PENGARUH TEMPERATUR OKSIDASI TERHADAP SIFAT FISIS DAN LISTRIK RGO (*REDUCED GRAPHENE OXIDE*) DARI BULU AYAM

SKRIPSI

Oleh:
MARIA ULFA AGUSTIN
NIM. 16640005

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021

PENGARUH TEMPERATUR OKSIDASI TERHADAP SIFAT FISIS DAN LISTRIK RGO (*REDUCED GRAPHENE OXIDE*) DARI BULU AYAM

SKRIPSI

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

Oleh:
MARIA ULFA AGUSTIN
NIM. 16640005

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGARUH TEMPERATUR OKSIDASI TERHADAP SIFAT FISIS DAN LISTRIK RGO (*REDUCED GRAPHENE OXIDE*) DARI BULU AYAM

SKRIPSI

Oleh:
Maria Ulfa Agustin
NIM. 16640005

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji

Pada tanggal 07 April 2021

Menyetujui

Pembimbing I	Pembimbing II
Erna Hastuti, M.Si	Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 19811119 200801 2 009	NIP. 19761003 200312 1 004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH TEMPERATUR OKSIDASI TERHADAP SIFAT FISIS DAN LISTRIK RGO (*REDUCED GRAPHENE OXIDE*) DARI BULU AYAM

SKRIPSI

Oleh:
Maria Ulfa Agustin
NIM. 16640005

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal 15 Juni 2021,

Penguji Utama	Dr. M. Tirono, M.Si NIP. 19641211 199111 1 001	
Ketua Penguji	Utiya Hikmah, M.Si NIDT. 19880605 20180201 2 242	
Sekretaris Penguji	Erna Hastuti, M.Si NIP. 19811119 200801 2 009	
Anggota Penguji	Ahmad Abtokhi, M.Pd NIP. 19761003 200312 1 004	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika

Dr. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	:	Maria Ulfa Agustin
NIM	:	16640005
Jurusan	:	Fisika
Fakultas	:	Sains dan Teknologi
Judul Penelitian	:	Pengaruh Temperatur Oksidasi terhadap Sifat Fisis dan Listrik rGO (*Reduced Graphene Oxide*) dari Bulu Ayam

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 15 Juni 2021
Yang Membuat Pernyataan



Maria Ulfa Agustin
NIM. 16640005

MOTTO

Kita yang berencana, Allah yang mempunyai rencana lebih baik daripada rencana kita. Percayalah Allah menggenggam semua do'a kita dan akan dilepaskan satu persatu di waktu yang tepat. Karena terkadang bantuan Allah datang dalam bentuk yang tak terduga. Selalu bersyukur dalam hidupmu bahwa dirimu istimewa.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segala puji syukur kepada Allah SWT, Skripsi ini kupersembahkan untuk:

- Bapak Marno dan Ibu Humaiyah yang selalu mendoakan dan mendukung setiap langkahku
- Adik Nazilatul Mufida dan Adik Hadyan Weka Aditama yang menjadi semangatku
- Ibu Sri Murniati Sebayang yang selalu memberikan motivasi
- Terimakasih Untuk Arif Farhan dan teman-temanku (Dewi, Yuli, Fitri, Khoir, Endah, Rachmia, Ervin dan Aghea) yang menjadi bagian dari perjalanan sarjanahku.
- Sahabat Fisika'16 khususnya diminat material yang selalu membantu, memberi dukungan dan mendoakan

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul "**Pengaruh Variasi Temperatur Oksidasi terhadap Sifat Fisis dan Listrik *Reduced Graphene Oxide* (rGO) dari Bulu Ayam**" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi kita, Nabi Muhammad SAW. Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya laporan penelitian ini. Ucapan terimakasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Bapak, Ibu dan seluruh keluarga di rumah yang selalu berdo'a dan memberikan dukungan kepada penulis dalam melaksanakan segala kegiatan khususnya Penelitian Tugas Akhir.
2. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

5. Erna Hastuti, M.Si selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
6. Ahmad Abtokhi, M.Pd selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
7. Segenap Staf dan Pegawai yang telah banyak membantu dan memberikan pelayanan, pengalaman serta wawasan kepada penulis selama Penelitian Tugas Akhir.
8. Teman-teman Fisika angkatan 2016 yang selalu mendukung, membantu dan mendo'akan untuk berjuang bersama.
9. Kakak-kakak dan adik-adik Jurusan Fisika yang selalu membantu dan memberikan informasi selama pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir.
10. Keluarga MSC yang tak pernah lelah untuk berbagi ilmu serta membantu dengan tulus dan sabar.
11. Seluruh pihak yang membantu dalam kepenulisan skripsi ini.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, kurang lebihnya penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya. Semoga laporan ini dapat bermanfaat. Aamiin.

Malang, 15 Juni 2021

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGAJUAN ii
HALAMAN PERSETUJUAN iii
HALAMAN PENGESAHAN iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN v
MOTTO vi
HALAMAN PERSEMBAHAN vii
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiii
ABSTRAK xiv
BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan 4
1.4 Batasan Masalah 4
1.5 Manfaat 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Bulu Ayam 5
2.2 Karbon 7
2.3 *Graphene* 9
2.4 *Graphene Oxide* (GO) 10
2.5 *Reduced Graphene Oxide* (rGO) 11
2.6 Sonikasi/Ultrasonikasi 12
2.7 *X-Ray Diffraction* (XRD) 13
2.8 Uv-vis 16
2.9 Konduktivitas Listrik 16
2.10 Kajian Integrasi Islam 17
BAB III METODE PENELITIAN
3.1 Jenis Penelitian 19
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 19
3.3 Alat dan Bahan Penelitian 19
3.3.1 Alat Penelitian 19
3.3.2 Bahan 20
3.3.2 Alat Karakterisasi 20
3.4 Prosedur Penelitian 20
3.4.1 Pembuatan Karbon Bulu Ayam 21
3.4.2 Pembuatan Material rGO 21
3.4.3 Karakterisasi Sampel 22
3.5 Diagram Alir Penelitian 22
3.5.1 Diagram Alir Pembuatan Karbon 22
3.5.2 Diagram Alir Pembuatan rGO 23
3.6 Teknik Pengumpulan 23
3.6.1 Penentuan Fasa Menggunakan XRD 24

3.6.2 Penentuan Energi Gap Menggunakan UV-Vis 24
3.6.3 Penentuan Konduktivitas Menggunakan LCR Meter 26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Data Hasil Penelitian 27
4.2 Pembahasan 39
BAB V PENUTUP
5.1 Kesimpulan 43
5.2 Saran 43
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bulu Ayam	5
Gambar 2.2	Morfologi Bulu Ayam	6
Gambar 2.3	Serbuk Karbon	7
Gambar 2.4	Difraksi Sinar-X	14
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Temperatur Pemanasan dengan *Yield* Massa	28
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Sudut Difraksi dengan Intensitas XRD	29
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Temperatur Pemanasan dengan Ukuran Kristal	31
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Temperatur Pemanasan dengan Regangan Kisi	32
Gambar 4.5	Plot $(\alpha h\nu)^2$ Sebagai Fungsi Energi Foton untuk Menentukan Energi Gap *Direct* rGO dengan Variasi Temperatur Pemanasan (a) 700ºC (b)750ºC (c)800ºC (d)850ºC (e)900ºC	34
Gambar 4.6	Plot $(\alpha h\nu)^{1/2}$ Sebagai Fungsi Energi Foton untuk Menentukan Energi Gap *Indirect* rGO dengan Variasi Temperatur Pemanasan (a) 700ºC (b)750ºC (c)800ºC (d)850ºC (e)900ºC	35
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Frekuensi dengan Konduktansi	37
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Temperatur Pemanasan dengan Konduktivitas Listrik rGO	38

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Contoh Data Hasil Karakterisasi Menggunakan XRD	24
Tabel 3.2	Contoh Data Hasil Karakterisasi Menggunakan Spektrometer UV-Vis	26
Tabel 3.3	Contoh Data Hasil Karakterisasi Menggunakan LCR Meter	26
Tabel 4.1	*Yield* Massa Karbon Bulu Ayam	27
Tabel 4.2	Nilai FWHM dan Posisi Puncak rGO	30
Tabel 4.3	Nilai Regangan Kisi rGO	32
Tabel 4.4	Energi Gap rGO	36
Tabel 4.5	Konduktansi Listrik rGO	37
Tabel 4.6	Konduktivitas Listrik rGO	38

ABSTRAK

Agustin, Maria Ulfa. 2021. **Pengaruh Variasi Temperatur Oksidasi terhadap Sifat Fisis dan Listrik rGO (*Reduced Graphene Oxide*) dari Bulu Ayam.** Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Erna Hastuti, M.Si (II) ahmad Abtokhi, M.Pd.

Kata Kunci: Bulu Ayam; Sifat Fisis; Sifat Listrik; rGO; Variasi Temperatur

Bulu ayam merupakan limbah yang sulit terurai oleh tanah karena kandungan keratinnya. Bulu ayam digunakan sebagai bahan dasar pembuatan rGO. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi termperatur terhadap sifat fisis (ukuran kristal dan energi gap) dan listrik (konduktivitas). Bulu ayam dipanaskan melalui dua tahap yaitu pada temperatur 250^{o}C dan variasi temperatur 700^{o}C, 750^{o}C, 800^{o}C, 850^{o}C, dan 900^{o}C. Hasil karakterisasi mikrostruktur menggunakan XRD menunjukkan bahwa karbon membentuk struktur (fasa) rGO. Ukuran kristal menurun mencapai 1,6023 nm pada sampel rGO 900^{o}C. Nilai konduktivitas listrik tertinggi dengan nilai energi gap terendah mencapai *direct* 5,47 eV dan *indirect* 4,64 eV pada sampel rGO 900^{o}C.

ABSTRACT

Agustin, Maria Ulfa. 2021. Effect of Oxidation Temperature Variations on Physical and Electrical Properties of rGO (Reduced Graphene Oxide) from Chicken Feathers. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University (UIN) Malang. Supervisor: (I) Erna Hastuti, M.Si (II) ahmad Abtokhi, M.Pd.

Keyword: Chicken Feather; Electrical; Physical Propeties; rGO; Temperature Variations

Chicken feathers are waste that is difficult to decompose by soil because of its keratin content. Chicken feathers are used as the basic material for making rGO. This study aims to determine the effect of temperature variations on physical (crystal size and energy gap) and electrical (conductivity) properties. Chicken feathers are heated through two stages, namely at a temperature of 250^{o}C and temperature variations of 700^{o}C, 750^{o}C, 800^{o}C, 850^{o}C, dan 900^{o}C. The results of microstructural characterization using XRD showed that carbon formed the structure (phase) of rGO. The crystal size decreased to 1.6023 nm in the 900^{o}C rGO sample. The highest electrical conductivity value with the lowest energy gap value reached direct 5.47 eV and indirect 4.64 eV in the 900^{o}C rGO sample.

مستخلص البحث

أغوستين، ماريا ألفى. 2021. تأثير تغيرات درجة حرارة الأكسدة على الخصائص الفيزيائية والكهربائية لـ rGO (انخفاض أكسيد الجرافين) من ريش الدجاج. البحث الجمعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (1) إيرنا هاستوتي، الماجستير. (2) أحمد أبطوكي، الماجستير.

الكلمات المفتاحية: ريش الدجاج، الخصائص الفيزيائية، الخصائص الكهربائية، rGO، تغيرات درجة الحرارة.

ريش الدجاج عبارة عن نفايات يصعب تحللها عن طريق التربة بسبب محتواها من الكيراتين. يستخدم ريش الدجاج كمادة أساسية لصنع . تهدف هذه الدراسة إلى تحديد تأثير التغيرات في درجات الحرارة على الخصائص الفيزيائية (الحجم البلوري وفجوة الطاقة) والخواص الكهربائية (الموصلية). يتم تسخين ريش الدجاج على مرحلتين، وهما عند درجة حرارة 250 درجة مئوية وتغيرات درجة حرارة 700 درجة مئوية، 750 درجة مئوية، 800 درجة مئوية، 850 درجة مئوية، 900 درجة مئوية. أظهرت نتائج توصيف البنية المجهرية باستخدام XRD أن الكربون شكل هيكل (طور) rGO. انخفض حجم البلورة إلى 1.6023 نانومتر في عينة rGO 900 درجة مئوية. بلغت أعلى قيمة للتوصيل الكهربائي مع أدنى قيمة فجوة طاقة 4.64 فولت مباشر و4.64 فولت غير مباشر في عينة rGO 900 درجة مئوية.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produksi daging ayam di Indonesia dalam 10 tahun terakhir semakin bertambah. Berdasarkan data statistik (2019) Indonesia menghasilkan daging ayam sebanyak 3495090,91 ton per tahun. Pada industri rumah pemotongan ayam (RPA), diperoleh bulu sekitar 6 - 9,6 % dari bobot hidup (Murtidjo, 2003). Bulu ayam memiliki kandungan 91% protein (keratin), 1% lipid, dan 8% air (Bansal, 2016). Karena kandungan keratin yang cukup tinggi menyebabkan bulu ayam sulit terdegradasi oleh tanah (Ketaren, 2008).

Firman Allah kepada manusia untuk memanfaatkan bulu ayam terdapat dalam al-Quran surat an-Nahl ayat 5:

وَالْأَنْعَامَ خَلَقَهَا قلسلَكُمْ فِيْهَا دِفْءٌ وَمَنَافِعُ وَمِنْهَا تَأْكُلُوْنَ {5}

Dan Dia telah menciptakan binatang ternak untuk kamu; padanya ada (bulu) yang menghangatkan dan berbagai-bagai manfaat, dan sebagiannyaa kamu makan (Q.S An-Nahl 16:5).

Ayat diatas menjelaskan bahwa berbagai manfaat dari bulu yang telah diciptakan Allah untuk kita. Jadi banyak penelitian dilakukan untuk mengurangi masalah limbah bulu ayam diantaranya untuk pembuatan fiberglass, pakan ikan, karbon aktif dan graphene.

Menurut Setiawan (2012) bulu ayam dapat dimanfaatkan sebagai fiberglass. Karena harganya yang terjangkau menjadi alasan dimanfaatkannya sebagai pengganti serat fiber. Sedangkan Mulia, dkk (2016) memanfaatkan limbah bulu ayam sebagai bahan pakan ikan dengan melakukan fermentasi bakteri Bacillus

Subtilis. Bulu ayam juga bisa dimanfaatkan menjadi bahan dasar karbon aktif diantaranya adsorben logam Fe dan hydrogen storage.

Penelitian yang dilakuakan Bagaskoro, dkk (2020) menunjukkan bahwa karbon aktif dari bulu ayam dapat menjadi adsorben logam Fe. Titik optimum penyerapan logam Fe menggunakan bulu ayam terdapat pada massa karbon 0.5gr selama waktu 40 menit. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan Alhamidi, dkk (2019) yaitu memanfaatkan karbon aktif bulu ayam untuk bahan dasar hydrogen storage. Karbon aktif tersebut diaktivasi dengan menggunakan KOH dan variasi temperatur. Pada temperatur 500^{o}C menghasilkan luas permukaan pori terbesar yaitu 3,257 m^2/g.

Penelitian yang dilakukan Lestari (2020) menunjukkan bahwa karbon bulu ayam yang dipanaskan dengan temperatur 450^{o}C membentuk struktur graphene. Graphene merupakan material yang berbentuk lembaran atom tunggal sp^2 2 dimensi dengan susunan heksagon (Giem, 2007). Graphene oxide (GO) dibentuk oleh oksidasi grafit yang terdiri dari atom karbon sp^2 dan berstruktur kisi sama dengan graphene (Krishnamoorthy, 2011). Material hasil reduksi dari GO ini disebut graphene oksida tereduksi (rGO) (Pei and Cheng, 2012). Bulu ayam juga berpotensi digunakan sebagai bahan baku pembuatan rGO.

Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk pembuatan rGO yaitu exfoliasi terdapat beberapa tahap yaitu karbonisasi, oksidasi, dan reduksi. Pada proses karbonisasi terjadi pembakaran biomass dengan tujuan untuk mendapatkan karbon dan menghilangkan zat yang tidak dibutuhkan (tar, methanol, air, dll). Selanjutnya terjadi proses oksidasi, dimana karbon dipanaskan dengan temperatur tinggi dan

diperoleh GO. Kemudian GO dapat berubah menjadi rGO melalui proses reduksi menggunakan metode ekfoliasi (Darminto, 2018).

Penelitian yang relevan dengan penelitian ini antara lain Jayanti (2017) membuat rGO menggunakan metode exfoliasi dengan variasi temperatur, pemanasan karbon yang terbaik yaitu pada 800^{o}C. Dewi (2019) membuat rGO dari bulu ayam yang dipanaskan dengan temperatur 400^{o}C dan diexfoliasi menggunakan penambahan konsentrasi KOH. Hasilnya menunjukkan bahwa pada temperatur 400^{o}C material sudah membentuk struktur fasa rGO. Pada penelitian yang dilakukan Fefiyanti (2019) menunjukkan ketika karbon dieksfoliasi menggunakan HCl memiliki sifat listrik lebih rendah, dibandingkan dengan sampel yang dieksfoliasi menggunakan Aquades.

Penelitian ini membuat rGO dari bulu ayam dengan variasi temperatur dan metode exfoliasi menggunakan aquades. Temperatur yang digunakan adalah 700^{o}C, 750^{o}C, 800^{o}C, 850^{o}C dan 900^{o}C. Penelitian ini menganalisis sifat fisis dengan menggunakan karakterisasi XRD, UV-Vis dan untuk mengetahui sifat listrik menggunakan LCR meter. Penelitian ini mempelajari pengaruh penambahan temperatur pada karbon bulu ayam untuk dijadikan rGO.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang dapat dikaji dan diteli dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana pengaruh variasi temperatur terhadap fasa yang terbentuk pada material rGO dari bulu ayam?
2. Bagaimana pengaruh variasi temperatur terhadap band gap dan konduktivitas listrik material rGO dari bulu ayam?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dilakukanya penelitian ini antara lain:

1. Untuk menganalisis penambahan temperatur terhadap fasa yang terbentuk pada material rGO dari bulu ayam.
2. Untuk menganalisis penambahan temperatur terhadap band gap dan konduktivitas listrik material rGO dari bulu ayam.

