu dan dapat menjadi acuan untuk kedepannya.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
HALAMAN PERSETUJUAN ..... **ii**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **iii**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **iv**
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN ..... **v**
KATA PENGANTAR ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
ABSTRAK ..... **xiii**
ABSTRACT ..... **xiv**
الملخص ..... **xv**

BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 6
1.3 Tujuan 7
1.4 Batasan Masalah 7
1.5 Manfaat 8

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **9**
2.1 Arang Tempurung Kelapa 9
2.2 Arang Kayu 12
2.3 Karbon 14
2.4 Material Grafena 15
2.4.1 Grafena 15
2.4.2 *Reduced Graphene Oxide* (*r*GO) 17
2.4.3 *Graphene Oxide* (GO) 18
2.4.4 *Graphite* 21
2.5 Metode Hummer Termodifikasi 22
2.6 Sintesis *Reduced Graphene Oxide* (*r*GO) menggunakan Metode Hummer Termodifikasi 24
2.7 Integrasi Al-Qur'an 29

BAB III METODOLOGI PENELITIAN **39**
3.1 Waktu dan Tempat 39
3.2 Alat dan Bahan 39
3.2.1 Alat 39
3.2.2 Bahan 39
3.3 Rancangan Penelitian 40
3.4 Tahapan Penelitian 40
3.5 Prosedur Kerja 41

3.5.1 Sintesis GO 41
3.5.2 Sintesis *r*GO 41
3.5.3 Pembuatan Pelet Uji LCR Meter 42
3.5.4 Karakterisasi menggunakan XRD 42
3.5.5 Karakterisasi menggunakan FT-IR Spektroskopi 43
3.5.6 Karakterisasi menggunakan Spektroskopi Raman 43
3.5.7 *Inductance, Capasitance and Resistance*-Meter (LCR-Meter) 43
3.6 Analisis Data 44
3.6.1 Analisis Data XRD 45
3.6.2 Analisis Data FT-IR Spektroskopi 45
3.6.3 Analisis Data Raman Spektroskopi 45
3.6.4 Analisis Data LCR-Meter 45

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 46
4.1. Sintesis *r*GO menggunakan Metode Hummer Termodifikasi 46
4.1.1 Sintesis GO 46
4.1.2 Sintesis *r*GO 48
4.2 Karakterisasi XRD 49
4.2.1 Karakterisasi XRD dengan Prekursor Grafit Murni 49
4.2.2 Karakterisasi XRD dengan Prekursor Arang Tempurung Kelapa 50
4.2.3 Karakterisasi XRD dengan Prekursor Arang Kayu 51
4.2.4 *d-Spacing* 53
4.3 Karakterisasi FTIR 53
4.3.1 Karakterisasi FTIR Sampel dengan Prekursor Grafit Murni 53
4.3.2 Karakterisasi FTIR Sampel dengan Prekursor Arang Tempurung Kelapa 54
4.3.3 Karakterisasi FTIR Sampel dengan Prekursor Arang Kayu 55
4.4 Karakterisasi Raman Spektroskopi 56
4.4.1 Karakterisasi Raman Spektroskopi Sampel dengan Prekursor Arang Tempurung Kelapa 56
4.4.2 Karakterisasi Raman Spektroskopi Sampel dengan Prekursor Arang Kayu 57
4.5 Karakterisasi dan Analisis Grafit, Arang Tempurung Kelapa, dan Arang Kayu menggunnakan LCR Meter 58
4.6 Sintesis *r*GO dari Grafit, Arang Tempurung Kelapa, dan Arang Kayu dalam Perspektif Islam 59

BAB V PENUTUP 72
5.1 Kesimpulan 72
5.2 Saran 73

DAFTAR PUSTAKA 74
LAMPIRAN 80

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram alir 80
Lampiran 2. Perhitungan bahan 83
Lampiran 3. Hasil karakterisasi menggunakan XRD 84
Lampiran 4. Data dan perhitungan LCR Meter 93
Lampiran 5. Gambar penelitian 113

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan sifat antara tempurung kelapa dan arangnya 8
Tabel 2. 2 Standar kualitas arang aktif 9
Tabel 2. 3 Partikel arang Sengon..... 11
Tabel 3. 1 Desain pengukuran menggunakan LCR-Meter..... 41
Tabel 3. 2 Identifikasi spektrum IR senyawa GO 42
Tabel 4. 1 Nilai *d-spacing* grafit, arang tempurung kelapa, arang kayu 52
Tabel 4. 2 Identifikasi spektra IR sampel dengan prekursor grafit murni..... 54
Tabel 4. 3 Identifikasi spektra IR sampel dengan prekursor arang tempurung kelapa 55
Tabel 4. 4 Identifikasi spektra IR sampel dengan prekursor arang kayu 57
Tabel 4. 5 Hasil uji FT-IR material *r*GO menurut Hukum Hooke..... 58
Tabel 4. 6 Hasil uji konduktivitas listrik semua sampel menggunakan LCR-Meter 62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur fisik arang aktif 10
Gambar 2. 2 Kisi heksagonal grafena 14
Gambar 2. 3 Alotrop karbon dan bahan terkait CNT, tabung nano karbon 16
Gambar 2. 4 Stuktur *r*GO 17
Gambar 2. 5 Proses transformasi antara GO, *r*GO dan grafena 18
Gambar 2. 6 Struktur lapisan senyawa GO 19
Gambar 2. 7 Skema ilustrasi sintesis GO 20
Gambar 2. 8 Struktur grafit 20
Gambar 2. 9 Proses sintesis *r*GO menggunakan bubuk grafit 22
Gambar 2. 10 Pola XRD grafit, GO, dan *r*GO 23
Gambar 2. 11 Spektra FT-IR grafit, GO, dan *r*GO 23
Gambar 2. 12 Pola XRD GO berbasis arang tempurung kelapa 24
Gambar 2. 13 Spektra Raman grafit, GO, dan *r*GO 25
Gambar 2. 14 Spektra FT-IR GO berbasis arang tempurung kelapa 25
Gambar 2. 15 Spektra Raman *r*GO 26
Gambar 2. 16 Pola XRD *r*GO berbasis arang kayu 27
Gambar 4. 1 Difraktogram sampel dengan prekursor grafit murni. 47
Gambar 4. 2 Pergeseran puncak 2 theta (a) sampel grafit ke *r*GO, dan (b) sampel GO ke *r*GO. 48
Gambar 4. 3 Difraktogram sampel dengan prekursor arang tempurung kelapa 49
Gambar 4. 4 Difraktogram sampel dengan prekursor arang kayu 51
Gambar 4. 5 Spektra IR sampel dengan prekursor grafit murni 53
Gambar 4. 6 Spektra IR sampel dengan prekursor arang tempurung kelapa 55
Gambar 4. 7 Spektra IR sampel dengan prekursor arang kayu 57
Gambar 4. 8 Spektra Raman *r*GO degan prekursor arang tempurung kelapa.... 59
Gambar 4. 9 Spektra Raman *r*GO dengan prekursor arang kayu 60
Gambar 4. 10 Hasil konduktivitas listrik *r*GOG, arang tempurung kelapa (ATK), *r*GOATK, arang kayu (AK), dan *r*GOAK 61

ABSTRAK

Putri, Novia Alfiyansyah. 2021. **Sintesis *Reduced Graphene Oxide (r*GO*)* dengan Metode Hummer Termodifikasi.** Skripsi. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Dosen Pembimbing I: Dr. Anton Prasetyo, M. Si; Pembimbing II: Dr. H. Mochamad Imamudin, Lc. M. A

Kata Kunci : Grafena, *r*GO, Metode Hummer Termodifikasi

Grafena merupakan salah satu alotrop 2D dengan kisi heksagonal (seperti sarang lebah), dimana satu atom membentuk setiap simpul dengan hibridisasi sp^2. Struktur 2D yang menyebabkan grafena memiliki karakteristik unik yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi. Salah satu turunan grafena adalah *reduced graphene oxide* (*r*GO). Sintesis *r*GO dilakukan dengan *raw material* diantaranya grafit murni, arang tempurung kelapa dan arang kayu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas metode Hummer Termodifikasi dalam sintesis *r*GO menggunakan *raw material* berbeda. Dalam penelitian ini, *r*GO disintesis menggunakan metode Hummer Termodifikasi oleh Marcano. Pada saat proses oksidasi melibatkan H_2SO_4/H_3PO_4 dalam $KMnO_4$. Proses reduksi melibatkan *L*-asam askorbat sebagai agen pereduksi untuk menghasilkan *r*GO. Metode ini memberikan pendekatan yang mudah untuk persiapan *r*GO di area yang luas. Hasil dari sampel *r*GO kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD, spektroskopi IR, spektroskopi Raman, dan Uji Konduktivitas Listrik. Difraktogram dari material grafit murni menunjukkan *r*GO tidak terbentuk. Pada material arang tempurung kelapa, *r*GO terbentuk pada posisi puncak 2θ = 23,6° dan pada 2θ = 43,14° dengan struktur fasa amorf sedangkan material arang kayu menunjukkan posisi puncak 2θ = 21,45° yang mengindikasikan bahwa *r*GO terbentuk dengan struktur amorf. Spektra IR dari material grafit murni didapatkan bahwa *r*GO tidak terbentuk. Spektra IR pada material arang tempurung kelapa dan arang kayu terjadi penurunan puncak intensitas sehingga mengindikasikan bahwa GO berhasil direduksi. Spektra Raman *r*GO dari material arang tempurung kelapa dan arang kayu rasio intensitas I_D/I_G masing-masing 0,95 dan 1.01. Nilai rata-rata konduktivitas listrik dari variasi material grafit murni, arang tempurung kelapa, dan arang kayu masing-masing $5{,}902 \times 10^{-5}$ S/cm, $2{,}148 \times 10^{-7}$ S/cm, dan $1{,}806 \times 10^{-5}$ S/cm.

ABSTRACT

Putri, Novia Alfiyansyah. 2021. **Synthesis of *Reduced Graphene Oxide* (*r*GO) by Modified Hummer's Method**. Thesis. Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Islamic State University Maulana Malik Ibrahim of Malang. Advisor I: Dr. Anton Prasetyo, M. Si; Advisor II: Dr. H. Mochamad Imamudin, Lc. M. A.

Keywords: Graphene, *r*GO, Modified Hummer Method

Graphene is one of two-dimensional (2D) allotropes of carbon with a hexagonal (honeycomb-like) lattice, where one atom forms each node by sp^2 hybridization. The two-dimensional structure that causes graphene to have unique characteristics that can be used for many applications. One of the derivatives of graphene is reduced graphene oxide (*r*GO). Synthesis of *r*GO was carried out with raw materials including pure graphite, coconut shell charcoal and wood charcoal. This study aims to determine the effectiveness of the Modified Hummer method in the synthesis of *r*GO using different raw materials. In this study, *r*GO was synthesized using the Modified Hummer method by Marcano. The oxidation process involved H_2SO_4/H_3PO_4 in $KMnO_4$. The reduction process involved *L*-ascorbic acid as a reducing agent to produce *r*GO. This method provides a convenient approach for the preparation of *r*GO in a large area. The results of the *r*GO samples were then characterized using XRD, IR spectroscopy, Raman spectroscopy, and Electrical Conductivity Test. The diffractogram of the pure graphite material shows that *r*GO is not formed. In coconut shell charcoal material, *r*GO is formed at a peak position of $2\theta = 23.6°$ and at $2\theta = 43.14°$ with an amorphous phase structure while wood charcoal material shows a peak position of $2\theta = 21.45°$ which indicates that *r*GO is formed with an amorphous structure. The IR spectra of the pure graphite material showed that *r*GO was not formed. The IR spectra of coconut shell charcoal and wood charcoal showed a decrease in peak intensity, indicating that GO was successfully reduced. Raman *r*GO spectra of coconut shell charcoal and wood charcoal, the I_D/I_G intensity ratios were 0.95 and 1.01, respectively. The average values of electrical conductivity from variations of pure graphite, coconut shell charcoal, and wood charcoal are $5{,}902 \times 10^{-5}$ S/cm, $2{,}148 \times 10^{-7}$ S/cm, and $1{,}806 \times 10^{-5}$ S/cm, respectively.

الملخص

فتري، نوفيا ألفيانشح. 2021. **تخليق أكسيد الجرافين المختزل (*r*GO) باستخدام طريقة هامر المعدلة**. رسالة الجامعي. قسم علم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: الدكتور أنتون فراستيو، الماجستير. المشرف الثاني: الدكتور محمد إمام الدين، الماجستير

الكلمات المفتاحية: الجرافين، *r*GO، طريقة هامر المعدلة

الجرافين هو تآصل ثنائي الأبعاد ذو شبكة سداسية الشكل (مثل قرص العسل)، حيث تشكل ذرة واحدة كل عقدة عن طريق التهجين sp^2. يمنح الهيكل ثنائي الأبعاد الجرافين خصائصه الفريدة التي يمكن استخدامها في العديد من التطبيقات. أحد مشتقات الجرافين هو أكسيد الجرافين المختزل (*r*GO). تم تصنيع *r*GO مع المواد الخام بما في ذلك الجرافيت النقي، وفحم قشرة جوز الهند، وفحم الخشب. الهدف من هذا البحث لمعرفة مدى فعالية طريقة هامر المعدلة في تركيب *r*GOباستخدام مواد خام مختلفة. في هذا البحث، تم تصنيع *r*GO باستخدام طريقة Hummerالمعدلة بواسطة Marcano. عندما تتضمن عملية الأكسدة H_2SO_4/ H_3PO_4 في $KMnO_4$. تتضمن عملية الاختزال حمض *L*-asamكعامل اختزال لإنتاج *r*GO. توفر هذه الطريقة نهجًا مناسبًا لإعداد *r*GO في منطقة كبيرة. تم توصيف نتائج عينات *r*GOباستخدام التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء، واختبار الموصلية الكهربائية. يوضح مخطط الانقسام البياني لمادة الجرافيت النقية عدم تشكيل *r*GO. في مادة فحم قشرة جوز الهند ، يتم تكوين *r*GO في موضع ذروة $2\theta = 23{,}6°$ درجة وعند $2\theta = 43{,}14°$ درجة مع هيكل طور غير متبلور بينما تُظهر مادة الفحم الخشبي موضع ذروة $2\theta = 21{,}45°$ درجة مما يشير إلى أن *r*GO يتكون مع هيكل غير متبلور. أظهرت أطياف الأشعة تحت الحمراء لمادة الجرافيت النقية أن *r*GO لم يتشكل. أظهرت أطياف الأشعة تحت الحمراء لفحم قشرة جوز الهند وفحم الخشب انخفاضًا في شدة الذروة ، مما يشير إلى أن *r*GO قد تم تقليله بنجاح .متوسط قيم التوصيل الكهربائي من الاختلافات في الجرافيت النقي ، وفحم قشرة جوز الهند ، وفحم الخشب هو $5{,}902 \times 10^{-5}$ S/cm، و $2{,}148 \times 10^{-7}$ S/cm، و $1{,}806 \times 10^{-5}$ S/cm، على التوالي.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai Negara tropis memiliki sumber daya alam yang sangat berlimpah seperti buah kelapa (*cocos nucifera*) yang pemanfaatannya masih sangat terbuka untuk dikaji dan dikembangkan lebih lanjut untuk dapat dimanfaatkan secara optimal. Hampir semua bagian dari buah kelapa telah diambil manfaatnya namun banyak pula yang terbuang menjadi sampah seperti bagian serabut dan tempurungnya. Salah satu pemanfaatan tempurung kelapa dijadikan arang. Dikarenakan komposisi pada arang tempurung kelapa lebih banyak mengandung karbon, sehingga dapat berpotensi untuk dijadikan prekursor dalam sintesis *reduced graphene oxide* (*r*GO), begitupun dengan arang kayu. Selain itu, disamping untuk mengurangi limbah biomassa yang tidak digunakan secara maksimal oleh masyarakat, bisa juga untuk memberikan pengetahuan bahwasanya arang tempurung kelapa dan arang kayu dapat dijadikan *r*GO yang nantinya dapat diaplikasikan secara meluas.

Grafena merupakan alotrof karbon yang berbentuk lembaran datar tipis yang tersusun dari karbon atom yang terhibridisasi sp^2. Grafena memiliki kisi kristal heksagonal seperti sarang lebah dan bersifat semilogam dengan band gap nol (Loryuenyong, dkk., 2013). Penemuan grafena secara eksperimental dilakukan oleh Andre Geim dan Konstantin Novoselov pada tahun 2004 sehingga memotivasi komunitas ilmiah untuk mempelajari secara lebih luas dari bahan ini. Grafena memiliki sifat yang menarik seperti luas permukaan (~2630 cm^2/g), mobilitas elektron (~200.000 cm^2/Vs), modulus young (~1,0 TPa), konduktivitas

termal (~5000 W/mK), transmisi optik (~97,7%) (Lee, dkk., 2019) dan kekakuan (~130 Gpa) (Ismail, 2019). Grafena dapat dimanfaatkan dalam pengendalian pencemaran fotonik, elektronik, biomedis dan lingkungan sebagai biosensor, penyimpan energi, nanokomposit polimer dan adsorben (Lee, dkk., 2019).

Sampai saat ini telah banyak dilakukan penelitian tentang sintesis grafena untuk menghasilkan grafena *single layer* dan *multi layer* dari material dasar karbon. Sintesis grafena dapat dilakukan secara kimiawi dengan cara mengoksidasi grafit menjadi *graphene oxide* (GO) yang dilanjutkan ke dalam proses reduksi untuk mendapatkan *r*GO dengan properti yang diinginkan (Gebreegziabher, dkk., 2019). Pendekatan umum untuk pengelupasan grafit adalah penggunaan zat pengoksidasi kuat untuk menghasilkan GO. Pendekatan kisi terlihat dengan meningkatnya jarak antar lapisan dari 0,335 nm grafit menjadi lebih dari 0,625 nm untuk GO (Marcano, dkk., 2010).

Metode yang paling banyak digunakan untuk sintesis grafena adalah oksidasi grafit secara kimia. Metode ini melibatkan oksidasi grafit menjadi GO menggunakan reagen pengoksida kuat, lalu GO dapat dirubah menjadi *r*GO melalui proses reduksi menggunakan berbagai reduktan. Oksidasi grafit secara kimia merupakan metode yang menggunakan asam pekat (H_2SO_4, HNO_3, dan H_3PO_4) dan agen pengoksidasi kuat ($KMnO_4$ dan $KClO_4$). Beberapa metode untuk memproduksi GO secara oksida kimia, diantaranya metode Hummer, Staudeumaier's, dan Brodie's (Huang, 2011).

Hummers dan Offeman (1958) telah mengembangkan metode kimia untuk mensintesis GO. Metode ini menggunakan oksidator kuat yaitu $KMnO_4$ dan $NaNO_3$ dalam konsentrasi H_2SO_4 pekat. Akan tetapi prosedur ini melibatkan

pembentukan gas beracun NO_2, N_2O_4 dan bisa juga menjadi bahan peledak (Marcano, dkk., 2010). Marcano, dkk. (2010) telah memodifikasi metode tersebut menjadi lebih aman dengan mengganti $NaNO_3$ menjadi H_2SO_4, H_3PO_4 dan $KMnO_4$. Material karbon lebih hidrofilik dan tidak mengeluarkan gas beracun dan menghasilkan produksi GO yang lebih besar (Zaaba, dkk., 2017). Keunggulan dari metode Hummer yang telah dimodifikasi oleh Marcano, dkk. (2010) yaitu sederhana, biaya produksi lebih rendah serta bahan yang digunakan ramah lingkungan, produk yang dihasilkan lebih teratur dan membutuhkan waktu sedikit lebih cepat pada saat melakukan percobaan. Beberapa pihak juga telah melaporkan metode Hummer termodifikasi menggunakan asam askorbat sebagai agen pereduksi dikarenakan memiliki sifat antioksidan yang baik dan dapat menghasilkan *r*GO dengan kualitas yang baik (Su, dkk., 2010).

GO dapat diproses lebih lanjut menjadi turunan grafena lain yang dikenal dengan nama *r*GO. Transformasi GO ke *r*GO dapat diperoleh melalui reduksi kimia atau fisika. Melalui proses reduksi, gugus yang mengandung oksigen pada GO dihilangkan untuk membentuk *r*GO dengan karbon oksigen (C/O) rasio 8:1 (Lee, dkk., 2019). Dalam bidang adsorpsi, grafena, GO dan *r*GO mendapatkan popularitas belakangan ini sebagai prekusor untuk pengembangan adsorben untuk pemanfaatan dalam logam berat dekontaminasi (Lee, dkk., 2019). *r*GO memiliki luas permukaan dan hidrofobisitas relatif tinggi serta kandungan oksigen relatif rendah dibandingkan dengan GO (Chen dan Chen, 2015). Salah satu sampel yang dapat dimanfaatkan adalah arang tempurung kelapa dan arang kayu. Adanya berbagai makhluk seperti tumbuhan yang diciptakan Allah disemesta alam ini, merupakan tanda-tanda kekuasaan Allah bagi orang yang mau berpikir. Karena

setiap sesuatu yang diciptakan Allah pasti memiliki manfaat bagi kesejahteraan manusia. Allah berfirman dalam QS. Ali-Imron ayat 190-191, berbunyi:

اِنَّ فِيْ خَلْقِ السَّموتِ وَالْاَرْضِ وَاخْتِلاَ فِ الَّيْلِ وَالنّهاَ رِ لَا يتٍ لِّاُو لِي الْاَلْبَابِ 190 الَّذِيْنَ يَذْ
كُرُوْنَ الله قِيَا مًا وَّ قُعُوْ دًاوَّ عَلي جُنُوْ بِهِمْ وَ يَتَفَكَّرُوْنَ فِيْ خَلْقِ السَّمو تِ وَالْاَرْضِ ۚ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ
هذَا بَا طِلاً ۚ سُبْحنَكَ فَقِنَا عَذَا بَ النَّا رِ 191

Artinya: *"Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal, 191. (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata) : "Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah Kami dari siksa neraka".*

Manusia sebagai makhluk yang diberi kelebihan akal diperintahkan oleh Allah untuk mengkaji/meneliti apa yang telah diciptakan-Nya, karena Allah tidak akan menciptakan segala sesuatu dengan sia-sia. Sebagaimana Allah menciptakan pohon kelapa dan pohon kayu yang pasti memiliki manfaat bagi manusia jika dikaji/diteliti.

Beberapa metode yang telah dilaporkan untuk sintesis *r*GO yaitu metode pengelupasan kimia (*Chemical Exfoliation Method*) dan hidrotermal. Gebreegziabher, dkk. (2019) dalam penelitiannya terbentuk *r*GO dengan struktur fase amorf pada pola *X-ray Diffaction* (XRD). Pada spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) muncul sampel *r*GO pada puncak serapan 1000-3430 cm^{-1} dengan metode pengelupasan kimia menggunakan sampel grafit murni. Cao dan Zhang (2015) dalam penelitiannya menggunakan metode Hummer pada hasil FTIR-ATR didapatkan bahwa pada sampel *r*GO tidak ada puncak yang dapat teramati, akan tetapi kelompok fungsional C-O ada meskipun puncaknya lemah. Rattan, dkk. (2020) dalam penelitiannya terbentuk *r*GO dengan struktur fase amorf. Soltani dan Kyu Lee (2017) dalam penelitiannya menggunakan metode Hummer

yang ditingkatkan pada hasil spektra Raman sampel *r*GO pada pita D sebesar 1362 cm^{-1} dan pita G sebesar 1587 cm^{-1} dengan rasio I_D/I_G sebesar 1,29.

Pembentukan *r*GO selain menggunakan grafit murni juga dapat menggunakan beberapa limbah karbon alami dan industri yang murah seperti limbah tumbuh-tumbuhan (kayu, daun, ampas tebu, dan limbah buah), limbah hewan, limbah semi industri dan limbah industri (Akhavan, dkk., 2014). Putri, dkk. (2019) telah mensintesis *r*GO dari arang tempurung kelapa dengan metode hidrotermal. Hasil XRD menunjukkan *r*GO memiliki struktur fasa amorf dengan puncak yang lebar. Intifadhah, dkk. (2018) telah mensintesis *r*GO dari arang tempurung kelapa dengan metode dehidrasi, karbonasi, dan kalsinasi. Hasil XRD menunjukkan *r*GO dengan struktur fasa semikristal yang terbukti dengan intensitas yang tinggi pada puncak $2\theta = 24°$. Agustina, dkk. (2018) melaporkan hasil spektra Raman sampel *r*GO pada pita D sebesar 1383,5 cm^{-1}, pita G sebesar 1595,5 cm^{-1} dan pita 2D sebesar ~2700 cm^{-1} sehingga rasio I_D/I_G sebesar 1.49. Sudarsono, dkk. (2020) telah mensintesis *r*GO dari arang kayu menggunakan metode Hummers Modifikasi dengan variasi temperatur (700, 800, dan 900°C). Pola XRD menunjukkan terbentuknya *r*GO berbasis arang kayu yang disertai dengan munculnya puncak difraksi yang melebar pada *r*GO 700°C ($2\theta = 26,52°$) 800°C ($2\theta = 26,5°$), dan 900°C ($2\theta = 26,48°$) karena gangguan dari kelompok oksigen selama proses reduksi.

Penelitian ini bertujuan untuk sintesis *r*GO dengan metode Hummer yang telah dimodifikasi oleh Marcano, dkk. (2010) menggunakan bahan grafit murni, arang tempurung kelapa dan arang kayu. Terutama dilakukan dengan menggunakan kalium permanganat sebagai agen pengoksida kuat dalam konsentrasi asam sulfat

yang ramah lingkungan dan tidak mengeluarkan gas beracun selama persiapan serta proses reduksi GO menggunakan asam askorbat yang memiliki kemampuan reduksi ringan dan tidak beracun (Zhang, dkk., 2010). Karakterisasi sampel *r*GO menggunakan XRD, spektroskopi FT-IR, spektroskopi Raman, dan uji *Inductance, Capacitance, Resistance*-Meter (LCR-Meter).

Berdasarkan uraian diatas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis dan karakterisasi *r*GO dengan metode Hummer yang telah dimodifikasi oleh Marcano, dkk. (2010) menggunakan bahan grafit murni, arang tempurung kelapa dan arang kayu. Pengaruh *raw material* pada senyawa *r*GO terhadap struktur fasa, gugus fungsi, tingkat kecacatan, dan konduktivitas listrik akan dikaji berdasarkan data yang akan dianalisis menggunakan XRD, spektroskopi FT-IR, spektroskopi Raman, dan uji LCR-Meter.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini, sebagai berikut:

a. Bagaimana efektivitas metode Hummer termodifikasi dalam sintesis senyawa material *r*GO dengan *raw material* berbeda seperti grafit murni, arang tempurung kelapa, dan arang kayu?
b. Bagaimana karakteristik struktur kristal pada proses senyawa material *r*GO dengan *raw material* berbeda seperti grafit murni, arang tempurung kelapa, dan arang kayu?
c. Bagaimana karakteristik gugus fungsi pada proses senyawa material *r*GO dengan *raw material* berbeda seperti grafit murni, arang tempurung kelapa, dan arang kayu?

d. Bagaimana tingkat kecacatan pada senyawa material *r*GO dengan *raw material* berbeda seperti grafit murni, arang tempurung kelapa, dan arang kayu?
e. Bagaimana uji konduktvitas listrik pada senyawa material *r*GO dengan *raw material* berbeda seperti grafit murni, arang tempurung kelapa, dan arang kayu?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini, sebagai berikut:

a. Untuk mengetahui efektivitas metode Hummer Termodifikasi dalam sintesis senyawa material *r*GO dengan *raw material* berbeda seperti grafit murni, arang tempurung kelapa dan arang kayu.
b. Untuk mengetahui karakteristik struktur kristal pada proses senyawa material *r*GO dengan *raw material* berbeda seperti grafit murni, arang tempurung kelapa dan arang kayu.
c. Untuk mengetahui karakteristik gugus fungsi pada proses senyawa material *r*GO dengan *raw material* berbeda seperti grafit murni, arang tempurung kelapa dan arang kayu.
d. Untuk mengetahui tingkat kecacatan pada senyawa material *r*GO dengan *raw material* berbeda seperti grafit murni, arang tempurung kelapa, dan arang kayu.
e. Untuk mengetahui uji konduktivitas listrik *r*GO dengan *raw material* berbeda seperti grafit murni, arang tempurung kelapa dan arang kayu.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini, sebagai berikut:

a. Prekursor menggunakan grafit murni, arang tempurung kelapa, dan arang kayu.

b. Sintesis yang digunakan yaitu metode Hummer yang dimodifikasi oleh Marcano, dkk. (2010).
c. Agen pengoksida kuat menggunakan $KMnO_4$ dalam konsentrasi H_2SO_4 98%.
d. Proses reduksi grafena oksida menggunakan *L-Ascorbic Acid.*

1.5 Manfaat

Manfaat pada penelitian ini memberikan informasi-informasi mengenai grafena. Serta dapat memotivasi peneliti yang lain untuk lebih mengeksplor mengenai grafena karena banyaknya aplikasi yang dihasilkan dari material ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Arang Tempurung Kelapa

Indonesia sebagai Negara tropis memiliki sumber daya alam yang sangat berlimpah seperti buah kelapa (*cocos nucifera*) yang pemanfaatannya masih sangat terbuka untuk dikaji dan dikembangkan lebih lanjut untuk dapat dimanfaatkan secara optimal. Hampir semua bagian dari buah kelapa telah diambil manfaatnya namun banyak pula yang terbuang menjadi sampah seperti bagian serabut dan tempurungnya. Salah satu pemanfaatan tempurung kelapa dijadikan arang. Kemudian arang tempurung kelapa diolah lebih lanjut menjadi briket dan hingga saat ini digunakan oleh masyarakat untuk keperluan rumah tangga, usaha maupun industri (Budi, 2011).

