

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI HCl TERHADAP  
KARAKTERISTIK MATERIAL rGO (*Reduced Graphene Oxide*) DARI  
BULU AYAM DENGAN METODE *CHEMICAL EXFOLIATION***

**SKRIPSI**

Oleh:

**FENY FEFYANTI MARTA CAHYANI**

**NIM. 15640020**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2019**

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI HCl TERHADAP  
KARAKTERISTIK MATERIAL rGO (*Reduced Graphene Oxide*) DARI  
BULU AYAM DENGAN METODE *CHEMICAL EXFOLIATION***

**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:**

**FENY FEFYANTI MARTA CAHYANI  
15640020**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2019**

## HALAMAN PERSETUJUAN

PENGARUH VARIASI KONSENTRASI HCl TERHADAP  
KARAKTERISTIK MATERIAL rGO (*Reduced Graphene Oxide*) DARI  
BULU AYAM DENGAN METODE *CHEMICAL EXFOLIATION*

SKRIPSI

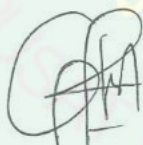
Oleh:

Feny Fefiyanti Marta Cahyani

NIM.15640020

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji  
Pada Tanggal: 30 Oktober 2019

Dosen Pembimbing I



Erna Hastuti, M.Si

NIP. 19811119 200801 2 009

Dosen Pembimbing II



Drs. Abdul Basid, M.Si

NIP. 19650504 199003 1 003

Mengetahui,  
Ketua Jurusan



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

## HALAMAN PENGESAHAN

### PENGARUH VARIASI KONSENTRASI HCl TERHADAP KARAKTERISTIK MATERIAL rGO (*Reduced Graphene Oxide*) DARI BULU AYAM DENGAN METODE *CHEMICAL EXFOLIATION*

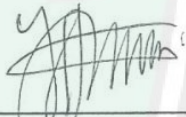
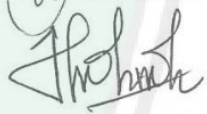
#### SKRIPSI

Oleh:

Feny Fefiyanti Marta Cahyani

NIM. 15640020

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 18 November 2019

Penguji Utama :	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Ketua Penguji :	<u>Utuya Hikmah, M.Si</u> NIDT. 19880605 20180201 2 242	
Sekretaris Penguji :	<u>Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Anggota Penguji :	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	

Mengesahkan,

Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si

NIP. 19650504 199003 1 003

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Feny Fefiyanti Marta Cahyani  
NIM : 15640020  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Pengaruh Variasi Konsentrasi HCl terhadap Karakteristik Material rGO (*Reduced Graphene Oxide*) dari Bulu Ayam dengan Metode *Chemical Exfoliation*

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

Malang, 15 November 2019  
Yang Membuat Pernyataan,



Feny Fefiyanti Marta Cahyani  
15640020

## MOTTO

*“Menuntut ilmu adalah taqwa. Menyampaikan ilmu adalah ibadah. Mengulang-ulang ilmu adalah zikir. Mencari ilmu adalah jihad”*

*(Abu Hamid Al-ghazali)*

*“Raihlah ilmu! Dan untuk meraih ilmu belajarlah dengan tenang dan sabar”*

*(Umar bin Khattab)*

“ من جدّ وجد ”

*(Barangsiapa yang bersungguh-sungguh, maka ia akan mendapatkan)*



## HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT  
Sholawat serta salam tertuju kepada Nabi Muhammad SAW

Skripsi ini ku persembahkan untuk:

Keluargaku tercinta

Bapak (Mohammad Qo'ib), Ibu (Tatik Muthofiyah), yang selalu sabar dan tak pernah lelah dalam membimbing, mendo'akan serta mendukung semua mimpiku.

Adik - adikku (Sulaiman) di Surga dan (Rohadatul Aisy Mahdiyah) yang turut serta menyemangati, mendo'akan dan selalu percaya padaku.



## 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 Konsentrasi HCl terhadap Karakteristik Material rGO (*Reduced Graphene Oxide*) dari Bulu Ayam dengan Metode *Chemical Exfoliation*"** 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 Tugas Akhir Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
6. Segenap Staf dan Pegawai yang telah banyak membantu dan memberikan pelayanan, pengalaman serta wawasan kepada penulis selama Penelitian Tugas Akhir.
7. Teman-teman Fisika angkatan 2015 yang selalu mendukung, membantu dan mendo'akan untuk berjuang bersama.
8. Kakak-kakak dan adik-adik Jurusan Fisika yang selalu membantu dan memberikan informasi selama pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir.
9. Keluarga MSC yang tak pernah lelah untuk berbagi ilmu serta membantu dengan tulus dan sabar.
10. Keluarga Kos Potre Koneng Malang yang penuh kasih sayang menemaniku diperantauan.
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, November 2019