1.4 Batasan Masalah

1. Pemanasan rGO bulu ayam menggunakan temperatur 700^{o}C, 750^{o}C, 800^{o}C, 850^{o}C dan 900^{o}C selama 5 jam.
2. Sampel disonikasi menggunakan ultrasonikasi selama 5 jam dengan temperatur ruang.
3. Sampel disonikasi menggunakan aquades.
4. Karakterisasi sampel menggunakan XRD, UV-Vis, dan LCR meter

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan penelitian dan penguasaan pada bidang material terutama berkaitan dengan analisis data difraksi yang bermanfaat untuk karakterisasi nanomaterial menggunakan difraksi sinar-x.
2. Memberikan kontribusi bagi peneliti selanjutnya yang menggunakan instrumen yang telah diteliti karakteristik profil instrumennya sehingga hasil analisis yang diperoleh peneliti selanjutnya lebih akurat.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

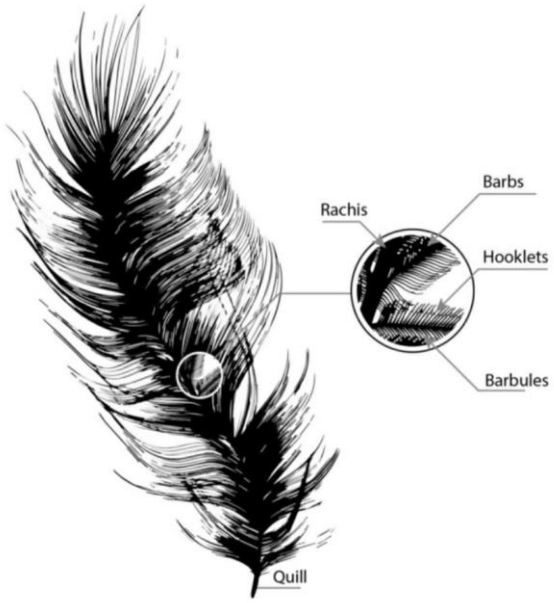
2.1 Bulu Ayam

Bulu merupakan bagian terluar dari unggas yang menjadi pembeda burung dari vertebrata yang lain. Selain berfungsi untuk terbang bulu berperan dalam mengatur suhu tubuh. Struktur bulu Bulu tersusun teratur, strukturnya bercabang hierarkis, dan termasuk struktur keratin paling kompleks yang ditemukan pada vertebrata (Yu, 2002).



Gambar 2.1 Bulu Ayam.

Struktur bulu ayam terbagi sekitar setengah dari serat bulu (Barbs) dan setengah duri (rachis) berdasarkan berat (Gambar 2.2). Duri (rachis) adalah inti pusat yang kaku dengan struktur tabung hampa dan membentang hingga 15 cm. Sedangkan barbs adalah bahan berserat halus yang bercabang dari rachis. Barb memiliki panjang sekitar 1 – 4.5 cm. Barbule berjarak sangat dekat dan saling terkait melalui hooklets (Yu, 2002). Komponen struktural utama pada bulu adalah campuran dari α-keratin dan β-keratin. Bulu ayam memiliki komposisi unsur (wt%): 47,4% C; 7,2% H; 15,1% N; 2,9% S; 27,4% lainnya (O dan bahan anorganik) (cheong, 2018).



Gambar 2.2 Struktur Morfologi Bulu Ayam (Cheong, 2018).

Keratin adalah produk pengerasan jaringan epidermal dari tubuh yang mengandung protein fibrous yang kaya akan sulfur. Keratin dapat kita peroleh dari wol, sisik ikan, tanduk binatang bulu unggas dan jaringan pengeras lainnya. Kandungan keratin dalam tepung bulu ayam berkisar antara 85-90 % dari kandungan proteinnya. Protein keratin mengandung 14 % sistin disulfida sebagai jembatan antar molekul. Kandungan sistin pada keratin berkisar antara 11-12 % (Farida, 2013).

Keratin terdiri dari lebih 90 amino asam tetapi sebagian besar berupa sistin, lisin, prolin, dan serin (Ward., dkk, 1955, Harrar dan Woods 1963). Asam amino cenderung saling bersilangan membentuk ikatan disulfida atau hidrogen sehingga enghasilkan serat yang kua, ringan dengan sifat termal dan isolasi yang baik (Schmidt 2002, Poole., dkk, 2009).

Keratin pada bulu ayam dapat didegradasi dengan memecah atau memutus ikatan disulfida pada keratin tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan pemanasan tinggi (hidrotermal), perlakuan kimia, serta perlakuan biologis. Perlakuan

hidrotermal dilakukan dengan pengaturan suhu dan tekanan yang tinggi (Cai dan Zheng, 2009). Bulu mengandung 91% protein berupa keratin, dan dengan demikian, bulu dapat dimanfaatkan menjadi senyawa yang bernilai tinggi atau produk yang terdiri dari protein berupa keratin dan serat keratin.

2.2 Karbon

Karbon merupakan salah satu unsur alam yang memiliki lambang "C" dengan nilai atom sebesar 12. Karbon merupakan suatu bahan padat berpori yang dihasilkan melalui proses pemanasan (Lempang, 2014). Karbon dapat dibuat dari bahan-bahan organik maupun anorganik yang berasal dari tumbuhan, hewan atau bahan tambang dengan pemanasan pada suhu tinggi. Sebagian dari pori-porinya masih tertutup hidrokarbon, tar, dan senyawa organik lain. Komponennya terdiri dari karbon terikat, abu, air, nitrogen, dan sulfur (Khuluk, 2016).



Gambar 2.3 Serbuk Karbon (Hu, dkk, 2010).

Karbon merupakan salah satu material yang memiliki beragam morfologi, yaitu karbon koloidal, nanotube, fullerenese, grafit, grafen, 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. Selain itu, beberapa partikel karbon dengan morfologi tertentu akan memiliki aplikasi yang berbeda, diantaranya:

1. Karbon sperik diaplikasikan dalam *nano device*, penyimpan energi, teknologi pemisahan, adsorben, katalis, anoda baterai, dan template pembentuk material berpori (Brun., dkk, 2013).
2. Karbon berpori digunakan sebagai penukar ion, katalis, elektroda baterai, pengisi polimer, ultrafiltrasi, sensor, bahan bakar, adsorben, dan membran (Goodman., dkk, 2013).
3. Karbon koloidal memiliki keunggulan, diantaranya: banyak gugus fungsi, mudah terdispersi, mempunyai sisi aktif, dan mudah dikompositkan (Hu., dkk, 2010).

Pembuatan karbon dilakukan dua tahap yaitu pemilihan bahan dan karbonisasi. Pemilihan bahan baku perlu dilakukan untuk mengetahui jenis karbon yang akan dibuat. Bahan baku karbon dapat diperoleh dari kayu lunak, kayu keras, lignin, kulit kacang, batu bara, dan lain – lain. Bahan baku yang dijadikan karbon harus memenuhi beberapa kriteria, yaitu unsur anorganik yang rendah, mudah didapat, memiliki derajat volatilitas yang tidak terlalu tinggi, murah, dan memiliki daya tahan yang baik. Bahan baku yang telah dipilih selanjutnya akan dikarbonisasi (Manocha, 2003).

Karbonisasi adalah proses penghilangan bahan yang mudah menguap dari karbon yang dilakukan dengan memanaskannya sampai suhu tertentu dengan jumlah oksigen yang terbatas. Material yang tertinggal adalah material arang dengan pori-pori yang halus. Pada saat karbonisasi terjadi beberapa tahap. Tahap

pertama yaitu penghilangan air. Tahap kedua yaitu penguapan selulosa. Tahap selanjutnya yaitu penguapan lignin. Tahap terakhir yaitu pemurnian karbon. Air, selulosa dan lignin menguap pada suhu 400^{o}C, sedangkan pemurnian karbon rata-rata terjadi pada suhu 500-800^{o}C (Marsh, 2006).

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).

2.3 *Graphene*

Graphene adalah susunan atom karbon heksagonal dengan hibridisasi sp^2 dalam struktur dua dimensi. Material grafena ini pertama kali disintesis oleh Andre K. Geim dan Konstantin Novoselov pada tahun 2007. Geim dan Novoselov membuat grafena dengan cara mengelupas lapisan-lapisan kristalin. Grafit atau karbon hingga skala mikrometer menggunakan selotip. Satu lembar grafena teramati menggantung pada substrat silikon 7 oksida dengan mikroskop optik.

Metode sintesis material grafena tersebut dinamakan metode scotch tape atau metode mechanical exfoliation (Geim dan Novoselov, 2007). *Graphene* banyak diteliti dan dikembangkan oleh para ilmuan karena sifat unik yang dimilikinya. Beberapa sifat dan karakteristik dari material *graphene* adalah sebagai berikut (Geim dan Novoselov, 2007): Mobilitas elektron tinggi mencapai 200.000 cm^2/Vs, konduktivitas listrik yang tinggi (0,96 × 106 Ω^{-1} cm^{-1}), konduktivitas termal yang

tinggi (500 W/mK), transparansi optik yang baik (97,7%), memiliki kekuatan tarik 1 TPa, serta memiliki kekuatan 200 kali lebih keras dari berlian.

1. Konduktivitas optik *graphene* yang tersusun 2D dengan kisi hexagonal, menampilkan banyak sifat optik yang luar biasa. Konduktivitas optik universal *graphene* pada rentang energi inframerah (infrared) sampai cahaya tampak (visible).
2. Sifat lain yang unggul dan menarik dari *graphene* adalah keelastisitasan bahannya.
3. Ikatan atom karbonnya sangat fleksibel yang memungkinkan jaringannya merenggang hingga 20% dari ukuran awal.
4. Bersifat konduktor listrik dan konduktor panas. Sifat konduktivitas listrik *graphene* berasal dari elektron ikatan *phi* yang terdelokalisasi di sepanjang ikatan C-C dan bertindak sebagai pembawa muatan. *Graphene* merupakan bahan superkonduktor, namun dapat berubah menjadi semikonduktor dengan menambahkan *dopping*. *Dopping* ini akan memutuskan ikatan *phi* pada atom karbon yang bersangkutan sehingga menurunkan konduktivitas listrik *graphene* atau membuka band gap.

Sifat-sifat unggul yang dimiliki *graphene* tersebut dapat diaplikasikan ke bidang tertentu. Beberapa aplikasi dari *graphene* yaitu sebagai material pembuatan superkapasitor, transistor, elektroda konduktif yang transparan, dan lain sebagainya (Efelina, 2015).

2.4 *Graphene Oxide* (GO)

Stalabilitas merupakan faktor penting untuk sintesis graphene, dan salah satu pendekatan paling populer terhadap eksfoliasi grafit adalah penggunaan zat

pengoksidasi yang kuat untuk mendapatkan Graphene Oxide (GO), yaitu bahan karbon yang hidrofilik dan nonkonduktif (Alam dkk, 2017).

Menurut Li et al, (2014) terdapat dua masalah utama dalam memperoleh graphene. Masalah pertama adalah tentang bagaimana dapat menghasilkan lembaran graphene pada skala yang cukup. Seperti telah diketahui bahwa graphite, meskipun harganya murah dan tersedia dalam jumlah banyak, graphite tidak mudah terkelupas untuk menghasilkan lembaran graphene satu lapis. Masalah kedua adalah bahwa lembaran graphene sulit digabungkan dan didistribusikan secara homogen ke berbagai matriks untuk aplikasi. Sebagai solusi, graphene oxide (GO) yang mengandung banyak kelompok berbasis oksigen dapat diperoleh dengan mudah dari oksidasi graphite.

2.5 *Reduced Graphene Oxide* (rGO)

Produksi GO melalui graphite oxide yang mana dapat di sintesis dengan banyak cara. Sebagai contoh metode Hummers yang menggunakan perendaman graphite didalan larutan asam sulfat dan pottasium permanganate untuk menghasilkan graphite oxide. Pengadukan dan sonikasi pada graphite oxide dilakukan untuk memperoleh GO lapis tunggal. Hal ini mengindikasikan bahwa kelompok fungsi GO merupakan hidrofilik sehingga memungkinkan terjadinya dispersi dalam larutan air. Kemudian GO secara kimiawi, termal, atau elektrokimia direduksi menghasilkan graphene (Wisnuwijaya, 2017).

Pembuatan rGO pada proses fisika yairu langkah pertama adalah proses membakar biomass untuk menghasilkan arang, dan kemudian dihancurkan menjadi bubuk. Selanjutnya, dipanaskan pada temperatur 400^{o}C, 600^{o}C, 800^{o}C, dan 1000^{o}C selama 5 jam di udara sekitar. Selanjutnya, bubuk yang dihasilkan ditambahkan ke

dalam air suling dengan berbagai konsentrasi larutan 0,001 mg / ml, 0,002 mg / ml dan 0,003 mg / ml. Pengelupasan dicapai dengan ultrasonik dispersi selama 3 jam. Akhirnya, sampel diaduk (4000 rpm) selama 20 menit untuk menghilangkan grafit yang tidak terkelupas. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan XRD (Philips X'pert) untuk mengidentifikasi keberadaan fase rGO dalam bubuk yang dihasilkan setelah dipanaskan pada temperatur yang bervariasi dan spektroskopi fotoluminescence (PL) (Perkin Elmer LS-55) untuk menentukan sifat optik sampel (Jayanti, 2017).

2.6 Sonikasi/Ultrasonikasi

Sonikasi/Ultrasonikasi merupakan metode sintesis grafena untuk proses eksfoliasi atau pengelupasan lembaran grafena dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik. Sonikasi menjadi alternatif untuk membuat graphene dengan kualitas tinggi, tetapi pada umumnya pembuatan graphene adalah sebuah langkah mudah. Untuk memberikan sebuah contoh: graphite ditambahkan kedalam campuran asam organik yang ditambahkan air, alkohol dan air, lalu campuran akan dikenai gelombang ultrasonik. Asam bekerja sebagai “molecular wedge” yang akan memisahkan lembaran graphene dari induknya graphite. Dengan proses mudah ini, graphene kualitas tinggi yang terdispersi dalam air tercipta. (An., dkk, 2010).

Penggunaan gelombang ultrasonik berdasarkan rentangnya yang luas ini dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama adalah suara beramplitudo rendah (frekuensi lebih tinggi). Gelombang beramplitudo rendah ini secara umum digunakan untuk analisis pengukuran kecepatan dan koefisien penyerapan gelombang pada rentang 2 hingga 10 KHz. Bagian kedua adalah gelombang berenergi tinggi dan terletak pada frekuensi 20 hingga 100 KHz. Gelombang ini

dapat digunakan untuk pembersihan, pembentukan plastik, dan modifikasi bahan-bahan organik maupun anorganik (Wisnuwijaya, 2017).

Ultrasonik dengan frekuensi 20-100 kHz diketahui mempunyai efek signifikan dalam mempercepat berbagai proses kimia dan fisika. Efek penggunaan ultrasonic dalam proses pembersihan (cleaning), ekstraksi atau pemurnian suatu senyawa adalah waktu proses lebih singkat dan peningkatan kualitas produk (Chemat., dkk, 2011). Gelombang ultrasonik kekuatan tinggi diketahui mampu merusak atau mengikis dinding sel atau permukaan bahan padat (John, 2002). Pada reaktor ultrasonik, gelombang ultrasonik digunakan untuk menimbulkan efek kavitasi akustik yaitu pembentukan, pertumbuhan dan pecahnya gelembung dalam medium cairan. Ketika gelembung kavitasi pecah di dekat atau pada permukan padat maka permukaan padat akan memberikan resistensi terhadap aliran cairan. Hal ini menyebabkan cairan mikrojet mengarah ke permukaan padat dengan kecepatan mendekati 400 km/h (Suslick, 1995). Dampak dari mikrojet ini sangat kuat, antara lain dapat mengupas (peeling) permukaan, mengikis atau memecah dinding sel (Vilkhu, 2008).

2.7 *X-Ray Diffraction* (XRD)

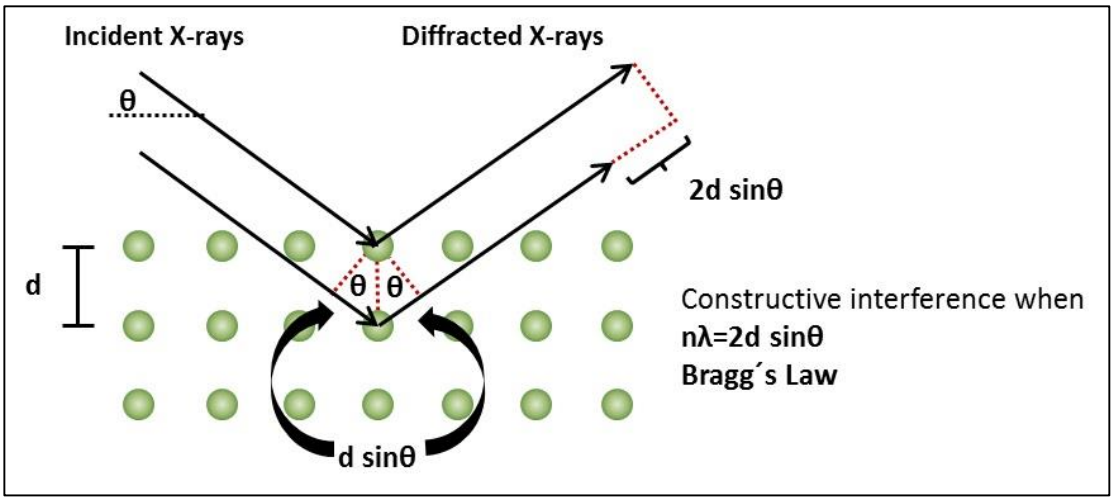
Difraksi sinar-X (*X-ray diffraction*/XRD) merupakan salah satu metode karakterisasi material yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel (Rojikhi, 2011). Alat ini terdiri dari tiga bagian utama yaitu tabung sinar-x, tempat objek, dan detektor sinar-x.

Sinar-X adalah bentuk radiasi elektromagnetik yang memiliki energi tinggi dan panjang gelombang pendek (panjang gelombang pada urutan jarak atom untuk

padatan). Ketika seberkas sinar-x dikenakan pada bahan padat, sebagian sinar disebar ke semua arah oleh elektron pada setiap atom atau ion yang dilewati sinar. Hasil dari penangkapan sinar berupa puncak – puncak difraktogran. Setiap puncak mewakili unsur atau senyawa tertentu (Callister, 2007).

Apabila suatu bahan dikenai sinar-X maka intensitas sinar-X yang ditransmisikan lebih kecil dari intensitas sinar datang. Hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh bahan dan juga penghamburan oleh atom-atom dalam material tersebut. Berkas sinar yang dihantarkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena fasenya berbeda dan ada juga yang saling menguatkan karena fasenya sama (Zeffry, 2015)

Secara umum prinsip kerja XRD yaitu sampel yang sudah berbentuk serbuk dimasukkan dalam plat sampel. Plat sampel diletakkan pada tempat sampel dalam alat XRD. Pengamatan intensitas yang dihamburkan dimulai dari sudut difraksi $\theta = 0^o$ sampai 60^o. Sinar-X yang tersebar dari sampel saling menguatkan baik secara konstruktif maupun destruktif. Ini berarti bahwa detektor dapat membaca sinyal hanya pada sudut di mana terjadi interferensi konstruktif. Ini secara skematis ditunjukkan pada gambar 2.4 (Barron, 2020).



Gambar 2.4 Difraksi Sinar-X (Barron, 2020).

Titik-titik pada grafik sesuai dengan bahan penyusun bahan kristal. Karena sifat kristalin, atom-atom tersusun secara berkala. Sinar-X insiden tersebar di berbagai bidang material. Oleh karena itu, sinar-X terdifraksi yang dihasilkan memiliki panjang jalur optik yang berbeda untuk dilalui. Besarnya panjang jalur ini hanya bergantung pada jarak antara bidang kristal dan sudut datang berkas sinar-X. Hal ini dapat digambarkan dalam Persamaan Bragg (Barron, 2020):

$$n\lambda = 2d\ sin\theta \tag{2.1}$$

dengan:

λ = panjang gelombang sinar-X

d = jarak antara dua bidang sisi

θ = sudut antara sinar datang dengan bidang normal

n = bilangan bulat yang disebut sebagai orde pembiasan

Pada uji menggunakan XRD dapat diperoleh ukuran kristal dengan persamaan Scherrer (Callister, 2007):

$$D = \frac{k\lambda}{\beta cos\theta} \tag{2.2}$$

dengan D adalah ukuran kristal. K adalah konstanta dimensi kristal yaitu 0,9. β adalah lebar setengah puncak (FWHM) dalam radian.