Tempurung kelapa merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan untuk memproduksi arang sebagai bahan baku pembuatan karbon. Arang tempurung kelapa mempunyai permukaan yang luas dan berongga dengan struktur berlapis dan menghasilkan karbon dengan pori-pori terbuka (Tjokrokusumo, 1995). Kelebihan karbon yang dihasilkan dari arang tempurung kelapa ini mempunyai daya adsorpsi selektif, berpori sehingga luas permukaan persatuan massa besar dan mempunyai daya ikat yang kuat terhadap zat yang hendak dipisahkan secara fisik atau kimiawi. Selain itu, tempurung kelapa memiliki beberapa alasan untuk digunakan sebagai bahan dasar karbon aktif yaitu karena kandungan karbonnya yang sangat banyak serta bahan tersebut untuk didapatkan secara komersial. Tempurung kelapa mengandung material lignoselulosis dan terdiri dari 62% selulosa dan hemiselulosa yang merupakan polimer linear dari glukosa serta mengandung 35% lignin yang

merupakan polimer 3 dimensi dari alkohol aromatik. Sementara itu, sisa kandungan tempurung kelapa sebesar 3% merupakan zat intraseluler (Meisrilestari, dkk., 2013).

Komposisi kimia tempurung kelapa terdiri dari 74,3% C, 21.9% O, 0.2% Si, 1.4% K, 0.5% S, 1.7%P. Bledzki, dkk. (2010) menjadikannya berpeluang sebagai bahan bakar dan sumber karbon aktif. Untuk memahami sifat dan karakteristik tempurung kelapa yang sesuai sebagai bahan bakar maka, perlu dipahami mengenai sifat fisik dan kimianya seperti bahan campuran (*moisture*), kerapatan, struktur, morfologi dan termal. Pembuatan tempurung kelapa menjadi arang dilakukan melalui proses pirolisis (pemanasan) (Li, dkk., 2008). Pada proses pirolisis unsur-unsur bukan karbon seperti hidrogen (H) dan oksigen (O) akan hilang hingga menyisakan sebanyak mungkin karbon (C) dalam bahan. Karena itu, proses ini juga disebut karbonisasi. Perubahan komposisi dan sifat termal dari tempurung kelapa menjadi arang ditunjukan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan sifat antara tempurung kelapa dan arangnya (Mozammel, dkk., 2002).

Bahan	Komponen	Kandungan (%)	Sifat Termal (kJ/kg)
Tempurung Kelapa	*Moisture*	10,46	18,39
	Volatile	67,67	
	Karbon	18,29	
	Abu	3,58	
Arang Tempurung Kelapa	*Volatile*	10,00	30,75
	Karbon	76,32	
	Abu	13,08	

Pembakaran tempurung kelapa menjadi arang meningkatkan sifat termal bahan. Sehingga, mengakibatkan kandungan karbon meningkat seperti yang ditunjukan pada Tabel 2.1 Komposisi arang tempurung kelapa memiliki kandungan karbon yang lebih banyak dari pada bahan alami lain seperti batang (*cob*) biji

jagung kulit padi dan cangkang kako (*cocoa*) yang berkisar antara (12-20% C) (Oladeji, 2010; Syamsiro, 2007) sehingga, berpotensi baik untuk dijadikan bahan bakar.

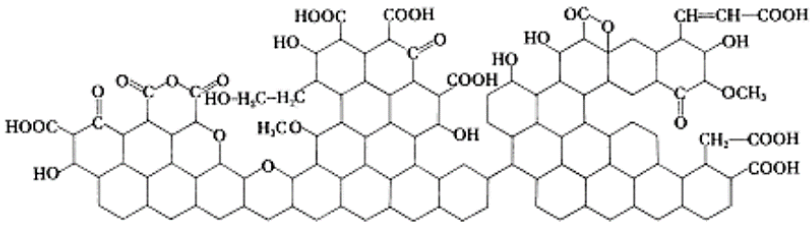
Pori-pori arang tempurung kelapa mempunyai bentuk dan ukuran yang bervariasi dan tidak teratur, berkisar antara 10-10.000 Å. Pori-pori ini dapat merangkap dan menyerap partikel-partikel sangat halus. Arang tempurung kelapa yang digunakan untuk menyerap molekul-molekul gas adalah yang berpori-pori mikro. Standar kualitas arang aktif tergantung dari jenis bahan baku, teknologi pengolahan, cara pengerjaan dan ketepatan penggunaannya. Berbagai versi standar kualitas arang aktif telah dibuat oleh negara maju seperti Amerika, Inggris, Korea, Jepang, dan Jerman. Indonesia telah membuat pula standar mutu arang aktif menurut Standar Industri Indonesia yaitu SII 0258-79 yang kemudian direvisi menjadi SNI 06-3730-1995. Berikut merupakan persyaratan kualitas arang aktif disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Standar kualitas arang aktif menurut SNI (1995) 06-3730-1995

Jenis persyaratan	Parameter
Kadar air	Maksimum 15%
Kadar abu	Maksimum 10%
Kadar zat menguap	Maksimum 25%
Kadar karbon terikat	Minimum 65%

Arang yang dihasilkan dari limbah tempurung kelapa biasanya digunakan sebagai bahan dalam pembuatan karbon aktif. Karbon aktif adalah karbon yan konfigurasi atom karbonnya dibebaskan dari ikatan dengan unsur lain sehingga permukaan dan pusat aktif menjadi luas dan daya adsorpsi terhadap cairan atau gas akan meningkat (Latifah, 2014). Struktur karbon aktif mempunyai susunan seperti

pelat-pelat yang sebagian besar terbentuk dari atom-atom karbonnya tersusun dan terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal. Jarak antara karbon dalam masing-masing lapisan 1,42 Å. Pengujian dengan menggunakan sinar-X mampu menunjukkan adanya bentuk-bentuk kristalin yang sangat kecil pada struktur karbon aktif. Berikut merupakan struktur karbon aktif disajikan dalam Gambar 2.1 (Sudibandriyo, 2003).



Gambar 2.1 Struktur fisik karbon aktif (Sudibandriyo, 2003).

2.2 Arang Kayu

Kayu merupakan material yang terdiri dari selulosa, lignin, hemiselulosa, dan zat ektraktif yang masing-masing memiliki fungsi di dalam tanaman, diantaranya selulosa memberi kekuatan terhadap dinding sel, lignin mendukung serat selulosa dan memberi efek hidrofobik serta menahan serangan pathogen sedangkan zat ekstraktif dapat memberi pertahanan fisik kayu (Stackpole, dkk., 2011). Setiap komponen kimia yang terkandung pada kayu memiliki pengaruh dalam mendukung tanaman kayu serta produk kayu yang dihasilkan. Komposisi arang kayu menurut standar persyaratan SNI dengan nilai kadar air, abu, zat terbang, dan karbon terikat masing-masing berkisar antara 0,01−0,69%; 0,59−5,40; 13,95−26,15%; dan 73,05−84% (Standar Nasional Indonesia (SNI). 1989).

Arang kayu Sengon juga termasuk dalam bahan utama dalam pembuatan karbon. Arang dihasilkan karena adanya pembakaran yang tidak sempurna. Pembakaran tidak sempurna akan menyebabkan senyawa karbon kompleks tidak teroksidasi menjadi karbon dioksida, peristiwa tersebut disebut pirolisis. Pada saat pirolisis, energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga sebagian besar molekul karbon kompleks terurai menjadi karbon atau arang. Pirolisis untuk pembentukan arang terjadi pada temperature 150-300 °C. pembentukan tersebut disebut sebagai pirolisis primer. Arang dapat mengalami perubahan lebih lanjut menjadi karbon monoksida, gas-gas hidrokarbon, peristiwa ini disebut sebagai pirolisis sekunder. Makin rendah kadar abu, air, dan zat yang menguap maka semakin tinggi pula kadar fixed karbonnya dan mutu arnag tersebut juga akan semakin tinggi (Rahmayanto, 2020). Menurut hasil EDX yang berfungsi untuk mengetahui komposisi yang terdapat pada partikel arang Sengon dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Partikel arang Sengon (Rahmayanto, 2020).

Element	**Line Type**	**Weight %**	**Weight % Sigma**	**Atomic %**
C	K series	85,32	0,66	90,74
O	K series	8,73	0,25	6,97
Si	K series	1,69	0,14	0,77
K	K series	2,73	0,40	0,89
Mg	K series	0,68	0,09	0,36
Ca	K series	0,85	0,56	0,27
Total		100.00		100.00

Pada Tabel 2.3 menjelaskan bahwa hasil pengujian arang Sengon terdiri dari komponn-komponen partikel penyusun dan unsur karbon mempunyai presentase rata-rata diatas 90,74% paling dominan disbanding unsur lain. Hal ini dikarenakan arang Sengon yang diuji merupakan karbon aktif (Rahmayanto, 2020).

2.3 Karbon

Karbon merupakan salah satu material yang memiliki beragam morfologi, yaitu karbon koloidal, *nanotube*, *fullerenese*, grafit, grafena, *colloidal sphere*, *nanofiber*, *porous carbon*, *nanowire*, dan karbon aktif (Hu, dkk., 2010). Perbedaan morfologi ini dapat dimanfaatkan pada karbon tersebut, seperti: pendukung katalis, adsorben, penyimpan gas, teknologi pemisahan, elektroda baterai, *template* material berpori, sel bahan bakar, dan sel biologis. Karbon juga banyak diteliti karena memiliki beberapa keunggulan, diantaranya: tidak berbahaya, murah, kapasitas volumetrik tinggi, kapasitas refersibel tinggi, mudah dikompositkan, berlimpah, murah, dan stabil (Cahyani, 2019).

Karbon ditemukan bebas di alam dalam tiga bentuk *alotrop* : amorf, grafit, dan berlian. *Alotrop* adalah bahan yang terbuat dari unsur yang sama tetapi atom mereka yang berbeda. Setiap *alotrop* karbon memiliki sifat fisik yang berbeda. Dalam *alotrop* karbon, berlian adalah zat yang paling sulit ditemukan di alam. Hal ini juga memiliki konduktivitas termal tertinggi dari setiap elemen. Berlian berwarna transparan. Grafit adalah salah satu bahan yang paling lembut dan berwarna hitam abu-abu serta merupakan konduktor listrik yang baik. Karbon amorf yaitu istilah untuk bentuk yang tidak murni dari unsur karbon, seperti arang, batubara, dan jelaga. Jelaga merupakan padatan hitam yang dihasilkan dari proses pembakaran tidak sempurna dari bahan organik dan bahan bakar fosil (Anggraini, 2017).

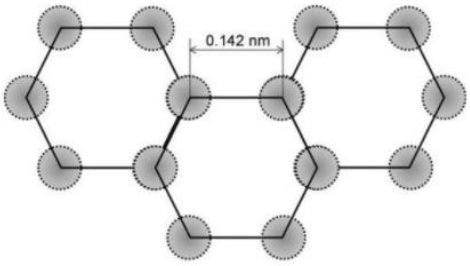
Keistimewaan karbon yang unik adalah kecenderungannya secara alamiah untuk mengikat dirinya sendiri dalam rantai-rantai atau cincin-cincin, tidak hanya dengan ikatan tunggal C-C tetapi juga mengandung ikatan ganda C=C serta rangkap

tiga C≡C. Akibatnya jenis senyawa karbon luar biasa banyaknya. Alasan bagi kestabilan termal rantai-rantai karbon adalah kekuatan yang tinggi dari ikatan tunggal C-C (Keenan, dkk., 1984).

2.4 Material Grafena

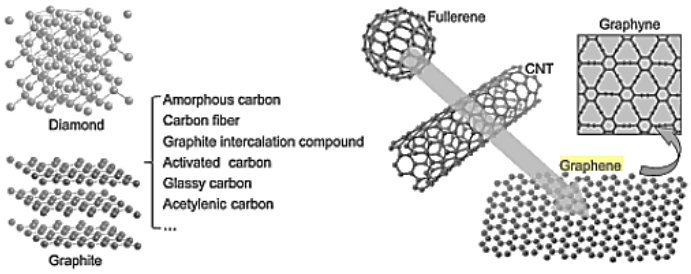
2.4.1 Grafena

Grafena menurut definisi adalah alotrof karbon dalam bentuk kisi heksagonal 2D, dimana satu atom membentuk setiap simpul dengan hibridisasi sp^2. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Panjang ikatan karbon-karbon adalah sekitar 0,142 nm. Terdapat tiga ikatan σ disetiap kisi dengan sambungan kuat yang membentuk struktur heksagonal yang stabil. Konduktivitas listrik grafena sebagian besar dikaitkan dari ikatan π yang terletak secara vertikal ke bidang kisi. Stabilitas graphene disebabkan oleh atom karbonnya yang padat dan hibridisasi orbital sp^2-kombinasi orbital *s*, *px*, dan *py* yang membentuk ikatan σ. Elektron *pz* terakhir membentuk ikatan π. Ikatan π menghibridisasi bersama untuk membentuk pita π dan pita π. Pita ini bertanggung jawab atas sebagian besar properti elektronik grafena yang terkenal, melalui pita setengah terisi yang memungkinkan elektron bergerak bebas. Kisi heksagonal grafena disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kisi heksagonal grafena (Zhen dan Zhu, 2018).

Grafena memiliki kisi kristal heksagonal seperti sarang lebah dan bersifat semilogam dengan band gap nol (Loryuenyong, dkk., 2013). Penemuan grafena secara eksperimental dilakukan oleh Andre Geim dan Konstantin Novoselov pada tahun 2004 sehingga memotivasi komunitas ilmiah untuk mempelajari secara lebih luas dari bahan ini. Grafena memiliki sifat yang menarik seperti luas permukaan (~2630 cm^2/g), mobilitas elektron (~200.000 cm^2/Vs), modulus young (~1,0 TPa), konduktivitas termal (~5000 W/mK), transmisi optik (~97,7%) (Lee, dkk., 2019) dan kekauan (~130 Gpa) (Ismail, 2019). Grafena dapat dimanfaatkan dalam pengendalian pencemaran fotonik, elektronik, biomedis dan lingkungan sebagai biosensor, penyimpan energi, nanokomposit polimer dan adsorben (Lee, dkk., 2019). Alotrop karbon dan bahan terkait, CNT, tabung nano karbon disajikan pada Gambar 2.3.

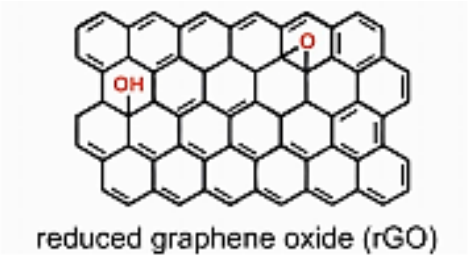


Gambar 2.3 Alotrop karbon dan bahan terkait CNT, tabung nano karbon (Zhen dan Zhu, 2018).

Grafena adalah elemen struktur datar alotrof lain termasuk grafit, *fullerene* (misalnya C60), carbon nanotube (CNT), grafena, dan bahan terkait lainnya (misalnya serat karbon (CF), karbon amorf (AC), arang) yang tercantum pada Gambar 2.1. itu juga bisa dianggap sebagai sebuah molekul aromatik besar tak terbatas, seperti hidrokarbon polisiklik aromatik yang sangat planar. Dengan kata lain grafena terdiri dari satu lapisan atom karbon padat membentuk bidang kisi sarang lebah 2D. Dalam grafena lapis tunggal, atom karbon terikat dengan atom karbon disekitarnya dengan hibridisasi sp^2 membentuk cincin benzena dimana setiap atom menyumbangkan elektron yang tidak berpasangan. Ketebalan grafena hanya 0,35 nm, meski demikian, struktur grafena cukup stabil.

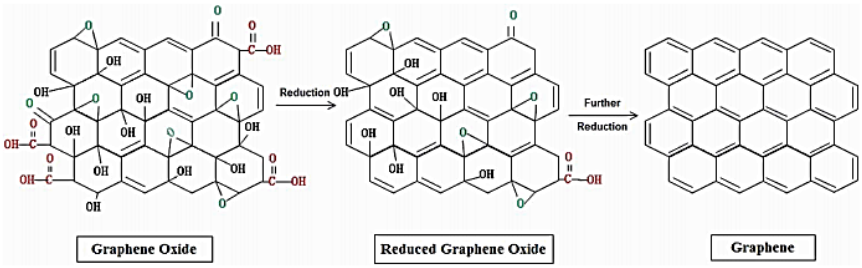
2.4.2 *Reduced Graphene Oxide* (*r*GO)

*r*GO adalah GO yang kandungan oksigennya direduksi baik dengan metode termal, kimia, atau metode lainnya. GO direduksi untuk memperbaiki kisi heksagonal sarang lebah yang terdistorsi selama oksida grafena dan juga meningkatkan konduktivitas listriknya. Hal ini juga diamati bahwa setelah sebagian besar gugus oksigen dihilangkan. *r*GO yang diperoleh menjadi tidak dapat tersebar dalam pelarut karena kecenderungan untuk membuat agregat (Mmaduka, dkk., 2019). Struktur *r*GO disajikan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Struktur *r*GO (Tadyszak, dkk., 2018).

Pembuatan *r*GO dapat dicapai melalui reduksi GO menggunakan metode ramah lingkungan dan aman. Proses transformasi antara GO, *r*GO dan grafena disajikan pada Gambar 2.5.



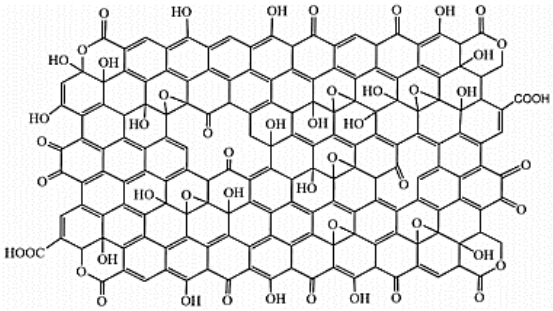
Gambar 2.5 Proses transformasi antara GO, *r*GO dan grafena (Wang, dkk., 2016).

Nanokomposit *r*GO memiliki luas permukaan yang tinggi dan konduktivitas yang baik yang cocok digunakan dalam superkapasitor dan baterai lithium-ion. *r*GO dapat digunakan sebagai sensor kimia. GO dan *r*GO telah dimasukkan ke dalam banyak gadget. Gadget berbasis GO/*r*GO ini dibuat dengan kualitas untuk mengindentifikasi molekul yang signifikan secara biologis. GO/*r*GO menggunakan karakteristik *fluoresensi resonance enerfy transfer* (FRET) untuk bekerja secara efektif sebagai biosensor (Mmaduka, dkk., 2019).

2.4.3 *Graphene Oxide* (GO)

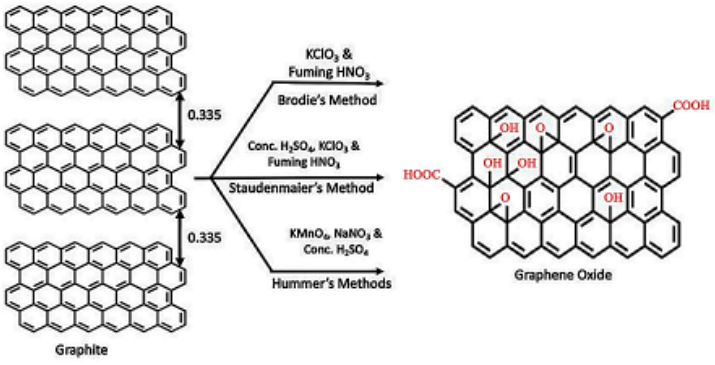
GO adalah produk grafena yang diperoleh dengan mengoksidasi grafena. GO memiliki struktur karbon heksagonal yang mirip dengan grafena. Oksigen utama yang mengandung gugus fungsi yang terdistribusi pada GO nanosheet adalah epoksida (C-O-C), fenolik hidroksil (-OH), karboksilat (-COOH), dan gugus karbonil lainnya (C=O). Nanosheet GO bersifat hidrofilik dan terkelupas dengan mudah dalam media air. Secara umum pada GO nanosheets karboksilat (-COOH)

gugus terutama terletak di tepi, sedangkan gugus fenolik hidroksil (-OH) dan epoksi (C-O-C) terletak di bidang basal. Lapisan grafena ditumpuk di atas satu sama lain membentuk grafit dengan jarak antarplanar 0,335 nm. Lapisan terpisah dari grafena dalam grafit diikat oleh gaya van der waals (Aliyev, dkk., 2019). Struktur lapisan senyawa GO disajikan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Struktur lapisan senyawa GO (Aliyev, dkk., 2019).

GO merupakan senyawa yang secara struktural kaya karbon, hidrogen, dan oksigen. Grafit oksida memiliki struktur berlapis mirip dengan grafit, tetapi bidang atom karbon dalam grafit oksida lebih banyak gugus yang mengandung oksigen yang tidak hanya memperluas jarak antar lapisan tetapi juga membuat lapisan atom hidrofilik. Akibatnya, lapisan teroksidasi ini dapat terkelupas dalam air dibawah ultrasonikasi sedang. Jika lembaran yang terkelupas hanya mengandung satu atau beberapa lapisan karbon atom seperti grafena, lembaran ini dinamai GO (Aliyev, dkk., 2019). Reduksi kimiawi grafit oksida adalah salah satu cara konvensional pembuatan grafena dalam jumlah besar. Tiga rute yang tersedia untuk sintesis GO adalah metode Brodie, metode Staudenmaier, dan metode Hummers (Adetayo dan Runsewe, 2019). Skema ilustrasi sintesis GO disajikan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Skema ilustrasi sintesis GO (Adetayo dan Runsewe, 2019).

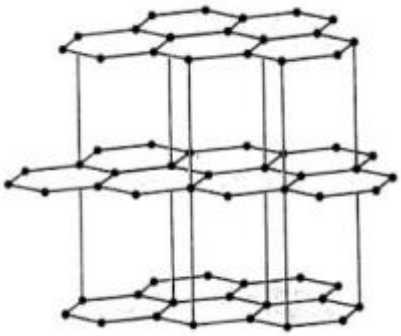
Ketika grafit berubah menjadi GO, jarak antar lapisan ditingkatkan menjadi dua hingga tiga kali tergantung waktu oksidasi. Dalam khasus grafit murni, jarak antar lapisan ditingkatkan dari sekitar 3,34 Å menjadi 5,62 Å setelah satu jam oksidasi. Kemudian diperluas menjadi sekitar 7,35 Å setelah oksidasi berkepanjangan 24 jam. Setelah ultrasonikasi dalam DMF/air (9:1) (dimetil formamida), jarak interlayer GO semakin diperluas membentuk suspensi lapisan individu (Adetayo dan Runsewe, 2019). GO dapat terdispersi dalam air dan pelarut organik lainnya seperti etanol, 1-propanol, aseton, metanol, etilen glikol, piridin, dan lainnya. Serta dalam matriks yang berbeda, properti GO ini disebabkan oleh adanya fungsi oksigen (Mmaduka, dkk., 2019).

Grafit dan turunannya seperti GO banyak digunakan di bidang biomedis sebagai konstituen dalam sistem pengiriman obat. Magnetit yang ditumpuk dengan GO dan obat *doxorubicin hydrochloride* (DXR) yang diserap ke dalam sistem digunakan sebagai pengobatan antikanker dengan menargetkannya ke situs tertentu untuk membunuh sel kanker (Mmaduka, dkk., 2019).

2.4.4 *Graphite*

Graphite atau grafit merupakan material yang terdiri dari banyak lembaran grafena yang ditumpuk secara bersama Geim dan Novoselov (2007). Material ini termasuk dalam *alotrop* karbon yang dapat menghantarkan arus listrik dan panas dengan baik. Karena sifat inilah grafit biasanya digunakan sebagai elektroda pada sel elektrolisis. Dalam struktur grafit setiap atom karbon membentuk ikatan kovalen dengan tiga atom karbon lainnya membentuk susunan heksagonal dengan struktur berlapis seperti tumpukan kartu. Karena atom karbon memiliki 4 elektron valensi maka pada setiap atom karbon masih terdapat satu elektron yang belum berikatan (elektron bebas).

Sifat daya hantar listrik yang dimiliki oleh grafit dipengaruhi oleh elektron-elektron yang tidak digunakan untuk membentuk ikatan kovalen. Elektron-elektron ini tersebar secara merata pada setiap atom C karena terjadi tumpang tindih orbital seperti pada ikatan logam yang membentuk awan atau lautan elektron. Oleh sebab itu ketika diberi beda potensial, elektron-elektron yang terdelokalisasi sebagian besar akan mengalir menuju anoda (kutub positif), aliran elektron inilah yang menyebabkan arus listrik dapat mengalir. Sedangkan ketika salah satu ujung dipanaskan maka elektron-elektron tersebut akan segera berpindah menuju bagian yang memiliki suhu lebih rendah. Akibatnya panas tersebut akan menyebar ke bagian grafit yang memiliki suhu lebih rendah. Struktur grafit dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Struktur grafit (Smallman dan Bishop, 1999).

Sifat dan keunggulan grafit adalah sebagai berikut:

1. Memiliki titik leleh tinggi, sama seperti intan. Hal ini disebabkan ikatan kovalen yang terbentuk sangat kuat sehingga diperlukan energi yang tinggi untuk memutuskannya.
2. Memiliki sifat lunak, terasa licin dan digunakan pada pensil setelah dicampur tanah liat.
3. Tidak larut dalam air dan pelarut organik, karena tidak mampu melarutkan molekul grafit yang sangat besar.
4. Dibandingkan intan, grafit memiliki massa jenis yang lebih kecil, karena pada strukturnya terdapat ruang-ruang kosong antar lipatannya.
5. Berupa konduktor listrik dan panas yang baik.

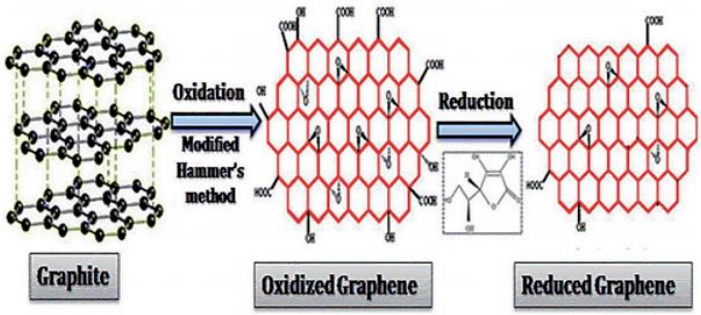
Karena sifat ini grafit digunakan sebagai anoda pada baterai (sel leclanche) dan sebagai elektroda pada sel elektrolisis.

2.5 Metode Hummer Termodifikasi

Sintesis grafena bisa dilakukan dengan beberapa metode seperti pembelahan mikromekanis, *epitaxial*, elektrokimia, kimia, dan reduksi termal dari

GO. Dibandingan dengan metode lain, metode kimia dan termal telah menjadi rute untuk menghasilkan lembaran grafena. GO dapat direduksi menjadi *r*GO baik secara kimiawi dengan menggunakan agen pereduksi kimia yang sesuai seperti hidrazin hidrat dan natrium borohidrat, atau agen pereduksi biologis termasuk glukosa, asam askorbat, galaktosa. GO juga dapat direduksi menjadi *r*GO dengan metode termal yang melibatkan pemanasan cepat hingga suhu tinggi (Soltani dan Kyu Lee, 2017). Reduksi kimiawi GO adalah salah satu cara konvensional menyiapkan grafena dalam jumlah banyak. Tiga proses yang tersedia untuk sintesis GO diantaranya metode Brodie, metode Staudenmaier, dan metode Hummers (Adetayo dan Runsewe, 2019).

Metode yang banyak digunakan saat ini dikembangkan pada tahun 1958 oleh Hummers, dkk. Metode ini melibatkan oksida grafit dalam natrium nitrit ($NaNO_3$), asam sulfat pekat (H_2SO_4), dan kalium permanganat ($KMnO_4$) tanpa menggunakan HNO_3. Akan tetapi metode ini melibatkan pembentukan gas beracun NO_2, N_2O_4 dan bisa juga menjadi bahan peledak (Marcano, dkk., 2010). Marcano, dkk. (2010) telah memodifikasi metode tersebut menjadi lebih aman dengan mengganti $NaNO_3$ menjadi H_2SO_4, H_3PO_4 dan $KMnO_4$. Material karbon lebih hidrofilik dan tidak mengeluarkan gas beracun dan menghasilkan produksi GO yang lebih besar (Zaaba, dkk., 2017). Proses sintesis *r*GO menggunakan bubuk grafit disajikan pada Gambar 2.9.