Sedadangkan hasil modifikasi persamaan wiliamson-Hall digunakan untuk mencari regangan kisi dirumuskan sebagai berikut (Nafees dkk, 2012):

$$\varepsilon = \frac{\beta}{4\ tan\ \theta} \tag{2.3}$$

dengan ε adalah regangan kisi. β adalah lebar setengah puncak (FWHM) dalam radian, θ adalah posisi sudut terbentuknya puncak.

2.8 UV-Vis

Spektrofotometer UV-Visibel (sinar tampak) adalah analisa kuantitatif dan kualitatif spesies kimia dengan pengukuran absorbansi atau transmittansi dalam spektroskopi. alat ini pada umumnya digunakan untuk mendeteksi transmitan atau absorban, cahaya yang melewati suatu material, dengan gelombang cahaya tertentu (Skoog et al, 2013).

Secara umum cara kerja spektrofotometer UV-Visibel adalah sinar dari sumber radiasi diteruskan menuju monokromator. Cahaya dari monokromator diarahkan terpisah melalui blangko dan sampel dengan sebuah cermin berotasi. Kedua cahaya lalu bergantian berubah arah karena pemantulan dari cermin yang berotasi secara kontinyu. Detektor menerima cahaya dari blangko dan sampel secara bergantian secara berulang-ulang. Sinyal listrik dari detektor diproses, diubah ke digital dan dibandingkan antara sampel dan blangko. Perhitungan dilakukan dengan komputer yang sudah terprogram (Rojikhi, 2011).

2.9 Konduktivitas Listrik

Salah satu sifat listrik yang paling penting dari material padat adalah konduktivitas listrik. Nilai konduktivitas listrik bahan diukur menggunakan LCR-meter HIOKI 3522-50 HITESTER. Sampel untuk proses pengukuran konduktivitas listrik berupa serbuk. Dari alat LCR-meter ini didapatkan nilai resistansi (R) dengan satuan **Ω**, dan untuk mendapatkan nilai konduktivitas listriknya (σ) S/m digunakan persamaan (Callister, 2014):

$$\sigma = G(\omega)(L/A) \tag{2.4}$$

Konduktivitas listrik AC menunjukkan pengaruh frekuensi yang mengindikasikan lompatan elektron pada sampel karbon. Telah diamati bahwa

konduktivitas AC meningkat seiring dengan peningkatan aplikasi yang diberikan karena frekuensi yang tinggi meningkatkan frekuensi lompatan elektron yang lebih tinggi (Kazmi dkk, 2016).

2.10 Kajian Integrasi Islam

Semua ciptaan Allah tidak ada yang sia-sia didunia ini. Maka dari itu, sudah menjadi kewajiban sebagai saintis muslim untuk mengkaji dan mengeksplorasi ciptaan-Nya agar kelak menjadi manfaat bagi umat yang lain. Sebagaimana firman Allah dalam Q.S Ali-Imran:190-191:

اِنَّ فِيْ خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ وَاخْتِلَافِ الَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَاٰيٰتٍ لِّاُولِى الْاَلْبَابِۙ {190} الَّذِيْنَ يَذْكُرُوْنَ اللّٰهَ قِيَامًا وَّقُعُوْدًا وَّعَلٰى جُنُوْبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُوْنَ فِيْ خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِۚ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بَاطِلًاۚ سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ{191}

Sesungguhnya, dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang, terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka.

Menurut As-Suyuthi dan Jalaluddin (1990) pada tafsir Jalalain, kata yang bermakna “berakal” pada ayat diatas artinya adalah orang yang menggunakan pemikiran mereka. Ulul albab berarti orang yang menjadi na’at atau badal bagi sebelumnya, yaitu selalu mengingat Allah baik dalam kondisi berdiri, duduk maupun berbaring. Ia juga berfikir mengenai penciptaan alam semesta, yang mana semua ciptaan Allah di muka bumi ini tidak ada yang sia-sia dan memiliki manfaat. Dari proses berfikir inilah dikembangkan bulu ayam menjadi sesuatu yang memiliki nilai lebih. Bulu ayam yang biasa dianggap sebagai limbah produksi ternak ayam pedaging dapat bermanfaat jika diolah dan diteliti dengan baik maka akan

menghasilkan material baru, misalnya karbon. Karbon dapat dimanfaatkan pada banyak aplikasi misalnya elektroda superkapasitor. Sebuah penelitian akan menghasilkan ilmu pengetahuan baru. Al-Qur‟an digunakan untuk menjadi petunjuk dan peringatan untuk orangorang yang berfikir sehingga seorang Ulul Albab tidak salah dan tersesat dalam menekuni ilmu pengetahuan (As Suyuthi dan Jalaluddin, 1990). Allah berfirman pada surat Ghafir ayat 54:

هُدًى وَّذِكْرٰى لِاُولِى الْاَلْبَابِ{54}

Untuk menjadi petunjuk dan peringatan bagi orang-orang yang berfikir (Q.S Ghafir 40:54)

Sebuah penelitian akan menghasilkan ilmu pengetahuan baru. Ilmu pengetahuan yang terus berkembang mampu menciptakan berbagai inovasi untuk mencapai kesejahteraan umat manusia. Ayat diatas menunjukan bahwa seorang yang berakal (saintis muslim) hendaknya berhati-hati dalam melakukan penelitian agar tidak terjadi kesalahan yang dapat merugikan orang lain.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan merupakan eksperimen pembuatan rGO berbahan dasar bulu ayam dengan memvariasikan temperatur sebesar 700^{o}C, 750^{o}C, 800^{o}C, 850^{o}C, dan 900^{o}C. Proses yang dilakukan meliputi pemanasan, eksfoliasi, dan karakterisasi. Karakterisasi sampel menggunakan XRD, UV-Vis, dan uji sifat listrik menggunakan LCR meter. Analisis yang dilakukan membandingkan fasa yang terbentuk, band gap, dam konduktivitas.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 31 juli 2020 sampai 15 september 2020. Tempat di Laboratorium Riset Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Karakterisasi XRD dilakukan di Institut Sepuluh November Surabaya. Karakterisasi UV-Vis dilakukan di Jurusan Kimia, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Dan karakterisasi LCR meter dilakukan di Jurusan Fisika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

1. Furnace 1 Buah
2. Krusibel 1 Buah
3. Ultrasonic cleaner 1 Buah
4. Ayakan 250 mesh 1 Buah
5. Mortar dan alu 1 Buah
6. Beaker glass 6 Buah

7. Gelas ukur 2 Buah
8. Aluminium voil
9. Spatula 3 Buah
10. Vial 9 Buah
11. Oven 1 Buah
12. Neraca digital 1 Buah
13. Jangka sorong 1 Buah
14. Corong Buchner 2 Buah
15. Cawan petri 3 Buah
16. Pres 1 Buah
17. Lembaran tembaga

3.3.2 Bahan

1. Bulu ayam
2. Aquades

3.3.3 Alat Karakterisasi

1. *X-Ray Difraction* (XRD)
2. Spektrofotometri UV-Vis
3. LCR meter

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap kegiatan yaitu pembuatan karbon bulu ayam, pembuatan material rGO menggunakan variasi temperatur dan dilakukan karakterisasi material.

3.4.1 Pembuatan Karbon Bulu Ayam

1. Bulu ayam lalu dicuci dengan air hingga berwarna putih untuk menghilangkan sisa darah dan kotoran yang menempel. Kemudian dikeringkan menggunakan sinar matahari hingga tidak ada air.
2. Limbah bulu ayam ditimbang beratnya, dipanaskan dengan oven pada temperatur 250^{o}C selama 60 menit untuk mengurangi zat yang tidak terpakai dan menghasilkan karbon. Karbon hasil pembakaran ditimbang untuk mengetahui nilai *yeild*nya.
3. Karbon ditumbuk dengan alu dan diayak dengan ukuran 250 mesh. Kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD, UV-Vis, dan LCR meter.

3.4.2 Pembuatan Material rGO

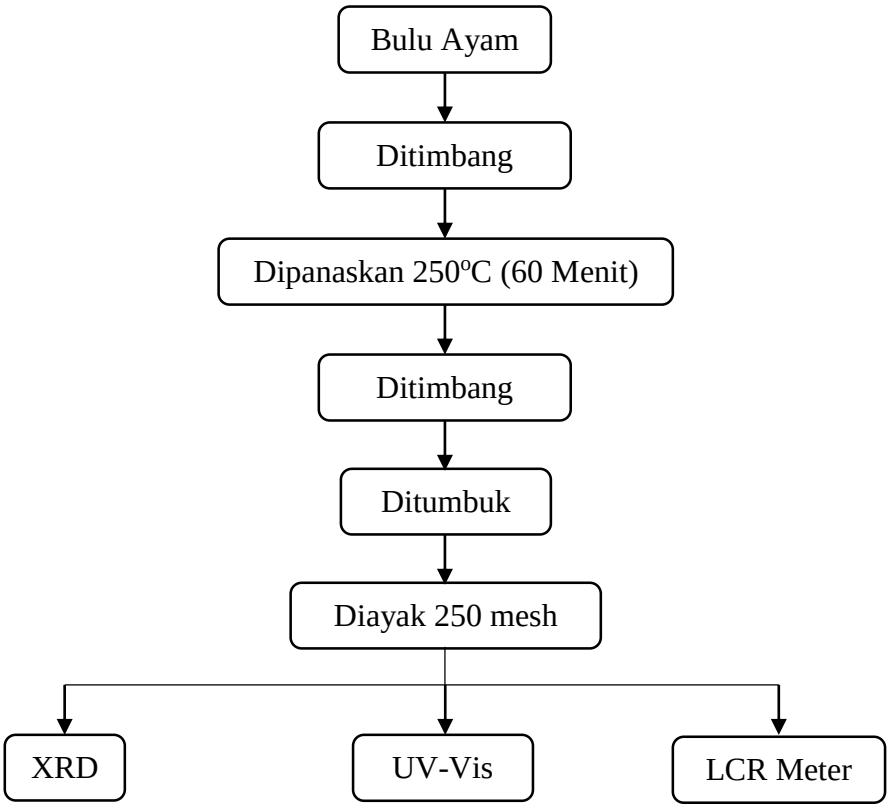
1. Karbon ukuran 250 mesh dipanaskan menggunakan furnace dengan variasi temperatur 700^{o}C, 750^{o}C, 800^{o}C, 850^{o}C, dan 900^{o}C selama 5 jam.
2. Sampel kemudian ditumbuk dengan alu dan diayak sampai ukuran 250 mesh. Kemudian ditimbang sesuai yang dibutuhkan untuk di exfoliasi perbandingan komposisi pencampuran sampel karbon dengan aquades yaitu 1:10.
3. Karbon sebanyak 4 gram dimasukkan dalam beaker glass yang berisi aquades 40 ml.
4. Proses eksfoliasi sampel disonikasi selama 5 jam menggunakan ultrasonic cleaner. Kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur 100^{o}C selama 1 jam.

3.4.3 Karakterisasi Sampel

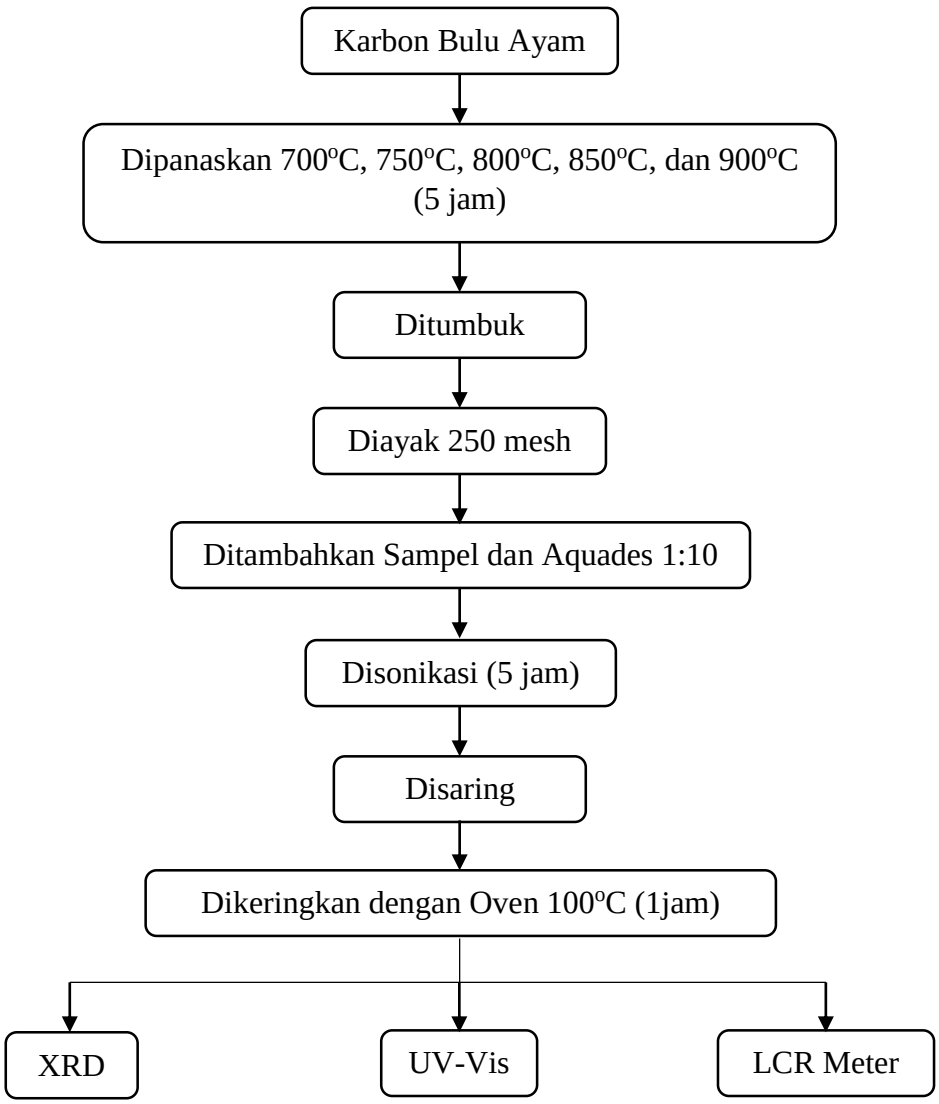
1. Sampel diuji menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk identifikasi fasa dan struktur sampel.
2. Sampel diuji menggunakan Spektrofotometer UV-Vis untuk menghitung nilai energi gap sampel.
3. Sampel diuji menggunakan LCR meter untuk mengetahui konduktivitas listrik sampel.

3.5 Diagram Alir Penelitian

3.5.1 Diagram Alir Pembuatan Karbon



3.5.2 Diagram Alir pembuatan rGO



3.6 Teknik Pengumpulan

Data yang diambil dalam penelitian ini adalah data pengujian fisis dan sifat listrik. Pengujian sifat fisis didapatkan data struktur fasa yang terbentuk dan energi gap. Pengujian sifat listrik dihasilkan data konduktivitas listrik bahan, impedansi, dan kapasitansi area.

3.6.1 Penentuan Fasa Menggunakan XRD

Sampel diuji menggunakan XRD dalam bentuk serbuk. Data yang didapat dianalisis menggunakan bantuan aplikasi Origin atau Match untuk mengetahui fasa yang terbentuk dan struktur kristaldari sampel. Dengan teknik pencocokan database struktur hasil XRD jurnal lain akan diketahui jenis material yang terbentuk pada sampel. Ukuran kristal (D) dan jarak antar lapisan (d) dapat dihitung dengan persamaan Scherrer (Callister, 2007):

$$D = \frac{K\lambda}{\beta cos\theta} \quad (3.1)$$

$$d = \frac{\lambda}{2sin\theta} \quad (3.2)$$

Tabel 3.1 Contoh Data Hasil Karakterisasi Menggunakan XRD

Sample	**FWHM**	**2θ**	**d**	**D**
Karbon Bulu Ayam				
700^{o}C				
750^{o}C				
800^{o}C				
850^{o}C				
900^{o}C				

3.6.2 Penentuan Energi Gap Menggunakan UV-Vis

Sampel disonikasi mengunakan ultrasonic cleaner selama 1 jam. Selanjutnya sampel didiamkan semalam untuk menghasilkan endapan. Larutan bening hasil pengendapan tersebut digunakan untuk pengujian spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui panjang gelombang serapan dan absorbansi dari sampel. Rentang panjang gelombang yang digunakan untuk karakterisasi UV-Vis berkisar pada 200-800 nm. Pemilihan panjang gelombang dengan rentang dilai diatas dikarenakan pengujian sampel menggunakan sinar UV yang berada pada

rentang 200-400 nm dan panjang gelombang sinar tampak (Visible) berada pada rentang 400-800 nm.

Karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui energi gap dari sampel. Langkah-langkah menentukan energi gap berdasarkan data hasil uji menggunakan UV-Vis yaitu (kazmi, 2016):

1. Hasil uji menggunakan spektrofotometer UV-Vis berupa spektrum absorpsi dan panjang gelombang.
2. Nilai panjang gelombang (λ) digunakan untuk menentukan energi foton (αhv) dengan menggunakan persamaan:

   hv=1240/λ (3.1)
3. Berdasarkan spektrum absorpsi (A) dapat diketahui koefisien absorpsi (α) sampel dengan persamaan:

   α=2.303×A (3.2)
4. Besar energi gap direct dapat dihitung dengan memasukkan nilai α dan hv kedalam persamaan:

   $(\alpha hv)^2$ (3.3)

   Dan energy gap indirect:

   $(\alpha hv)^{1/2}$ (3.4)
5. Selanjutnya dibuat plot grafik hubungan antara hv dan $(\alpha hv)^2$ untuk energy gap direct dan plot hubungan antara hv dan $(\alpha hv)^{1/2}$ untuk energi gap indirect.
6. Masing-masing plot grafik akan menunjukkan garis lurus pada daerah tertentu. Ekstrapolasi dari garis lurus tersebut yang akan mengintersepsi pada sumbu hv untuk memberikan nilai energi gap dari sampel.

Tabel 3.2 Contoh Tabel Data Hasil Karakterisasi Menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Sampel	Energi gap direct (Ev)	Energi gap indirect (Ev)
Karbon Bulu Ayam		
rGO 700^{o}C		
rGO 750^{o}C		
rGO 800^{o}C		
rGO 850^{o}C		
rGO 900^{o}C		

3.6.3 Penetuan Konduktivitas menggunakan LCR Meter

Uji sifat listrik dari sampel menggunakan LCR Meter. Dengan alat tersebut didapatkan nilai konduktivitas listrik bahan, impedansi dan kapasitansi area dari sampel. Dengan menggunakan persamaan Callister (2014) maka nilai konduktivitas listrik bahan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma = G(\omega)(L/A) \tag{3.5}$$

dimana σ, G, L dan A masing-masing adalah konduktivitas listrik (S/cm), konduktansi (S), tebal (cm) dan luas penampang bahan (cm^2). Dengan

$$G(\omega) = 1/R \tag{3.6}$$

Tabel 3.3 Contoh Tabel Hasil Karakterisasi Menggunakan LCR Meter

Sampel	Konduktivitas listrik bahan (S/cm)
Karbon Bulu Ayam	
rGO 700^{o}C	
rGO 750^{o}C	
rGO 800^{o}C	
rGO 850^{o}C	
rGO 900^{o}C	

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Penelitian ini menggunakan bulu ayam yang dimanfaatkan dalam pembuatan material *reduced graphene oxide* (rGO). Langkah pertama yaitu bulu ayam dicuci sampai bersih dan dikeringkan menggunakan sinar matahari. Proses pemanasan dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama pada temperatur 250^{o}C selama 1 jam dengan menggunakan oven. Selanjutnya dihaluskan dan diayak dengan ukuran 250 mesh. Pemanasan tahap kedua pada variasi temperatur sebesar 700^{o}C, 750^{o}C, 800^{o}C, 850^{o}C, dan 900^{o}C selama 5 jam di udara terbuka. Pada proses pemanasan terjadi pengurangan massa, sehingga setiap sampel meliki *yield* massa yang berbeda. Untuk perhitungan *yield* massa menggunakan persamaan (Destyorini, 2010):

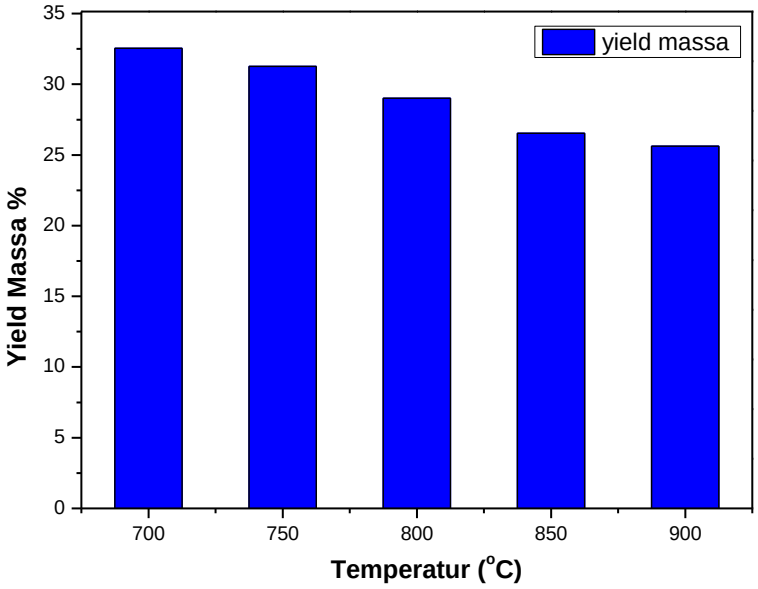
$$Yield\ massa = \frac{massa\ akhir}{massa\ awal}\ x\ 100\% \qquad (4.1)$$

Hasil dari perhitungan menggunakan persamaan 4.1 didapatkan *yield* massa pada tabel 4.1

Tabel 4.1 *Yield* Massa Karbon Bulu Ayam

Temperatur (^{o}C)	Berat Sebelum Pemanasan (gr)	Berat Sesudah Pemanasan (gr)	*Yield* Massa (%)
700^{o}C	26,58	8,65	32,543
750^{o}C	38,16	11,93	31,263
800^{o}C	30,43	8,83	29,017
850^{o}C	29,39	7,8	26,539
900^{o}C	30,56	7,83	25,621

Dari tabel 4.1 dapat dibuat grafik antara temperatur pemanasan dengan *yield* massa yang didapatkan dari perhitungan. Grafik dapat dilihat pada gambar 4.1.

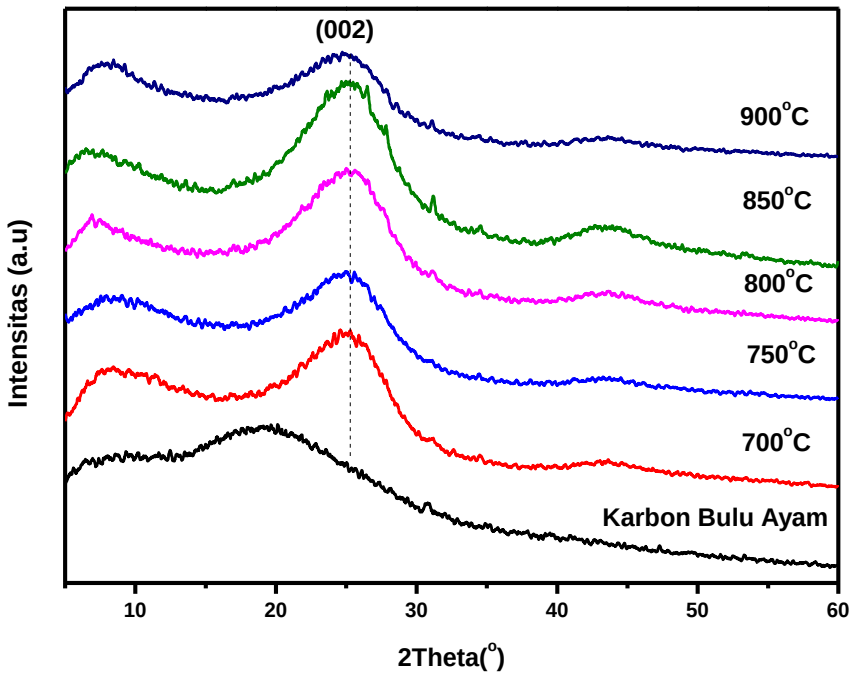


Gambar 4.1 Grafik Hubungan Temperatur Pemanasan dengan *Yield* Massa.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa variasi temperatur berpengaruh terhadap nilai *yield* massa karbon yang dihasilkan. Nilai *yield* massa paling tinggi didapatkan pada temperatur 700^{o}C dan yang terendah pada temperatur 900^{o}C.

Sampel yang didapat selanjutnya, disonikasi dengan aquades selama 5 jam menggunakan *ultrasonic cleaner*. Sampel disaring untuk memisahkan antara karbon dengan aquades. Kemudian sampel dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 250^{o}C selama 1 jam. Sampel dikarakterisasi menggunakan XRD, nilai energi gap dengan Uv-Vis dan uji sifat listrik menggunakan LCR meter.

Pengujian menggunakan difraksi sinar-X dilakukan di Laboratorium Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh November. Gelombang yang digunakan yaitu Cu_K-alpha 1,54 Å dengan rentang pengukuran 2θ 5^{o}-60^{o}. Hasil pengujian menggunakan XRD berupa grafik intensitas terhadap sudut difraksi dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Sudut Difraksi dengan Intensitas XRD.

Gambar 4.2 menunjukkan karbon bulu ayam terbentuk puncak pada 2θ sekitar 20°. Karbon yang telah dilakukan pemanasan tahap kedua (700°C, 750°C, 800°C, 850°C, dan 900°C) memiliki puncak pada 2θ antara 5°-10° dan 22°-27°. Berdasarkan penelitian Fu (2013) bahwa pada posisi bidang (002) dengan rentang sudut 2θ = 21-30° merupakan rGO. Semakin tinggi temperatur pemanasan, puncak pada posisi bidang (002) bergeser ke kiri kearah sudut yang kecil.

Pergeseran puncak difraksi mempengaruhi besarnya jarak antar bidang (d). Nilai d berbanding terbalik dengan nilai sin θ. Nilai d dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Hukum Bragg (Callister, 2007).

$$d = \frac{n\,\lambda}{2\sin\theta} \qquad (4.2)$$

Dengan d adalah jarak antar kisi. n adalah orde difraksi. λ adalah panjang gelombang yang digunakan dalam uji menggunakan XRD yaitu 1.54056 Å. θ adalah posisi sudut terbentuknya puncak.

Data hasil karakterisasi menggunakan XRD juga dapat dihitung untuk mencari ukuran kristal menggunakan persamaan Deybe Scherrer (Monshi, 2012):

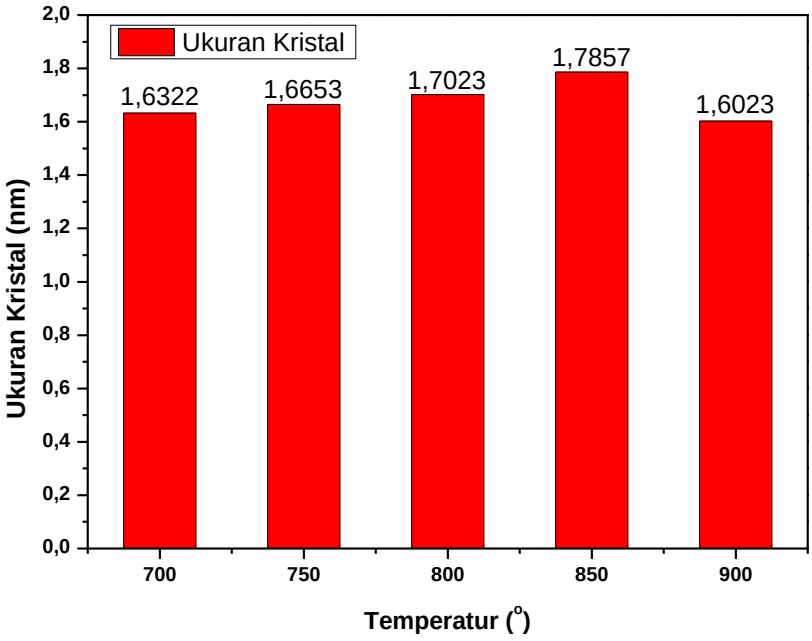
$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta} \tag{4.3}$$

dengan D adalah ukuran kristal. K adalah konstanta dimensi kristal yaitu 0,9. β adalah lebar setengah puncak (FWHM) dalam radian. Dari persamaan 4.2 dan 4.3 dapat diperoleh nilai posisi dan ukuran kristalit masing-masing puncak pada rGO dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai FWHM dan Posisi Puncak rGO

Sampel	**FWHM 2θ (002) (º)**	**Sudut 2θ (002)**	**d_{002} (nm)**	**D rata-rata (nm)**
Karbon Bulu Ayam	12,37	18,85	0,4515	0,6665
rGO 700^{o}C	5,428	24,109	0,3584	1,6322
rGO 750^{o}C	4,979	24,444	0,3583	1,6653
rGO 800^{o}C	4,438	24,527	0,355	1,7023
rGO 850^{o}C	4,245	24,276	0,3207	1,7857
rGO 900^{o}C	5,313	24,69	0,3567	1,6023

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa temperatur mempengaruhi ukuran kristal rGO. Dari hasil perhitungan dibuat grafik untuk memperjelas rata-rata ukuran kristal rGO pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Temperatur Pemanasan dengan Ukuran Kristal.

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa meningkatnya ukuran kristal sampai temperatur 850^{O}C, kemudian turun pada 900^{O}C masing-masing sebesar 1,7857 nm dan 1,6023 nm.

Dari data XRD juga dapat mengetahui regangan kisi dengan persamaan 4.4 (Nafees dkk, 2012):

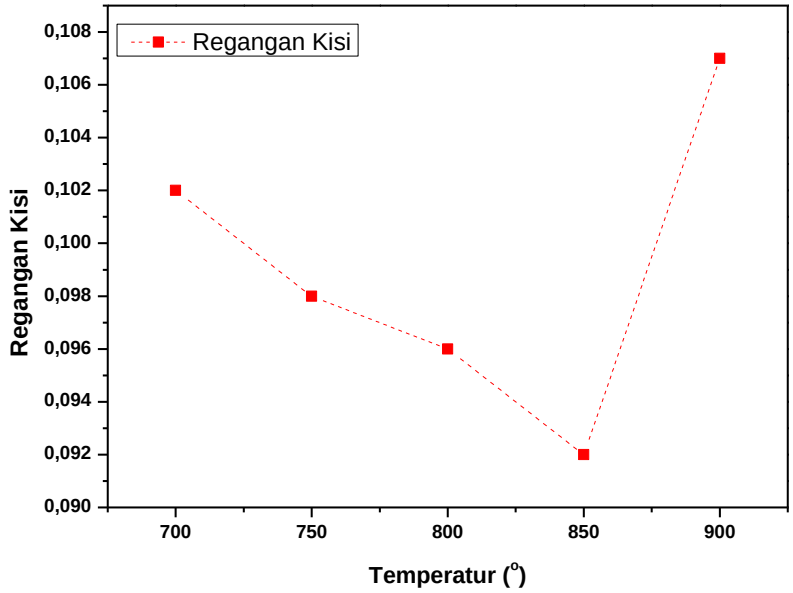
$$\varepsilon = \frac{\beta}{4\,tan\,\theta} \tag{4.4}$$

dengan ε adalah regangan kisi. β adalah lebar setengah puncak (FWHM) dalam radian, θ adalah posisi sudut terbentuknya puncak. Hasil perhitungan regangan kisi pada sampel rGO dapat ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai Regangan Kisi rGO

Sampel	$tan\theta$	ε
700^{o}C	0,2136	0,102
750^{o}C	0,2166	0,098
800^{o}C	0,2174	0,096
850^{o}C	0,2151	0,092
900^{o}C	0,2189	0,107

Pada tabel 4.3 didapatkan bahwa nilai regangan kisi dipengaruhi oleh kenaikan temperatur. Sehingga dapat diperoleh grafik hubungan temperatur pemanasan dengan regangan kisi dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Temperatur Pemanasan dengan Regangan Kisi.

Pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa regangan kisi terendah terdapat pada temperatur 850^{o}C dan tertinngi terdapat pada temperatur 700^{o}C masing-masing sebesar 0,092 dan 0,107.

Energi gap merupakan salah satu cara untuk menentukan kualitas suatu material sebagai bahan isolator, konduktor, atau semikonduktor. Ada dua macam energi gap pada bahan semikonduktor yaitu *direct* dan *indirect*. Nilai energi gap dapat diketahui menggunakan metode touch plot atau ekstrapolasi plot hubungan

energi foton (hv) dengan $(\alpha hv)^n$. untuk membuat plot data energi gap diperoleh dari data hasil pengukuran panjang gelombang (λ) dan absorbansi (A) kemudian dimasukkan kedalam persamaan 4.5 - 4.8 (Kazmi, 2016):

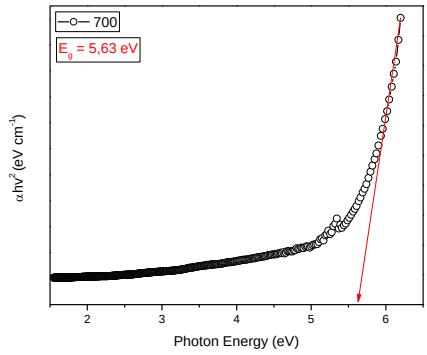
$$hv = 1240\lambda \quad (4.5)$$

$$\alpha = 2{,}303 \times A \quad (4.6)$$

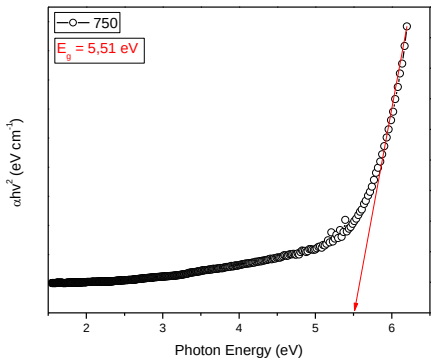
$$Direct = (\alpha hv)^2 \quad (4.7)$$

$$Indirect = (\alpha hv)^{1/2} \quad (4.8)$$

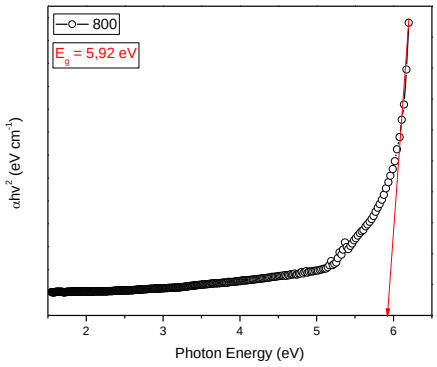
Setelah didapatkan energi gap *direct* dan *indirect* masing-masing hubungan antara *hv* dengan $(\alpha hv)^2$ dan *hv* dengan $(\alpha hv)^{1/2}$. Kemudian ditarik garis lurus melewati titik-titik yang mengalami perubahan nilai vertikal yang besar. Sehingga, perpotongan garis dengan sumbu horizontal menunjukkan nilai energi gap rGO (Jubu, 2020). Hal ini dapat diamati pada gambar 4.4 dan 4.5.