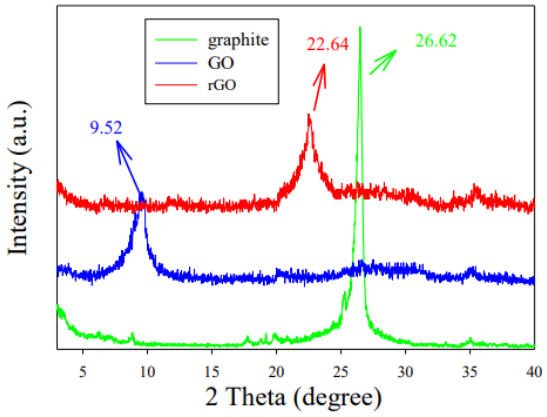


Gambar 2.9 Proses sintesis *r*GO menggunakan bubuk grafit (Mmaduka, dkk., 2019).

Keunggulan dari metode Hummer yang telah dimodifikasi oleh Marcano, dkk. (2010) yaitu sederhana, biaya produksi lebih rendah serta bahan yang digunakan ramah lingkungan, produk yang dihasilkan lebih teratur dan membutuhkan waktu sedikit lebih cepat pada saat melakukan percobaan.

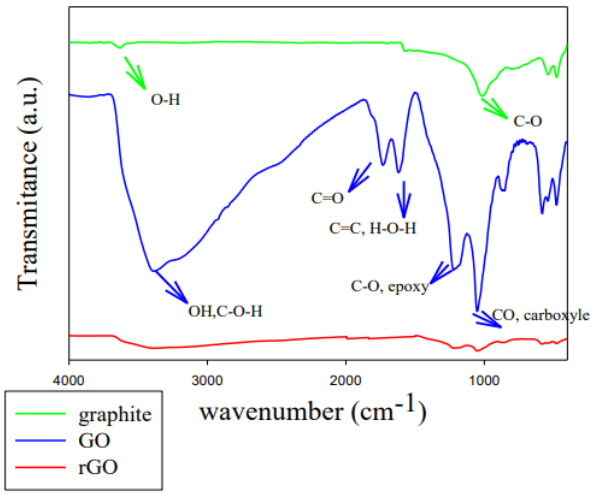
2.6 Sintesis *Reduced Graphene Oxide* (*r*GO) menggunakan Metode Hummer Termodifikasi

Sintesis *r*GO menggunakan metode Hummer termodifikasi telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti. Grafit murni sebagai sampel digunakan untuk menghasilkan *r*GO yang diinginkan. Agen pereduksi yang digunakan diantaranya borohidrida, aluminium hidrida, asam hidrohalat, reagen berbasis sulfur, reagen berbasis nitrogen, reagen berbasis oksigen, asam-logam, logam-alkali, asam amino, ekstrak tumbuhan, mikroorganisme, protein dan hormon digunakan. Pengurangan kimiawi menghasilkan C/O tinggi menggunakan seng / asam klorida, benzil alkohol, tionil klorida, asam caffeic, natrium borohidrida dan ragi roti. Pelarut organik yang digunakan alam proses oksidasi GO adalah air, etilen glikol, *N-metil-2-pyrrolidone* (NMP) dan *tetrahidrofuran* (THF) (Lee, dkk., 2019).



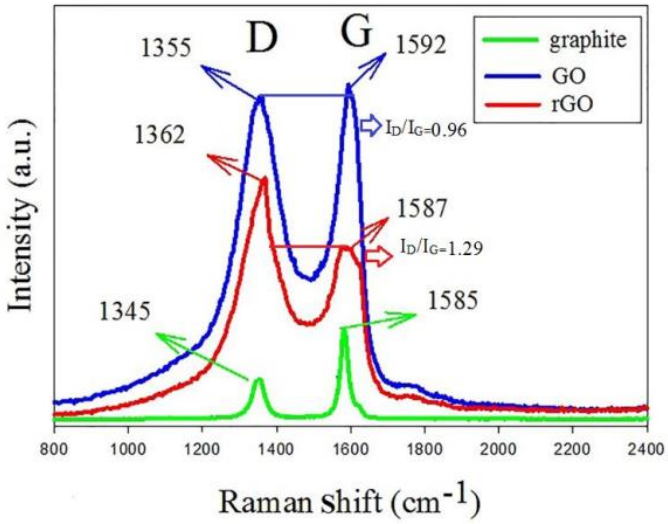
Gambar 2.10 Pola XRD grafit, GO, dan *r*GO (Soltani dan Kyu Lee, 2017).

Soltani dan Kyu Lee (2017) telah mensintesis *r*GO dari grafit murni menggunakan metode Hummers Modifikasi menggunakan agen pereduksi hidrazin. Pola XRD disajikan pada Gambar 2.10. Hasil sintesis menunjukkan puncak tajam pada sampel grafit murni sesuai dengan jarak antarplanar 0,335 nm. Sampel *r*GO yang terbentuk pada 2θ = 22.64° sesuai dengan jarak antar lapisan 0,392 nm. Hasil ini menunjukkan bahwa GO berhasil direduksi menjadi *r*GO dibawah perlakuan ultrasonikasi.



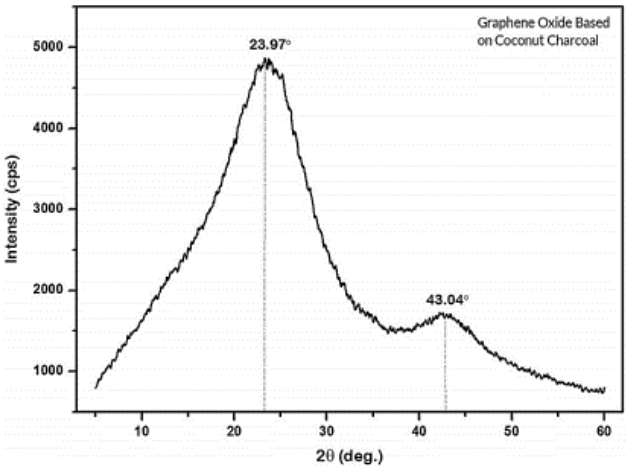
Gambar 2.1 Spektra IR grafit, GO, dan *r*GO (Soltani dan Kyu Lee, 2017).

Hasil karakterisasi menggunakan FT-IR disajikan pada Gambar 2.11. Hasil sintesis menunjukkan intensitas puncak serapan *r*GO menurun drastis dibandingkan GO dikarenakan adanya deoksigenasi termal ultrasonik selama tahap persiapan *r*GO. Spektra IR GO menunjukkan keberadaan gugus karboksil, hidroksil, epoksi, dan karbonil. Spektra IR GO mewakili puncak C=C pada 1623 dan 1615 cm^{-1} sesuai dengan karakteristik sp^2 yang tersisa. Spektra Raman sampel *r*GO menunjukkan pita G sebesar 1587 cm^{-1} dan pita D sebesar 1362 cm^{-1} dengan rasio I_D/I_G sebesar 1.29 (Soltani dan Kyu Lee, 2017). Pola spektra Raman disajikan pada Gambar 2.12.



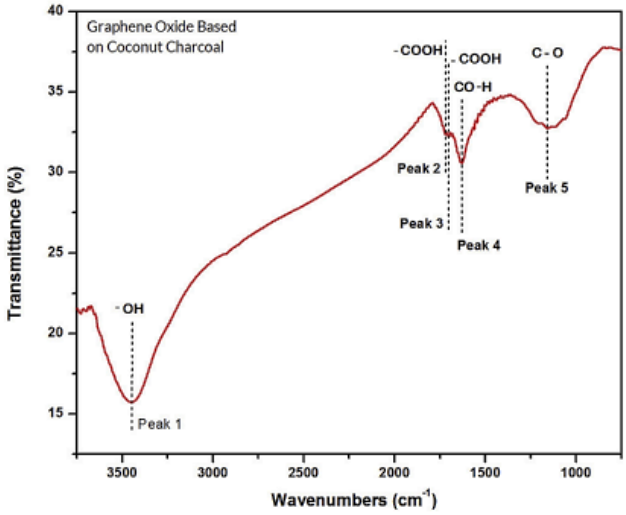
Gambar 2.12 Spektra Raman grafit, GO, dan *r*GO (Soltani dan Kyu Lee, 2017).

Sujiono, dkk. (2020) telah mensintesis GO dari arang tempurung kelapa menggunakan metode Hummers Modifikasi. Hasil karakterisasi XRD didapatkan GO menunjukkan fase amorf tetapi menunjukkan dua puncak yang dominan pada 2θ dari 23,97 dan 43,04°. Puncak ini cenderung menunjukkan bahwa sampel mengandung *r*GO. Pola XRD disajikan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.2 Pola XRD GO berbasis arang tempurung kelapa (Sujiono, dkk., 2020).

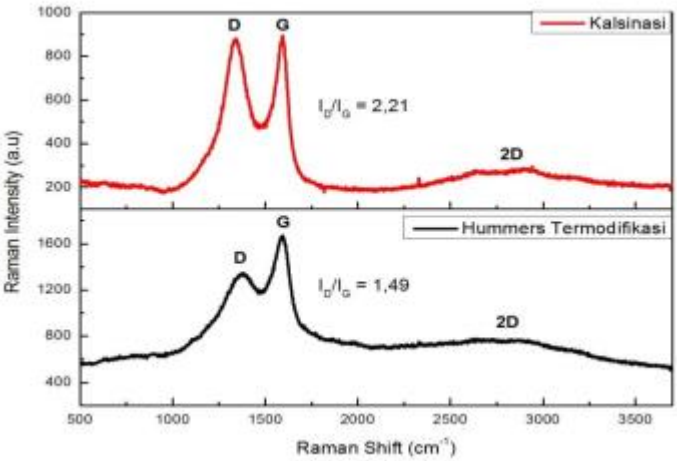
Hasil karakterisasi spektroskopi FT-IR menunjukkan adanya berbagai gugus fungsi yang mengandung oksigen seperti hidroksil, karboksil, alkohol, dan epoksi dalam struktur GO. Spektra IR disajikan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.3 Spektra IR GO berbasis arang tempurung kelapa (Sujiono, dkk., 2020).

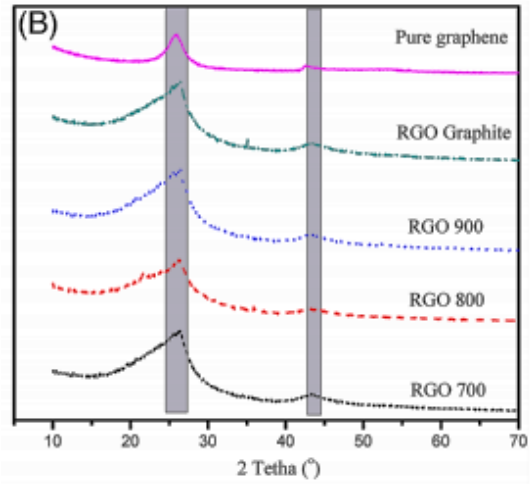
Agustina, dkk. (2018) dalam penelitiannya menggunakan metode kalsinasi dan Hummer termodifikasi dengan arang tempurung kelapa. Hasil spektra Raman sampel *r*GO dengan metode kalsinasi pada pita D sebesar 1341,5 cm^{-1}, pita G

sebesar 1593,5 cm^{-1} dan pita 2D sebesar ~2700 cm^{-1} dengan rasio I_D/I_G sebesar 2,21. Metode Hummer termodifikasi sampel *r*GO pada pita D sebesar 1383,5 cm^{-1}, pita G sebesar 1595,5 cm^{-1} dan pita 2D sebesar ~2700 cm^{-1} dengan rasio I_D/I_G sebesar 1.49. Pola spektra Raman disajikan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Spektra Raman *r*GO (Agustina, dkk., 2018).

Sudarsono, dkk. (2020) telah mensintesis *r*GO dari arang kayu menggunakan metode Hummers Modifikasi dengan variasi temperatur (700, 800, dan 900°C). Agen pereduksi yang digunakan asam klorida. Pada Gambar 2.16 pola XRD menunjukkan terbentuknya *r*GO berbasis arang kayu yang disertai dengan munculnya puncak difraksi yang melebar pada *r*GO 700°C (2θ = 26,52°) 800°C (2θ = 26,5°), dan 900°C (2θ = 26,48°) karena gangguan dari kelompok oksigen selama proses reduksi.



Gambar 2. 4 Pola XRD *r*GO berbasis arang kayu (Sudarsono, dkk., 2020).

2.7 Integrasi Al-Qur'an

Alam semesta ciptaan Allah Swt dan lingkungan tempat manusia hidup merupakan bagian tak terpisahkan dari kehidupan umat manusia secara keseluruhan. Kita beriman bahwa alam semesta ini adalah ciptaan Allah Swt , dan kita meyakini bahwa manusia sebagai ciptaan Allah Swt dimuka bumi ini dengan tugas utamanya adalah memakmurkan bumi, yang intinya meliputi (Shihab, 1999):

a. *Al-Intifa'* (mengambil manfaat dan mendayagunakan sebaik-baiknya)
b. *Al-I'tibar* (mengambil pelajaran, memikirkan, mensyukuri, seraya menggali rahasia-rahasia dibalik alam ciptaan Allah Swt)
c. *Al-Islah* (memelihara dan menjaga kelestarian alam sesuai dengan maksud sang pencipta, yakin untuk kemaslahatan dan kemakmuran manusia).

Al-Qur'an merupakan kitab yang memberikan petunjuk kepada umat manusia. Al-Qur'an mendorong manusia untuk menggunakan akal pikirannya dengan Al-Qur'an (Shihab, 1999). Allah Swt menciptakan segala sesuatu dengan rancangan dan fungsi yang tepat, tidak ada satupun di dunia ini yang Dia ciptakan tanpa manfaat. Adanya berbagai jenis makhluk hidup yang diciptakan Allah Swt

disemeta alam ini, merupakan tanda-tanda kekuasan Allah Swt bagi orang yang mau berpikir. Karena setiap sesuatu yang diciptakan Allah Swt pasti memiliki manfaat yang sangat berguna bagi kesejahteraan manusia. Maka sudah sepantasnya bagi manusia untuk berupaya memikirkan penciptaan Allah Swt dengan melakukan observasi alam semesta sehingga diperoleh penemuan baru dalam pengkayaan ilmu yang selaras dengan Al-Qur'an (Shihab, 1999). Allah berfirman dalam QS. Ali-Imron ayat 190-191, berbunyi:

اِنَّ فِيْ خَلْقِ السَّموتِ وَالْاَرْضِ وَاخْتِلاَ فِ الَّيْلِ وَالنّهاَ رِ لَا يتٍ لِّاُو لِي الْاَلْبَابِ 190 الَّذِيْنَ يَذْ
كُرُوْنَ اللهَ قِيَا مًا وَّ قُعُوْ دًاوَّ عَلي جُنُوْ بِهِمْ وَ يَتَفَكَّرُوْنَ فِيْ خَلْقِ السَّمو تِ وَالْاَرْضِ ج رَبَّنَا مَا
خَلَقْتَ هذَا بَا طِلاً ج سُبْحنَكَ فَقِنَا عَذَا بَ النَّا رِ 191

Artinya: *"Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal, 191. (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau maka peliharalah Kami dari siksa neraka".*

Berdasarkan ayat diatas bahwasanya Allah Swt memerintahkan kepada manusia yang telah diberikan kelebihan akal untuk mengkaji segala sesuatu yang ada dilangit dan dibumi, karena tidak ada ciptaan Allah Swt didunia ini yang sia-sia, artinya Allah Swt menciptakan segala sesuatu dengan memberikan manfaat didalamnya untuk kesejahteraan manusia dimuka bumi ini. Semua ciptaan Allah Swt mempunyai manfaat dan harus dimanfaatkan. Dengan terungkapnya rahasia-rahasia Allah Swt melalui hasil penelitian, akan menambah keyakinan akan kebesaran dan kekuasaan Allah Swt (Abdushshamad, 2003).

Semua makhluk yang ada didunia ini diciptakan tidak semata-mata hanya untuk melengkapi isi langit dan bumi. Tapi Allah Swt memberikan manfaat bagi semua makhluknya. Manusia diperintahkan untuk menuntut ilmu agar mereka

mempelajari segala yang telah Allah Swt ciptakan. Pada zaman yang canggih seperti sekarang ini, seiring dengan kemajuan teknologi manusia dapat mempelajari manfaat ciptaan Allah Swt dengan mudah, baik itu hewan, tumbuhan dan makhluk hidup lainnya.

Dari uraian penjelasan mengenai kedua ayat diatas dapat dipahami bahwa terdapat tanda-tanda kebesaran Allah Swt dalam penciptaan langit dan bumi seisinya bagi orang yang berakal yang mau mengingat dan memikirkannya dalam keadaan duduk, berdiri, berbaring, dan sebagainya. Berikut ini tafsiran para ulama mengenai ayat tersebut melalui ijtihadnya:

1. Surah Ali-Imron Ayat 190

a. Syaikh Imam Al-Qurthubi

Allah Swt memerintahkan kita untuk melihat, merenung, dan mengambil kesimpulan pada tanda-tanda ke-Tuhanan. Karena tanda-tanda tersebut tidak mungkin ada kecuali diciptakan oleh Yang Maha Hidup, Yang Maha Suci, Maha Menyelamatkan, Maha Kaya dan tidak membutuhkan apapun yang ada di alam semesta. Dengan meyakini hal tersebut maka keimanan bersandarkan atas keyakinan yang benar dan bukan hanya sekedar ikut-ikutan. Pada lafadz لَآ يَا تٍ لِأُوْلِى الْاَلْبَا بِ *"terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal"*. Inilah salah satu fungsi akal yang diberikan kepada seluruh manusia, yaitu agar mereka dapat menggunakan akal tersebut untuk merenungi tanda-tanda yang telah diberikan oleh Allah Swt (Syaikh Imam al-Qurthubi, 2008).

Al-Hasan menambahkan: tafakkur adalah cermin seorang mukmin, ia dapat melihat segala kebaikan dan keburukan melaluinya. Dan beberapa hal yang harus

direnungi pada saat tafakkur adalah ancaman-ancaman dan janji-janji yang dipersiapkan untuk di akhirat nanti, yaitu hari kiamat, hari kebangkitan, surga dan segala kenikmatan yang ada di dalamnya, juga neraka dan segala siksa yang terdapat didalamnya (Syaikh Imam al-Qurthubi, 2008).

b. M. Quraish Shihab

Ayat ini mengundang manusia untuk berpikir, karena *sesungguhnya dalam penciptaan*, yakni benda-benda angkasa seperti matahari, bulan, dan jutaan gugusan bintang yang terdapat di *langit* atau dalam pengaturan sistem kerja langit yang sangat teliti serta kejadian dan perputaran *bumi* pada porosnya, yang melahirkan *silih bergantinya malam* dan *siang* perbedaannya, baik dalam masa maupun dalam panjang dan pendeknya terdapat tanda-tanda kemahakuasaan Allah Swt bagi *ulul albab*, yakni orang-orang yang memiliki akal yang murni.

c. Prof. Dr. Hamka

Langit dan bumi dijadikan oleh sang Khaliq, sangat indah dengan tersusun tertib dan sesuai aturan. Silih bergantinya malam dengan siang, betapa besar pengaruhnya terhadap kehidupan segala yang bernyawa. Terkadang malamnya pendek, siangnya panjang atau sebaliknya. Terdapat musim panas, musim dingin, musim hujan, musim gugur, musim semi, bahkan musim salju selamanya seperti yang terjadi di kutub. Semua ini menjadi ayat, tanda bagi orang yang berpikir, bahwa tidaklah semuanya ini terjadi dengan sendirinya. Sempurnanya ciptaan-Nya tandanya menjadikan indah. Mulia belaka, tanda yang melindunginya mulia adanya. Orang yang melihatnya dan mempergunakan pikiran meninjaunya, masing-

masing sesuai bakat pikirannya. Entah seorang ahli ilmu alam, ahli ilmu binatang, ahli ilmu tumbuh-tumbuhan, ahli pertambangan, ahli filosof, ataupun seorang penyair dan seniman sekalipun. Semuanya akan dipesona oleh keteraturan alam semesta yang luar biasa. Terasa kecil dihadapan keajaiban alam, terasa kecil alam dihadapan kebesaran penciptanya. Pada akhirnya tiada arti diri, tiada arti alam, yang ada hanyalah Dia, yaitu yag sebenarnya Dia. Karena kita manusia (*al-hayawan an-nathiq*) kita berpikir Layaknya *ulul-albab* memiliki intisari, mempunyai pikiran. Mempunyai biji akal (potensi) yang bila ditanam dengan baik akan tumbuh.

2. Surah Ali-Imron Ayat 191

a. Syaikh Imam Al-Qurthubi

Pada ayat ini Allah Swt menyebutkan tiga keadaan yang sering dilakukan oleh manusia pada tiap-tiap waktunya. Dikatakan Rasulullah selalu berdzikir kepada Allah Swt dalam setiap keadaannya. Dzikir dalam arti umum dapat dilakukan dalam berbagai keadaan, walaupun ketika berada di kamar mandi atau tempat-tempat kurang baik, karena pahalanya akan tetap ditulis oleh malaikat tanpa melihat lokasi tempat berdzikir. Pendapat ini dihukumi oleh para ulama dengan makruh beralasan, karena berdzikir kapada Allah Swt pada tempat-tempat seperti itu mengurangi kesantunan terhadap Allah Swt, misalnya dengan membaca Al-Qur’an di kamar mandi, bukankah akhlak kita mencegah perbuatan seperti itu. Para ulama berpendapat dzikir dalam konteks ini diartikan dengan shalat bahwa kewajiban shalat dilakukan dengan berdiri, namun apabila tidak sanggup dengan duduk, dan berbaring jika tidak kuasa untuk duduk.

b. Prof. Dr. Teungku Muhammad Hasbi Ash-Shiddieqy

Orang yang berakal (*Ulul-albab*) adalah orang yang memperhatikan penciptaan langit dan bumi beserta isi dan hukum-hukumnya, lalu mengingat penciptanya yakni Allah Swt, dalam segala keadaaan. Kemenangan dan keberuntungan hanyalah dengan mengingat kebesaran Allah Swt serta memikirkan segala makhluk-Nya yang menunjuk kepada adanya Sang Khaliq yang Esa.Yang memiliki ilmu dan kodrat, yang diiringi oleh iman dan taqwa. Dalam kegiatan tafakkur mereka juga mengingat Allah Swt seraya lisannya berucap memuji keagungan dan kebesaran-Nya atas ciptaan yang mengandung hikmah dan kemashlahatan. Masing-masing orang akan memperoleh pembalasan atas amal perbuatannya kelak, baik itu amal shalih maupun buruk.

c. Prof. Dr. Hamka

Orang yang berpikiran artinya orang yang tidak pernah lepas dari mengingat Allah Swt, baik dalam keadaan berdiri, duduk atau berbaring. Kata *yadzkuruna* berarti ingat berpokok pada kata dzikir. Disebutkan pula, bahwasanya dzikir hendaklah bertali diantara sebutan dan ingatan. Kita mampu menyebut Asma Allah Swt dengan mulut karena telah teringat terlebih dahulu dalam hati. Sesudah pengelihatan atas kejadian langit dan bumi, atau pergantian siang dan malam, langsungkan ingatan kepada yang menciptakan-Nya. Karena jelaslah dengan sebab ilmu pengetahuan bahwa semuanya itu tidaklah ada yang terjadi sia-sia atau secara kebetulan. Kegiatan mengingat (*tadzakkur*) itu berhubungan dengan kegiatan memikirkan (*tafakkur*).

d. M. Quraish Shihab

Ayat tersebut menjelaskan sebagian dari ciri-ciri siapa yang dinamai *Ulul-albab*. Mereka adalah orang baik laki-laki atau perempuan yang terus menerus

mengingat Allah Swt, dengan ucapan dan atau hati dalam seluruh situasi dan kondisi apapun. Obyek dzikir adalah Allah Swt, sedangkan obyek akal pikiran adalah seluruh makhluk ciptaan-Nya. Akal diberi kebebasan seluas-luasnya untuk memikirkan fenomena alam, dan terdapat keterbatasan dalam memikirkan dzat Allah Swt.

e. Ahmad Mustafa Al-Maragi

Ulul Albab adalah orang-orang yang mau menggunakan pikirannya, mengambil faedah darinya, mengambil hidayah darinya, menggambarkan keagungan Allah Swt dan mau mengingat hikmah akal dan keutamaannya, di samping keagungan karunia-Nya dalam segala sikap dan perbuatan mereka, sehingga mereka bisa berdiri, duduk, berjalan, berbaring dan sebagainya. Mereka tidak lalai untuk mengingat Allah Swt dalam sebagian waktunya, merasa tenang dengan mengingat Allah Swt dan tenggelam dalam kesibukan mengoreksi diri secara sadar bahwa Allah Swt selalu mengawasi mereka. Seorang mukmin yang mau menggunakan akal pikirannya, selalu menaruh pengharapan hanya kepada Allah Swt melalui pujian, doa dan *ibtihal*, setelah melihat bukti-bukti keagungan Allah Swt yang menunjukkan keindahan hikmah. Mereka tahu bagaimana berbicara dengan Tuhan ketika telah mendapatkan hidayah terhadap sesuatu terkait dengan kebajikan dan kedermawanan-Nya dalam menghadapi ragam makhluk-Nya. Berdasarkan beberapa penafsiran yang diberikan oleh para mufassir, dapat dipahami bahwa manusia diberikan hidayah berupa akal untuk digunakan sebaik-baiknya. Diantara tugas atau kegiatan akal yang disebutkan dalam ayat di atas adalah bertafakur memikirkan ciptaan Allah Swt. Merekalah yang dalam Al-

Qur‟an disebut orang yang berakal (*Ulul albab*), yang memiliki akal kuat untuk digunakan mengingat dan memikirkan ciptaan Sang Khaliq di alam semesta.

Ulul-albab adalah orang yang menggabungkan potensi dzikir dan pikir, mereka selalu berdzikir mengingat Allah Swt dalam berbagai situasi dan kondisi baik dalam suka maupun duka, sakit ataupun sehat, sempit atau lapang dalam segala keadaan duduk, berdiri sampai berbaring. Mereka tidak pernah memutus dzikir kepada Allah Swt, sebagai bentuk dzikir mengingat Allah Swt bukan sekedar menyebut asma-Nya melalui lisan, melainkan dzikir dengan hati, lisan dan anggota badan. Sedangkan berpikir, bisa dengan membaca, merenungi dan memahami segala yang ada di langit dan bumi yang berisi rahasia-rahasia Ilahi.Terdapat berbagai manfaat dan hikmah-hikmah yang menunjukkan kebesaran, kekuasaan, ilmu dan rahmat Sang Khaliq yang patut disyukuri dan dijaga. Dengan bekal akal, manusia bisa membaca, mengetahui, memikirkan, meneliti, menelaah fenomena-fenomena yang ada kemudian menghasilkan suatu pengetahuan atau ilmu. Penemuan dalam berbagai ilmu pengetahuan dan teknologi tersebut mengantarkan orang yang berakal untuk mensyukuri dan meyakini segala ciptaan Allah amat bermanfaat dan tidak ada yang sia-sia.

Dalam buku ensiklopedi Al-Qur’an dinyatakan, orang yang memiliki aktivitas mental dan menggunakannya untuk menatap ayat-ayat Allah Swt disebut *Ulul-albab*. Mawlana Muhammad Ali dalam tafsirnya mengatakan, bahwa konsekuensi berpikir dan berdzikir adalah menuntut ilmu. Melalui ilmu nantinya akan diketahui mana yang baik dan buruk, ilmu sebagai penerang menuju jalan yang terang dan benar. Oleh sebab itu, diantara orang yang terperosok dalam neraka adalah karena tidak memfungsikan akalnya dengan baik ketika ia hidup di dunia.

Eksistensi manusia terlihat dan terbukti dari penggunaan akalnya, karena dengannya manusia berada dalam tingkat istimewa dan berbeda dengan makhluk lainnya. Ketika manusia, khususnya umat Islam mampu mengoptimalkan akalnya dan mengingat Allah Swt dalam segala keadaannya, niscaya maksud dari penciptaan alam semesta ini dapat dinikmati seutuhnya dan terjaga. Akan tercipta tatanan masyarakat yang mempunyai wawasan intelektualitas tinggi dan berjiwa spiritual yang menjunjung tinggi nilai dan norma agama dan bangsa yang berlaku (*have international knowledge and local wisdom*). Memiliki kesadaran akan tujuan diciptakannya mereka sebagai hamba yang mencari *ridlo* Allah Swt dan *kholifah fil ardh*.

Pada surah Ali-Imron ayat 190 terdapat kata “penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda orang-orang berakal”. Serta pada ayat 191 terdapat kata “tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia”. Kalimat diatas dapat dikorelasikan dengan penelitian yang dilakukan. Poin pertama penulis melakukan penelitian dengan bahan dari arang tempurung kelapa, grafit murni, dan arang kayu. Bahan tersebut merupakan bagian dari penciptaan bumi yang mana dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan manusia. Aplikasi yang didapatkan ketika bahan tersebut disintesis dan menjadi *reduced graphene oxide* yakni superkapasitor, biosensor, adsorben dan lain sebagainya. Hal tersebut juga membuktikan bahwasanya apapun yang Allah Swt ciptakan di langit dan di bumi tidak ada yang sia-sia selagi manusia dapat memikirkan hal-hal penciptaan langit dan bumi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Maret-April 2021 di Laboratorium Kimia Fisika Edukasi Prodi Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan antara lain erlenmeyer, beaker glass, *hotplate magnetic stirer*, penangas air, neraca analitik, spatula, gelas arloji, kertas saring, pipet tetes, corong gelas, pipet ukur 100 mL, pipet ukur 10 mL, termometer, *sonicator*, alat *microwave* seperangkat alat XRD, seperangkat alat FT-IR, seperangkat alat spektroskopi Raman, dan LCR-Meter.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan antara lain serbuk grafit murni, arang tempurung kelapa berasal dari Kecamatan Tapen, Bondowoso, arang kayu sengon berasal dari Kecamatan Tapen, Bondowoso, H_2SO_4 (98%) pekat, H_3PO_4 (85%), $KMnO_4$ (99%), Deionisasi *Water* (DI *Water*), H_2O_2 30%, HCl 5%, alkohol, etilen glikol, *Polyvinylidine fluoride* (PVD), *Nmethyl-2-pyrrolidone* (NMP), dan *L-Ascorbic Acid* (LAA).