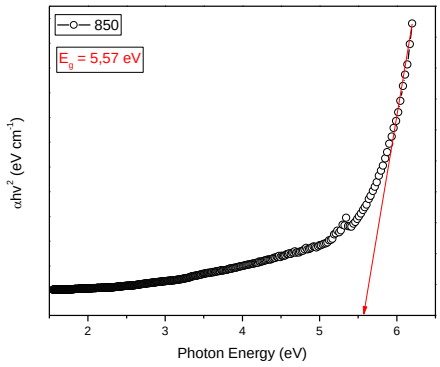
(a)



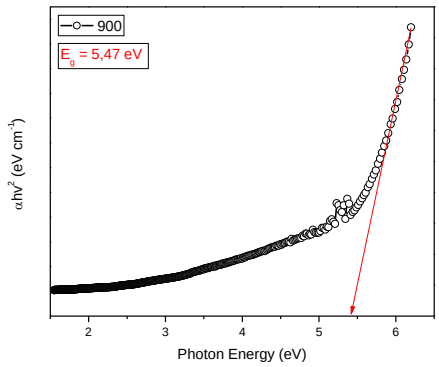
(b)



(c)



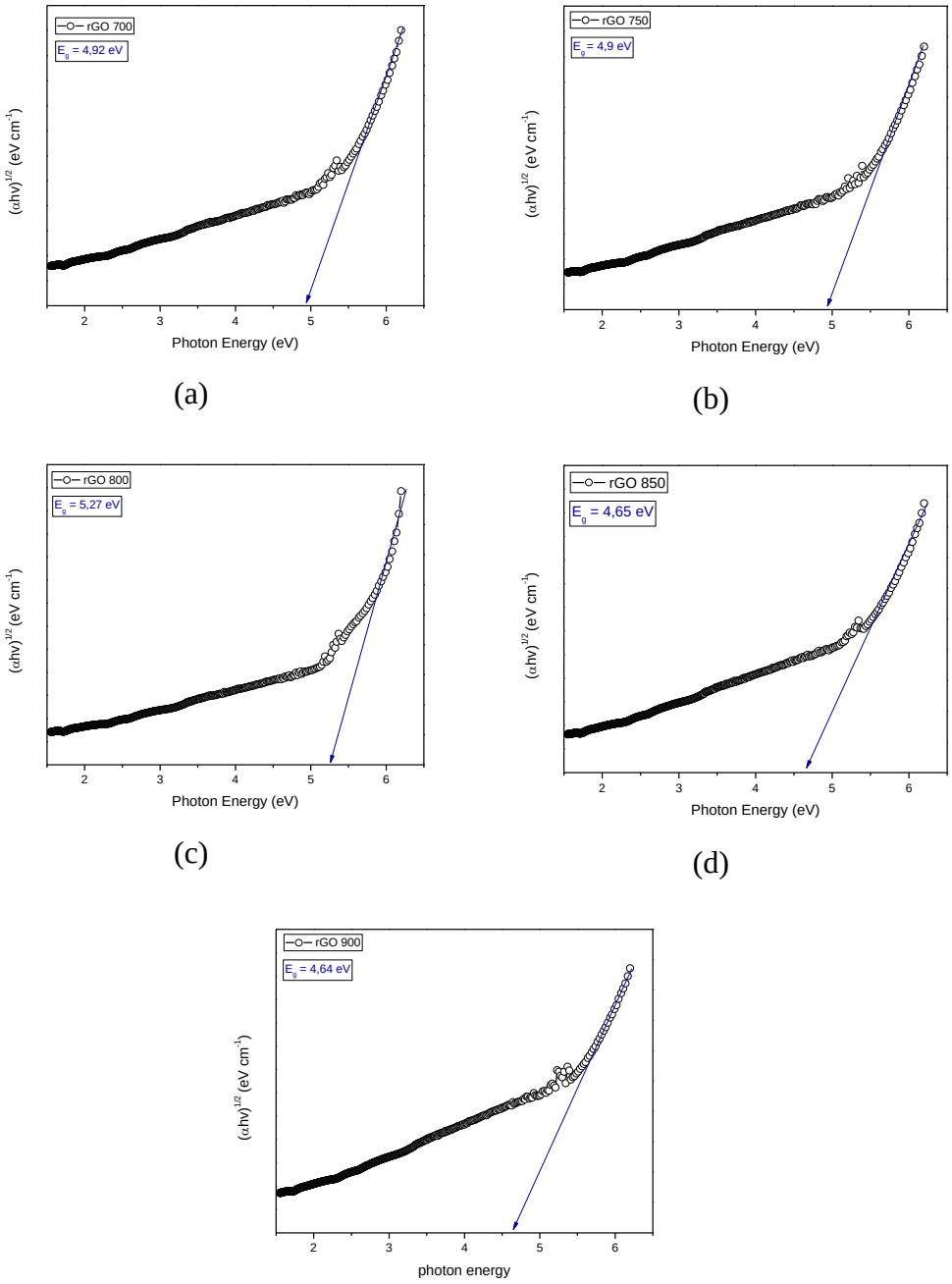
(d)



(e)

Gambar 4.5 Plot $(\alpha hv)^2$ sebagai Fungsi Energi Foton untuk Menentukan Energi Gap *Direct* rGO dengan Variasi Temperatur Pemanasan (a) 700ºC (b) 750ºC (c) 800ºC (d) 850ºC (e) 900ºC.

Pada gambar 4.5 garis ekstrapolasi ditunjukkan dengan warna merah. Garis ditarik pada sumbu horizontal untuk mengetahui nilai band gap suatu sampel. Plot energi gap *direct* memiliki nilai $(\alpha hv)^2$ lebih tinggi dari pada nilai energi gap *indirect* yang ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Plot $(\alpha hv)^{1/2}$ sebagai Fungsi Energi Foton untuk Menentukan Energi Gap *Indirect* rGO dengan Variasi Temperatur Pemanasan (a) 700ºC (b) 750ºC (c) 800ºC (d) 850ºC (e) 900ºC.

Gambar 4.6 menunjukkan energi gap *indirect* pada sampel rGO. Nilai $(\alpha hv)^n$ pada *indirect* band gap lebih rendah dibanding *direct* band gap. Hal ini dipengaruhi

oleh nilai $(\alpha hv)^n$ dimana n pada energi *direct* bernilai 2 dan *indirect* n bernilai ½. Nilai energi gap *direct* dan *indirect* seluruh sampel dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Energi Gap rGO

Sampel	Energi Gap Direct (eV)	Energi Gap Indirect (eV)
rGO 700^{o}C	5,63	4,92
rGO 750^{o}C	5,51	4,9
rGO 800^{o}C	5,92	5,27
rGO 850^{o}C	5,57	4,66
rGO 900^{o}C	5,47	4,64

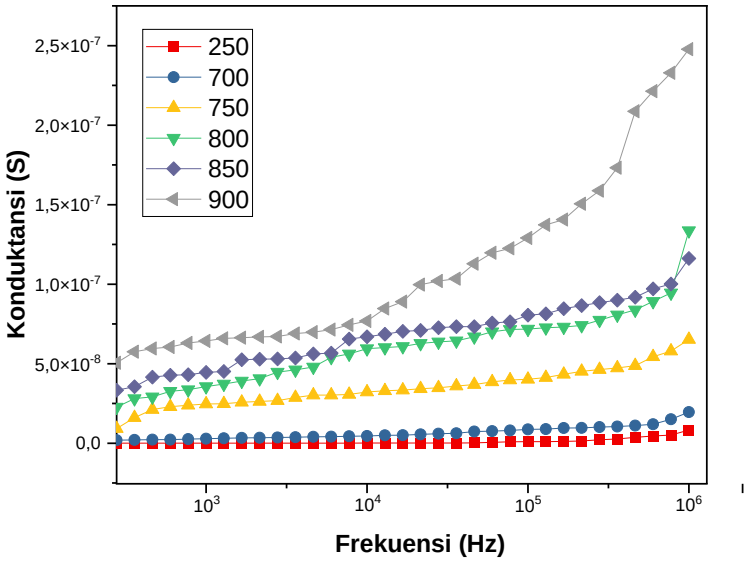
Pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa perubahan nilai energi gap direct dan indirect tidak signifikan. Nilai terendah energi gap direct dan indirect yaitu terdapat pada temperatur 900^{o}C yaitu masing-masing sebesar 5,47 eV dan 4,64 eV.

Karakterisasi sifat listrik menggunakan HIOKI 3532-50 LCR Hitester. Pengujian LCR Meter dilakukan untuk mengetahui nilai konduktivitas pada sampel. Sebelum melakukan pengujian sampel diukur ketebalan dan luasannya. Kemudian data diambil pada rentang frekuensi 500Hz-1MHz pada tegangan 1 Volt pada rangkaian AC. Output hasil pengukuran ini berupa Resistansi (Rp), Disipasi (D), dan Kapasitansi (Cp).

Nilai resistansi digunakan untuk mencari nilai konduktansi menggunakan persamaan (Callister,2007):

$$G(\omega) = \left(\frac{1}{R}\right) \tag{4.9}$$

Dimana G(ω) adalah konduktansi fungsi ω (Siemens). R adalah resistansi (ohm). Besarnya nilai konduktansi suatu bahan dipengaruhi oleh frekuensi. Grafik hubungan konduktansi dengan frekuensi dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Frekuensi dengan Konduktansi.

Gambar 4.7 memberikan informasi bahwa penambahan temperatur pemanasan berpengaruh dengan konduktansi bahan. konduktansi tertinggi terdapat pada temperatur 900ºC. Hasil perhitungan konduktasi seluruh sampel dengan frekuensi 1 MHz dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Konduktansi Listrik rGO

Sampel	**Konduktansi (S)**
Karbon Bulu Ayam	8,24 x 10^{-9}
rGO 700ºC	1,96 x 10^{-8}
rGO 750ºC	6,53 x 10^{-8}
rGO 800ºC	1,37 x 10^{-7}
rGO 850ºC	1,16 x 10^{-7}
rGO 900ºC	2,45 x 10^{-7}

Nilai konduktansi pada tabel 4.5 digunakan untuk mencari konduktivitas listrik dengan menggunakan persamaan 4.10 (Callister, 2007):

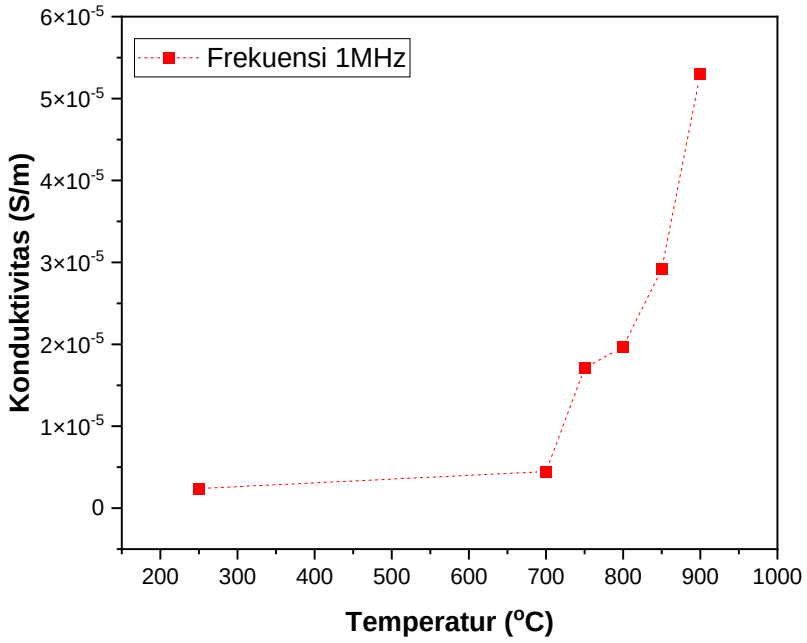
$$\sigma = G(\omega)\left(\frac{l}{A}\right) \qquad (4.10)$$

dimana, dimana, σ, l, dan A masing-masing adalah konduktivitas (S/m), tebal bahan (m), dan luas penampang bahan (m^2). Pada persamaan 4.10 diperoleh nilai konduktivitas seluruh sampel dengan frekuensi 1MHz dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Konduktivitas Listrik rGO

Sampel	Konduktivitas (S/m)
Karbon Bulu Ayam	$2{,}4 \times 10^{-6}$
rGO 700°C	$4{,}47 \times 10^{-6}$
rGO 750°C	$1{,}71 \times 10^{-5}$
rGO 800°C	$1{,}97 \times 10^{-5}$
rGO 850°C	$2{,}92 \times 10^{-5}$
rGO 900°C	$5{,}3 \times 10^{-5}$

Selanjutnya, dibuat grafik hubungan variasi temperatur dengan konduktivitas listik pada frekuensi 1MHz dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Temperatur Pemanasan dengan Konduktivitas Listrik rGO.

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa penambahan temperatur berpengaruh pada konduktivitas listrik. Hal ini dapat diketahui bahwa konduktivitas meningkat seiring bertambahnya temperatur pemanasan. Konduktivitas listrik yang tertinggi

terdapat pada temperatur 900^{o}C. Hal ini disebabkan karena komposisi ion oksigen yang sedikit tidak menghalangi arus listrik mengalir ke seluruh sampel.

4.2 Pembahasan

Bulu ayam merupakan salah satu biomass yang mengandung protein yang berupa keratin sebesar 70-80% (Asngad, 2016). Kandungan keratin tersebut menjadikan bulu ayam dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan rGO. Pembuatan rGO dilakukan dengan variasi temperatur pemanasan yaitu 700^{o}C, 750^{o}C, 800^{o}C, 850^{o}C, dan 900^{o}C dengan tujuan untuk mengetahui sifat fisis dan listrik material tersebut.

Pembuatan rGO terdapat dua tahap proses pemanasan yang menyebabkan massa awal karbon berkurang. Variasi temperatur memiliki peran penting dalam hasil *yield* massa karena perlakuan panas akan membentuk pori-pori pada karbon. Temperatur tinggi memiliki *yield* massa terendah. Nilai yield karbon 900^{o}C sebesar 74,378% sedangkan nilai *yield* massa karbon 700^{o}C-850^{o}C yaitu rentan 67,457%-73,46%. Hal ini dikarenakan pada temperatur 900^{o}C mengeluaran zat *volatile* yang masih menempel pada permukaan karbon. Hasil penelitian ini menunjukkan kesesuaian dengan penelitian Qirom (2015) pada temperatur tinggi menyebabkan massa akhir *biomass* cenderung kecil sehingga *presentase* kehilangan massa yang didapat menjadi besar.

Hasil pengujian menggunakan XRD menunjukkan bahwa sampel memiliki puncak difraksi antara sudut 24,1^{o}-24,6^{o} pada bidang (002) membentuk fasa rGO dengan sifat amorf. Akan tetapi, dengan adanya penambahan temperatur pemanasan menyebabkan terjadinya pergeseran puncak difraksi karena adanya cacat (*defect*) kristal pada sampel, sehingga energi yang dimiliki oleh atom meningkat dan menyebabkan

atom bergerak. Atom-atom oksigen akan tereduksi dan meninggalkan cacat ikatan berupa ikatan karbon yang lepas (Darminto dkk, 2018).

cacat (*defect*) juga mempengaruhi ukuran kristalit (D) sampel. Nilai ukuran kristal (D) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Debye Scherrer. Hasil perhitungan nilai ukuran kristal setiap sampel ditunjukkan pada tabel (4.2). Hasilnya menunjukkan semakin tinggi temperatur, ukuran kristal meningkat, tetapi pada temperatur 900^{o}C menurun. Hal ini terjadi karena penguapan zat volatil pada temperatur 900^{o}C lebih besar dari pada temperatur 700^{o}C, 750^{o}C, 800^{o}C, dan 850^{o}C.

Selain itu, pemanasan dengan variasi temperatur juga berpengaruh pada regangan kisi. Dimana regangan kisi pada temperatur 700^{o}C sampai 850^{o}C menurun, tetapi pada temperatur 900^{o}C meningkat karena puncak-puncak difraksi melebar. Hal ini sesuai dengan penelitian Sumadiyasa (2018) yang menyatakan semakin kuat regangan kisi akan mengakibatkan puncak-puncak difraksi melebar, sehingga regangan kisi semakin besar dan mengakibatkan ukuran kristal semakin kecil.

Untuk mengetahui karakteristik material rGO sebagai material semikonduktor, maka perlu diketahui nilai energi gap material tersebut. Hasil analisis UV-Vis dapat menunjukkan bahwa sampel rGO dengan variasi temperatur pemanasan merupakan material semikonduktor, seperti yang sudah tertera pada tabel 4.4. Nilai energi gap terkecil terdapat pada temperatur 900^{o}C. Hal itu terjadi karena pada temperatur tinggi komponen oksigen dan hidrogen diminimalisir, sehingga lebar celah pita energi akan berkurang (Agustina, 2018).

Energi gap berpengaruh pada konduktivitas listrik suatu sampel. Semakin kecil nilai energi gap yang dimiliki oleh sampel, maka semakin tinggi konduktivitas listriknya. Data konduktivitas listrik seluruh sampel dapat dilihat pada tabel 4.6. konduktivitas listrik yang baik terdapat pada temperatur 900^{o}C. Hal ini disebabkan

menghilangnya komponen-komponen pengotor pada rGO seperti kadar air, komponen volatile, dan mineral sehingga meningkatkan kadar karbon dan arus listrik dapat mengalir keseluruh sampel (Destyorini, 2010).

Nilai konduktivitas listrik dan energi gap menandakan bahwa sampel termasuk dalam material semikonduktor. Material semikonduktor memiliki konduktivitas 10^{-8}-10^{3} Ω cm^{-1} dan memiliki energi gap dibawah 6 eV (Parno, 2006). Energi gap yang kecil memungkinkan elektron tereksitasi secara termal pada temperatur ruang dari pita valensi menuju pita konduksi (Muhammad, 2016). Elektron yang berada dalam pita konduksi tersebut menjadi elektron bebas yang akan meningkatkan nilai konduktivitas listrik pada sampel. Sehingga, jika ada medan listrik luar elektron akan memperoleh tambahan energi yang menyebabkan timbulnya arus listrik (Ayu, 2014).

Allah menciptakan segala sesuatu di muka bumi dengan ukuran-ukuran yang teliti dan cermat, dengan perhitungan-perhitungan yang tepat, dan dengan rumus-rumus yang seimbang (Abdusysyakir, 2007). Antara satu sama lain saling melengkapi sebagaimana dijelaskan pada Q.S Al Hijr (15): 21:

وَاِنْ مِّنْ شَيْءٍ اِلَّا عِنْدَنَا خَزَآئِنُهٗ وَمَا نُنَزِّلُهٗٓ اِلَّا بِقَدَرٍ مَّعْلُوْمٍ{21}

Dan tidak ada sesuatupun melainkan pada sisi Kami-lah khazanahnya; dan Kami tidak menurunkannya melainkan dengan ukuran yang tertentu.

Ayat ini menjelaskan tentang kekuasaan Allah SWT dalam menciptakan segala sesuatu. Kata (شيء) menunjukkan kata yang mencakup segala sesuatu. Kata ini juga dapat dipahami dalam arti unsur-unsur yang berbeda-beda dari proses perpaduan/penciptaannya (Shihab, 2002). Begitu pula dengan penelitian ini, pembuatan material rGO dengan hasil karakterisasi yang didapatkan merupakan

salah satu kehendak Allah SWT. Manusia diberikan akal dan pikiran untuk belajar dan menghitung ukuran kristal melalui metode yang sudah ditemukan.

BAB V
PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini:

1. Variasi temperatur oksidasi dalam pembuatan rGO tidak berpengaruh terhadap perubahan fasa pada sampel. Hasil XRD menunjukkan material berfasa karbon jenis rGO.
2. Variasi temperatur oksidasi berpengaruh terhadap energi gap sampel. Energi gap terendah terdapat pada sampel rGO 900^{o}C yaitu *direct* 5,47 eV dan *indirect* 4,64 eV. Hasil uji sifat listrik menunjukkan bahwa konduktivitas sampel yang tertinggi yaitu sebesar 5,3 x 10^{-5} S/m pada sampel rGO 900^{o}C. Sehingga menunjukkan bahwa sampel merupakan bahan semikonduktor.

5.2. Saran

Penelitian ini masih perlu dikembangkan dengan menambah karakterisasi pada sampel, sehingga didapatkan

DAFTAR PUSTAKA

Alam, Syed N., dkk. 2017. *Synthesis of Graphene Oxide (GO) by Modified Hummers Method and Its Thermal Reduction to Obtain Reduced Graphene Oxide (rGO*). *Graphene* (6): 1-18.

Alhamidi, Ahmad Ali, dkk. 2019. *Karakterisasi Karbon Aktif dari Bulu Ayam untuk Aplikasi Penyimpanan Gas Hidrogen (Hydrogen Storage)*. Rotasi. Vol. 21 No. 1.

Al-Quran Terjemahan. 2015. Departemen Agama RI. Bandung: CV Darus Sunnah.

An, X., dkk. 2010. *Stable Aqueous Dispersions of Noncovalently Functionalized Graphene from Graphite and their Multifunctional High-Performance Applications*. Nano Letters. pp. 4295-4301.

Ardiansyah, Ryan. 2011. *Pemanfaatan Pati Umbi Garut Untuk Pembuatan Plastik Biodegradable (Skripsi)*. Depok: Universitas Indonesia.

Asngad, A., 2016. *Pemanfaatan Kulit Kacang Dan Bulu Ayam Sebagai Bahan Alternatif Pembuatan Kertas Melalui chemical pulping dengan menggunakan NaOH dan CaO*. Surakata: Universitas Muhammadiah Surakarta.

Bagaskoro, Arief Panji, dkk. 2020. *Pemanfaatan Biomassa Bulu Ayam Sebagai Adsorben Logam Fe dalam Air Tanah*. Journal of Chemical and Process Engineering. Vol. 1, No. 1.

Bansal, Gagan, dkk. 2016. *Application and Properties of Chicken Feather Fiber (CFF) a Livestock Waste in Composite Material Development*. Journal of Graphic Era University. Vol. 5, Issue 1, 16-24.

Bresnick, Stephen. 2003. *The Essence of Organic Cemistry*. terj. Hadian Kotong. Inti Sari Kimia Organik. Jakarta: Hipokrates.

Bungsu, A. 2018. *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Keratinolitik Dari Beberapa Sumber Keratin dan Karakterisasi Enzimnya (Skripsi)*. Universitas Sumatera Utara. Medan.

Cai, C. and X. Zheng. *Medium optimization for keratinase production in hair substrate by a new Bacillus subtilis KD-N2 using response surface methodology*. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 36: 875-883 (2009).

Callister, William. D dan David G. 2007. Rethwisch. *Materials Science and Engineering an Introduction.* New York: Wiley.

Chemat F., dkk. 2011. *Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction.* Ultrasonics Sonochemistry.18: 813–835.

Cheong, C.W., dkk. 2018. *Chicken feather valorization by thermal alkaline pretreatment followed by enzymatic hydrolysis for protein-rich hydrolysate production*. Waste Manag. 79, 658–666.

Darminto, dkk. 2018. *Pengembangan Bahan Karbon dai Biomassa*. Surabaya: ITS Press.

Dewi, Rindu Laksmita. 2019. *Pengaruh Variasi Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Karakteristik Material Graphene Oksida Tereduksi (rGO) dari Bulu Ayam dengan Metode Chemical Exfoliation (Skripsi)*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Efelina, V. 2015. *Kajian pangaruh konsentrasiu urea dalam sifat optik nanofiber graphene oxide/PVA (Polyvinyl Alcohol) yang difabrikasi menggunakan teknik electrospinning (Thesis Master)*. Yogyakatra: Universitas Gadjah Mada.

Farida, Amilatul. 2013. *Karakterisasi dan Analisis Struktur Kristal Komposit Zat Keratin dari Bulu Unggas dan Magnesium (Mg) dengan Metode Rietvield*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Malang.

Fefiyanti, Feni M. C. 2019. *Pengaruh Variasi Konsentrasi HCL terhadap Karakteristik Material rGO (Reduced Graphene Oxide) dari Bulu Ayam dengan Metode Chemical Exfoliation (skripsi)*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Fu Changjing. 2013. *Evaluation and Characterization of reduced Graphene Oxide Nanosheets as Anode Materials for Lithium-Ion Batteries*. Int. J. Electrochem. Sci., 8 6269-6280.

Giraldo, L., & Moreno-Piraján, J. C. 2013. *Exploring The Use of Rachis of Chicken Feathers for Hydrogen Storage*. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 104, 243–248.

Geim, A.K., dan Novoselov, K.S. 2007. *The rise of graphene*. Nature Materials Vol. 6: 183–191.

Jayanti, Dwi Noor, dkk. 2017. *Photoluminescence of Reduced Graphene Oxide Prepared from Old Coconut Shell with Carbonization Process at Varying Temperatures*. Materials Science and Engineering. 196.

John, F. 2002. *Ultrasonic Cleaning: Fundamental Theory and Application*. Unpublised article.

Kazmi, Safia Akhtar., dkk. 2016. *Investigation of Electrical and Optical Properties of TiO2-Graphene for Dye-Sensitied Solar Cells.* Journal of Alloys and Compound. 691:659–65.

Karshan, M. 1930. *The chemistry and staining reactions of keratin*. J. Dental Research. 10: 181-186.

Ketaren N. 2008. *Pemanfaatan limbah bulu ayam sebagai sumber protein ayam pedaging dalam pengelolaan lingkungan hidup (Tesis)*. Medan: Universitas Sumatera Utara.

Krishnamoorthy, H. N. 2011. *Plant Growth Substances*. New Delhi: TataMcGrawHill Publ.

Lempang, M. 2014. *Pembuatan Dan Kegunaan Arang Aktif*. Info Teknis EBONI. vol. 11 No. 2. Hal: 66 dan 71.

Lestari, Wahyu Dwi. 2020. *Pengaruh Kosentrasi KOH terhadap Karakteristik Karbon Bulu Ayam/PVdF sebagai Elektroda Perangkat Penyimpanan Energi (Skripsi)*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Li, J., Xiangqiong Zeng, Tianhui Ren, dan Emile Van der Heide. 2014. *The Preparation of Graphene Oxide and Its Derivatives and Their Application in Bio-Tribological Systems*. Lubricants Vol.2 (3): 137-161.

Mulia, Dini Siswani, dkk. 2016. Pemanfaatan Limbah Bulu Ayam Menjadi Bahan Pakan Ikan dengan Fermentasi Bacillus Subtilis. Journal Manusia dan Lingkungan, Vol. 23, No.1.

Murtidjo, B.A. 2003. *Pemotongan dan Penanganan Daging Ayam*. Kansius Yogyakarta.

Pambudi, Aji dkk. 2017. *Analisis Morfologi dan Spektroskopi Infra Merah Serat Bambu Betung (Dendrocalamus Asper) Hasil Proses Alkalisasi Sebagai Penguat Komposit Absorbsi Suara*. Jurnal Teknik ITS. Vol 6, No. 2.

Pei, S., & Cheng, H.M. 2012. *The Reduction of Graphene Oxide*. Journal of Carbon, 50(9): 3210–3228.

Poedjiadi, Anna. 1994. *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta: UI-Press.

Rojikhi. 2011. *Pemanfaatan Hasil Pirolisis Bulu Ayam Sebagai bsorben Ion Na dan Fe dalam Larutan Simulasi (Skripsi)*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

Saravana K, 2012. *Exploration on Amino Acid Content and Morphological Structure in Chicken Feather Fiber*. Journal of Textile and Appael, Technology and Management. 7(3): 1-8.

Schmidt, W. F. 2002. *Microcrystalline keratin: from feathers to composite products*. *In* F. T., Wallenberger, N. E., Weston R., Ford, R. P. & Wool, K.

Chawla, (Eds). *Proc. Material Research Symposium*: Boston, *Massachusetts*. U1.5.1- U1.5.5.

Setiawan, Dedik dan Mas Suryanto. 2012. *Penggunaan Bulu Ayam sebagai Bahan Pengganti Serat Fiber pada Pembuatan Fiberglass*. Jurnal Vol. 01 No. 01 Thn 2012, 0-12. Universitas Negeri Surabaya.

Statistik Kesehatan dan Peternakan Hewan. 2019. *Livestock dan Animal Health Statistics*. Kementrian Pertanian RI: Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan.

Suslick, S. 1995. *Applications of Ultrasound to Materials Chemistry*. MRS Bulletin: 29-34.

Vilkhu K., dkk. 2008. *Applications and Opportunities for Ultrasound Assisted Extraction in The Food Industry – A Review*. Science Direct: Innovative Food Science and Emerging Technologies. 9: 161 -169.

Ward, W.H., Binkley C.H. and Snell S.N. 1955. *Amino Acid Composition of Normal Wools, Wool Fractions, Mohair, Feather, and Feather Fractions*. Feather Textile Research Journal 25, 314- 325.

Widyawati, N. 2012. *Analisa Pengaruh Heating Rate terhadap tingkat Kristal dan Ukuran Butir Lapisan BZT yang Ditumbuhkan dengan Metode Sol Gel*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Wisnuwijaya, Rhyko Irawan. 2017. *Preparasi dan Sintesis Graphene Oxide dengan Metode Liquid Sonication Exfoliation dan Random Collision Marbles Shaking dengan Bahan Bakar Graphite Limbah Baterai Zinc-Carbon Berdasarkan Uji Spektrofotometer Uv-Vis (Skripsi)*. Yogyakarta: UNY.

Yu, Mingke., dkk. 2002. *The Morphogenesis of Feather*. Nature. Vol. 420.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN *YIELD MASSA* BAHAN

1. Karbon temperatur 700^{o}C

   Diketahui :

   Massa awal = 26.58 gr

   Massa akhir = 8.65 gr

   Ditanya : Yield massa (%)?

   Jawab :

$$yield\ Massa = \frac{massa\ akhir}{massa\ awal}\ x\ 100\%$$
$$= \frac{8.56}{26.58}\ x\ 100\%$$
$$= 32.543\%$$

2. Karbon temperatur 750^{o}C

   Diketahui :

   Massa awal = 38.16 gr

   Massa akhir = 11.93 gr

   Ditanya : Yield massa (%)?

   Jawab :

$$yield\ Massa = \frac{massa\ akhir}{massa\ awal}\ x\ 100\%$$
$$= \frac{11.93}{38.16}\ x\ 100\%$$
$$= 31.263\%$$

3. Karbon temperatur 800^{o}C

   Diketahui :

   Massa awal = 30.43 gr

   Massa akhir = 8.83 gr

   Ditanya : Yield massa (%)?

   Jawab :

$$yield\ Massa = \frac{massa\ akhir}{massa\ awal}\ x\ 100\%$$
$$= \frac{8.83}{30.43}\ x\ 100\%$$
$$= 29.017\%$$

4. Karbon temperatur 850^{o}C

   Diketahui :

   Massa awal = 29.39 gr

   Massa akhir = 7.8 gr

   Ditanya : Yield massa (%)?

   Jawab :

$$yield\ Massa = \frac{massa\ akhir}{massa\ awal}\ x\ 100\%$$
$$= \frac{7.8}{29.39}\ x\ 100\%$$
$$= 26.539\%$$

5. Karbon temperatur 900^{o}C

   Diketahui :

   Massa awal = 30.56 gr

   Massa akhir = 7.83 gr

Ditanya : Yield massa (%)?

Jawab :

$$yield\ Massa = \frac{massa\ akhir}{massa\ awal}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{7.83}{30.56}\ x\ 100\%$$

$$= 25.621\%$$

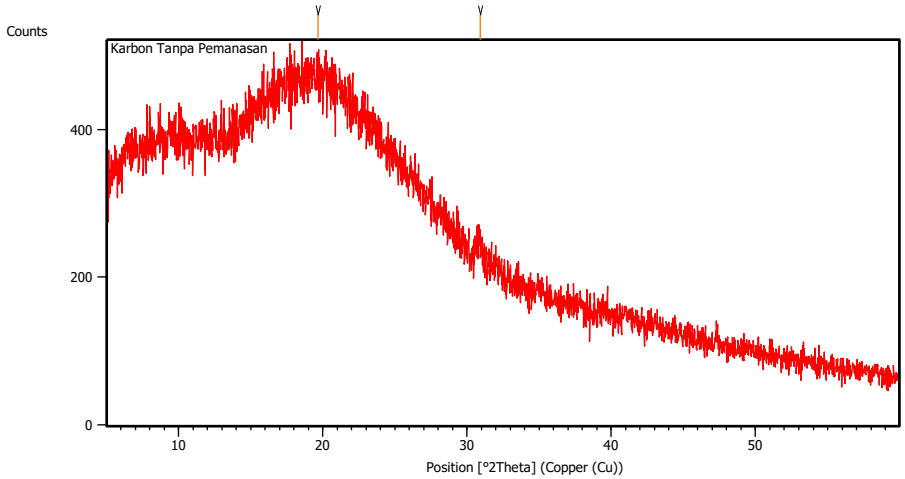
LAMPIRAN 2 DATA DAN PERHITUNGAN HASIL PENGUJIAN MENGGUNAKAN XRD

1. Data

Measurement Conditions	
Measurement Date / Time	8/19/2020 10:27:00 AM
Raw Data Origin	PHILIPS-binary (scan) (.RD)
Scan Axis	Gonio
Start Position [°2Th.]	5.0084
End Position [°2Th.]	59.9864
Step Size [°2Th.]	0.0170
Scan Step Time [s]	10.1500
Scan Type	Continuous
Offset [°2Th.]	0.0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size [°]	0.2500
Specimen Length [mm]	10.00
Receiving Slit Size [mm]	12.7500
Measurement Temperature [°C]	-273.15
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [Å]	1.54060
K-Alpha2 [Å]	1.54443
K-Beta [Å]	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio	0.50000
Generator Settings	30 mA, 40 kV
Diffractometer Type	XPert MPD
Diffractometer Number	1
Goniometer Radius [mm]	200.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	91.00
Incident Beam Monochromator	No
Spinning	No

a. Karbon 250^{o}C

Main Graphics, Analyze View:

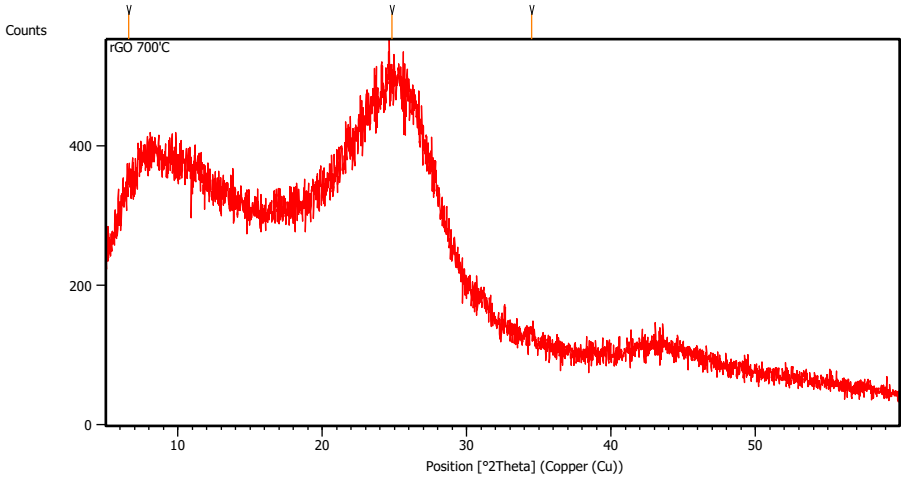


Peak List:

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
19.6457	89.74	0.0900	4.51516	100.00
30.9002	24.69	0.4896	2.89153	27.52

b. rGO 700°C

Main Graphics, Analyze View:

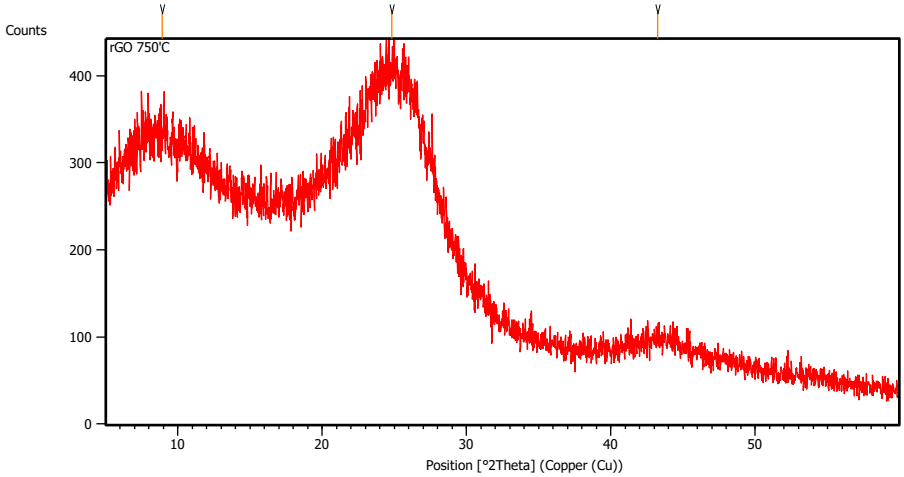


Peak List:

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
6.5785	29.49	0.9368	13.43640	43.30
24.8239	68.11	0.0900	3.58380	100.00
34.5032	14.26	0.3346	2.59953	20.93

c. rGO 750°C

Main Graphics, Analyze View:



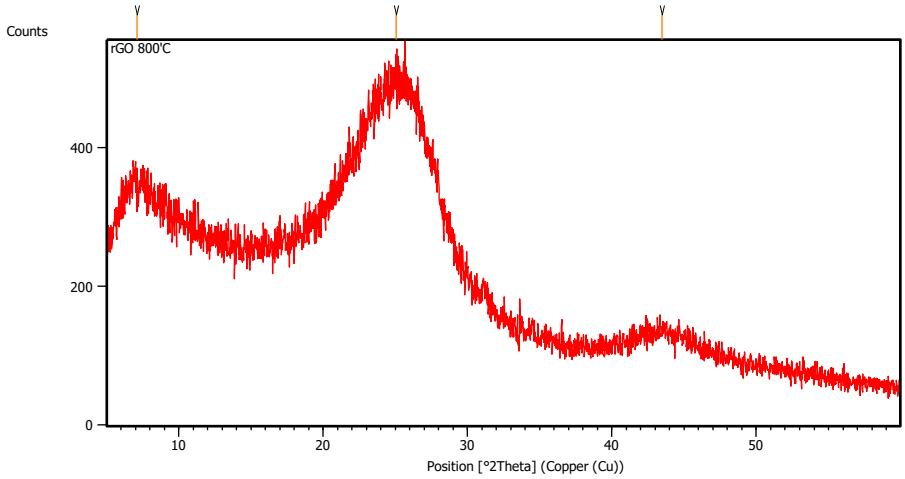
Peak List:

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]

8.9281	123.90	0.0900	9.89679	100.00
24.8239	81.78	0.0900	3.58380	66.00
43.2487	104.23	0.0900	2.09025	84.12

d. rGO 800ºC

Main Graphics, Analyze View:

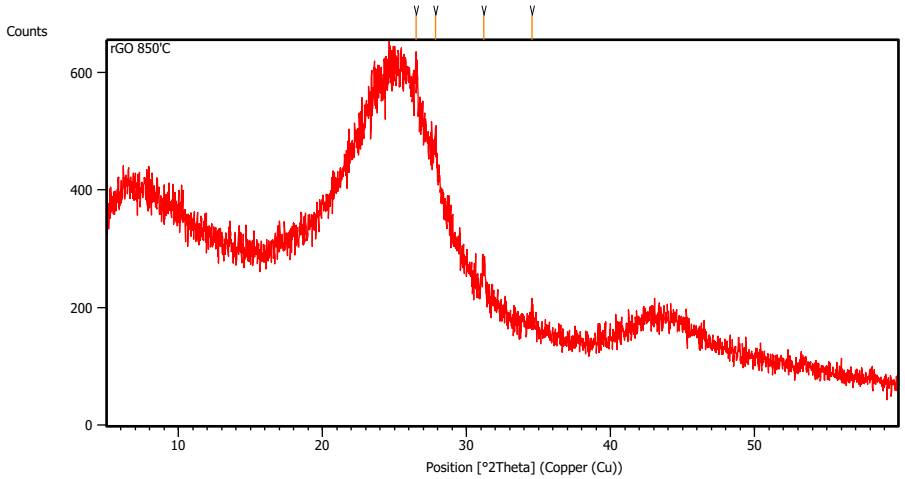


Peak List:

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
7.1217	131.22	0.0900	12.40243	78.67
25.0648	71.95	0.0900	3.54991	43.14
43.4895	166.79	0.0900	2.07923	100.00

e. rGO 850ºC

Main Graphics, Analyze View:



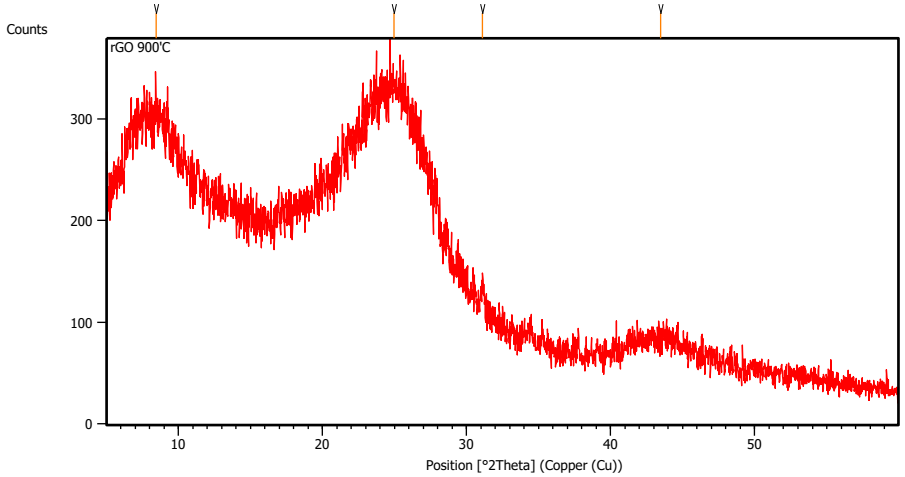
Peak List:

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]

26.4987	80.29	0.2676	3.36376	100.00
27.8238	60.36	0.5353	3.20650	75.18
31.1804	50.93	0.2676	2.86855	63.44
34.5463	22.99	0.4015	2.59638	28.64

f. rGO 900^{o}C

Main Graphics, Analyze View:



Peak List:

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
8.4464	107.49	0.0900	10.46008	90.73
24.9443	74.76	0.0900	3.56677	63.10
31.0986	24.53	0.2448	2.87352	20.71
43.4895	118.47	0.0900	2.07923	100.00

2. Perhitungan jarak antar layer (d), ukuran kristal (D), dan nilai regangan kisi (ε)

a. Karbon Bulu Ayam

Diketahui :

K = 0.9 $\theta = 9.45^o$

λ = 1.54 Å β = 0.216 rad

Ditanya : D?