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium dimana metode yang digunakan untuk sintesis *r*GO menggunakan metode Hummer termodifikasi. Perlakuan pada penelitian ini menggunakan variasi prekursor yaitu grafit murni, arang tempurung kelapa dan arang kayu. Sintesis dimulai dengan tiga tahapan, diantaranya (1) proses oksidasi menggunakan asam kuat yaitu H_2SO_4/H_3PO_4 (9:1) dan pengoksida kuat $KMnO_4$, (2) proses pengelupasan secara kimia dengan bantuan sonikasi selama 2 jam, dan (3) proses reduksi menggunakan agen pereduksi asam askorbat.

Karakterisasi sampel yang telah disintesis mencakup, (a) karakterisasi dan analisa produk sintesis menggunakan instrument XRD untuk mengetahui struktur yang terbentuk, (b) karakterisasi dan analisa produk sintesis menggunakan instrument spektroskopi IR untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk, (c) karakterisasi dan analisa produk sintesis menggunakan spektroskopi Raman untuk mengetahui tingkat kecacatan, dan (d) karakterisasi dan analisa produk sintesis menggunakan LCR Meter untuk mengetahui kondutivitas listrik.

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Sintesis GO
2. Sintesis *r*GO
3. Pembuatan pelet untuk uji LCR Meter
4. Karakterisasi (XRD, FT-IR, spektroskopi Raman, dan Konduktivitas listrik)

3.5 Prosedur Kerja

3.5.1 Sintesis GO

a. Tiga gram bubuk grafit ditambahkan dalam campuran (67,5 mL H_2SO_4 98% dan 7,5 mL H_3PO_4 85%) kemudian diaduk selama 30 menit.

b. Ditambahkan 9 gr $KMnO_4$ secara perlahan dan pengadukan dilanjutkan selama 3 jam (larutan berwarna hijau tua). Suhu kisaran 20-0°C dalam penangas es karena senyawa $KMnO_4$ memiliki sifat eksplosif terhadap suhu tinggi (diatas 20°C).

c. Kemudian pengadukan dilanjutkan selama 1 jam suhu 35°C tanpa penangas es. Kemudian larutan ditambahkan 50 mL DI *water* dan diaduk selama 1 jam.

d. Larutan diencerkan dengan menambahkan 100 mL DI *water* selama 1 jam. Kemudian ditambahkan H_2O_2 30% 5 mL secara perlahan dan di diamkan selama 30 menit. Larutan yang awalnya berwarna hijau tua berubah menjadi coklat tua.

e. Disaring larutan kemudian larutan dicuci dengan DI *water* dan HCl 5% sampai netral.

f. Setelah itu endapan dipanaskan dengan oven pada suhu 60°C selama 12 jam. Serbuk grafit oksida terbentuk.

3.5.2 Sintesis *r*GO

a. Serbuk grafit oksida 2 gram dilarutkan kedalam 268 mL etilen glikol dan dilanjutkan dengan sonikasi selama 2 jam menggunakan *sonicator ultrasonic bath* dan *sonicator ultrasonic probe* untuk menghasilkan grafena oksida.

b. Dilarutkan 16 gr LAA dalam 20 ml DI *water* dengan diaduk menggunakan *magnetic stirer*. Kemudian ditambahkan pada larutan.

c. Larutan direduksi dengan asam askorbat menggunakan *microwave* dengan daya 800W pada level *low* dengan waktu radiasi 20 menit.

d. Kemudian larutan di saring dan dicuci dengan DI *water* dan alkohol masing-masing 3 kali.

e. Setelah itu dilakukan pemanasan dengan oven pada suhu 60°C selama 12 jam. Serbuk *r*GO terbentuk.

f. Percobaan diatas dilakukan dengan perlakuan yang sama untuk material arang tempurung kelapa dan arang kayu.

3.5.3 Pembuatan Pelet Uji LCR Meter

a. Menghitung dan menimbang bahan yang dibutuhkan untuk jumlah komposisi pencampuran sampel karbon grafit 0,3 gr, PVDF 0,08 gr, dan NMP 2 mL.

b. Dimasukkan PVDF kedalam *beaker glass* berisi larutan NMP 2 mL kemudian dipanaskan pada temperatur 90°C dan putaran sebesar 250rpm selama 15 menit menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirer*.

c. Dicampurkan karbon grafit 0.3 gr dalam larutan sedikit demi sedikit dan diaduk hingga larutan mengental.

3.5.4 Karakterisasi menggunakan XRD

Karakterisasi menggunakan XRD dilakukan pada suhu kamar dengan radiasi Cu- $K\alpha$ pada 40 kV dan 40 mA pada rentang 2θ: 5-80°. Hasil XRD dilakukan menggunakan *software* Origin untuk mengetahui puncak sampel.

3.5.5 Karakterisasi menggunakan FT-IR Spektroskopi

Karakterisasi menggunakan FT-IR dilakukan pada suhu kamar dengan menggunakan pelet KBr pada rentang 500-4000 cm^{-1}.

3.5.6 Karakterisasi menggunakan Spektroskopi Raman

Karakterisasi menggunakan spektroskopi Raman dilakukan dengan Horiba Jobin Yuon, France pada panjang gelombang 532 nm, daya laser 1.7 mW, lensa obyektif 100x, dan 0.9 NA.

3.5.7 *Inductance, Capasitance and Resistance*-Meter (LCR-Meter)

Karakterisasi menggunakan LCR meter digunakan untuk mengetahui sifat listrik dari material hasil sintesis yang dapat digunakan untuk mengukur *inductance* (L), *capacitance* (C), dan *resistance* (R) material untuk mengetahui konduktivitas listrik dari material. Secara umum tahap pengujian ini yaitu, sampel serbuk dipreparasi dengan membentuk *slurry*. Kemudian bagian permukaan *slurry* diberi *silver paste* untuk memperoleh hasil yang lebih akurat. Selanjutnya sampel berbentuk *slurry* dijapit menggunakan penjepit *slurry* diberi sumber listrik unntuk mengetahui nilai *resistance*nya. Hasil pengukuran berupa nilai *resistance* pada setiap frekuensi yang diterapkan pada rentang frekuensi 700 Hz sampai 3 MHz pada tegangan 1,5 volt. Hasil pengukuran yang diperoleh dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\varepsilon' = \frac{C_p t}{\varepsilon_0 A} \qquad 3.1$$

$$\varepsilon'_r = \frac{\varepsilon'^2}{\sqrt{1+D^2}} \quad 3.2$$

$$\varepsilon''_r = \varepsilon'_r \, X \, D \quad 3.3$$

$$\sigma_{ac} = \varepsilon' \varepsilon_0 \omega x D \quad 3.4$$

$$C = \frac{C_p}{A} \quad 3.5$$

Dimana ε_r = konstanta dielektrik , C = kapasitansi kapasitor, ε_0 = permitivitas ruang hampa (8,85 x 10^{-12} F/m), t = jarak antar plat (m), A = luas penampang (m^2). $\omega = 2\pi f$ dan σ_{ac} = konduktivitas pada rangkaian AC (S/cm).

Adapun rumus yang digunakan untuk mengukur konduktivitas listrik,

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad 3.6$$

dimana σ = konduktivitas listrik $(\Omega\text{-m})^{-1}$, ρ = resistan (Ω-m).

Tabel 3. 1 Desain pengukuran menggunakan LCR-Meter

No	**Sampel**	**Konduktivitas listrik bahan (S/cm)**	**Kapasitansi area (F/cm^2)**	**Hambatan (Ω)**
1.	rGO Grafit Murni			
2.	rGO Arang Tempurung Kelapa			
3.	rGO Arang Kayu			

3.6 Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Analisis ini dilakukan dengan cara menggambarkan dan mendeskripsikan data-data yang sudah terkumpul berupa grafik. Data kuantitatif dianalisis menggunakan *software* Origin. Langkah analisis data dilakukan dengan menguji sampel dengan beberapa pengujian antara lain XRD, FT-IR spektroskopi, Raman spektroskopi, dan LCR meter.

3.6.1 Analisis Data XRD

Hasil yang diperoleh dari karakterisasi XRD dibandingkan dengan data standar *database* yang ada pada *International Crystallography Standard Data* (ICSD). Kemudian data XRD diolah menggunakan *software* Origin.

3.6.2 Analisis Data FT-IR Spektroskopi

Hasil yang diperoleh dari karakterisasi di cocokkan dengan hasil spektrum yang diperoleh dari standart *database*. Identifikasi spektrum IR senyawa GO dijelaskan pada Tabel 3.2 (Bagri, dkk., 2010).

Tabel 3. 2 Identifikasi spektrum IR senyawa GO

Panjang Gelombang (cm^{-1})	**Gugus Fungsi**
3050-3800	Hidroksil
1750-1850	Karbonil
1650-1750	Karboksil
1500-1600	C=C
1000-1280	Ester atau Epoksida

3.6.3 Analisis Data Raman Spektroskopi

Hasil yang diperoleh dari karakterisasi Raman spektroskopi di cocokkan dengan hasil spectrum yang diperoleh dari jurnal-jurnal yang telah ada. Kemudian data Raman diolah menggunakan *software* Origin.

3.6.4 Analisis Data LCR-Meter

Hasil yang diperoleh dari uji LCR-Meter dihitung nilai konduktivitas kemudian dibuatlah grafik menggunakan *software* Origin.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini telah disintesis *r*GO dengan menggunakan tiga bahan yang berbeda yaitu (a) grafit murni, (b) arang tempurung kelapa, dan (a) arang kayu. Metode yang digunakan yaitu metode Hummer's yang dimodifikasi oleh Marcano, dkk. (2010). Sampel yang diperoleh dikarakterisasi dengan menggunakan (a) XRD untuk mengetahui senyawa yang terbentuk (b) spektroskopi FT-IR digunakan untuk identifikasi gugus fungsi sampel, (c) spektroskopi Raman digunakan untuk mengetahui tingkat kecacatan pada sampel, (d) LCR-Meter untuk mengetahui nilai konduktivitas listrik.

4.1. Sintesis *r*GO menggunakan Metode Hummer Termodifikasi

Sintesis *r*GO dilakukan dengan metode Hummer yang dimodifikasi oleh Marcano, dkk. (2010) dengan menggunakan rasio 9:1 (H_2SO_4/H_3PO_4) asam kuat dengan pengoksida kuat $KMnO_4$ untuk proses oksidasi. Proses pengelupasan kimia dilakukan dengan sonikasi. Proses reduksi dilakukan dengan agen pereduksi ramah lingkungan yaitu *L*-asam askorbat. *r*GO dilakukan melalui beberapa tahap yaitu (a) sintesis GO, dan (b) sintesis *r*GO. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan pada Lampiran 5.1

4.1.1 Sintesis GO

4.1.1.1 Grafit Murni

Sintesis GO dari bahan baku serbuk grafit murni dilakukan dengan mengoksidasi serbuk grafit menggunakan asam fosfat (H_3PO_4), asam sulfat (H_2SO_4) dan *Potassium permanganate VII* ($KMnO_4$). $KMnO_4$ merupakan agen

pengoksidasi kuat yang sangat fluktuatif (cenderung menaikkan) terhadap suhu, sehingga penambahan $KMnO_4$ dalam larutan (H_3PO_4+H_2SO_4+sampel) dikondisikan pada suhu rendah (5-10)°C. Perubahan warna menjadi hijau tua menandakan bahwa $KMnO_4$ bereaksi dengan senyawa asam. Tahapan sintesis GO ditampilkan pada Lampiran 5.2.1. (Dreyer, dkk., 2010) mengatakan bahwa senyawa aktif adalah Mn_2O_7. Berikut reaksi yang terjadi antara $KMnO_4$ dan H_2SO_4 (Dreyer, dkk., 2010),

$$KMnO_{4\,(s)} + 3H_2SO_{4\,(l)} \rightarrow K^+ + MnO_3^+ + H_3O^+ + 3HSO_4^-$$

$$MnO_3^+ + MnO_4^- \rightarrow Mn_2O_{7\,(l)}$$

Larutan dikondisikan pada suhu 35°C untuk memaksimalkan proses oksidasi. Pada penambahan hidrogen peroksida (H_2O_2) terjadi perubahan warna dari coklat menjadi coklat kehitaman yang disebabkan proses oksidasi yang kurang maksimal. Menurut Pradana dan Susanti, (2015) bahwa penambahan H_2O_2 menyebabkan perubahan warna menjadi kuning cerah yang menandakan derajat oksidasi yang terjadi cukup tinggi. Pencucian sampel dilakukan dengan HCl dan DI *water* sampai pH netral. Selanjutnya sampel dikeringkan dalam suhu 60° selama 12 jam. Sampel berubah warna menjadi hitam menandakan bahwa GO telah terbentuk.

4.1.1.2 Arang Tempurung Kelapa

Sintesis GO dari bahan baku arang tempurung kelapa dilakukan dengan menggunakan campuran larutan H_2SO_4/H_3PO_4 dalam pengoksidasi kuat yaitu $KMnO_4$. Selanjutnya penambahan H_2O_2 berfungsi untuk menghentikan proses oksidasi. Akan tetapi terdapat perbedaan pada saat penambahan H_2O_2 yaitu larutan berwarna ungu. Menurut Hidayat, dkk. (2019) hal ini dikarenakan masih terdapat

residu permanganat yang bereaksi dengan sampel. Hasil akhir ketika dilakukan pengeringan terdapat perbedaan warna antara GO pada Arang Tempurung kelapa 1 dan 2. Sampel berwarna kehijauan menunjukkan GO arang tempurung kelapa 1 dan warna hitam menunjukkan GO arang tempurung kelapa ke-2. Proses sintesis GO ditampilkan pada Lampiran 5.2.2.

4.1.1.3 Arang Kayu

Sintesis GO dari bahan baku arang kayu dilakukan dengan menggunakan campuran larutan H_2SO_4/H_3PO_4 dalam pengoksidasi kuat yaitu $KMnO_4$. Selanjutnya penambahan H_2O_2 berfungsi untuk menghentikan proses oksidasi. Akan tetapi terdapat perbedaan pada saat penambahan H_2O_2 yaitu larutan berwarna ungu. Menurut Hidayat, dkk. (2019) hal ini dikarenakan masih terdapat residu permanganat yang bereaksi dengan sampel. Proses sintesis GO ditampilkan pada Lampiran 5.2.3.

4.1.2 Sintesis *r*GO

Sintesis sampel *r*GO dilakukan dengan menggunakan pengembangan dari metode Hummer's yang dimodifikasi oleh Marcano, dkk. (2010) merupakan gabungan antara *chemical exfoliation* dan metode reduksi kimia. Tahap *chemical exfoliation* dilakukan dengan menggunakan sonikasi yang membantu dalam proses pengelupasan oksida grafit menjadi lembaran-lembaran oksida grafena dengan memutuskan ikatan Var der Waals pada oksida grafit. Pengelupasan ini dapat terjadi karena adanya gelombang ultrasonik. Tahap selanjutnya adalah sintesis *r*GO yang dilakukan dengan mereduksi GO. Dalam penelitian ini digunakan LAA sebagai agen pereduksinya. Pada tahap reduksi kimia ditambahkan LAA dengan

bantuan gelombang radiasi *microwave*. Gelombang mikro yang menimbulkan efek panas terhadap sampel sebagai salah satu metode untuk mempercepat proses reduksi. Pemaparan mikro ini menghasilkan efek yang berbeda dari pada pemanasan menggunakan oven atau *furnace*, karena efek pemanasan langsung terpusat pada inti sampel dan menjalar keluar sampel. Hasil akhir *r*GO ditampilkan pada Lampiran 5.3.

4.2 Karakterisasi XRD

Karakterisasi dan analisis sampel menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui struktur kristal pada proses senyawa material *r*GO dengan prekursor grafit, arang tempurung kelapa, dan arang kayu.

4.2.1 Karakterisasi XRD dengan Prekursor Grafit Murni

Difraktogram prekursor grafit dan sampel ditampilkan pada Gambar 4.1. prekursor grafit mempunyai dua puncak pada posisi 2θ = 26,63 dan 43,74° (puncak dengan intensitas rendah). Puncak difraktogram grafit jika dibandingkan dengan difraktogram grafit murni yang dilaporkan oleh Siburian, dkk. (2018) maka ada perbedaan. Grafit murni dilaporkan mempunyai puncak tajam pada posisi 2θ ~26,5° dan ~24°. Sedangkan pada grafit yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai puncak tajam pada posisi 2θ = 26,63° dan pada 43,74° yang lebar. Hal ini menandakan bahwa grafit murni yang digunakan dalam penelitian ini bersifat amorf dan mempunyai *d-spacing* 3,34 Å yang berbeda dengan yang dilaporkan oleh Siburian, dkk. (2018) yang menyatakan masing-masing 3,36 Å.

Pada Gambar 4.2 juga terlihat bahwa pola difraktogram antara prekursor dan sampel mempunyai kemiripan dan hanya mengalami pergeseran. Siburian, dkk. (2018) melaporkan bahwa GO mempunyai puncak pada 2θ = 11,6° dan dalam data ini tidak ditemukan. Hal ini mengindikasikan bahwa GO masih belum terbentuk sempurna, sedangkan perbedaan posisi mengindikasikan terjadi perubahan ukuran kristal. Hasil XRD *r*GO dalam penelitian ini berada pada puncak 2θ = 25,18° sedangkan Qiao, dkk. (2015) melaporkan bahwa keberadaan *r*GO dapat diidentifikasi dengan adanya puncak pada 2θ = 22°. Akan tetapi hasil lain disampaikan Mikhaylov, dkk. (2019) yang menyatakan keberadaan *r*GO juga berhubungan dengan puncak pada posisi 2θ = 26,4°. Apabila dibandingkan dengan difraktogram grafit yang mempunyai kesamaan maka dalam penelitian ini tidak ditemukan adanya *r*GO sehingga mengindikasikan bahwa *r*GO juga masih belum terbentuk. Hal ini dikarenakan sebelum menjadi *r*GO maka harus diperoleh GO terlebih dahulu dan dalam data XRD mengindikasikan bahwa tidak terbentuk GO, kemungkinan hal ini disebabkan karena prekursor memiliki derajat grafitisasi yang rendah dan derajat kristalinitas yang rendah sehingga prekursor tersebut berfasa amorf yang mana sangat sulit untuk menghasilkan GO dan *r*GO.

4.2.2 Karakterisasi XRD dengan Prekursor Arang Tempurung Kelapa

Difraktogram prekursor arang tempurung kelapa dan sampel ditampilkan pada Gambar 4.3. Prekursor arang tempurung kelapa mempunyai puncak pada posisi 2θ = 23,24° dan 2θ = 42,86°. Khadifah, dkk. (2017) melaporkan bahwa arang tempurung kelapa mempunyai puncak tajam pada posisi 2θ ~23,24° dan pada 2θ ~42,96°. Sedangkan pada arang tempurung kelapa yang digunakan dalam penelitian

ini mempunyai puncak pada posisi 2θ = 23,24° dan 2θ = 42,86°. Hal ini menandakan bahwa arang tempurung kelapa yang digunakan dalam penelitian ini bersifat amorf dan mempunyai kesamaan puncak yang dilaporkan oleh Khadifah, dkk. (2017).

Pola difraktogram antara prekursor dan sampel memiliki perbedaan puncak. Riaz, dkk. (2020) melaporkan bahwa GO mempunyai puncak pada posisi 2θ = 10, 61°; 2θ = 20,57° dan 2θ = 25,87° dan dalam data ini ditemukan adanya kemiripan puncak pada posisi 2θ = 18,26°; 2θ = 19,07° dan 2θ = 25,4°. Hal ini mengindikasikan bahwa puncak grafena oksida terbentuk. Perbedaan puncak dikarenakan masih adanya pengotor yang terkandung dalam prekursor arang tempurung kelapa sehingga proses oksidasi kurang maksimal. Sujiono, dkk. (2020) melaporkan bahwa keberadaan *r*GO dapat diidentifikasi dengan adanya puncak pada 2θ ~23,97 dan ~43,04°, adanya puncak lemah dikarenakan proses oksidasi kurang maksimal. Sedangkan hasil lain disampaikan Khadifah, dkk. (2017) yang menyatakan bahwa metode hummer termodifikasi dapat digunakan untuk mensintesis grafena yang memiliki puncak pola difraksi pada sudut 2θ = 23° dan 43°. Apabila dibandingkan dengan difraktogram arang tempurung kelapa dengan penelitian yang telah dicantumkan terdapat kesamaan dalam hasil *r*GO, dalam penelitian ini ditemukan *r*GO pada puncak 2θ = 23,6° dan pada 2θ = 43,14°. Hal ini menunjukkan bahwa GO berhasil direduksi.

. 4.2.3 Karakterisasi XRD dengan Prekursor Arang Kayu

Difraktogram prekursor arang kayu dan sampel ditampilkan pada Gambar 4.4. Prekursor arang kayu mempunyai puncak pada 2θ = 23,01° dan puncak pada 2θ = 43,22° yang menunjukkan bahwa arang kayu masih terdapat susunan senyawa

yang komplek. Puncak difraktogram arang kayu jika dibandingkan dengan difraktogram arang kayu yang dilaporkan oleh Pari, dkk. (2017) terdapat perbedaan puncak yang tidak terlalu signifikan. Arang kayu dilaporkan mempunyai puncak pada posisi 2θ ~23 dan ~42°. Hal ini menandakan bahwa arang kayu dalam penelitian ini bersifat amorf dan mempunyai kesamaan puncak dengan yang dilaporkan oleh Pari, dkk. (2017).

Pola difraktogram antara prekursor dan sampel memiliki perbedaan puncak. Setiadji, dkk. (2018) melaporkan bahwa GO mempunyai puncak pada 2θ = 10,63°. Sedangkan dalam penelitian GO muncul pada puncak 2θ = 18,17°. Hal ini mengindikasikan bahwa GO terbentuk akan tetapi terdapat perbedaan puncak dikarenakan masih adanya pengotor dan proses oksidasi yang kurang maksimal. Hasil XRD *r*GO dalam penelitian ini muncul pada puncak 2θ = 21,45°. Sedangkan Qiao, dkk. (2015) melaporkan bahwa keberadaan *r*GO dapat diidentifikasi dengan adanya puncak pada 2θ ~22°. Apabila dibandingkan dengan difraktogram arang kayu dengan penelitian yang telah dicantumkan terdapat sedikit perbedaan dalam hasil *r*GO, akan tetapi puncak tersebut masih mengindikasikan bahwa *r*GO hampir terbentuk.

Pada difraktogram sampel arang tempurung kelapa dan arang kayu menunjukkan bahwa pada material GO memiliki puncak 2θ > 10°. Menurut Sujiono, dkk. (2020) hal ini dikarenakan dua faktor, diantaranya (1) prekursor yang digunakan dalam sintesis adalah bahan amorf (2) perubahan derajat oksidasi yang terjadi selama proses sintesis.

4.2.4 *d-Spacing*

Jarak antar lapisan (*d-spacing*) dari bahan grafit murni, arang tempurung kelapa, dan arang kayu terjadi pelebaran/peningkatan dari sampel awal sampai menjadi GO. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.1. Terjadinya peningkatan nilai *d-spacing* pada GO dikarenakan peran ultrasonikasi yang memudahkan pengelupasan oksida grafit ketika berada didalam air, sehingga jarak antar lapisan penyusun oksida grafit semakin renggang dan mudah untuk mengelupas (Hanif, 2016). Pada material GO menjadi *r*GO terjadi penurunan *d-spacing* untuk semua material dari arang tempurung kelapa, dan arang kayu. Akan tetapi pada bahan grafit tidak terjadi perubahan *d-spacing* dikarenakan GO dan *r*GO tidak terbentuk. Penurunan ini menandakan bahwa proses reduksi GO telah berhasil. Jika dilihat kembali pada Tabel 4.1 bahan arang tempurung kelapa lebih baik dibandingkan dengan arang kayu. Hal ini dikarenakan *d-spacing r*GO kembali mendekati nilai *d-spacing* grafit namun sedikit lebih besar, menunjukkan bahwa terdapat sedikit gugus fungsional oksigen yang tersisa pada *r*GO (Xiang, dkk., 2014).

4.3 Karakterisasi FTIR

Karakterisasi dan analisis menggunakan FTIR spektroskopi bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi pada proses senyawa material *r*GO dengan prekursor grafit murni, arang tempurung kelapa, dan arang kayu.

4.3.1 Karakterisasi FTIR Sampel dengan Prekursor Grafit Murni

Spektra IR yang diperoleh untuk sampel grafit, GO dan *r*GO ditunjukkan pada Gambar 4.5. Identifikasi gugus fungsi dirangkum pada Tabel 4.2. Pada spektra IR sampel grafit terdapat puncak C-O dan C=C aromatik yang masing-masing 1238

dan 1535 cm^{-1}. Untuk spektra IR sampel GO, puncak yang berbeda dan kuat diamati pada 3745 cm^{-1} sebagai akibat dari peregangan –OH (hidroksil). Puncak yang terletak sekitar 1642 cm^{-1} sebagai akibat getaran C=O dari C=C aromatik. Hasil spektra IR mengkonfirmasi munculnya gugus fungsi yang mengandung oksigen seperti hidroksil, dan epoksida dalam struktur GO dan memiliki kesamaan dengan spektra IR untuk GO yang dilaporkan oleh Yanti, dkk. (2020). Spektra IR untuk sampel *r*GO setelah proses reduksi menunjukkan pada puncak 3745 cm^{-1} tidak mengalami penurunan intensitas serapan. Hal ini menunjukkan bahwa GO tidak berhasil direduksi.

4.3.2 Karakterisasi FTIR Sampel dengan Prekursor Arang Tempurung Kelapa

Spektra IR yang diperoleh dari bahan arang tempurung kelapa ditunjukkan pada Gambar 4.5. Identifikasi gugus fungsi dirangkum pada Tabel 4.3. Pada spektra IR sampel grafit arang tempurung kelapa terdapat puncak C-O, C=C aromatik, -COOH, dan O-H yang masing-masing 1060, 1502, 1702 dan 3244 cm^{-1}. Untuk spektra IR sampel GO, puncak yang berbeda dan kuat diamati pada 3244 cm^{-1} sebagai akibat dari peregangan –OH (hidroksil), getaran karboksilat (-COOH) pada 1702 cm^{-1}, getaran C=C aromatik 1060 cm^{-1} dan getaran C=O pada 1502 cm^{-1}. Hasil spektra IR mengkonfirmasi munculnya gugus fungsi yang mengandung oksigen seperti hidroksil, dan epoksida dalam struktur GO dan memiliki kesamaan dengan spektra IR untuk GO yang dilaporkan oleh Sujiono, dkk. (2020). Spektra IR untuk sampel *r*GO setelah proses reduksi menunjukkan pada puncak 1060, 1702 dan 3244 cm^{-1} mengalami penurunan intensitas serapan. Hal ini menunjukkan bahwa GO berhasil direduksi. Hasil tersebut sejalan dengan (Yanti, dkk. 2020) yang

menyatakan bahwa pada proses reduksi, gugus fungsi yang mengandung oksigen akan berkurang bahkan hilang.

4.3.3 Karakterisasi FTIR Sampel dengan Prekursor Arang Kayu

Spektra IR yang diperoleh untuk sampel arang kayu, GO dan *r*GO ditunjukkan pada Gambar 4.7. Identifikasi gugus fungsi dirangkum pada Tabel 4.4. Pada spektra IR sampel grafit arang kayu terdapat puncak C-O dan C=C aromatik yang masing-masing 1096 dan 1417 cm^{-1}. Untuk spektra IR sampel GO, puncak yang berbeda dan kuat diamati pada 3392 cm^{-1} akibat dari peregangan –OH (hidroksil). Puncak yang terletak sekitar 1052 cm^{-1} akibat getaran epoksida (C-O) dan 1725 cm^{-1} sebagai akibat getaran karboksilat (-COOH). Hasil spektra IR mengkonfirmasi munculnya gugus fungsi yang mengandung oksigen seperti hidroksil, dan epoksida dalam struktur GO dan memiliki kesamaan dengan spektra IR untuk GO yang dilaporkan oleh Sujiono, dkk. (2020). Spektra IR untuk sampel *r*GO setelah proses reduksi menunjukkan pada puncak 1725 dan 3392 cm^{-1} mengalami penurunan intensitas serapan. Hal ini menunjukkan bahwa GO berhasil direduksi. Hasil tersebut sejalan dengan Yanti, dkk. (2020) yang menyatakan bahwa pada proses reduksi, gugus fungsi yang mengandung oksigen akan berkurang bahkan hilang.

Pada Tabel 4.5 ditampilkan hasil uji FTIR untuk *r*GO menurut Hukum Hooke. Jika dilihat dengan data identifikasi gugus fungsi material *r*GO dari bahan baku grafit murni, arang tempurung kelapa, dan arang kayu disimpulkan bahwa hasilnya sesuai dengan Tabel 4.5.