Jawab : $D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta}$

$= \frac{0.9 \times 1.54}{0.216 \times \cos 9.45°}$

= 6,62 Å

b. rGO 700^{o}C

Diketahui :

K = 0.9 $\theta = 12.05^o$

λ = 1.54 Å β = 0.0947 rad

Ditanya : d? D? ε?

Jawab :

- $d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$
  $= \frac{1.54}{2 \times \sin 12.05°}$
  = 3.584 Å
- D = $\frac{K\lambda}{\beta \cos \theta}$
  $= \frac{0.9 \times 1.54}{0.09474 \times \cos 12.05°}$
  = 16,78 Å
- $\varepsilon = \frac{\beta}{4 \tan\theta}$
  $= \frac{0,0947}{4 \times \tan 12.05°}$
  = 0.111

c. rGO 750ºC

Diketahui :

K = 0.9 θ = 12.22º

λ = 1.54 Å β = 0.077 rad

Ditanya : d? D? ε?

Jawab :

- $d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$
  $= \frac{1.54}{2 \times \sin 12.22°}$
  = 3.583 Å
- D = $\frac{K\lambda}{\beta \cos \theta}$
  $= \frac{0.9 \times 1.54}{0.09474 \times \cos 12.22°}$
  = 16,96 Å
- $\varepsilon = \frac{\beta}{4 \tan\theta}$
  $= \frac{0,0947}{4 \times \tan 12.05°}$
  = 0.1

d. rGO 800ºC

Diketahui :

K = 0.9 θ = 12.26º

λ = 1.54 Å β = 0.0775 rad

Ditanya : d? D? ε?

Jawab :

- $d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$
  $= \frac{1.54}{2 \times \sin 12.26°}$
  = 3.55 Å
- D = $\frac{K\lambda}{\beta \cos \theta}$

$$= \frac{0.9 \times 1.54}{0.09474 \times \cos 12.26°}$$

= 18,74 Å

- $\varepsilon = \frac{\beta}{4\ tan\theta}$

$$= \frac{0{,}0947}{4 \times \tan 12.26°}$$

= 0.089

e. rGO 850°C

Diketahui :

K = 0.9 θ = 12.14°

λ = 1.54 Å β = 0.0741 rad

Ditanya : d? D? ε?

Jawab :

- $d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$

$$= \frac{1.54}{2 \times \sin 12.14°}$$

= 3.207 Å

- $D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta}$

$$= \frac{0.9 \times 1.54}{0.09474 \times \cos 12.14°}$$

= 20,57 Å

- $\varepsilon = \frac{\beta}{4\ tan\theta}$

$$= \frac{0{,}0947}{4 \times \tan 12.14°}$$

= 0.086

f. rGO 900°C

Diketahui :

K = 0.9 θ = 12.35°

λ = 1.54 Å β = 0.0927 rad

Ditanya : d? D? ε?

Jawab :

- $d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$

$$= \frac{1.54}{2 \times \sin 12.35°}$$

= 3.567 Å

- $D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta}$

$$= \frac{0.9 \times 1.54}{0.09474 \times \cos 12.35°}$$

= 15,32 Å

- $\varepsilon = \frac{\beta}{4\ tan\theta}$

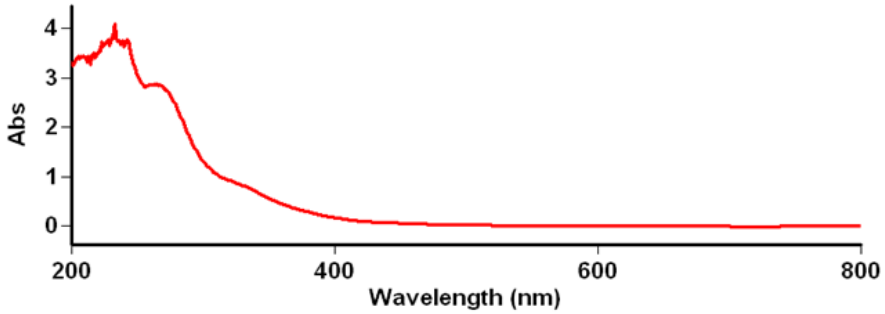
$$= \frac{0{,}0947}{4 \times \tan 12.35°}$$

= 0.106

LAMPIRAN 3 DATA HASIL PENGUJIAN MENGGUNAKAN UV-VIS

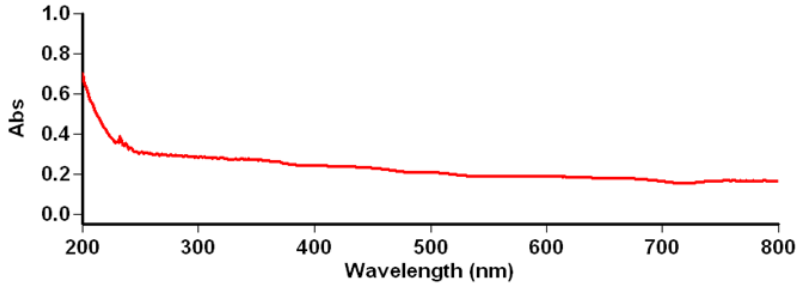
Report Time : Wed 19 Aug 01:49:13 PM 2020
Method :
Batch: D : \Layanan Analisa\Fisika UIN\Maria Ulfa DSW
Software version : 3.00(339)
Operator : Rika
Peak Table
Peak Style Peaks
Peak Threshold 0.0100
Range 800.1nm to 200.0nm

1. Lamdha Maks Tanpa Pemasan
   Tanggal Analisa: 23 September 2020



Wavelength (nm)	Abs
582.0	0.016
266.9	2.856
265.1	2.878
263.0	2.881
242.0	3.779
239.0	3.749
236.0	3.756
233.0	4.091
230.1	3.822
228.0	3.782
226.0	3.727
223.0	3.729
221.0	3.575
217.1	3.507
213.0	3.436
210.9	3.417
209.1	3.449
207.0	3.439
205.0	3.435

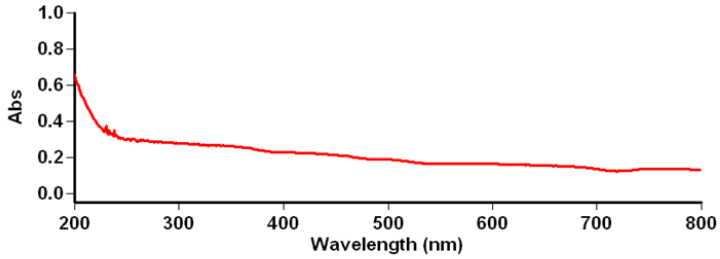
2. Lamdha Maks RGO 700°
   Tanggal Analisa: 19 Agustus 2020



Wavelength(nm)	Abs

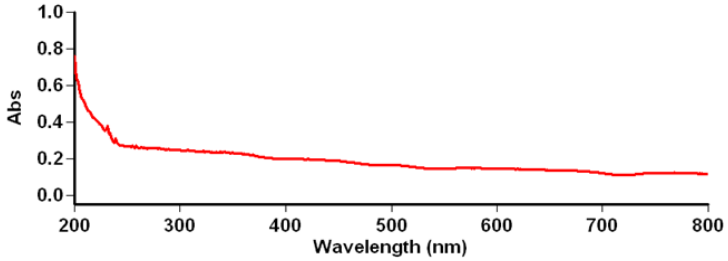
241.0	0.332
237.1	0.356
232.0	0.391
230.0	0.367

3. Lamdha Maks RGO 750°
   Tanggal Analisa: 19 Agustus 2020



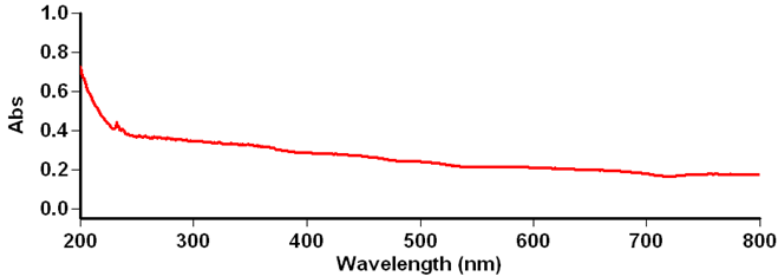
Wavelength (nm)	Abs
257.0	0.303
238.0	0.350
235.0	0.338
233.0	0.350
230.0	0.377

4. Lamdha Maks RGO 800°
   Tanggal Analisa: 19 Agustus 2020



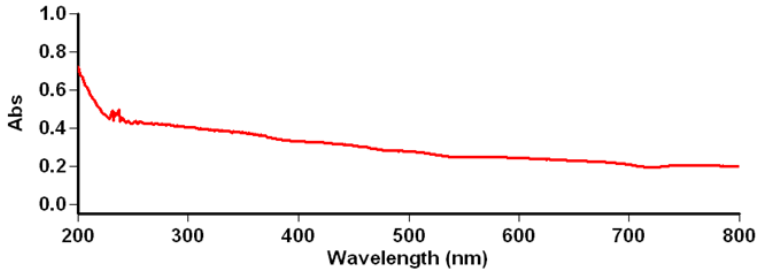
Wavelength (nm)	Abs
258.1	0.270
254.9	0.272
238.9	0.309
234.1	0.343
230.9	0.378

5. Lamdha Maks RGO 850°
   Tanggal Analisa: 19 Agustus 2020

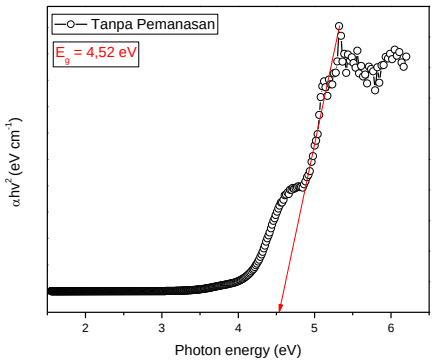


Wavelength (nm)	Abs
232.0	0.441

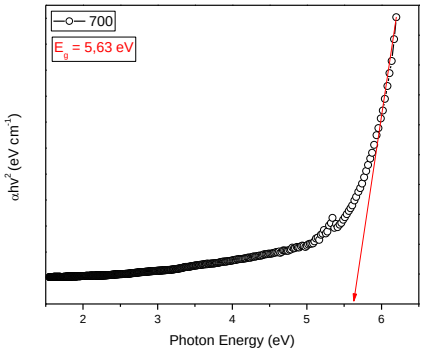
6. Lamdha Maks RGO 900°
   Tanggal Analisa: 19 Agustus 2020



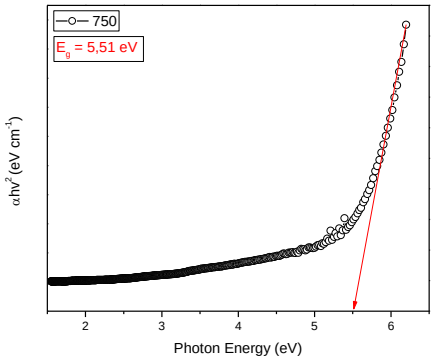
Wavelength (nm)	Abs
257.0	0.435
251.9	0.440
240.0	0.453
237.1	0.496
233.0	0.481
230.9	0.494



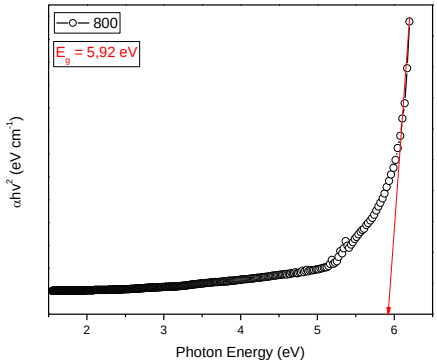
(a)



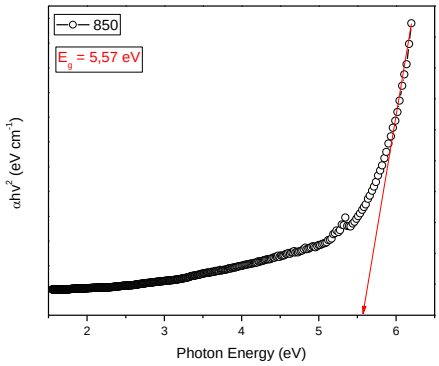
(b)



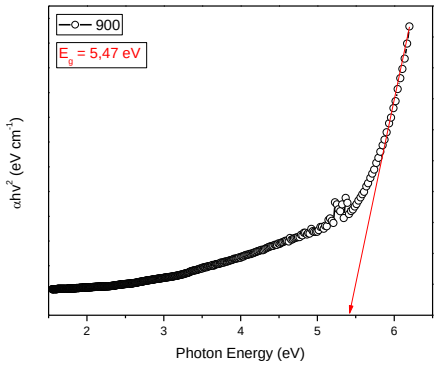
(c)



(d)

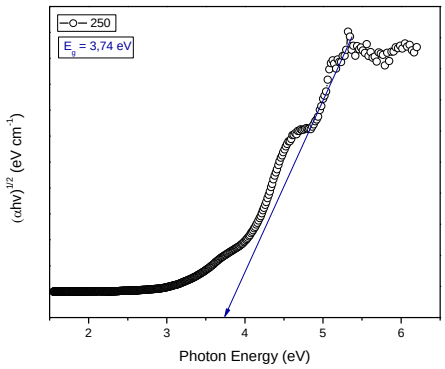


(e)

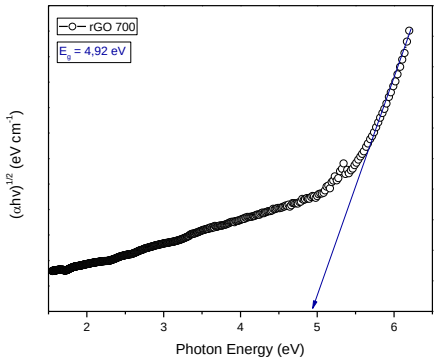


(f)

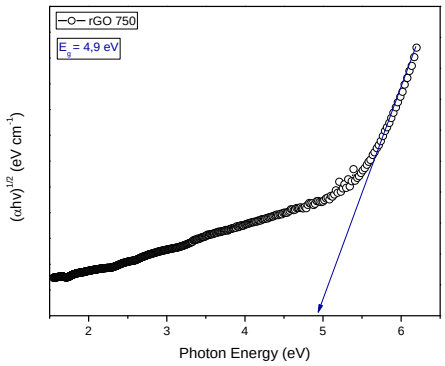
Energi Gap *Indirect* rGO dengan Variasi Temperatur Pemanasan (a) Karbon Bulu Ayam (b) 700ºC (c) 750ºC (d) 800ºC (e) 850ºC (f) 900ºC.



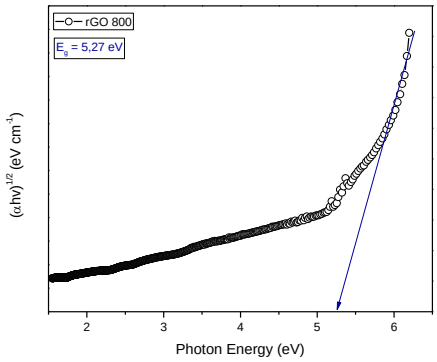
(a)



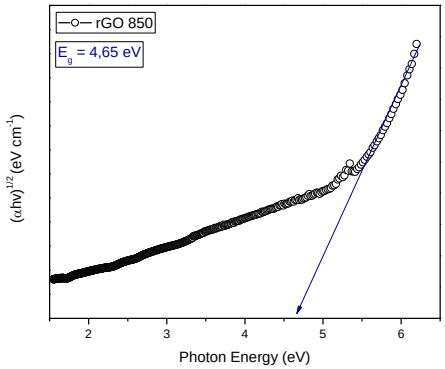
(b)



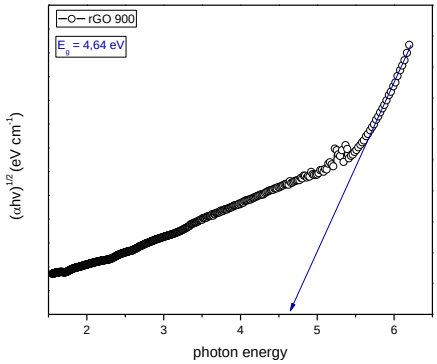
(c)



(d)



(e)



(f)

Energi Gap *Direct* rGO dengan Variasi Temperatur Pemanasan (a) Karbon Bulu Ayam (b) 700ºC (c) 750ºC (d) 800ºC (e) 850ºC (f) 900ºC.