Tabel 4.1 Hasil uji FT-IR material *r*GO menurut Hukum Hooke (Silverstein, dkk., 2005)

No.	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi	Nama Senyawa
1.	800-1300	C-O	Epoksida
2.	1500-1900	C=C	Aromatik
3.	1600-1850	C=O	Karboksilat
4.	2700-3800	O-H	Hidroksil

4.4 Karakterisasi Raman Spektroskopi

Karakterisasi dan analisis menggunakan Raman spektroskopi bertujuan untuk mengetahui tingkat kecacatan pada sampel *r*GO dengan prekursor grafit murni, arang tempurung, dan arang kayu.

4.4.1 Karakterisasi Raman Spektroskopi Sampel dengan Prekursor Arang Tempurung Kelapa

Spektra yang diperoleh dari bahan arang tempurung kelapa ditunjukkan pada Gambar 4.8. Spektra Raman sampel *r*GO arang tempurung kelapa pada pita D sebesar 1346,08 cm^{-1} dan pita G sebesar 1589,72 cm^{-1} dengan rasio intensitas I_D/I_G sebesar 0,95. Sujiono, dkk. (2020) melaporkan bahwa untuk sampel dengan kualitas baik, nilai rasio intensitas I_D/I_G kurang dari 2. Soltani dan Kyu Lee (2017) melaporkan bahwa *r*GO yang terbentuk menunjukkan pita D sebesar 1362 cm^{-1} dan pita G sebesar 1587 cm^{-1} dengan rasio intesitas I_D/I_G sebesar 1.29. Agustina, dkk. (2018) melaporkan bahwa *r*GO arang tempurung kelapa menunjukkan pita D sebesar 1383,50 cm^{-1} dan pita G sebesar 1595,50 cm^{-1} dengan rasio intensitas I_D/I_G sebesar 1.49. Hal ini menandakan bahwa spektra Raman *r*GO arang tempurung kelapa dengan yang dilaporkan memiliki perbedaan, akan tetapi *r*GO dalam penelitian ini terbentuk dikarenakan pemulihan jaringan heksagonal atom karbon

dengan reduksi GO. Adanya perbedaan puncak dikarenakan masih terdapat pengotor pada sampel dan proses reduksi yang kurang maksimal. Loryuenyong, dkk. (2013) melaporkan bahwa adanya penajaman pita G dan peningkatan intensitas puncak pada *r*GO yang disebabkan oleh pemulihan domain sp^2 dan pembentukan kembali jaringan sp^2 setelah perlakuan reduksi dalam air panas. Sedangkan Soltani dan Kyu Lee (2017) melaporkan bahwa perawatan ultrasonik menghasilkan *r*GO dengan cacat lebih sedikit dibandingkan dengan metode lain.

4.4.2 Karakterisasi Raman Spektroskopi Sampel dengan Prekursor Arang Kayu

Spektra yang diperoleh dari bahan arang kayu ditunjukkan pada Gambar 4.9. Spektra Raman sampel *r*GO arang kayu pada pita D sebesar 1347,06 cm^{-1} dan pita G sebesar 1583,52 cm^{-1} dengan rasio intensitas I_D/I_G sebesar 1,01. Sujiono, dkk. (2020) melaporkan bahwa untuk sampel dengan kualitas baik, nilai rasio intensitas I_D/I_G kurang dari 2. Soltani dan Kyu Lee (2017) melaporkan bahwa *r*GO yang terbentuk menunjukkan pita D sebesar 1362 cm^{-1} dan pita G sebesar 1587 cm^{-1} dengan rasio intesitas I_D/I_G sebesar 1.29. Ickecan, dkk. (2017) melaporkan bahwa *r*GO yang terbentuk menunjukkan pita D sebesar 1340 cm^{-1} dan pita G sebesar 1580 cm^{-1} dengan rasio intensitas I_D/I_G sebesar 1,37 cm^{-1}. Hal ini menandakan bahwa spektra Raman *r*GO arang kayu dengan yang dilaporkan memiliki perbedaan, akan tetapi *r*GO dalam penelitian ini terbentuk dikarenakan pemulihan jaringan heksagonal atom karbon dengan reduksi GO. Adanya perbedaan puncak dikarenakan masih terdapat pengotor pada sampel dan proses reduksi yang kurang maksimal. Loryuenyong, dkk. (2013) melaporkan bahwa adanya penajaman pita G dan peningkatan intensitas puncak pada *r*GO yang disebabkan oleh pemulihan

domain sp^2 dan pembentukan kembali jaringan sp^2 setelah perlakuan reduksi dalam air panas. Sedangkan Soltani dan Kyu Lee (2017) melaporkan bahwa perawatan ultrasonik menghasilkan *r*GO dengan cacat lebih sedikit dibandingkan dengan metode lain.

4.5 Karakterisasi dan Analisis Grafit, Arang Tempurung Kelapa, dan Arang Kayu menggunnakan LCR Meter

Karakterisasi dan analisis menggunakan LCR meter untuk mengetahui sifat listrik dari material *r*GO yang dapat digunakan untuk mengukur *inductance* (L), *capacitance* (C), dan *resistance* (R) material *r*GO untuk mengetahui konduktivitas listrik dari material *r*GO. Preparasi sampel untuk pengujian LCR Meter, serbuk *r*GO harus dibuat pelet dengan menggunakan PVDF untuk mendapatkan serbuk. PVDF yang digunakan berupa butiran besar sehingga perlu dilarutkan dengan NMP. NMP merupakan pelarut aprotik dan kemampuannya untuk melarutkan berbagai bahan dengan cukup baik, sehingga banyak digunakan dalam reaksi kimia. Setelah terbentuk pelet dipanaskan pada suhu ruang untuk menguapkan NMP. Pelet yang digunakan untuk uji LCR Meter ditampilkan pada lampiran 5.4.

Pengujian LCR Meter dilakukan di Laboratorium Listrik Magnet Jurusan Fisika Fakultas Saintek UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengujian ini menggunakan LCR-Meter HIOKI 3532-50 LCR HiTESTER. Data yang dihasilkan dari pengujian ini adalah resistansi dan konduktivitas. Hasil uji LCR-Meter ditampilkan pada Gambar 4.10.

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa nilai rata-rata konduktivitas listrik tertinggi dimiliki oleh material grafit, sedangkan material *r*GO dari bahan arang tempurung kelapa memiliki nilai konduktivitas paling rendah. Hal ini dikarenakan arang

tempurung kelapa merupakan bahan baku organik yang didalamnya masih terdapat senyawa campuran sehingga berpengaruh pada nilai konduktivitas yang dihasilkan. Jika kita membandingkan nilai konduktivitas dari bahan organik, arang kayu memiliki nilai konduktivitas paling tinggi dibandingkan dengan arang tempurung kelapa. Hal ini sesuai dengan Chaldun, dkk. (2020) yang menyatakan bahwa perbedaan nilai konduktivitas disebabkan karena efektivitas *r*GO sebagai konduktor yang dipengaruhi oleh kesuksesan proses perekdusian GO. Disimpulkan bahwa prekursor dari bahan grafit murni, arang tempurung kelapa, dan arang kayu merupakan material semikonduktor. Hal ini sesuai dengan Callister (2007) yang menyatakan bahwa nilai konduktivitas listrik semikonduktor pada rentang 10^6-10^4 Ω/m atau antara 10^{-8}-10^3 S/cm.

4.6 Sintesis *r*GO dari Grafit, Arang Tempurung Kelapa, dan Arang Kayu dalam Perspektif Islam

Semua hasil yang didapatkan dari penelitian ini tak lepas dari penjelasan Allah Swt dalam Al-Qur’an. Seorang saintis khususnya fisikawan muslim diharapkan selalu merenungkan dan memikirkan mengenai banyaknya nikmat yang Allah ciptakan untuk diambil manfaatnya karena tak ada segala dari ciptaan-Nya yang sia-sia semata. Melihat lebih jauh bahwa Allah menciptakan bumi dan seluruh isinya tanpa alasan, melainkan supaya manusia berpikir bahwa yang di ciptakan itu memiliki banyak manfaat. Allah Swt berfirman dalam Q.S Al-An’am/6:99 berbunyi:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا
مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ ۗ
انْظُرُوا إِلَىٰ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ

Artinya: *“ Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang bermain”.*

Ayat diatas menjelaskan bahwa Allah Swt menciptakan segala sesuatu tanpa sia-sia, bahkan limbah tempurung kelapa dan limbah kayu sekalipun yang mungkin sebagian orang menganggap tidak ada manfaatnya. Tetapi dengan orang-orang yang berpikir hal tersebut menjadi bermanfaat. Allah Swt menciptakan bumi ini secara sempurna dan seimbang serta menciptakan sesuatu untuk dimanfaatkan sebaik-baiknya dan semaksimal mungkin supaya tidak terbuang sia-sia. Seperti halnya dengan tempurung kelapa dan kayu.

Imam Jalaludin As-Suyuthi (2005) dalam Kitab tafsir *Al-Jalalain* menyatakan bahwa ayat tersebut menceritakan orang-orang yang berpikir bahwa Allah Swt menciptakan segala sesuatu yang ada di antara bumi dan langit tanpa sia-sia. Kata maa (ما) pada ayat tersebut dalam Bahasa Arab menunjukkan makna segala sesuatu dalam artian ini adalah segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah Swt bahkan pada dua ayat sebelumnya Imam Jalaludin mengkhususkan bahwa Allah Swt pencipta dan pemilik tumbuh-tumbuhan, hujan dan segala sesuatu yang ada di bumi dan langit. Dari uraian ayat dan penafsiran tersebut, segala bentuk limbah dapat dimanfaatkan agar tidak terbuang percuma apabila diolah dengan menggunakan studi dan metode yang tepat.

Oleh karena itu, sebagai manusia yang berpikir janganlah merusak lingkungan alam yang indah ini karena Allah Swt telah melarang perbuatan

merusak lingkungan hidup karena membahayakan kehidupan manusia dimuka bumi. Karena bumi yang kita tempati ini adalah milik Allah Swt dan kita hanya diamanahkan untuk menempatinya sampai pada batas waktu yang telah Allah Swt tetapkan. Allah Swt telah menjelaskan dalam firman-Nya yang terdapat pada surah Al-A'raf/7:56 berbunyi:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا ۚ إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya: " *Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaiki-Nya dan Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada oramg-orang yang berbuat baik".*

Ayat diatas telah dijelaskan dalam kitab Tafsir *Al-Misbah* yang menyatakan bahwa jangan kalian membuat kerusakan dimuka bumi yang telah dibuat baik dengan menebar kemaksiatan, kezaliman dan permusuhan. Berdoalah kepadanya dengan rasa takut akan siksa-Nya dan berharap pahala-Nya. Kasih sayang Allah Swt sangat dekat kepada setiap orang yang berbuat baik dan pasti terlaksana. Sebab itulah sebagai manusia yang diberikan akal maka lebih baik memanfaatkan daripada merusak alam ini. Karena Allah Swt menciptakan tumbuh-tumbuhan yang baik untuk kita semua. Allah Swt berfirman dalam surah As-Syu'ara/36:7 berbunyi:

أَوَلَمْ يَرَوْا۟ إِلَى ٱلْأَرْضِ كَمْ أَنۢبَتْنَا فِيهَا مِن كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: *" dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?".*

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah menciptakan berbagai macam tumbuh-tumbuhan memiliki manfaat. Salah satunya yaitu bahan yang dipakai untuk penelitian, diantaranya grafit, arang tempurung kelapa, dan arang kayu. Tempurung

kelapa dan kayu merupakan tanaman yang memiliki manfaat untuk keberlangsungan kehidupan manusia, begitupun dengan grafit. Salah satu contohnya dimanfaatkan sebagai prekursor dalam sintesis *reduced graphene oxide* (*r*GO). Material ini memiliki manfaat yang cukup luas dalam keberlangsungan kehidupan manusia. Manfaat dari material ini diantaranya untuk pengendalian pencemaran energi, elektronik, biomedis dan lingkungan sebagai biosensor, penyimpan energi, nanokomposit polimer dan adsorben (Lee, dkk., 2019). Menurut Penelitian Mmaduka, dkk (2019) bahwa *r*GO telah dimasukkan ke dalam banyak gadget. Gadget berbasis *r*GO ini dibuat dengan kualitas untuk mengidentifikasi molekul yang signifikan secara biologis. *r*GO menggunakan karakteristik transfer energi resonansi fluoresensi (FRET) untuk bekerja sebagai biosensor.

Sebagai makhluk ciptaan Allah Swt yang diciptakan dibumi yang merupakan makhluk sempurna. Dalam menjalankan kehidupan sehari-hari tidaklah lupa dalam menerapkan 3 hal yaitu hablum minallah, hablum minnas, dan hablum minal'alam. Begitupun dengan sintesis ini, kita harus menerapkannnya dalam 3 hal tersebut, diantaranya :

1. *Hablum Minallah* (حَبْلٌ مِّنَ اللهِ)

Hablum minallah adalah hubungan dengan Allah Swt. Hubungan ini ditujukan antara manusia dengan Allah Swt. Allah mengingatkan kepada manusia pada hakikatnya tugas utama manusia dibumi adalah beribadah. Salah satunya yaitu mengingat, merenung akan kekuasaan Allah swt sebagai zat yang Maha Kuasa dan Maha Agung, sehingga semua ciptaan-Nya merupakan hamba-hamba-Nya yang diciptakan hanya untuk tunduk dan patuh kepada-Nya. Sebagaimana dilihat dari

segi حَبْلٌ مِّنَ اللهِ bahwa manusia yang *ulul albab* adalah orang yang menggabungkan potensi dzikir dan pikir, mereka selalu berdzikir mengingat Allah dalam keadaan apapun bukan hanya sekedar lisan melainkan dzikir dengan hati, lisan, dan anggota tubuh. Sedangkan berpikir dengan merenungi dan memahami ciptaan Allah Swt dilangit dan dibumi. Jika kedua hal tersebut dilakukan maka kemaslahatan dan kedamaian dibumi akan terjadi.

2. *Hablum Minannas* (حَبْلُ مِّنَ النَّاسِ)

Hablum minannas adalah hubungan dengan manusia. Hubungan ini ditujukan kepada manusia dengan manusia lainnya. Manusia merupakan makhluk sosial dimana dalam hidupnya tidak terlepas dan saling berkaitan dengan manusia lainnya. Naluri sebagai makhluk sosial ini menyebabkan manusia senantiasa bermasyarakat. Sama halnya dengan penelitian yang dilakukan bahwa kaitannya dengan kehidupan sesama manusia. Dari segi حَبْلُ مِّنَ النَّاسِ bahwa sintesis *r*GO memiliki manfaat yang cukup luas dalam keberlangsungan kehidupan manusia. Manfaat dari material ini diantaranya untuk pengendalian pencemaran energi, elektronik, biomedis dan lingkungan sebagai biosensor, penyimpan energi, nanokomposit polimer dan adsorben (Lee, dkk., 2019). Menurut Penelitian Mmaduka, dkk (2019) bahwa *r*GO telah dimasukkan ke dalam banyak gadget. Gadget berbasis *r*GO ini dibuat dengan kualitas untuk mengidentifikasi molekul yang signifikan secara biologis. *r*GO menggunakan karakteristik transfer energi resonansi fluoresensi (FRET) untuk bekerja sebagai biosensor.

3. *Hablum Minal'alam* (حَبْلُ مِّنَ العَلَم)

Hablum minal'alam adalah hubungan dengan alam. Hubungan ini ditujukan kepada manusia dengan alam. Selain ditugaskan dalam hal beribadah dan menjaga persaudaraan. Manusia juga ditugaskan dalam melestarikan dan memakmurkan dibumi. Allah Swt bahkan mengancam manusia jika melakukan kerusakan dibumi. Jika dilihat dari segi حَبْلُ مِّنَ العَلَم maka penelitian ini dapat mengurangi limbah organik yang tidak dimanfaatkan untuk mencegah kerusakan alam dan juga dapat menjadi alternatif untuk membantu menjaga keseimbangan alam dibumi. Salah satunya yaitu bahan yang dipakai untuk penelitian, diantaranya grafit, arang tempurung kelapa, dan arang kayu. Tempurung kelapa dan kayu merupakan tanaman yang memiliki manfaat untuk keberlangsungan kehidupan manusia, begitupun dengan grafit. Salah satu contohnya dimanfaatkan sebagai prekursor dalam sintesis *reduced graphene oxide* (*r*GO).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

a. Metode Hummer termodifikasi efektif dilakukan dalam sintesis *r*GO dengan *raw material* berbeda seperti grafit murni, arang tempurung kelapa, dan arang kayu. Hal ini didukung dengan keberhasilan dalam menghasilkan senyawa *r*GO meskipun pada bahan grafit murni *r*GO tidak berhasil terbentuk.
b. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa *r*GO berfasa amorf untuk raw material seperti arang tempurung kelapa, dan arang kayu. Hal ini mengindikasikan bahwa *r*GO terbentuk meskipun pada material grafit murni *r*GO tidak terbentuk dikarenakan bahan yang digunakan kemungkinan memiliki perbedaan derajat kristalinitas dan bahan berfasa amorf sehingga sulit untuk menghasilkan GO dan *r*GO.
c. Hasil karakterisasi FT-IR menunjukkan pada *r*GO terjadi perubahan intensitas serapan yang semakin rendah untuk raw material arang tempurung kelapa, dan arang kayu. Hal ini mengindikasikan bahwa *r*GO berhasil terbentuk. Akan tetapi pada material grafit murni tidak terjadi perubahan intensitas serapan dikarenakan *r*GO tidak terbentuk.
d. Hasil karakterisasi Raman spektroskopi menunjukkan *r*GO terbentuk dengan tingkat kecacatan rendah untuk raw material arang tempurung kelapa dan arang kayu dengan rasio intensitas I_D/I_G masing-masing 0,95 dan 1,01.

e. Hasil rata-rata nilai konduktivitas listrik dari senyawa *r*GO untuk *raw material* grafit murni, arang tempurung kelapa, dan arang kayu berturut-turut sebesar $5{,}902 \times 10^{-5}$; $2{,}148 \times 10^{-7}$; dan $1{,}806 \times 10^{-5}$ S/cm.

5.2 Saran

Penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan karena beberapa faktor sehingga bagi peneliti lain yang melakukan sintesis *r*GO terdapat beberapa poin yang perlu diperhatikan diantaranya prekursor yang digunakan sebagai bahan awal sintesis perlu diteliti kembali tingkat derajat kristalinitasnya, jika menggunakan prekursor dari bahan organik perlu dilakukan pra-sintesis, ketepatan metode yang digunakan, serta keselamatan yang diutamakan selama proses pengerjaan dengan memakai perlengkapan laboratorium yang sesuai dikarenakan bahan yang digunakan bersifat asam pekat dan berbahaya sehingga sangat diperlukan ketelitian dalam pengerjaan terutama dalam mengontrol suhu setiap tahapan sintesis. Hal ini mempengaruhi keberhasilan dalam menghasilkan GO dan *r*GO.

DAFTAR PUSTAKA

Abdul Hayyie al-Kattani, Achmad Yazid Ichsan, Az-Zuhaili Wahbah. 2013. Wahbah az-Zuhaili, *Tafsir* al-Munir, *terj*. Al-Tafsiirul Munira: Fil'aqidah asy-syarii'ah al Manhaj. Jakarta : Gema Insani. Hlm.545.

Abdushshamad, Muhammad Kamil. 2003. Mukjizat Ilmiah dalam Al-Qur'an. Jakarta: Daftar Akbar.

Abuddin, Nata. 2012. Tafsir Ayat-Ayat Pendidikan. Jakarta : Rajawali Press. Hlm. 134.

Al-Mahali, Imam Jalaluddin, As-Suyuti. 2007. *Tafsir Jalalain*. *Terj*. Bahrum Abubakar. Bandung : Sinar Baru Algensindo.

Al-Qurthubi, Muhammad Bin Ahmad Abi Bakr Abi 'Abdullah. 2008. *Tafsir Al-Qurthubi*. Judul Asli Al Jami' Li Ahkam Al-Qur'an. *Terj*. Muhyiddin Masridha. Jakarta Selatan: Pustaka Azzam.

Adetayo, Adeniji, Damilola Runsewe. 2019. "Synthesis and Fabrication of Graphene and Graphene Oxide: A Review." *Open Journal of Composite Materials* 09 (02): 207–29.

Akhavan, Omid, Keyvan Bijanzad, Ali Mirsepah. 2014. "Synthesis of Graphene from Natural and Industrial Carbonaceous Wastes." *RSC Advances* 4 (39): 20441.

Aliyev, Elvin, Volkan Filiz, Muntazim M. Khan, Young Joo Lee, Clarissa Abetz, Volker Abetz. 2019. "Structural Characterization of Graphene Oxide: Surface Functional Groups and Fractionated Oxidative Debris." *Nanomaterials* 9 (8): 1180.

Anggraini, Puput Qurnia. 2017. Sintesis Graphene Oxide dari Limbah Batang Karbon Baterai ZnC dengan Eksfoliasi Cairan dan Radiasi Sinar Gamma Berdasarkan UV-VIS Spektrofotometer (Skripsi). Yogyakarta: UNY.

Bagri, Akbar, Cecilia Mattevi, Muge Acik, Yves J. Chabal, Manish Chhowalla, Vivek B. Shenoy. 2010. "Structural Evolution during the Reduction of Chemically Derived Graphene Oxide." *Nature Chemistry* 2 (7): 581–87.

Bledzki, Andrzej K., Abdullah A. Mamun, Jürgen Volk. 2010. "Barley Husk and Coconut Shell Reinforced Polypropylene Composites: The Effect of Fibre Physical, Chemical and Surface Properties." *Composites Science and Technology* 70 (5): 840–46.

Budi, Esnar. 2011. Tinjauan Proses Pembentukan dan Penggunaan Arang Tempurung Kelapa sebagai Bahan Bakar. Jurnal Penelitian Sains. Volume 14. No.4B.14406.

Cahyani, Feny Fefiyanti Marta. 2019. Pengaruh Variasi Konsentrasi HCl terhadap Karakteristik Material *r*GO *(Reduced Graphene Oxide)* dari Bulu Ayam dengan Metode Chemical Exfoliation. Skripsi S1. Jurusan Fisika.

Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Malang.

Callister, William D. 2007. *Materials Science and Engineering: An Introduction*. 7th ed. New York: John Wiley & Sons.

Cao, Ning, dan Yuan Zhang. 2015. "Study of Reduced Graphene Oxide Preparation by Hummers' Method and Related Characterization." *Journal of Nanomaterials* 2015: 1–5.

Chaldun, Elsy Rahimi, Andrie Harmaji, Nindya Kirana Prabaswari, Lina Nur Listiyowati, Achmad Subhan, Syoni Soepriyanto. 2020. "Study of Reduced Graphene Oxide addition on the Electrical Conductivity and Flexural Strength of Metakaolin-based Geopolymer." *Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia* 29 (1): 29.

Chen, Xiaoxiao, dan Baoliang Chen. 2015. "Macroscopic and Spectroscopic Investigations of the Adsorption of Nitroaromatic Compounds on Graphene Oxide, Reduced Graphene Oxide, and Graphene Nanosheets." *Environmental Science & Technology* 49 (10): 6181–89.

Dreyer, Daniel R., Sungjin Park, Christopher W. Bielawski, Rodney S. Ruoff. 2010. "The Chemistry of Graphene Oxide." *Chem. Soc. Rev.* 39 (1): 228–40.

Gebreegziabher, G.G., A.S. Asemahegne, D.W. Ayele, M. Dhakshnamoorthy, A. Kumar. 2019. "One-Step Synthesis and Characterization of Reduced Graphene Oxide Using Chemical Exfoliation Method." *Materials Today Chemistry* 12 (June): 233–39.

Hanif, laili Nur. 2016. Perbedaan Karakter Sampel Hasil Preparasi Dan Sintesis Nanomaterial Karbon Berbahan Dasar Tri Graphite Pensil 2b Faber Castell Menggunakan Metode Liquid Mechanical Exfoliation Dibantu Oleh Linear Alkylbenzene Sulfonate Dengan Variasi Frekuensi Putaran Pencampuran Bahan Menggunakan Blender. Skirpsi S1. Program Studi Fisika. Jurusan Pendidikan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.

Hidayat, Ahmad, Soni Setiadji, Eko Prabowo Hadisantoso. 2019. "Sintesis Oksida Grafena Tereduksi (rGO) dari Arang Tempurung Kelapa (Cocos nucifera)." *al-Kimiya* 5 (2): 68–73.

Hikmah, Utiya, Erythrina Stavila, Dadang Suhendar, Akfiny Hasdi Aimon, Ferry Iskandar. 2019. "The Effect of Microwave Duty Cycle on The Electrical Conductivity of Reduced Graphene Oxide (RGO)." *Journal of Physics: Conference Series* 1204 (April): 012076.

Hu, Bo, Kan Wang, Liheng Wu, Shu-Hong Yu, Markus Antonietti, Maria-Magdalena Titirici. 2010. "Engineering Carbon Materials from the Hydrothermal Carbonization Process of Biomass." *Advanced Materials* 22 (7): 813–28.

Huang, Nay Ming. 2011. “Simple Room-Temperature Preparation of High-Yield Large-Area Graphene Oxide.” *International Journal of Nanomedicine*, December, 3443.

Hummers, William S., dan Richard E. Offeman. 1958. “Preparation of Graphitic Oxide.” *Journal of the American Chemical Society* 80 (6): 1339–1339.

Intifadhah, S H, L Rohmawati, W Setyarsih, Tukiran. 2018. “The Effect of RGO Mass Composition on The Performance of Activated Carbon/RGO Supercapacitor Electrode Based on Coconut Shell (*Cocos Nucifera*).” *Journal of Physics: Conference Series* 1108 (November): 012045.

Ismail, Zulhelmi. 2019. “Green Reduction of Graphene Oxide by Plant Extracts: A Short Review.” *Ceramics International* 45 (18): 23857–68.

Khadifah, Filla Mulyawati dan Ryan Nurisal. 2017. Sintesis Graphene Berbasis Arang Tempurung Kelapa dengan Metode Hummer Termodifikasi, Skripsi S1. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknologi Industri. Institut Sepuluh Nopember. Surabaya.

Latifah, rais Nur. 2014. Skripsi. Pengaruh Penambahan Karbon Aktif tempurung Kelapa (Cocos Nucifera L) pada Alumina Terhadap Karakter Komposit Host Material. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.

Lee, Xin Jiat, Billie Yan Zhang Hiew, Kar Chiew Lai, Lai Yee Lee, Suyin Gan, Suchithra Thangalazhy-Gopakumar, Sean Rigby. 2019. “Review on Graphene and Its Derivatives: Synthesis Methods and Potential Industrial Implementation.” *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 98 (May): 163–80.

Li, Wei, Kunbin Yang, Jinhui Peng, Libo Zhang, Shenghui Guo, Hongying Xia. 2008. “Effects of Carbonization Temperatures on Characteristics of Porosity in Coconut Shell Chars and Activated Carbons Derived from Carbonized Coconut Shell Chars.” *Industrial Crops and Products* 28 (2): 190–98.

Loryuenyong, Vorrada, Krit Totepvimarn, Passakorn Eimburanapravat, Wanchai Boonchompoo, Achanai Buasri. 2013. “Preparation and Characterization of Reduced Graphene Oxide Sheets via Water-Based Exfoliation and Reduction Methods.” *Advances in Materials Science and Engineering* 2013: 1–5.

Marcano, Daniela C., Dmitry V. Kosynkin, Jacob M. Berlin, Alexander Sinitskii, Zhengzong Sun, Alexander Slesarev, Lawrence B. Alemany, Wei Lu, James M. Tour. 2010. “Improved Synthesis of Graphene Oxide.” *ACS Nano* 4 (8): 4806–14.

Mikhaylov, P A, M I Vinogradov, I S Levin, G A Shandryuk, A V Lubenchenko, V G Kulichikhin. 2019. “Synthesis and Characterization of Polyethylene Terephthalate-Reduced Graphene Oxide Composites.” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 693 (November): 012036.

Mmaduka Obodo, Raphael, Ishaq Ahmad, Fabian Ifeanyichukwu Ezema. 2019. "Introductory Chapter: Graphene and Its Applications." In *Graphene and Its Derivatives - Synthesis and Applications [Working Title]*. IntechOpen.

Pari, Gustari, Kurnia Sofyan, Wasrin Syafii, Buchari. Arang Aktif sebagai Bahan Penangkap Formaldehida pada Kayu Lapis. J. Tek.Ind.Pert.Vol.14(1).17-23.

Putri, N P, D H Kusumawati, L Agustina, Munasir. 2019. "Effect of Calcination Temperature on Characteristics of Reduced Graphene Oxide (RGO) Made from Old Coconut Shell." *Journal of Physics: Conference Series* 1171 (February): 012042.

Pradana, I. C., dan Susanti, D., 2015. Analisa Pengaruh Komposisi *Graphene*-TiO2 terhadap Unjuk Kerja *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC). Tugas Akhir S1, Jurusan Teknik Material dan Metalurgi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Qiao, Xiaochang, Shijun Liao, Chenghang You, Rong Chen. 2015. "Phosphorus and Nitrogen Dual Doped and Simultaneously Reduced Graphene Oxide with High Surface Area as Efficient Metal-Free Electrocatalyst for Oxygen Reduction." *Catalysts* 5 (2): 981–91.