ENERGI GAP

Sampel	Energi Gap Direct (eV)	Energi Gap Indirect (eV)
Karbon Bulu Ayam	4,52	3,74
rGO 700^{o}C	5,63	4,92
rGO 750^{o}C	5,51	4,9
rGO 800^{o}C	5,92	5,27
rGO 850^{o}C	5,57	4,66
rGO 900^{o}C	5,47	4,64

LAMPIRAN 4 HASIL PERHITUNGAN KONDUKTIVITAS LISTRIK

1. Karbon Bulu Ayam

f (Hz)	σ (S/m^2)	σ (S/m^2)	σ (S/m^2)	rata-rata
500	3,99E-09	2,10E-09	2,10E-09	8,2E-09
600	4,00E-09	2,10E-09	2,10E-09	8,2E-09
700	4,00E-09	2,30E-09	2,30E-09	8,6E-09
800	4,01E-09	2,40E-09	2,30E-09	8,7E-09
900	4,04E-09	2,40E-09	2,30E-09	8,7E-09
1000	4,18E-09	2,50E-09	2,50E-09	9,2E-09
2000	4,75E-09	2,60E-09	2,70E-09	1,0E-08
3000	5,94E-09	2,70E-09	2,70E-09	1,1E-08
4000	6,49E-09	2,80E-09	2,70E-09	1,2E-08
5000	8,65E-09	2,90E-09	2,70E-09	1,4E-08
6000	1,27E-08	3,10E-09	2,90E-09	1,9E-08
7000	1,58E-08	3,10E-09	3,00E-09	2,2E-08
8000	1,60E-08	3,10E-09	3,00E-09	2,2E-08
9000	1,63E-08	3,20E-09	3,10E-09	2,3E-08
10000	1,88E-08	3,20E-09	3,10E-09	2,5E-08
20000	2,72E-08	3,40E-09	3,30E-09	3,4E-08
30000	2,89E-08	3,50E-09	3,40E-09	3,6E-08
40000	3,10E-08	3,60E-09	3,50E-09	3,8E-08
50000	3,68E-08	3,80E-09	3,70E-09	4,4E-08
60000	3,68E-08	4,00E-09	3,80E-09	4,5E-08
70000	4,38E-08	4,70E-09	4,60E-09	5,3E-08
80000	1,40E-07	5,10E-09	7,80E-09	1,5E-07
90000	2,37E-07	6,30E-09	1,60E-08	2,6E-07
100000	2,54E-07	8,00E-09	1,70E-08	2,8E-07
200000	2,60E-07	9,80E-09	1,80E-08	2,9E-07
300000	2,96E-07	1,40E-08	1,90E-08	3,3E-07
400000	3,13E-07	1,80E-08	6,10E-08	3,9E-07
500000	4,99E-07	1,90E-08	9,50E-08	6,1E-07
600000	5,81E-07	1,90E-08	1,40E-07	7,4E-07
700000	7,02E-07	1,50E-07	1,50E-07	1,0E-06
800000	9,28E-07	1,60E-07	1,50E-07	1,2E-06
900000	1,11E-06	1,60E-07	1,60E-07	1,4E-06
1000000	2,03E-06	1,60E-07	1,80E-07	2,4E-06

2. rGO 700^{o}C

f (Hz)	σ (S/m^2)	σ (S/m^2)	σ (S/m^2)	rata-rata
500	1,22E-07	1,24E-07	1,94E-07	4,400E-07
600	1,20E-07	1,61E-07	1,98E-07	4,790E-07
700	1,21E-07	1,80E-07	2,01E-07	5,020E-07
800	1,27E-07	1,80E-07	2,02E-07	5,090E-07
900	2,00E-07	1,86E-07	2,11E-07	5,970E-07
1000	2,32E-07	1,98E-07	2,25E-07	6,550E-07
2000	2,36E-07	2,22E-07	2,44E-07	7,020E-07
3000	2,39E-07	2,35E-07	2,93E-07	7,670E-07
4000	2,44E-07	2,36E-07	3,01E-07	7,810E-07
5000	2,54E-07	2,37E-07	3,31E-07	8,220E-07
6000	2,86E-07	2,37E-07	3,46E-07	8,690E-07
7000	3,16E-07	2,38E-07	3,62E-07	9,160E-07
8000	3,33E-07	2,39E-07	3,64E-07	9,360E-07
9000	3,34E-07	2,40E-07	4,17E-07	9,910E-07
10000	3,49E-07	2,55E-07	4,31E-07	1,035E-06
20000	3,63E-07	2,60E-07	5,08E-07	1,131E-06
30000	3,82E-07	2,62E-07	5,16E-07	1,160E-06
40000	3,82E-07	2,65E-07	6,28E-07	1,275E-06
50000	3,89E-07	2,80E-07	6,98E-07	1,367E-06
60000	4,25E-07	2,80E-07	7,29E-07	1,434E-06
70000	4,58E-07	2,84E-07	9,46E-07	1,688E-06
80000	4,69E-07	2,86E-07	9,96E-07	1,751E-06
90000	5,01E-07	2,87E-07	1,06E-06	1,848E-06
100000	5,14E-07	2,87E-07	1,19E-06	1,991E-06
200000	5,18E-07	2,87E-07	1,23E-06	2,035E-06
300000	5,30E-07	2,97E-07	1,36E-06	2,187E-06
400000	5,46E-07	3,05E-07	1,36E-06	2,211E-06
500000	5,64E-07	3,10E-07	1,46E-06	2,334E-06
600000	5,82E-07	3,20E-07	1,51E-06	2,412E-06
700000	6,17E-07	3,22E-07	1,61E-06	2,549E-06
800000	7,04E-07	3,41E-07	1,70E-06	2,745E-06
900000	1,14E-06	4,04E-07	1,91E-06	3,454E-06
1000000	1,96E-06	5,82E-07	1,93E-06	4,472E-06

3. rGO 750^{o}C

f (Hz)	σ (S/m^2)	σ (S/m^2)	σ (S/m^2)	rata-rata
500	7,90E-07	5,40E-07	1,10E-06	2,430E-06
600	1,30E-06	1,60E-06	1,40E-06	4,300E-06
700	1,30E-06	1,70E-06	2,50E-06	5,500E-06
800	1,50E-06	1,90E-06	2,70E-06	6,100E-06
900	1,50E-06	2,10E-06	2,70E-06	6,300E-06
1000	1,50E-06	2,20E-06	2,70E-06	6,400E-06
2000	1,50E-06	2,30E-06	2,70E-06	6,500E-06
3000	1,50E-06	2,50E-06	2,80E-06	6,800E-06
4000	1,60E-06	2,50E-06	2,80E-06	6,900E-06
5000	1,60E-06	2,60E-06	2,80E-06	7,000E-06
6000	1,70E-06	3,10E-06	2,80E-06	7,600E-06
7000	1,70E-06	3,20E-06	3,10E-06	8,000E-06
8000	1,70E-06	3,20E-06	3,10E-06	8,000E-06
9000	1,70E-06	3,20E-06	3,20E-06	8,100E-06
10000	1,80E-06	3,50E-06	3,20E-06	8,500E-06
20000	1,80E-06	3,50E-06	3,30E-06	8,600E-06
30000	1,90E-06	3,60E-06	3,30E-06	8,800E-06
40000	1,90E-06	3,70E-06	3,40E-06	9,000E-06
50000	1,90E-06	3,80E-06	3,50E-06	9,200E-06
60000	2,00E-06	4,00E-06	3,50E-06	9,500E-06
70000	2,00E-06	4,20E-06	3,50E-06	9,700E-06
80000	2,10E-06	4,30E-06	3,80E-06	1,020E-05
90000	2,30E-06	4,30E-06	3,90E-06	1,050E-05
100000	2,30E-06	4,30E-06	4,00E-06	1,060E-05
200000	2,50E-06	4,30E-06	4,00E-06	1,080E-05
300000	2,70E-06	4,40E-06	4,30E-06	1,140E-05
400000	2,80E-06	4,50E-06	4,60E-06	1,190E-05
500000	2,90E-06	4,50E-06	4,70E-06	1,210E-05
600000	3,00E-06	4,60E-06	4,90E-06	1,250E-05
700000	3,00E-06	4,60E-06	5,20E-06	1,280E-05
800000	3,20E-06	4,80E-06	6,20E-06	1,420E-05
900000	3,60E-06	5,10E-06	6,50E-06	1,520E-05
1000000	4,20E-06	5,30E-06	7,60E-06	1,710E-05

4. rGO 800^{o}C

f (Hz)	σ (S/m2)	σ (S/m2)	σ (S/m2)	rata-rata
500	4,80E-07	3,90E-06	5,00E-07	4,880E-06
600	6,20E-07	4,90E-06	6,10E-07	6,130E-06
700	7,60E-07	4,90E-06	6,20E-07	6,280E-06
800	1,10E-06	4,90E-06	8,40E-07	6,840E-06
900	1,20E-06	4,90E-06	9,10E-07	7,010E-06
1000	1,20E-06	5,20E-06	1,00E-06	7,400E-06
2000	1,30E-06	5,30E-06	1,10E-06	7,700E-06
3000	1,30E-06	5,40E-06	1,30E-06	8,000E-06
4000	1,40E-06	5,40E-06	1,50E-06	8,300E-06
5000	1,40E-06	5,70E-06	1,90E-06	9,000E-06
6000	1,50E-06	5,70E-06	2,00E-06	9,200E-06
7000	1,50E-06	5,90E-06	2,10E-06	9,500E-06
8000	1,60E-06	6,30E-06	2,70E-06	1,060E-05
9000	1,60E-06	6,60E-06	2,80E-06	1,100E-05
10000	1,80E-06	6,60E-06	3,20E-06	1,160E-05
20000	1,80E-06	6,70E-06	3,20E-06	1,170E-05
30000	1,80E-06	6,70E-06	3,30E-06	1,180E-05
40000	1,90E-06	6,70E-06	3,50E-06	1,210E-05
50000	2,00E-06	6,80E-06	3,50E-06	1,230E-05
60000	2,00E-06	6,90E-06	3,60E-06	1,250E-05
70000	2,10E-06	6,90E-06	3,80E-06	1,280E-05
80000	2,30E-06	7,10E-06	4,10E-06	1,350E-05
90000	2,40E-06	7,20E-06	4,10E-06	1,370E-05
100000	2,40E-06	7,30E-06	4,10E-06	1,380E-05
200000	2,40E-06	7,30E-06	4,20E-06	1,390E-05
300000	2,40E-06	7,30E-06	4,30E-06	1,400E-05
400000	2,50E-06	7,50E-06	4,30E-06	1,430E-05
500000	2,60E-06	7,70E-06	4,50E-06	1,480E-05
600000	2,70E-06	8,30E-06	4,60E-06	1,560E-05
700000	2,80E-06	8,50E-06	4,80E-06	1,610E-05
800000	2,90E-06	9,40E-06	4,90E-06	1,720E-05
900000	3,10E-06	1,00E-05	5,10E-06	1,820E-05
1000000	3,60E-06	1,10E-05	5,10E-06	1,970E-05

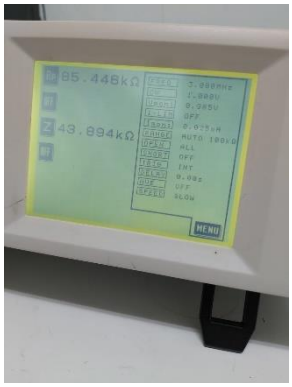
5. rGO 850ºC

f (Hz)	σ (S/m2)	σ (S/m2)	σ (S/m2)	rata-rata
500	3,90E-06	3,60E-06	1,20E-06	8,700E-06
600	4,10E-06	3,70E-06	1,60E-06	9,400E-06
700	4,30E-06	3,70E-06	2,90E-06	1,090E-05
800	4,40E-06	3,90E-06	3,10E-06	1,140E-05
900	4,40E-06	3,90E-06	3,10E-06	1,140E-05
1000	4,70E-06	4,00E-06	3,10E-06	1,180E-05
2000	4,70E-06	4,10E-06	3,10E-06	1,190E-05
3000	4,80E-06	6,10E-06	3,20E-06	1,410E-05
4000	4,80E-06	6,10E-06	3,20E-06	1,410E-05
5000	4,80E-06	6,10E-06	3,20E-06	1,410E-05
6000	4,90E-06	6,20E-06	3,20E-06	1,430E-05
7000	4,90E-06	7,10E-06	3,60E-06	1,560E-05
8000	5,00E-06	7,20E-06	3,60E-06	1,580E-05
9000	5,10E-06	6,60E-06	3,60E-06	1,530E-05
10000	5,10E-06	6,60E-06	3,70E-06	1,540E-05
20000	5,10E-06	9,60E-06	3,80E-06	1,850E-05
30000	5,20E-06	1,00E-05	3,80E-06	1,900E-05
40000	5,20E-06	1,00E-05	3,90E-06	1,910E-05
50000	5,20E-06	1,00E-05	4,00E-06	1,920E-05
60000	5,30E-06	1,10E-05	4,00E-06	2,030E-05
70000	5,40E-06	1,00E-05	4,00E-06	1,940E-05
80000	5,40E-06	1,10E-05	4,40E-06	2,080E-05
90000	5,40E-06	1,10E-05	4,50E-06	2,090E-05
100000	5,50E-06	1,20E-05	4,50E-06	2,200E-05
200000	5,50E-06	1,20E-05	4,60E-06	2,210E-05
300000	5,60E-06	1,30E-05	4,90E-06	2,350E-05
400000	5,60E-06	1,30E-05	5,30E-06	2,390E-05
500000	5,70E-06	1,30E-05	5,40E-06	2,410E-05
600000	5,90E-06	1,30E-05	5,60E-06	2,450E-05
700000	5,90E-06	1,30E-05	5,90E-06	2,480E-05
800000	6,20E-06	1,30E-05	7,10E-06	2,630E-05
900000	6,20E-06	1,40E-05	7,50E-06	2,770E-05
1000000	6,50E-06	1,40E-05	8,70E-06	2,920E-05

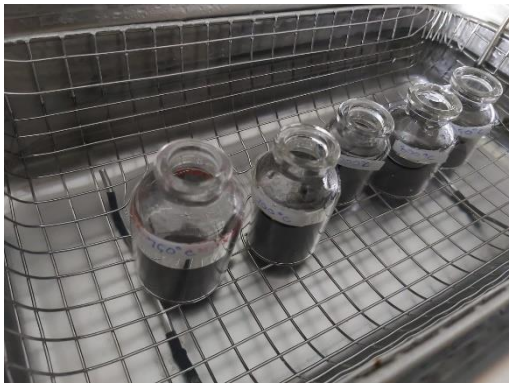
6. rGO 900^{o}C

f (Hz)	σ (S/m2)	σ (S/m2)	σ (S/m2)	rata-rata
500	2,30E-06	7,70E-06	1,40E-06	1,140E-05
600	2,40E-06	9,20E-06	1,40E-06	1,300E-05
700	2,50E-06	9,60E-06	1,40E-06	1,350E-05
800	2,60E-06	9,70E-06	1,40E-06	1,370E-05
900	2,80E-06	1,00E-05	1,40E-06	1,420E-05
1000	2,80E-06	1,00E-05	1,50E-06	1,430E-05
2000	2,90E-06	1,10E-05	1,60E-06	1,550E-05
3000	2,90E-06	1,10E-05	1,60E-06	1,550E-05
4000	2,90E-06	1,10E-05	1,60E-06	1,550E-05
5000	2,90E-06	1,10E-05	1,60E-06	1,550E-05
6000	3,00E-06	1,10E-05	1,70E-06	1,570E-05
7000	3,10E-06	1,10E-05	1,70E-06	1,580E-05
8000	3,40E-06	1,10E-05	1,70E-06	1,610E-05
9000	3,70E-06	1,10E-05	1,90E-06	1,660E-05
10000	3,70E-06	1,10E-05	2,20E-06	1,690E-05
20000	5,30E-06	1,10E-05	2,50E-06	1,880E-05
30000	6,20E-06	1,20E-05	2,60E-06	2,080E-05
40000	6,30E-06	1,20E-05	4,10E-06	2,240E-05
50000	6,40E-06	1,20E-05	4,20E-06	2,260E-05
60000	6,50E-06	1,20E-05	4,30E-06	2,280E-05
70000	7,00E-06	1,20E-05	5,30E-06	2,430E-05
80000	7,10E-06	1,20E-05	6,30E-06	2,540E-05
90000	7,50E-06	1,30E-05	6,30E-06	2,680E-05
100000	7,60E-06	1,30E-05	7,20E-06	2,780E-05
200000	8,20E-06	1,30E-05	8,00E-06	2,920E-05
300000	8,40E-06	1,30E-05	8,10E-06	2,950E-05
400000	8,60E-06	1,50E-05	8,40E-06	3,200E-05
500000	8,80E-06	1,60E-05	9,10E-06	3,390E-05
600000	9,10E-06	1,60E-05	1,10E-05	3,610E-05
700000	1,20E-05	1,70E-05	1,40E-05	4,300E-05
800000	1,40E-05	1,90E-05	1,40E-05	4,700E-05
900000	1,60E-05	1,90E-05	1,40E-05	4,900E-05
1000000	1,90E-05	2,00E-05	1,40E-05	5,300E-05

LAMPIRAN 5 GAMBAR PENELITIAN



LCR meter



Proses sonikasi untuk uji menggunakan Uv-Vis



Proses pemisahan sampel dengan aquades



Sampel setelah dipanaskan temperatur tinggi



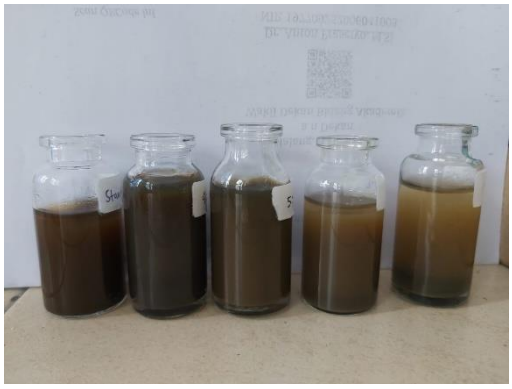
Pengeringan sampel



Proses sonikasi



Ultrasonic cleaner



Proses pengendapan untuk uji menggunakan Uv-Vis



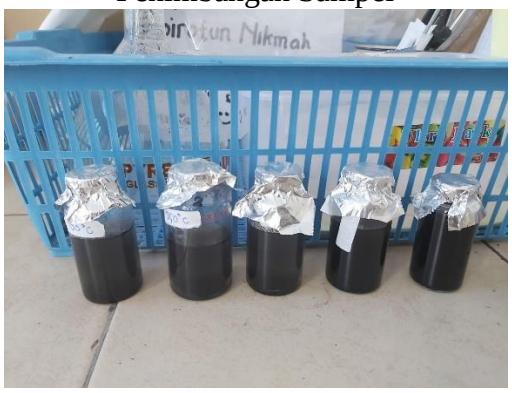
Penghalusan Sampel



Penimbangan Sampel



Penyaringan karbon ukuran 250 mesh



Pengendapan sampel untuk uji menggunakan Uv-Vis