Rahmayanto, Arizali Bahtiar. 2020. Karakterisasi partikel Arang Kayu Sengon Hasil Tumbukan Mesin Ball Milling dan Pemanasan Lanjut. Skripsi. Program Studi Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Surakarta : Surakarta.

Rattan, Sonal, Suresh Kumar, J.K. Goswamy. 2020. "Graphene Oxide Reduction Using Green Chemistry." *Materials Today: Proceedings* 26: 3327–31.

Riaz, Rabia, Mumtaz Ali, T. Maiyalagan, Alvira Ayoub Arbab, Aima Sameen Anjum, Seoyun Lee, Min Jae Ko, Sung Hoon Jeong. 2020. "Activated Charcoal and Reduced Graphene Sheets Composite Structure for Highly Electro-Catalytically Active Counter Electrode Material and Water Treatment." *International Journal of Hydrogen Energy* 45 (13): 7751–63.

Setiadji, S, B W Nuryadin, H Ramadhan, C D D Sundari, T Sudiarti, A Supriadin, A L Ivansyah. 2018. "Preparation of Reduced Graphene Oxide (RGO) Assisted by Microwave Irradiation and Hydrothermal for Reduction Methods." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 434 (December): 012079.

Siburian, R., H. Sihotang, S. Lumban Raja, M. Supeno, C. Simanjuntak. 2018. "New Route to Synthesize of Graphene Nano Sheets." *Oriental Journal of Chemistry* 34 (1): 182–87.

Silverstein, Robert M., Francis X. Webster, David J. Kiemle. 2005. *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. 7th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Shihab, M. Quraish. 1999. Mukjizat Al-Qur'an : Ditinjau dari Aspek Kebahasaan, Isyarat Ilmiah, dan Pemberitaan Gaib. Bandung : Mizan.

SNI (Standar Nasional Indonesia). 1995. Arang Aktif Teknis. (SNI 06-3730-1995). Badan Standarisasi Nasional. Jakarta

SNI (Standar Nasional Indonesia). 1989. Uji Pentosane Kayu. (SNI 01-1561-1989). Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Smallman, R. E., dan R. J. Bishop. 1999. *Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering: Science, Process, Applications*. 6th ed. Oxford ; Boston: Butterworth Heinemann.

Soltani, Tayyebeh, dan Byeong- Kyu Lee. 2017. "A Benign Ultrasonic Route to Reduced Graphene Oxide from Pristine Graphite." *Journal of Colloid and Interface Science* 486 (January): 337–43.

Su, Ching-Yuan, Yanping Xu, Wenjing Zhang, Jianwen Zhao, Aiping Liu, Xiaohong Tang, Chuen-Horng Tsai, Yizhong Huang, Lain-Jong Li. 2010. "Highly Efficient Restoration of Graphitic Structure in Graphene Oxide Using Alcohol Vapors." *ACS Nano* 4 (9): 5285–92.

Sudarsono, Wulandhari, Wai Yin Wong, Kee Shyuan Loh, Edy Herianto Majlan, Nirwan Syarif, Kuan-Ying Kok, Rozan Mohamad Yunus, Kean Long Lim. 2020. "Noble-free Oxygen Reduction Reaction Catalyst Supported on Sengon Wood (*Paraserianthes Falcataria L.*) Derived Reduced Graphene Oxide for Fuel Cell Application." *International Journal of Energy Research* 44 (3): 1761–74.

Sudibandriyo, M. 2003. A Generalized Ono-Kondo Lattice Model for High Pressure On Carbon Adsorben. Ph. D. Dissertation. Oklahama State University.

Sujiono, E.H., Zurnansyah, D. Zabrian, M.Y. Dahlan, B.D. Amin, Samnur, J. Agus. 2020. "Graphene Oxide Based Coconut Shell Waste: Synthesis by Modified Hummers Method and Characterization." *Heliyon* 6 (8): e04568.

Stackpole, D. J., Vaillancourt, R. E., Alves, A., Rodrigues, J., Dan Potts, B. M. 2011. Genetic Variation In The Chemical Components Of *Eucalyptus Globulus* Wood. *G3: Genes, Genomes, Genetics*. 1(2). 151-159.

Tadyszak, Krzysztof, Jacek Wychowaniec, Jagoda Litowczenko. 2018. "Biomedical Applications of Graphene-Based Structures." *Nanomaterials* 8 (11): 944.

Tjokrokusumo. 1995. Pengantar Konsep Teknologi Bersih. Yogyakarta.

Wang, X., X. Li, Y. Zhao, Y. Chen, J. Yu, J. Wang. 2016. "The Influence of Oxygen Functional Groups on Gas-Sensing Properties of Reduced Graphene Oxide (RGO) at Room Temperature." *RSC Advances* 6 (57): 52339–46.

Xiang, Zhonghua, Xing Zhou, Gang Wan, Guoxin Zhang, Dapeng Cao. 2014. "Improving Energy Conversion Efficiency of Dye-Sensitized Solar Cells by Modifying TiO_2 Photoanodes with Nitrogen-Reduced Graphene Oxide." *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 2 (5): 1234–40.

Yanti, D R, U Hikmah, A Prasetyo, E Hastuti. 2020. "The Effect of Microwave Irradiation on Reduced Graphene Oxide from Coconut Shells." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 456 (April): 012008.

Zaaba, N.I., K.L. Foo, U. Hashim, S.J. Tan, Wei-Wen Liu, C.H. Voon. 2017. "Synthesis of Graphene Oxide Using Modified Hummers Method: Solvent Influence." *Procedia Engineering* 184: 469–77.

Zhang, Jiali, Haijun Yang, Guangxia Shen, Ping Cheng, Jingyan Zhang, Shouwu Guo. 2010. "Reduction of Graphene Oxide via L -Ascorbic Acid." *Chem. Commun.* 46 (7): 1112–14.

Zhen, Zhen, dan Hongwei Zhu. 2018. "Structure and Properties of Graphene." In *Graphene*, 1–12. Elsevier.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram alir

1. Sintesis GO

Sampel

Dimasukkan 3 gr bubuk grafit

Ditambahkan dalam campuran (67,5 mL H_2SO_4 98% dan 7,5 mL H_3PO_4 85%), kemudian diaduk selama 30 menit dalam penangas es suhu 20°C menggunakan *magnetic stirer*.

Ditambahkan 9 gr $KMnO_4$ secara perlahan dan pengadukan dilanjutkan selama 3 jam (larutan berwarna hijau tua). Suhu kisaran 20-0°C dalam penangas es

Pengadukan dilanjutkan selama 1 jam suhu 35°C tanpa penangas es. Kemudian larutan ditambahkan 50 ml DI water dan diaduk selama 1 jam.

Larutan disterilkan dengan menambahkan 100 mL DI *water* selama 1 jam. Kemudian ditambahkan H_2O_2 30% 5 mL secara perlahan dan disterilkan selama 30 menit. Larutan yang awalnya berwarna hijau tua berubah menjadi coklat tua.

Larutan disaring. Kemudian larutan dicuci dengan DI *water* dan HCl 5% sampai netral.

Setelah itu endapan dipanaskan dengan oven pada suhu 60°C selama 12 jam.

Serbuk Grafit Oksida

2. Sintesis *r*GO

Serbuk Grafit Oksida

Dilarutkan kedalam 268 mL etilen glikol dan dilanjutkan dengan sonikasi selama 2 jam menggunakan *sonicator ultrasonic bath* dan 2 jam menggunakan *sonicator ultrasonic probe* untuk menghasilkan *graphene oxide*.

Dilarutkan 16 gr LAA dalam 100 mL DI *water* dengan diaduk menggunakan *magnetic stirer*. Kemudian ditambahkan pada larutan *graphene oxide*.

Larutan direduksi menggunakan *microwave* dengan daya 800 W pada level *low* dengan waktu radiasi 20 menit.

Kemudian larutan di saring dan dicuci dengan DI *water* dan alkohol masing-masing 3 kali.

Setelah itu dilakukan pemanasan dengan oven pada suhu 60°C selama 12 jam.

Serbuk *r*GO

Keterangan: Percobaan diatas dilakukan dengan perlakuan yang sama untuk material arang tempurung kelapa dan arang kayu.

3. Pembuatan lembaran uji LCR Meter

PVDF : NMP : Karbon

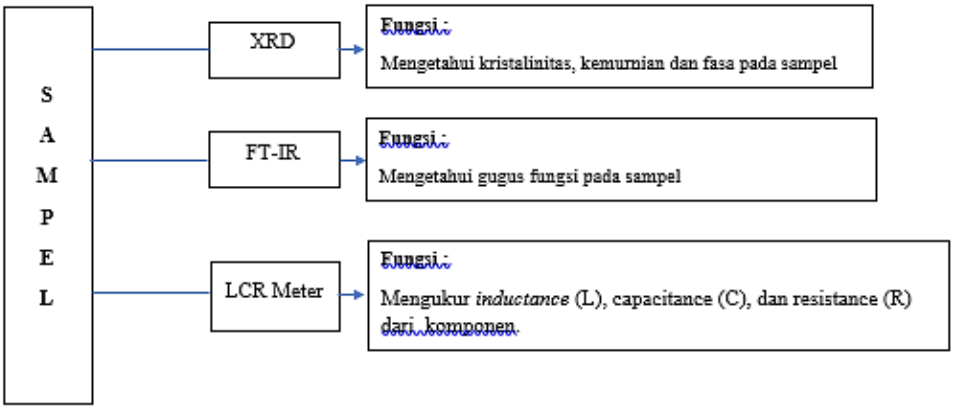
Dilarutkan 0.08 gr PVDF ke dalam 2 mL larutan NMP dengan kecepatan 250 rpm pada suhu 90℃ selama 15 menit sampai PVDF larut.

Dimasukkan 0.3 gr karbon grafit sedikit demi sedikit ke dalam larutan kemudian diaduk hingga larutan mengental.

Kemudian dituangkan diatas cetakan

Pelet Karbon

4. Karakterisasi



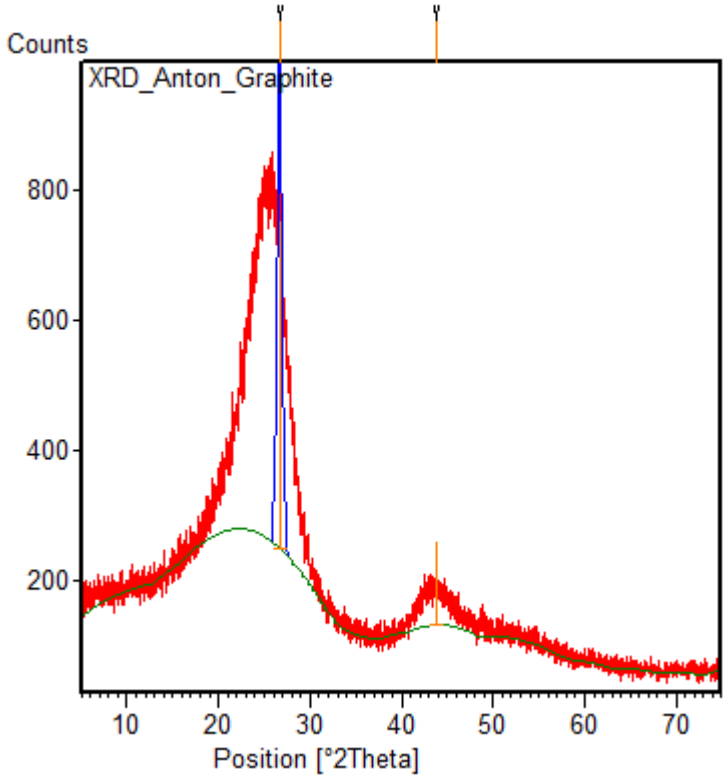
Keterangan: Sampel terdiri dari Grafit Murni, Arang Tempurung Kelapa, dan Arang Kayu.

Lampiran 2. Perhitungan bahan

1. HCl 5%
   Diket =
   $M_1 = 30\%$
   $M_2 = 5\%$
   $V_2 = 100\ ml$
   Ditanya =
   $V_1 = \cdots ?$
   Jawab =
   $M_1 x\ V_1 = M_2 x\ V_2$
   $30\%\ x\ V_1 = 5\%\ x\ 100\ ml$
   $30\%\ x\ V_1 = 500\ ml$
   $V_1 = \frac{500\ ml}{30}$
   $V_1 = 6\ ml$

Lampiran 3. Hasil karakterisasi menggunakan XRD

L.3.1 Data XRD grafit murni

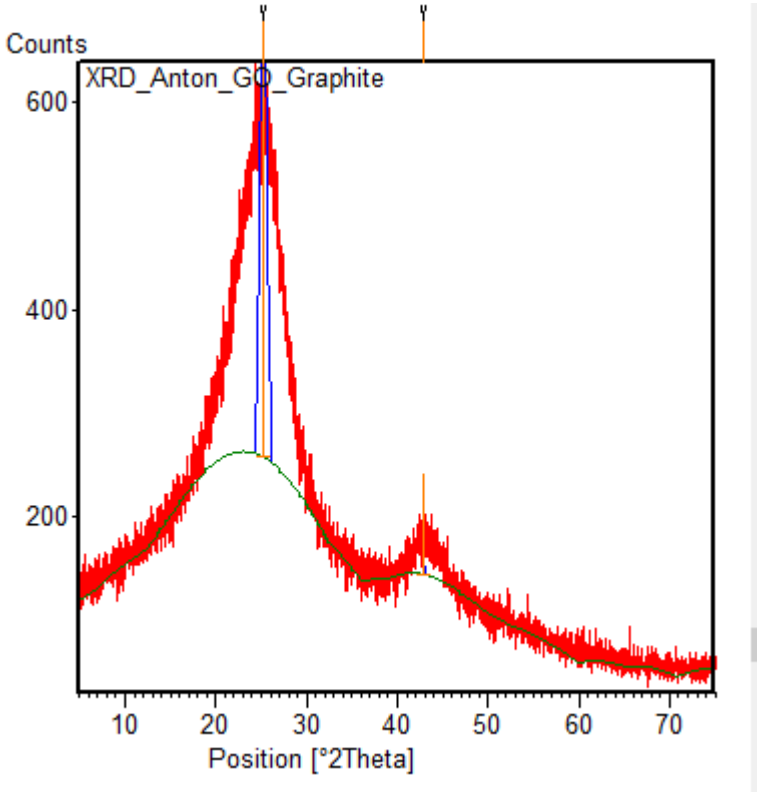


Gambar L.3. 1 Difraktogram grafit murni

Tabel L.3.1 Puncak-puncak XRD grafit murni

Pos. [°2Th.]	d-spacing [Å]	FWHM Left [°2Th.]	Height [cts]
26.6378	3.34374	0.576	505.72
43.74	2.06962	0.01	131.3

L.3.2 Data XRD GO grafit murni

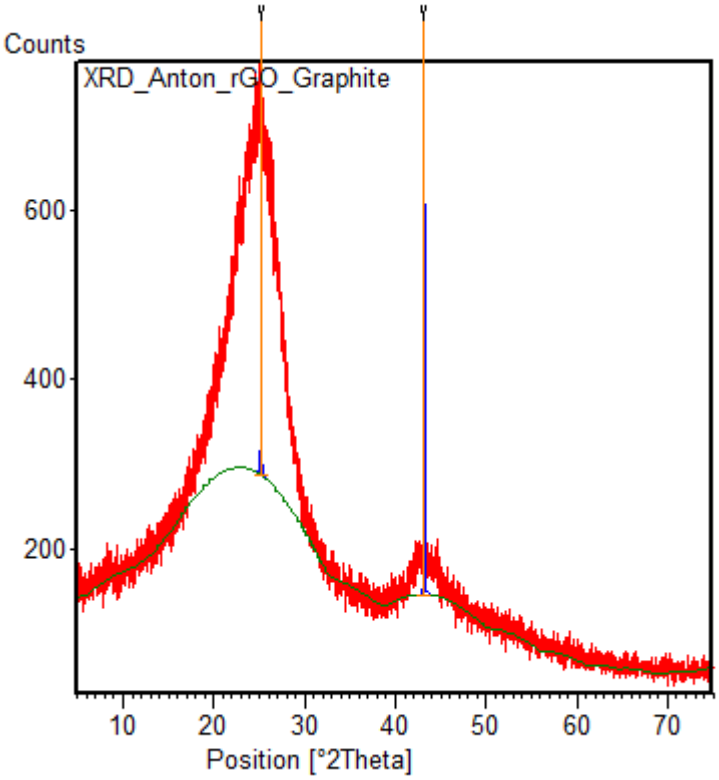


Gambar L.3. 2 Difraktogram GO grafit murni

Tabel L.3.2 Puncak-puncak XRD GO grafit murni

Pos. [°2Th.]	d-spacing [Å]	FWHM Left [°2Th.]	Height [cts]
25.2134	3.53223	0.7571	510.32
42.88	2.10911	0.01	98.88

L.3.3 Data XRD *r*GO grafit murni

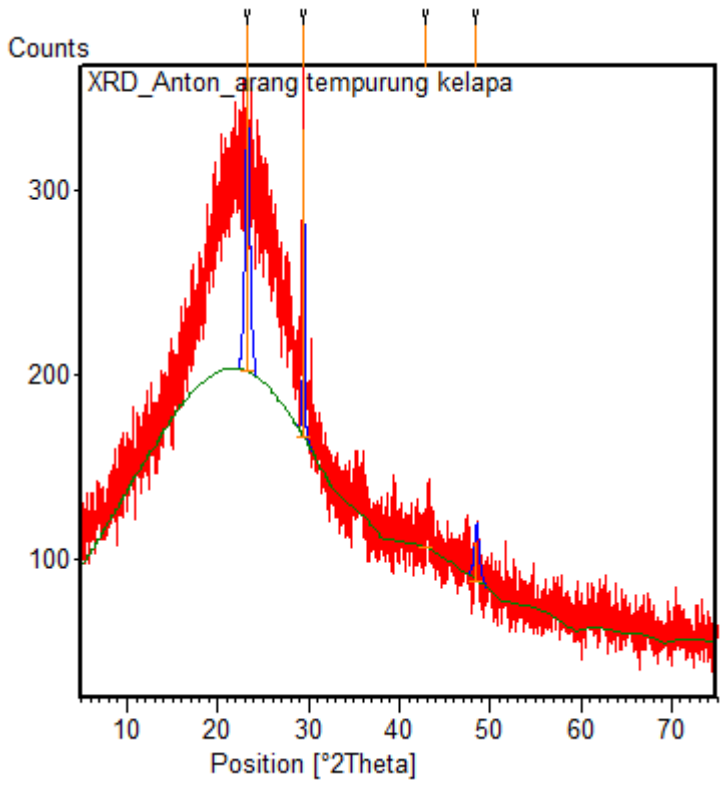


Gambar L.3. 3 Difraktogram rGO grafit murni

Tabel L.3.3 Puncak-puncak *r*GO grafit murni

Pos. [°2Th.]	d-spacing [Å]	FWHM Left [°2Th.]	Height [cts]
25.1826	3.53649	0.0492	618.14
43.14	2.097	0.032	1409.01

L.3.4 Data XRD arang tempurung kelapa

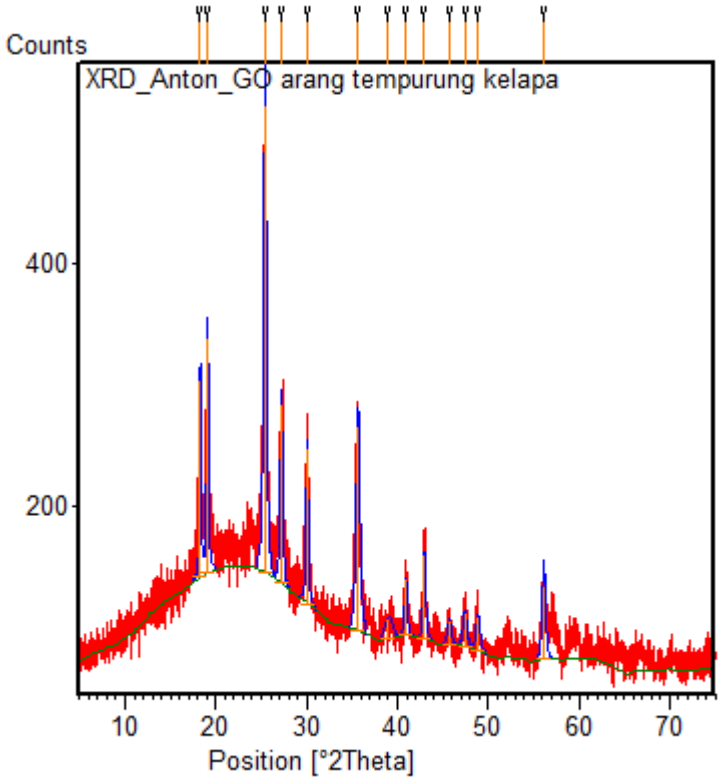


Gambar L.3. 4 Difraktogram arang tempurung kelapa

Tabel L.3.4 Puncak-puncak XRD arang tempurung kelapa

Pos. [°2Th.]	d-spacing [Å]	FWHM Left [°2Th.]	Height [cts]
23.2474	3.82631	0.5781	190.34
29.4436	3.03368	0.1574	168.3
42.86	2.11005	0.09	1
48.4962	1.87563	0.576	21.25

L.3.5 Data XRD GO arang tempurung kelapa

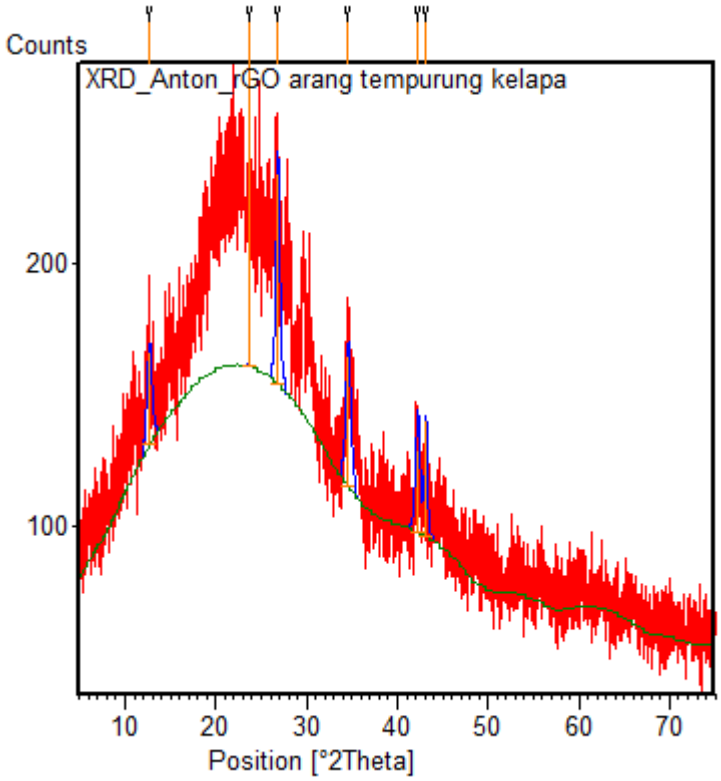


Gambar L.3. 5 Difraktogram GO arang tempurung kelapa

Tabel L.3.5 Puncak-puncak XRD GO arang tempurung kelapa

Pos. [°2Th.]	d-spacing [Å]	FWHM Left [°2Th.]	Height [cts]
18.2666	4.85685	0.1968	162.3
19.0748	4.65284	0.2362	194.32
25.4005	3.50664	0.3542	384.37
27.2177	3.27651	0.3149	147.96
30.05	2.97383	0.2755	128.17
35.6499	2.5185	0.4723	168.92
39.0004	2.3095	0.9446	16.16
40.91	2.20601	0.3149	46.74
42.9582	2.10546	0.3149	70.26
45.6906	1.9857	0.4723	19.92
47.404	1.91785	0.4723	28.5
48.8687	1.86374	0.4723	28.3
56.0992	1.63811	0.384	59.54

L.3.6 Data XRD *r*GO arang tempurung kelapa

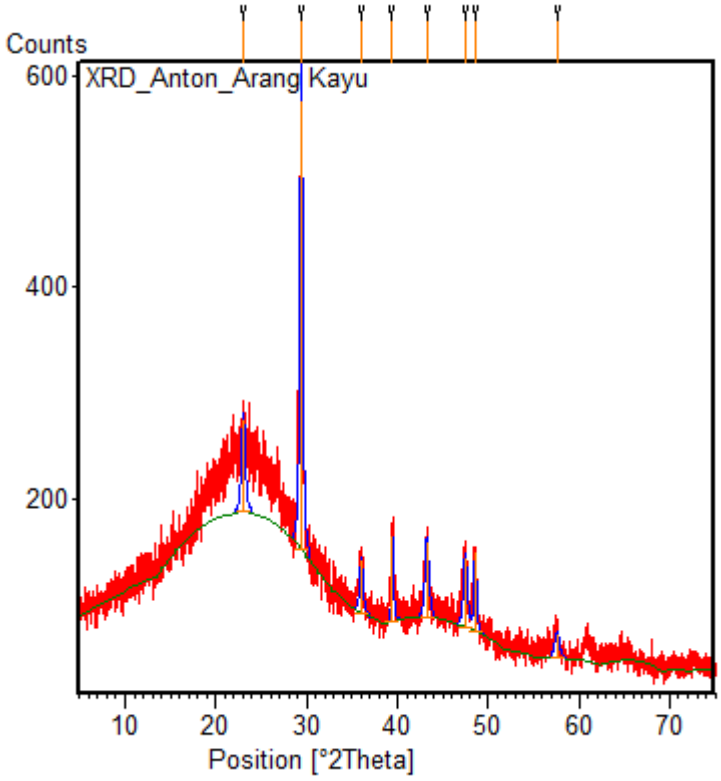


Gambar L.3. 6 Difraktogram rGO arang tempurung kelapa

Tabel L.3.6 Puncak-puncak XRD *r*GO arang tempurung kelapa

Pos. [°2Th.]	d-spacing [Å]	FWHM Left [°2Th.]	Height [cts]
12.6907	6.97548	0.6298	34.99
23.6	3.76994	0.01	147.1
26.8236	3.32374	0.4723	79.9
34.5833	2.59369	0.6298	49.8
42.2318	2.1382	0.576	30.95
43.14	2.097	0.2983	44.4

L.3.7 Data XRD arang kayu

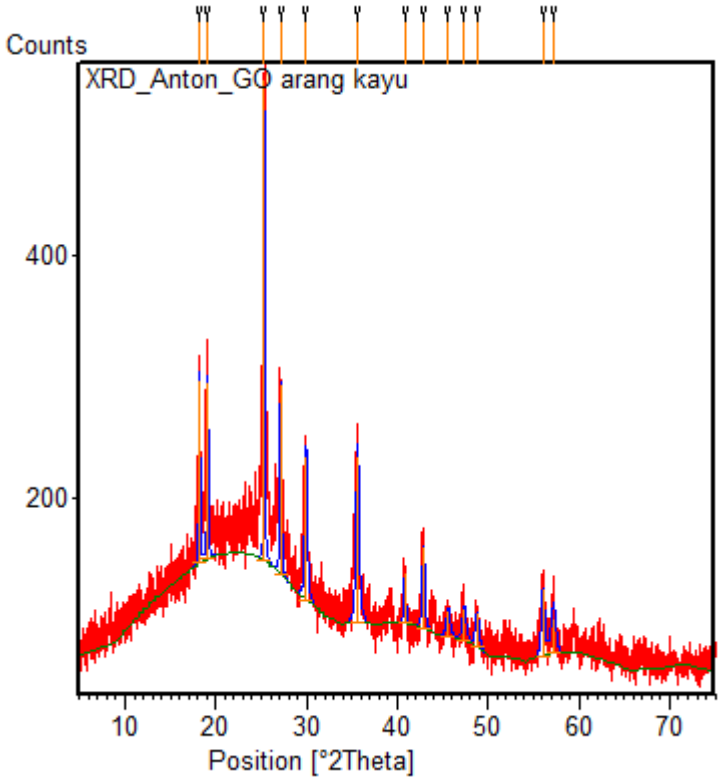


Gambar L.3. 7 Difraktogram arang kayu

Tabel L.3.7 Puncak-puncak XRD arang kayu

Pos. [°2Th.]	d-spacing [Å]	FWHM Left [°2Th.]	Height [cts]
23.0132	3.86472	0.4723	87.16
29.3969	3.0384	0.3542	425.7
36.0106	2.49409	0.3936	49.48
39.4327	2.28518	0.2362	80.85
43.2271	2.09298	0.4723	71.86
47.4438	1.91633	0.4723	66.9
48.5464	1.87536	0.3149	75.4
57.5461	1.60164	0.551	22.81
83.8768	1.15257	1.152	11.86

L.3.8 Data XRD GO arang kayu

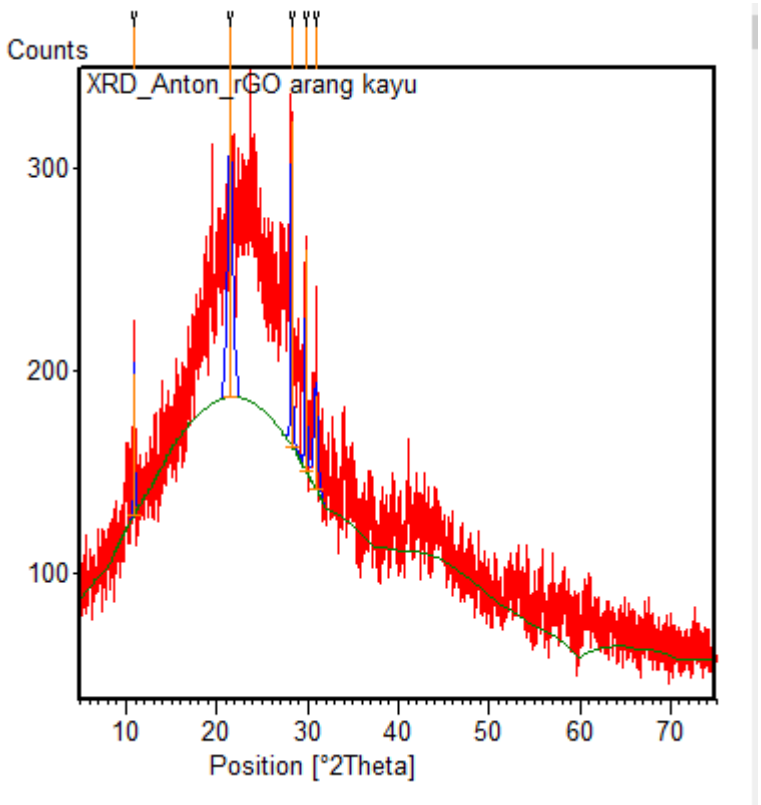


Gambar L.3. 8 Difraktogram GO arang kayu

Tabel L.3.8 Puncak-puncak XRD GO arang kayu

Pos. [°2Th.]	d-spacing [Å]	FWHM Left [°2Th.]	Height [cts]
18.1754	4.881	0.1574	150.33
19.0766	4.65241	0.1574	144.7
25.324	3.51706	0.1181	395.77
27.1354	3.28626	0.1968	155.72
29.9176	2.98669	0.3149	118.57
35.5956	2.52222	0.3936	137.57
40.7938	2.21202	0.2362	41.52
42.8487	2.11058	0.3149	67.76
45.5502	1.99149	0.4723	22.28
47.34	1.92029	0.4723	27.46
48.7636	1.86751	0.4723	27.94
56.0156	1.64172	0.3936	54.76
57.1552	1.61033	0.576	28.78

L.3.9 Data XRD *r*GO arang kayu



Gambar L.3. 9 Difraktogram rGO arang kayu

Tabel L.3.9 Puncak-puncak XRD *r*GO arang kayu

Pos. [°2Th.]	d-spacing [Å]	FWHM Left [°2Th.]	Height [cts]
10.8908	8.12393	0.1181	70.13
21.457	4.14136	0.6231	173.1
28.2293	3.16136	0.1574	161.82
29.7942	2.99877	0.1574	109.28
30.8789	2.89587	0.4723	46.56

Lampiran 4. Data dan perhitungan LCR Meter

L.4.1 Data LCR Meter grafit murni

Frekuensi	Posisi Titik	Cp (F)	D	Rp (Ω)	G (S)
700	1	5.478E-10	9.99999	57.542	1.738.E-02
	2	1.796E-09	9.99999	82.466	1.213.E-02
	3	5.624E-10	9.99999	81.116	1.233.E-02
800	1	6.144E-10	9.99999	83.192	1.202.E-02
	2	9.385E-10	9.99999	56.087	1.783.E-02
	3	3.953E-10	9.99999	73.128	1.368.E-02
900	1	6.064E-10	9.99999	54.059	1.850.E-02
	2	2.937E-10	9.99999	96.121	1.040.E-02
	3	2.045E-10	9.99999	118.140	8.455.E-03
1000	1	5.338E-10	9.99999	62.100	1.610.E-02
	2	3.695E-10	9.99999	81.906	1.221.E-02
	3	2.473E-10	9.99999	113.790	8.788.E-03
2000	1	2.998E-10	9.99999	81.889	1.221.E-02
	2	1.302E-10	9.99999	101.100	9.892.E-03
	3	2.123E-10	9.99999	87.085	1.135.E-02
3000	1	2.503E-10	9.99999	88.908	1.125.E-02
	2	1.556E-10	9.99999	100.600	9.941.E-03
	3	1.311E-10	9.99999	97.038	1.036.E-02
4000	1	1.513E-09	9.99999	133.450	7.494.E-03
	2	3.631E-10	9.99999	70.690	1.415.E-02
	3	5.593E-10	9.99999	113.500	8.811.E-03
5000	1	1.098E-10	9.99999	135.650	7.372.E-03
	2	2.529E-10	9.99999	105.100	9.515.E-03
	3	2.014E-10	9.99999	122.760	8.146.E-03
6000	1	2.319E-10	9.99999	81.233	1.231.E-02
	2	1.563E-10	9.99999	136.990	7.300.E-03
	3	2.401E-10	9.99999	48.674	2.058.E-02
7000	1	2.344E-10	9.99999	80.449	1.243.E-02
	2	1.502E-10	9.99999	121.520	8.229.E-03
	3	1.766E-10	9.99999	107.770	9.279.E-03
8000	1	1.223E-10	9.99999	77.170	1.296.E-02
	2	1.475E-10	9.99999	74.393	1.244.E-02
	3	1.751E-10	9.99999	83.586	1.196.E-02
9000	1	1.152E-10	9.99999	94.776	1.055.E-02
	2	1.103E-10	9.99999	86.809	1.152.E-02
	3	1.142E-10	9.99999	97.439	1.026.E-02
10000	1	1.251E-13	1.30513	97424000	1.026.E-08
	2	1.004E-11	1.11276	1425200	7.016.E-07

	3	1.248E-10	9.99999	72.454	1.380.E-02
20000	1	7.427E-11	9.99999	77.514	1.290.E-02
	2	4.994E-11	9.99999	91.572	1.092.E-02
	3	4.513E-11	9.99999	90.384	1.106.E-02
30000	1	3.423E-11	9.99999	119.51	8.368.E-03
	2	5.571E-11	9.99999	62.171	1.609.E-02
	3	5.593E-11	9.99999	71.25	1.404.E-02
40000	1	1.548E-11	9.99999	79.784	1.253.E-02
	2	1.664E-11	9.99999	82.362	1.214.E-02
	3	5.847E-12	9.99999	75.478	1.325.E-02
50000	1	1.087E-11	9.99999	110.39	9.059.E-03
	2	3.776E-11	9.99999	104.73	9.548.E-03
	3	3.106E-11	9.99999	53.314	1.876.E-02
60000	1	1.910E-11	9.99999	61.654	1.622.E-02
	2	3.762E-11	9.99999	60.354	1.657.E-02
	3	1.152E-11	9.99999	86.417	1.157.E-02
70000	1	2.387E-11	9.99999	68.084	1.469.E-02
	2	1.835E-11	9.99999	68.612	1.458.E-02
	3	2.472E-11	9.99999	80.564	1.241.E-02
80000	1	3.797E-11	9.99999	51.154	1.955.E-02
	2	4.540E-11	9.99999	47.5	2.105.E-02
	3	2.184E-11	9.99999	76.15	1.313.E-02
90000	1	2.555E-13	0.40347	17152000	5.830.E-02
	2	4.189E-13	0.09979	42305000	2.364.E-02
	3	3.530E-13	0.28778	17407000	5.745.E-02
100000	1	6.221E-11	9.99999	50.773	1.970.E-02
	2	4.159E-11	9.99999	61.829	1.617.E-02
	3	5.925E-11	9.99999	49.177	2.034.E-02
200000	1	9.876E-11	9.99999	47.582	2.102.E-02
	2	1.284E-10	9.99999	41.698	2.398.E-02
	3	6.876E-11	9.99999	57.244	1.747.E-02
300000	1	1.147E-10	9.99999	42.712	2.341.E-02
	2	8.609E-11	9.99999	48.665	2.055.E-02
	3	8.327E-11	9.99999	48.981	2.042.E-02
400000	1	5.223E-11	9.99999	59.215	1.689.E-02
	2	5.150E-11	9.99999	59.911	1.669.E-02
	3	2.689E-11	9.99999	85.616	1.168.E-02
500000	1	4.814E-11	9.99999	59.241	1.688.E-02
	2	5.504E-11	9.99999	54.66	1.830.E-02
	3	4.881E-11	9.99999	59.228	1.688.E-02
600000	1	3.543E-11	9.99999	68.662	1.456.E-02
	2	2.575E-11	9.99999	82.781	1.208.E-02
	3	5.027E-11	9.99999	55.948	1.787.E-02

700000	1	6.050E-11	9.99999	48.826	2.047.E-02
	2	3.423E-11	9.99999	66.42	1.506.E-02
	3	1.898E-11	9.99999	89.043	1.123.E-02
800000	1	3.875E-11	9.99999	60.36	1.658.E-02
	2	2.426E-11	9.99999	79.406	1.259.E-02
	3	2.634E-11	9.99999	73.494	1.361.E-02
900000	1	4.583E-11	9.99999	54.223	1.844.E-02
	2	6.321E-11	9.99999	45.683	2.300.E-02
	3	3.064E-11	9.99999	67.676	1.456.E-02
1000000	1	4.877E-11	9.99999	50.895	1.965.E-02
	2	3.115E-11	9.99999	66.328	1.508.E-02
	3	3.036E-11	9.99999	65.198	1.534.E-02
2000000	1	3.097E-11	9.99999	57.266	1.746.E-02
	2	2.435E-11	9.99999	66.131	1.512.E-02
	3	1.829E-11	9.99999	77.433	1.291.E-02
3000000	1	2.849E-11	9.99999	56.866	1.759.E-02
	2	3.066E-11	9.99999	53.957	1.853.E-02
	3	3.369E-11	9.99999	50.699	1.972.E-02

Perhitungan :

Diket =

$F \quad = 3 \times 10^6\ Hz$

$Rp \ = \ 50{,}699\ Ohm$

$Cp \ = \ 3{,}369 \times 10^{-11} F$

$d \quad = \ 1\ cm$

$l \quad = 0{,}3\ cm$

Ditanya =

Konduktivitas listrik bahan (σ) …..? Kapasitansi area…?

Jawab =

$$\rho = \frac{Rp \times A}{l}$$

$$= \frac{50{,}699 \ \times 0{,}785}{0{,}3}$$

$$= 132.662383\ Ohm$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$= \frac{1}{132{,}662383}$$

$$= 7{,}538 \times 10^{-3} Ohm/cm$$

$$C = \frac{Cp}{A}$$

$$= \frac{3{,}369 \times 10^{-11}}{0{,}785}$$

$$= 4{,}292 \times 10^{-11} F/cm^2$$

L.4.2 Data LCR Meter *r*GO grafit murni

Frekuensi	Cp (F)	D	Rp (Ω)	G (S)
700	1.675.E-10	9.99999	18752	5.333.E-05
	2.531.E-10	9.99999	10586	9.447.E-05
	2.807.E-10	9.99999	7637	1.313.E-04
800	2.005.E-10	9.99999	13633	7.389.E-05
	3.159.E-10	9.99999	6968.1	1.435.E-04
	9.159.E-11	9.99999	18545	5.392.E-05
900	1.524.E-10	9.99999	15184	6.586.E-05
	1.962.E-10	9.99999	9496.9	1.053.E-04
	1.010.E-10	9.99999	17936	5.905.E-05
1000	1.089.E-10	9.99999	19907	5.023.E-05
	1.881.E-10	9.99999	9038.3	1.008.E-04
	8.741.E-11	9.99999	16167	6.186.E-05
2000	5.648.E-11	9.99999	23834	4.196.E-05
	8.553.E-11	9.99999	10263	9.753.E-05
	3.248.E-11	9.99999	20640	4.845.E-05
3000	4.579.E-11	9.99999	13022	7.680.E-05
	7.003.E-11	9.99999	8254.2	1.212.E-04
	3.847.E-11	9.99999	14528	6.893.E-05
4000	4.781.E-11	9.99999	9011.6	1.110.E-04
	5.271.E-11	9.99999	8067	1.240.E-04
	2.835.E-11	9.99999	14423	6.934.E-05
5000	1.084.E-13	2.23315	131500	7.605.E-06
	4.595.E-11	9.99999	7363.8	1.358.E-04
	3.340.E-11	9.99999	9801.3	1.020.E-04
6000	3.222.E-11	9.99999	9421.1	1.061.E-04
	4.508.E-11	9.99999	6319.9	1.582.E-04

	2.657.E-11	9.99999	10665	9.376.E-05
7000	2.144.E-11	9.99999	12627	7.919.E-05
	3.979.E-11	9.99999	6222.3	1.607.E-04
	3.497.E-11	9.99999	7065.5	1.415.E-04
8000	2.769.E-11	9.99999	8095.4	1.235.E-04
	4.257.E-11	9.99999	5332.7	1.875.E-04
	2.150.E-11	9.99999	9774.9	1.023.E-04
9000	1.799.E-11	9.99999	11637	8.593.E-05
	2.328.E-11	9.99999	8579.7	1.166.E-04
	2.239.E-11	9.99999	9000.9	1.111.E-04
10000	1.812.E-11	9.99999	10694	9.351.E-05
	2.457.E-11	9.99999	7643.9	1.308.E-04
	1.995.E-11	9.99999	9119.6	1.097.E-04
20000	1.355.E-11	9.99999	8670	1.153.E-04
	1.784.E-11	9.99999	6541.4	1.529.E-04
	1.218.E-11	9.99999	10470	9.551.E-05
30000	5.580.E-14	0.41352	229550	4.356.E-06
	1.072.E-11	9.99999	8898.2	1.124.E-04
	1.548.E-11	9.99999	6084.4	1.644.E-04
40000	7.708.E-12	9.99999	12129	8.244.E-05
	1.195.E-11	9.99999	6566.5	1.523.E-04
	7.092.E-12	9.99999	10918	9.164.E-05
50000	5.812.E-12	9.99999	12505	7.997.E-05
	1.070.E-11	9.99999	6456.7	1.549.E-04
	6.408.E-12	9.99999	10848	9.219.E-05
60000	6.726.E-12	9.99999	10277	9.632.E-05
	1.037.E-11	9.99999	5697.2	1.755.E-04
	9.050.E-12	9.99999	6555.2	1.526.E-04
70000	4.775.E-12	9.99999	13817	7.238.E-05
	9.035.E-12	9.99999	5879.8	1.701.E-04
	7.956.E-12	9.99999	6982.8	1.432.E-04
80000	4.183.E-12	9.99999	12979	7.705.E-05
	7.003.E-12	9.99999	6985	1.439.E-04
	6.863.E-12	9.99999	7508.1	1.330.E-04
90000	6.262.E-12	9.99999	8327.2	1.201.E-04
	8.938.E-12	9.99999	5090.5	1.965.E-04
	5.045.E-12	9.99999	9232	1.083.E-04
100000	5.000.E-12	9.99999	8512.3	1.175.E-04
	6.256.E-12	9.99999	7270.5	1.395.E-04
	6.786.E-12	9.99999	6759.8	1.479.E-04
200000	4.456.E-12	9.99999	8478.4	1.173.E-04
	5.968.E-12	9.99999	5177.6	1.931.E-04
	3.193.E-12	9.99999	12577	7.851.E-05

300000	3.230.E-12	9.99999	9720.2	1.028.E-04
	4.910.E-12	9.99999	5579.8	1.792.E-04
	3.016.E-12	9.99999	11276	8.762.E-05
400000	3.139.E-12	9.99999	9608.9	1.041.E-04
	5.123.E-12	9.99999	5156.4	1.939.E-04
	2.424.E-12	9.99999	11625	8.602.E-05
500000	3.818.E-12	9.99999	7027.2	1.423.E-04
	4.703.E-12	9.99999	4929.4	2.029.E-04
	2.615.E-12	9.99999	11085	9.021.E-05
600000	3.350.E-12	9.99999	7213	1.386.E-04
	4.612.E-12	9.99999	4688	2.133.E-04
	2.544.E-12	9.53026	10943	9.139.E-05
700000	2.319.E-12	8.56925	11441	8.741.E-05
	4.085.E-12	9.35199	5950.9	1.680.E-04
	2.166.E-12	8.36437	12548	7.970.E-05
800000	2.233.E-12	6.67488	13346	7.493.E-05
	3.496.E-12	7.88951	7204.7	1.388.E-04
	1.937.E-12	7.43694	13809	7.242.E-05
900000	2.481.E-12	6.8444	10413	9.603.E-05
	3.259.E-12	6.15499	8816.7	1.134.E-04
	1.898.E-12	6.6545	14008	7.141.E-05
1000000	2.131.E-12	6.97487	10707	9.340.E-05
	3.872.E-12	6.92746	5934.4	1.685.E-04
	1.626.E-12	8.52624	11410	8.764.E-05
2000000	1.017.E-12	8.75611	8933.5	1.119.E-04
	3.355.E-12	5.47841	4329.9	2.310.E-04
	2.859.E-12	4.97005	5599.9	1.786.E-04
3000000	1.984.E-12	3.18399	8399.6	1.191.E-04
	3.013.E-12	4.12411	4268.8	2.343.E-04
	3.112.E-12	3.91038	4360.2	2.294.E-04

Perhitungan :

Diket =

$F \quad = 3 \times 10^6\ Hz$

$Rp \ = \ 4360{,}2\ Ohm$

$Cp \ = \ 3{,}112 \times 10^{-12} F$

$d \quad = \ 1\ cm$

$l \quad = 0{,}4\ cm$

Ditanya =

Konduktivitas listrik bahan (σ) …..? Kapasitansi area…?

Jawab =

$$\rho = \frac{Rp \times A}{l}$$

$$= \frac{4360{,}2 \ \times 0{,}785}{0{,}4}$$

$$= 8556{,}8925 \ Ohm$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$= \frac{1}{8556{,}8925}$$

$$= 1{,}169 \times 10^{-4} Ohm/cm$$

$$C = \frac{Cp}{A}$$

$$= \frac{3{,}112 \times 10^{-12}}{0{,}785}$$

$$= 3{,}964 \times 10^{-12} F/cm^2$$

L.4.3 Data LCR Meter arang tempurung kelapa

Frekuensi	Cp (F)	D	Rp (Ω)	G (S)
700	2.181.E-11	9.99999	4.427.E+05	2.259.E-06
	1.977.E-11	9.99999	5.510.E+05	1.815.E-06
	8.552.E-12	9.99999	1.465.E+06	6.824.E-07
800	1.043.E-11	9.99999	1.088.E+06	9.194.E-07
	4.952.E-12	9.99999	2.568.E+06	3.894.E-07
	3.748.E-12	9.99999	3.917.E+06	2.553.E-07
900	2.032.E-11	9.99999	4.503.E+05	2.221.E-06
	1.711.E-11	9.99999	5.095.E+05	1.963.E-06
	2.072.E-11	9.99999	4.117.E+05	2.429.E-06
1000	1.950.E-11	9.99999	4.563.E+05	2.191.E-06
	1.886.E-11	9.99999	5.189.E+05	1.927.E-06
	1.481.E-11	9.99999	6.632.E+05	1.508.E-06
2000	1.738.E-10	0.81417	5.624.E+05	1.778.E-06
	7.373.E-12	9.99999	3.745.E+05	2.671.E-06
	5.143.E-12	9.99999	1.391.E+06	7.190.E-07

3000	3.049.E-12	7.7879	2.234.E+06	4.477.E-07
	1.009.E-10	1.97026	2.725.E+05	3.670.E-06
	2.310.E-14	9.99999	2.837.E+06	3.525.E-07
4000	1.750.E-12	5.72849	3.969.E+06	2.520.E-07
	1.546.E-12	2.21564	1.162.E+07	8.608.E-08
	1.381.E-12	0.34485	8.355.E+07	1.197.E-08
5000	4.586.E-13	0.08663	8.011.E+08	1.248.E-09
	5.996.E-13	0.11483	4.623.E+08	2.163.E-09
	6.759.E-13	0.1124	4.189.E+08	2.387.E-09
6000	8.129.E-13	1.15534	2.824.E+07	3.541.E-08
	1.146.E-12	0.58229	3.975.E+07	2.516.E-08
	8.156.E-13	2.17476	1.495.E+07	6.687.E-08
7000	8.710.E-13	7.68467	3.397.E+06	2.944.E-07
	2.200.E-13	0.18229	5.668.E+08	1.764.E-09
	3.226.E-13	0.22154	3.181.E+08	3.144.E-09
8000	4.630.E-13	0.1999	2.149.E+08	4.653.E-09
	1.642.E-13	0.21759	5.566.E+08	1.797.E-09
	1.167.E-12	1.0583	1.611.E+07	6.206.E-08
9000	4.509.E-13	0.14746	2.659.E+08	3.760.E-09
	4.959.E-13	0.10441	3.415.E+08	2.928.E-09
	1.110.E-12	1.60081	9.954.E+06	1.005.E-07
10000	5.778.E-13	0.14241	1.934.E+08	5.170.E-09
	5.149.E-13	0.08379	3.689.E+08	2.711.E-09
	6.300.E-13	0.13656	1.850.E+08	5.406.E-09
20000	6.430.E-13	0.24233	5.107.E+07	1.958.E-08
	9.131.E-13	1.042	8.363.E+06	1.196.E-07
	5.217.E-13	1.28507	1.187.E+07	8.426.E-08
30000	5.941.E-13	0.24781	3.603.E+07	2.775.E-08
	7.982.E-13	0.32392	2.052.E+07	4.874.E-08
	5.024.E-13	0.13838	7.630.E+07	1.311.E-08
40000	4.869.E-13	0.15286	5.345.E+07	1.871.E-08
	7.943.E-13	2.0464	2.448.E+06	4.085.E-07
	4.775.E-13	0.77681	1.073.E+07	7.321.E-08
50000	4.519.E-13	0.1072	6.976.E+07	1.525.E-08
	5.405.E-13	0.10724	5.491.E+07	1.821.E-08
	9.254.E-13	2.3312	1.444.E+06	6.924.E-07
60000	3.968.E-11	9.999	1.895.E+05	5.278.E-06
	3.680.E-11	9.999	1.953.E+05	5.121.E-06
	2.772.E-11	4.17219	1.529.E+06	6.540.E-04
70000	2.568.E-11	9.999	3.592.E+05	2.784.E-06
	1.521.E-11	9.999	4.634.E+05	2.158.E-06
	1.359.E-11	9.999	3.545.E+05	2.746.E-06
80000	1.048.E-11	9.41261	4.034.E+05	2.479.E-06

	1.064.E-11	9.999	2.987.E+05	3.347.E-06
	1.059.E-11	9.15012	2.737.E+05	3.654.E-06
90000	7.238.E-12	6.55741	4.791.E+05	2.087.E-06
	8.973.E-12	5.47746	4.048.E+05	2.471.E-06
	7.556.E-12	6.67786	3.505.E+05	2.853.E-06
100000	7.750.E-12	6.87349	2.988.E+05	3.347.E-06
	6.538.E-12	5.68764	2.877.E+05	3.665.E-06
	6.354.E-12	5.3456	2.769.E+05	3.455.E-06
200000	5.757.E-12	5.10235	2.330.E+05	4.869.E-06
	5.435.E-12	4.89684	1.988.E+05	4.988.E-06
	4.455.E-12	4.76751	1.789.E+05	3.847.E-06
300000	3.987.E-12	3.54898	1.568.E+05	2.779.E-06
	2.673.E-12	2.67586	1.258.E+05	2.211.E-06
	2.139.E-12	1.78979	2.439.E+05	1.988.E-06
400000	2.388.E-12	2.8894	2.575.E+05	3.884.E-06
	1.874.E-12	2.21511	1.917.E+05	5.217.E-06
	1.598.E-12	1.72717	1.922.E+05	5.203.E-06
500000	2.433.E-12	1.8163	7.204.E+04	1.372.E-05
	2.543.E-12	1.61369	7.756.E+04	1.289.E-05
	3.016.E-12	2.33435	4.522.E+04	2.211.E-05
600000	2.866.E-12	1.85308	4.994.E+04	2.002.E-05
	5.382.E-13	0.59044	8.346.E+05	1.198.E-06
	8.345.E-13	1.52783	2.080.E+05	4.807.E-06
700000	2.469.E-12	1.14256	8.061.E+04	1.241.E-05
	8.660.E-13	0.37726	6.959.E+05	1.438.E-06
	2.628.E-12	1.86896	4.629.E+04	2.160.E-05
800000	2.496.E-12	1.84229	4.326.E+04	2.312.E-05
	2.565.E-12	1.45878	5.316.E+04	1.881.E-05
	2.851.E-12	1.65132	4.211.E+04	2.375.E-05
900000	1.779.E-12	1.55545	6.389.E+04	1.565.E-05
	2.976.E-12	1.67029	3.558.E+04	2.811.E-05
	2.519.E-12	1.47883	4.747.E+04	2.107.E-05
1000000	1.977.E-12	1.50813	5.339.E+04	1.873.E-05
	2.991.E-12	1.6677	3.191.E+04	3.134.E-05
	2.294.E-12	1.42479	4.870.E+04	2.054.E-05
2000000	1.893.E-12	1.14627	3.668.E+04	2.726.E-05
	2.764.E-12	1.69958	1.694.E+04	5.904.E-05
	1.794.E-12	1.35304	3.278.E+04	3.051.E-05
3000000	8.173.E-13	3.46507	1.873.E+04	5.339.E-05
	9.277.E-13	3.5523	1.610.E+04	6.212.E-05
	1.154.E-12	1.86527	2.465.E+04	4.057.E-05

Perhitungan :

Diket =

$F \quad = 3 \times 10^6\ Hz$

$Rp \ = \ 2{,}465 \times 10^4\ Ohm$

$Cp \ = \ 1{,}154 \times 10^{-12} F$

$d \quad = \ 1\ cm$

$l \quad = 0{,}4\ cm$

Ditanya =

Konduktivitas listrik bahan (σ) …..? Kapasitansi area…?

Jawab =

$$\rho = \frac{Rp \times A}{l}$$

$$= \frac{(2{,}465 \times 10^4)\ \times 0{,}785}{0{,}4}$$

$$= 48369{,}7375\ Ohm$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$= \frac{1}{48369{,}7375}$$

$$= 2{,}067 \times 10^{-5} Ohm/cm$$

$$C = \frac{Cp}{A}$$

$$= \frac{1{,}154 \times 10^{-12}}{0{,}785}$$

$$= 1{,}470 \times 10^{-12} F/cm^2$$

L.4.4 Data LCR Meter *r*GO arang tempurung kelapa

Frekuensi	Cp (F)	D	Rp (Ω)	G (S)
700	2.149.E-12	1.76019	6.010.E+07	1.664.E-08
	2.519.E-12	1.63543	5.507.E+07	1.807.E-08
	1.811.E-12	1.27908	9.816.E+07	1.019.E-08

800	1.535.E-12	1.3834	9.368.E+07	1.068.E-08
	2.265.E-12	1.24422	7.059.E+07	1.417.E-08
	1.830.E-12	0.7806	1.393.E+08	7.179.E-09
900	1.973.E-12	1.41175	6.350.E+07	1.575.E-08
	2.509.E-12	1.5451	4.561.E+07	2.192.E-08
	1.830.E-12	0.98496	9.811.E+07	1.020.E-08
1000	1.883.E-12	1.43694	5.881.E+07	1.701.E-08
	2.345.E-12	1.06843	6.352.E+07	1.574.E-08
	1.155.E-12	0.72102	1.952.E+08	5.231.E-09
2000	1.209.E-12	0.97864	6.787.E+07	1.474.E-08
	1.937.E-12	0.97189	4.229.E+07	2.365.E-08
	1.102.E-12	0.61225	1.183.E+08	8.510.E-09
3000	1.177.E-12	0.74997	6.009.E+07	1.664.E-08
	1.630.E-12	0.74592	4.364.E+07	2.291.E-08
	1.234.E-12	0.60777	7.073.E+07	1.414.E-08
4000	9.960.E-13	0.73242	5.454.E+07	1.834.E-08
	1.544.E-12	0.76892	3.406.E+07	2.990.E-08
	1.395.E-12	0.66565	4.284.E+07	2.334.E-08
5000	1.022.E-12	0.67459	4.619.E+07	2.165.E-08
	1.412.E-12	0.668	3.376.E+07	2.963.E-08
	9.294.E-13	0.40432	8.470.E+07	1.181.E-08
6000	1.363.E-12	0.69752	2.791.E+07	3.583.E-08
	1.406.E-12	0.59653	3.162.E+07	3.163.E-08
	1.198.E-12	0.54271	4.079.E+07	2.452.E-08
7000	9.387.E-13	0.58491	4.141.E+07	2.415.E-08
	1.321.E-12	0.62876	2.737.E+07	3.654.E-08
	1.234.E-12	0.53424	3.448.E+07	2.900.E-08
8000	8.189.E-13	0.44451	5.465.E+07	1.830.E-08
	1.216.E-12	0.57948	2.825.E+07	3.540.E-08
	9.886.E-13	0.46838	4.307.E+07	2.327.E-08
9000	7.719.E-13	0.39108	5.863.E+07	1.706.E-08
	1.118.E-12	0.50453	3.136.E+07	3.188.E-08
	7.767.E-13	0.35092	6.488.E+07	1.541.E-08
10000	6.920.E-13	0.41539	5.550.E+07	1.802.E-08
	1.019.E-12	0.45452	3.435.E+07	2.911.E-08
	1.068.E-12	0.46523	3.202.E+07	3.123.E-08
20000	5.790.E-13	0.32419	4.239.E+07	2.359.E-08
	9.376.E-13	0.3908	2.172.E+07	4.605.E-08
	9.333.E-13	0.41284	2.065.E+07	4.842.E-08
30000	6.073.E-13	0.31231	2.797.E+07	3.575.E-08
	8.125.E-13	0.33625	1.942.E+07	5.150.E-08
	8.737.E-13	0.33147	1.832.E+07	5.460.E-08
40000	5.920.E-13	0.31464	2.136.E+07	4.682.E-08

	8.992.E-13	0.36076	1.227.E+07	8.181.E-08
	8.273.E-13	0.3128	1.538.E+07	6.536.E-08
50000	6.341.E-13	0.33057	1.519.E+07	6.586.E-08
	8.985.E-13	0.3638	9.737.E+06	1.027.E-07
	7.627.E-13	0.29846	1.398.E+07	7.153.E-08
60000	5.857.E-13	0.31563	1.435.E+07	6.969.E-08
	8.396.E-13	0.33999	9.292.E+06	1.076.E-07
	5.496.E-13	0.24774	1.948.E+07	5.134.E-08
70000	5.142.E-13	0.29854	1.474.E+07	6.782.E-08
	7.956.E-13	0.33255	8.593.E+06	1.164.E-07
	5.687.E-13	0.26445	1.539.E+07	6.499.E-08
80000	7.070.E-13	0.33285	8.453.E+06	1.183.E-07
	8.274.E-13	0.31229	7.775.E+06	1.293.E-07
	7.319.E-13	0.27609	9.853.E+06	1.015.E-07
90000	4.713.E-13	0.28242	1.329.E+07	7.527.E-08
	6.290.E-14	0.3058	9.487.E+07	1.089.E-08
	7.444.E-13	0.36798	6.455.E+06	1.549.E-07
100000	5.408.E-13	0.27806	1.058.E+07	9.449.E-08
	8.129.E-13	0.32896	5.951.E+06	1.680.E-07
	6.374.E-13	0.27167	9.193.E+06	1.087.E-07
200000	6.068.E-13	0.22836	5.564.E+06	1.743.E-07
	6.710.E-13	0.24359	4.868.E+06	2.054.E-07
	5.483.E-13	0.23205	6.374.E+06	1.569.E-07
300000	3.956.E-13	0.20048	6.655.E+06	1.503.E-07
	5.176.E-13	0.19495	5.256.E+06	1.903.E-07
	6.048.E-13	0.19624	4.682.E+06	2.282.E-07
400000	4.723.E-13	0.19046	4.421.E+06	2.267.E-07
	6.018.E-13	0.2086	3.169.E+06	3.155.E-07
	6.049.E-13	0.18736	3.512.E+06	2.848.E-07
500000	4.026.E-13	0.17296	4.583.E+06	2.182.E-07
	5.976.E-13	0.19996	2.675.E+06	3.739.E-07
	4.285.E-13	0.15886	4.675.E+06	2.139.E-07
600000	3.732.E-13	0.14054	5.057.E+06	1.977.E-07
	5.057.E-13	0.1674	3.133.E+06	3.192.E-07
	5.001.E-13	0.18288	2.417.E+06	4.138.E-07
700000	4.248.E-13	0.15555	3.441.E+06	2.907.E-07
	5.835.E-13	0.18555	2.100.E+06	4.762.E-07
	5.985.E-13	0.17484	2.188.E+06	4.571.E-07
800000	3.920.E-13	0.14098	3.597.E+06	2.779.E-07
	5.992.E-13	0.1882	1.765.E+06	5.668.E-07
	6.019.E-13	0.18314	1.805.E+06	5.541.E-07
900000	3.742.E-13	0.12818	3.686.E+06	2.713.E-07
	5.670.E-13	0.16944	1.840.E+06	5.434.E-07

	5.857.E-13	0.17298	1.739.E+06	5.749.E-07
1000000	3.976.E-13	0.12432	3.219.E+06	3.106.E-07
	3.770.E-13	0.13916	3.034.E+06	3.296.E-07
	5.373.E-13	0.16258	1.822.E+06	5.487.E-07
2000000	5.169.E-13	0.2938	5.249.E+08	1.905.E-09
	6.811.E-13	0.32298	3.618.E+05	2.764.E-06
	6.764.E-13	0.31162	3.781.E+05	2.645.E-06
3000000	4.422.E-13	0.77559	1.547.E+05	6.475.E-06
	5.942.E-13	0.80377	1.111.E+05	9.003.E-06
	5.956.E-13	0.80492	1.106.E+05	9.038.E-06

Perhitungan :

Diket =

$F \quad = 3 \times 10^6\ Hz$

$Rp \ = \ 1{,}106 \times 10^5\ Ohm$

$Cp \ = \ 5{,}956 \times 10^{-13} F$

$d \quad = \ 1\ cm$

$l \quad = 0{,}4\ cm$

Ditanya =

Konduktivitas listrik bahan (σ) …..? Kapasitansi area…?

Jawab =

$$\rho = \frac{Rp \times A}{l}$$

$$= \frac{(1{,}106 \times 10^5)\ \times 0{,}785}{0{,}4}$$

$$= 217131\ Ohm$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$= \frac{1}{217131}$$

$$= 4{,}605 \times 10^{-6} Ohm/cm$$

$$C = \frac{Cp}{A}$$

$$= \frac{5{,}956 \times 10^{-13}}{0{,}785}$$

$$= 7{,}587 \times 10^{-13} F/cm^2$$

L.4.5 Data LCR Meter arang kayu

Frekuensi	Cp (F)	D	Rp (Ω)	G (S)
700	9.496.E-11	9.99999	1515.8	6.600.E-04
	1.275.E-10	9.99999	1201.8	8.321.E-04
	2.580.E-11	9.99999	2154.6	4.640.E-04
800	5.022.E-11	9.99999	2226.9	4.491.E-04
	7.982.E-11	9.99999	1493.9	6.694.E-04
	4.846.E-11	9.99999	1900.9	5.261.E-04
900	5.795.E-11	9.99999	1868	5.353.E-04
	5.353.E-11	9.99999	1647.5	6.070.E-04
	3.226.E-11	9.99999	2532.9	3.948.E-04
1000	5.744.E-11	9.99999	1877.4	5.327.E-04
	9.977.E-11	9.99999	1195.1	8.368.E-04
	3.047.E-11	9.99999	2378.2	4.205.E-04
2000	1.850.E-11	9.99999	2215.4	4.509.E-04
	3.624.E-11	9.99999	1360	7.353.E-04
	1.680.E-11	9.99999	2496.4	4.006.E-04
3000	2.697.E-11	9.99999	1967.9	5.089.E-04
	2.723.E-11	9.99999	1566.5	6.425.E-04
	1.524.E-11	9.99999	2764.2	3.618.E-04
4000	3.767.E-12	9.99999	2935.8	3.406.E-04
	2.516.E-12	9.99999	1166.7	8.571.E-04
	4.219.E-12	9.99999	9585.4	1.043.E-04
5000	2.746.E-12	9.99999	2115.4	4.727.E-04
	4.403.E-13	9.99999	2090.7	4.783.E-04
	1.538.E-12	9.99999	1368.7	7.306.E-04
6000	1.864.E-12	9.99999	2312.2	4.325.E-04
	5.377.E-12	9.99999	1639.2	6.100.E-04
	3.175.E-12	9.99999	1524.9	6.507.E-04
7000	3.886.E-12	9.99999	1084.5	9.221.E-04
	6.839.E-13	9.99999	1215.9	8.224.E-04
	6.320.E-13	9.99999	2104.8	4.751.E-04
8000	1.680.E-12	9.99999	2082.6	4.802.E-04
	3.685.E-12	9.99999	1392.4	7.182.E-04
	5.890.E-14	9.99999	2042.1	4.897.E-04
9000	1.487.E-12	9.99999	2169.9	4.608.E-04
	3.927.E-12	9.99999	1221.4	8.188.E-04

	2.906.E-13	9.99999	2052.3	4.873.E-04
10000	4.428.E-12	9.99999	1904	5.252.E-04
	3.884.E-12	9.99999	1443.9	6.926.E-04
	3.886.E-13	9.99999	5035.7	1.986.E-04
20000	3.978.E-12	9.99999	1987.2	5.032.E-04
	6.830.E-12	9.99999	1195.2	8.367.E-04
	5.482.E-12	9.99999	1401.9	7.133.E-04
30000	6.463.E-12	9.99999	1426.4	7.568.E-04
	6.168.E-12	9.99999	1565	6.390.E-04
	4.453.E-12	9.99999	2989.7	3.345.E-04
40000	5.207.E-12	9.99999	1841.2	5.636.E-04
	6.460.E-12	9.99999	1642.5	6.088.E-04
	4.500.E-12	9.99999	2358.4	4.141.E-04
50000	9.325.E-12	9.99999	2774.1	3.505.E-04
	4.805.E-12	9.99999	1574.4	6.352.E-04
	3.458.E-12	9.99999	1921.7	5.203.E-04
60000	4.802.E-12	9.99999	1529.9	6.537.E-04
	6.751.E-12	9.99999	1282.5	7.798.E-04
	3.085.E-12	9.99999	1958.9	5.120.E-04
70000	2.493.E-12	9.99999	2923.5	3.421.E-04
	4.539.E-12	9.99999	1488	6.720.E-04
	2.068.E-12	9.99999	2820.6	3.545.E-04
80000	2.069.E-12	9.99999	2906.3	3.441.E-04
	4.546.E-12	9.99999	2139	4.675.E-04
	1.370.E-12	0.0298	50718	1.987.E-05
90000	2.028.E-12	9.99999	2734.8	3.659.E-04
	4.906.E-12	9.99999	1123.8	8.904.E-04
	1.988.E-12	9.99999	3222	3.104.E-04
100000	3.902.E-12	9.99999	2124.5	4.729.E-04
	4.279.E-12	9.99999	1464.5	6.828.E-04
	2.709.E-12	9.99999	33409	2.993.E-05
200000	1.760.E-12	9.99999	2726.6	3.668.E-04
	3.742.E-12	9.99999	1267.5	7.889.E-04
	1.790.E-12	9.99999	18770	5.328.E-05
300000	1.184.E-12	9.99999	2178.8	4.590.E-04
	3.427.E-12	9.99999	1078.1	9.357.E-04
	2.148.E-12	5.12365	48936	2.087.E-05
400000	2.166.E-12	9.99999	1894.5	5.279.E-04
	3.361.E-12	9.99999	1563.6	6.598.E-04
	1.840.E-12	9.99999	2676.3	3.746.E-04
500000	3.668.E-12	9.99999	1476.3	6.774.E-04
	2.703.E-12	9.99999	1042.2	9.595.E-04
	1.714.E-12	9.99999	3085.4	3.241.E-04

600000	1.559.E-12	9.99999	1726	5.794.E-04
	3.083.E-12	9.99999	1018.5	9.818.E-04
	1.447.E-12	9.99999	4081.6	2.450.E-04
700000	1.693.E-12	9.99999	2197	4.721.E-04
	1.263.E-12	9.99999	11089	9.018.E-05
	1.651.E-12	8.56648	16078	6.220.E-05
800000	3.150.E-12	9.99999	2090.4	4.784.E-04
	1.725.E-12	9.99999	936.06	1.068.E-03
	1.480.E-12	9.99999	1963.9	5.092.E-04
900000	2.464.E-12	9.99999	1056.4	9.466.E-04
	2.183.E-12	9.99999	936.65	1.068.E-03
	1.190.E-12	9.99999	1868.7	5.315.E-04
1000000	1.703.E-12	9.99999	1468.9	6.694.E-04
	2.398.E-12	9.99999	909.92	1.099.E-03
	9.771.E-13	9.99999	4288.9	2.332.E-04
2000000	9.517.E-13	9.99999	2004.8	4.988.E-04
	2.986.E-12	9.99999	1233.9	8.104.E-04
	1.065.E-12	9.99999	4292.2	2.330.E-04
3000000	8.008.E-13	9.99999	2107.8	4.744.E-04
	3.062.E-12	9.99999	1202.8	8.314.E-04
	1.321.E-12	9.99999	2586	3.867.E-04

Perhitungan :

Diket =

$F \quad = 3 \times 10^6\ Hz$

$Rp \ = \ 2586\ Ohm$

$Cp \ = \ 1{,}321 \times 10^{-12} F$

$d \quad = \ 1\ cm$

$l \quad = 0{,}4\ cm$

Ditanya =

Konduktivitas listrik bahan (σ) …..? Kapasitansi area…?

Jawab =

$$\rho = \frac{Rp \times A}{l}$$

$$= \frac{2586 \times 0{,}785}{0{,}4}$$

$$= 5075{,}025\ Ohm$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$= \frac{1}{5075{,}025}$$

$$= 1{,}970 \times 10^{-4} Ohm/cm$$

$$C = \frac{Cp}{A}$$

$$= \frac{1{,}321 \times 10^{-12}}{0{,}785}$$

$$= 1{,}683 \times 10^{-12} F/cm^2$$

L.4.6 Data LCR Meter *r*GO arang kayu

Frekuensi	Cp (F)	D	Rp (Ω)	G (S)
700	2.295.E-11	9.99999	98387	1.027.E-05
	4.282.E-11	9.99999	47401	2.110.E-05
	5.773.E-11	9.99999	44596	2.243.E-05
800	6.943.E-11	9.99999	102590	9.748.E-06
	4.926.E-11	9.99999	57296	1.746.E-05
	1.325.E-10	9.99999	43882	2.279.E-05
900	7.608.E-11	9.99999	68569	1.458.E-05
	6.532.E-11	9.99999	44226	2.261.E-05
	5.574.E-11	9.99999	43187	2.316.E-05
1000	8.868.E-11	9.99999	74265	1.349.E-05
	9.352.E-11	9.99999	41885	2.398.E-05
	6.374.E-11	9.99999	38259	2.642.E-05
2000	4.866.E-11	9.99999	123500	8.097.E-06
	6.686.E-11	9.99999	60188	1.667.E-05
	3.165.E-11	9.99999	47496	2.005.E-05
3000	3.576.E-11	9.99999	55259	1.819.E-05
	2.864.E-11	9.99999	38752	2.581.E-05
	2.870.E-11	9.99999	33454	2.989.E-05
4000	2.574.E-11	9.99999	87551	1.142.E-05
	2.088.E-11	9.99999	45733	2.187.E-05
	1.964.E-11	9.99999	46114	2.169.E-05
5000	1.699.E-11	9.99999	92185	1.085.E-05
	1.762.E-11	9.99999	39532	2.530.E-05
	2.551.E-11	9.99999	67039	1.492.E-05
6000	8.096.E-12	9.99999	116120	8.611.E-06
	1.348.E-11	9.99999	42768	2.338.E-05

	1.125.E-11	9.99999	40128	2.492.E-05
7000	2.955.E-11	9.02	85460	1.170.E-05
	1.751.E-11	9.99999	29091	3.438.E-05
	1.186.E-11	9.99999	44350	2.253.E-05
8000	1.208.E-11	9.99999	61958	1.614.E-05
	1.417.E-11	9.99999	46816	2.136.E-05
	1.438.E-11	9.99999	31614	3.163.E-05
9000	1.222.E-11	9.99999	62990	1.588.E-05
	1.854.E-11	9.99999	24040	4.160.E-05
	1.433.E-11	9.99999	33929	2.947.E-05
10000	2.469.E-11	9.99999	40678	2.458.E-05
	2.228.E-11	9.99999	24655	4.056.E-05
	1.607.E-11	9.99999	45036	2.221.E-05
20000	1.622.E-11	9.99999	46147	2.115.E-05
	1.211.E-11	9.99999	31653	3.159.E-05
	9.677.E-12	9.99999	33710	2.966.E-05
30000	5.877.E-12	9.99999	79118	1.264.E-05
	8.305.E-12	9.99999	37357	2.677.E-05
	6.948.E-12	9.99999	39285	2.546.E-05
40000	4.616.E-12	9.99999	80512	1.242.E-05
	6.358.E-12	9.99999	35653	2.805.E-05
	7.053.E-12	9.99999	27624	3.620.E-05
50000	4.277.E-12	9.99999	60525	1.655.E-05
	5.457.E-12	9.99999	37102	2.695.E-05
	6.095.E-12	9.99999	30458	3.283.E-05
60000	4.529.E-12	9.99999	51638	1.937.E-05
	6.254.E-12	9.99999	26961	3.709.E-05
	5.918.E-12	9.99999	29574	3.381.E-05
70000	6.007.E-12	8.90167	42880	2.360.E-05
	6.273.E-12	9.99999	24358	4.106.E-05
	5.358.E-12	9.99999	29421	3.399.E-05
80000	3.898.E-12	9.42579	54144	1.847.E-05
	5.374.E-12	9.99999	28248	3.541.E-05
	4.183.E-12	9.22014	51576	1.939.E-05
90000	3.923.E-12	8.57515	52566	1.902.E-05
	5.080.E-12	9.99999	31066	3.219.E-05
	4.726.E-12	9.99999	33049	2.929.E-05
100000	3.050.E-12	7.86004	65570	1.522.E-05
	4.973.E-12	9.99999	26839	3.726.E-05
	4.336.E-12	9.99999	33837	2.955.E-05
200000	3.154.E-12	5.50077	45864	2.180.E-05
	3.978.E-12	8.71417	22959	4.356.E-05
	2.551.E-12	6.72388	45706	2.188.E-05

300000	2.627.E-12	4.50297	44963	2.229.E-05
	3.397.E-12	6.80958	22937	4.360.E-05
	3.184.E-12	6.09369	27702	3.597.E-05
400000	2.791.E-12	4.05166	35186	2.854.E-05
	3.103.E-12	5.71328	22446	4.455.E-05
	2.784.E-12	4.34692	32874	3.042.E-05
500000	2.310.E-12	3.08772	44695	2.243.E-05
	2.782.E-12	4.6375	24677	4.052.E-05
	2.453.E-12	3.68723	35187	2.842.E-05
600000	2.427.E-12	2.60304	41995	2.381.E-05
	2.757.E-12	4.2185	22807	4.385.E-05
	1.895.E-12	2.19398	63818	1.567.E-05
700000	2.173.E-12	2.55854	40902	2.445.E-05
	2.663.E-12	3.58523	23816	4.199.E-05
	2.161.E-12	3.25072	32339	3.092.E-05
800000	2.013.E-12	2.68184	36841	2.714.E-05
	2.749.E-12	3.50507	20849	4.743.E-05
	1.986.E-12	2.85011	35153	2.845.E-05
900000	2.134.E-12	2.69315	30765	3.250.E-05
	2.246.E-12	3.41961	23030	4.342.E-05
	2.326.E-12	2.90707	26315	3.829.E-05
1000000	1.651.E-12	2.1499	44849	2.230.E-05
	2.155.E-12	2.99096	24519	4.079.E-05
	1.691.E-12	2.29677	40979	2.440.E-05
2000000	1.278.E-12	2.09047	29669	3.371.E-05
	1.745.E-12	3.12326	14586	6.858.E-05
	1.647.E-12	2.83504	17051	5.851.E-05
3000000	5.881.E-13	5.7199	15768	6.342.E-05
	3.520.E-13	9.99999	11510	8.688.E-05
	7.985.E-13	6.04764	12726	7.921.E-05

Perhitungan :

Diket =

$F \quad = 3 \times 10^6\ Hz$

$Rp \ = \ 12726\ Ohm$

$Cp \ = \ 7{,}985 \times 10^{-13} F$

$d \quad = \ 1\ cm$

$l \quad = 0{,}5\ cm$

Ditanya =

Konduktivitas listrik bahan (σ) …..? Kapasitansi area…?

Jawab =

$$\rho = \frac{Rp \times A}{l}$$

$$= \frac{12726 \times 0{,}785}{0{,}5}$$

$$= 19979{,}82\ Ohm$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$= \frac{1}{19979{,}82}$$

$$= 5{,}005 \times 10^{-5} Ohm/cm$$

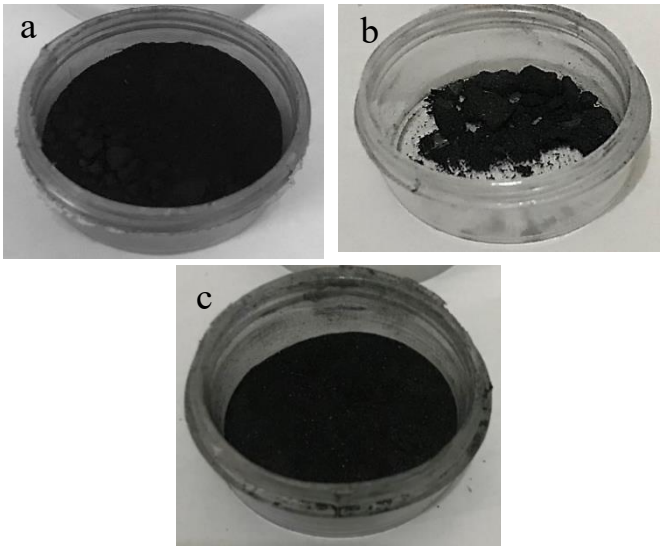
$$C = \frac{Cp}{A}$$

$$= \frac{7{,}985 \times 10^{-13}}{0{,}785}$$

$$= 1{,}017 \times 10^{-12} F/cm^2$$

Lampiran 5. Gambar penelitian

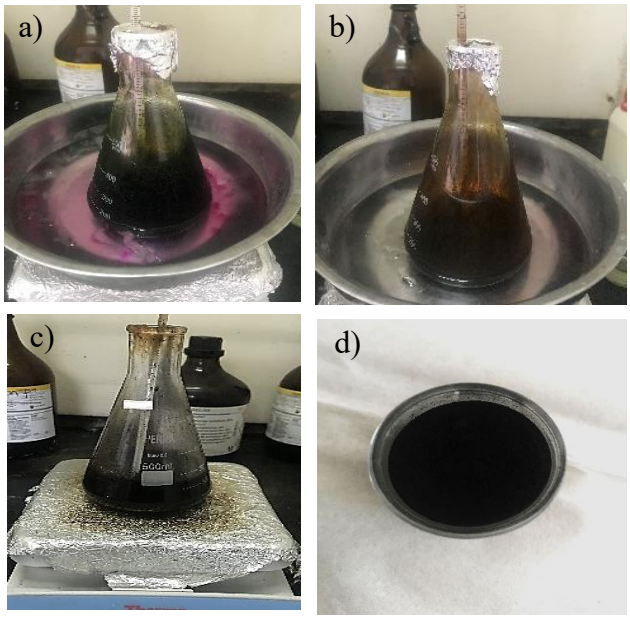
L.5.1 Bahan baku



Gambar L.5.1 Bahan baku (a) grafit murni (b) arang tempurung kelapa (c) arang kayu

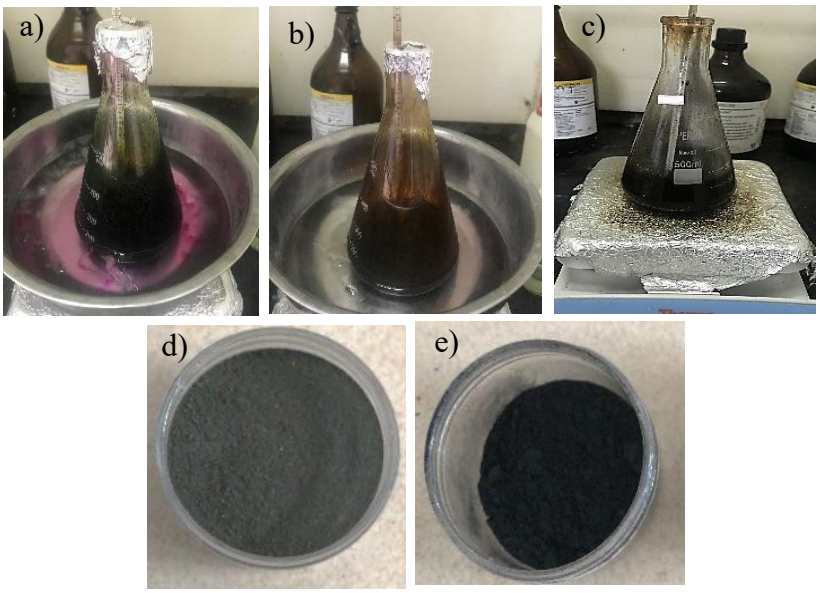
L.5.2 Tahapan persampel

L.5.2.1 Sintesis GO dari bahan baku grafit murni



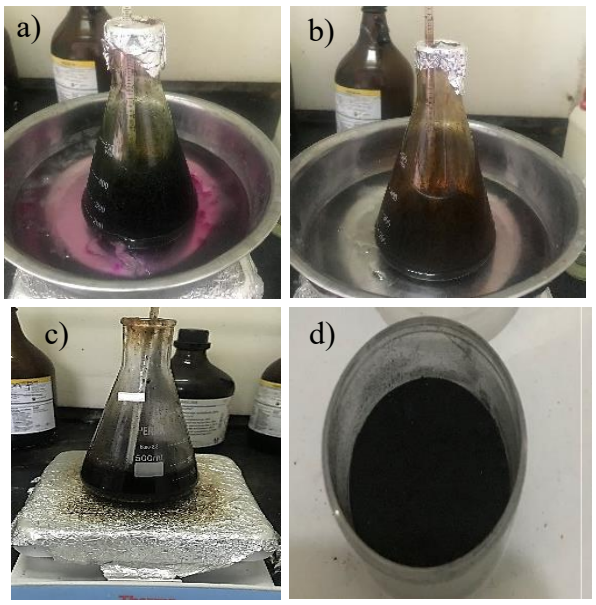
Gambar L.5.2.1 Perubahan warna sampel (a) penambahan $KMnO_4$, (b) penambahan DI *Water*, (c) penambahan H_2O_2, (d) sampel GO

L.5.2.2 Sintesis GO dari bahan baku arang tempurung kelapa



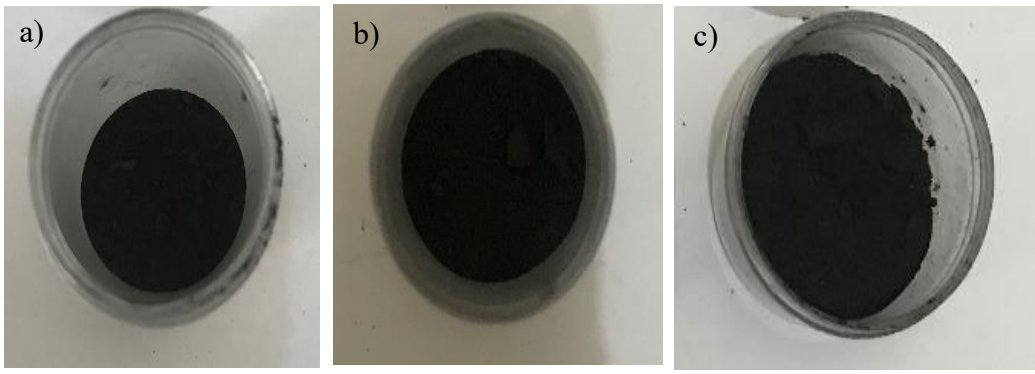
Gambar L.5.2.2 Perubahan warna sampel (a) penambahan $KMnO_4$, (b) penambahan DI *Water*, (c) penambahan H_2O_2, (d) sampel GO ke-1, (e) sampel GO ke-2

L.5.2.3 Sintesis GO dari bahan baku arang kayu



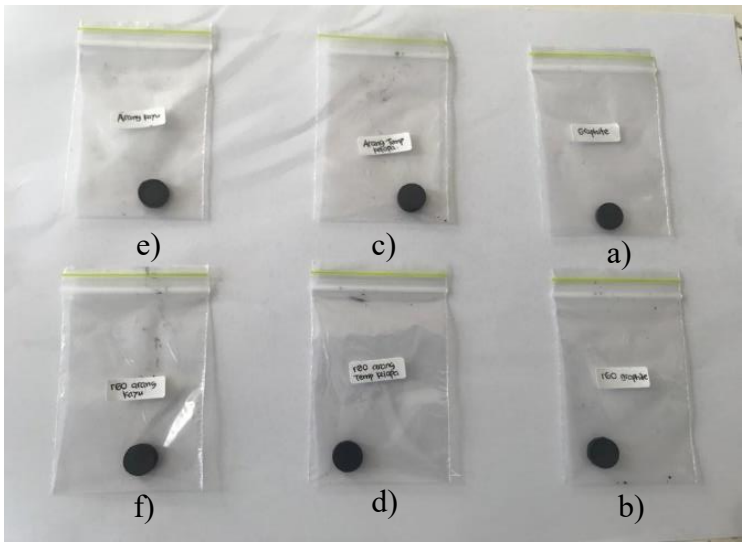
Gambar L.5.2.3 Perubahan warna sampel (a) penambahan $KMnO_4$, (b) penambahan DI *Water*, (c) penambahan H_2O_2, (d) sampel GO

L.5.3 Sintesis *r*GO



Gambar L.5.3 Senyawa rGO dari bahan (a) grafit murni, (b) arang tempurung kelapa, (c) arang kayu

L.5.4 Pelet untuk uji LCR Meter



Gambar L.5.4 (a) Pelet grafit, (b) Pelet *r*GOG, (c) pelet arang tempurung kelapa (ATK), (d) pelet *r*GOATK, (e) pelet arang kayu (AK), (f) pelet *r*GOAK.