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAM PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAM PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	v
<b>MOTTO</b> .....	vi
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>ABSTRAK</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Masalah.....	5
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	6
2.1 Bulu Ayam .....	6
2.2 Karbon.....	9
2.3 Material Grafena .....	11
2.3.1 <i>Graphene</i> .....	11
2.3.2 <i>Graphene-oxide</i> .....	14
2.3.3 <i>Graphite</i> .....	15
2.4 Metode Preparasi dan Sitiesis GO.....	17
2.4.1 <i>Mechanical Exfoliation (ME)</i> .....	17
2.4.2 <i>Chemical Exfoliation (CE)</i> .....	18
2.4.3 <i>Reduction Graphene Oxide (RGO)</i> .....	18
2.4.4 <i>Chemical Vapor Deposition (CVD)</i> .....	18
2.4.5 <i>Liquid Phase Exfoliation (LPE)</i> .....	19
2.5 Sonikasi/Ultrasonikasi .....	19
2.6 XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ).....	21
2.7 UV-Vis .....	23
2.8 <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> .....	26
2.9 Kajian Integrasi Islam .....	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	30
3.1 Jenis Penelitian.....	30
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	30
3.3 Alat dan Bahan.....	30
3.3.1 Alat .....	30
3.3.2 Bahan.....	31
3.4 Prosedur Penelitian.....	31

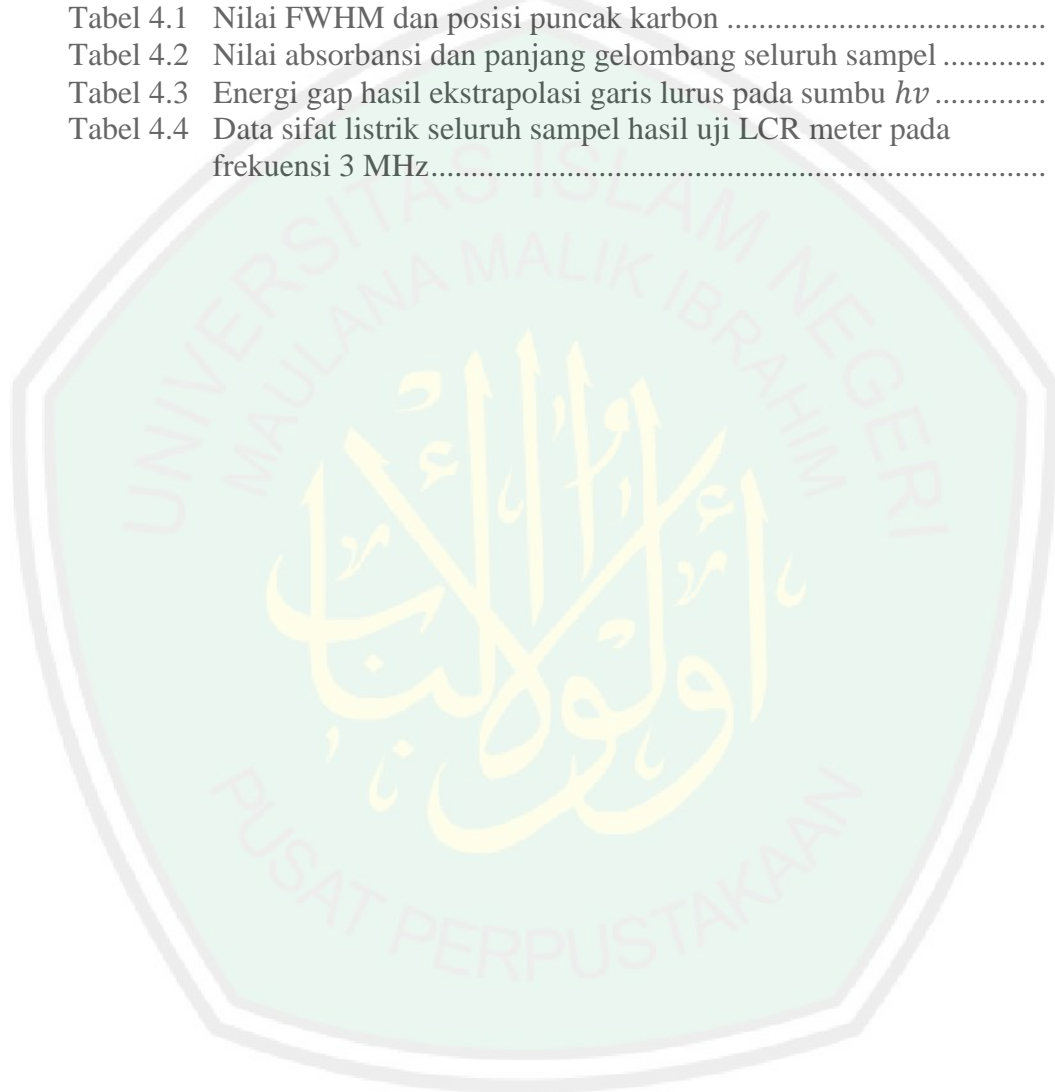
3.4.1	Pembuatan Karbon Bulu Ayam.....	32
3.4.2	Pembuatan Material rGO.....	32
3.4.3	Pembuatan <i>Slurry</i> .....	33
3.4.4	Pembuatan Lembaran Uji LCR Meter.....	33
3.4.5	Karakterisasi Sampel .....	34
3.5	Diagram Alir Penelitian .....	35
3.5.1	Diagram Alir Pembuatan Karbon .....	35
3.5.2	Pembuatan rGO .....	36
3.5.3	Pembuatan Lembaran Uji LCR Meter.....	37
3.6	Teknik Pengumpulan Data.....	38
3.6.1	Analisis XRD.....	38
3.6.2	Analisis SEM.....	38
3.6.3	Analisis UV-Vis .....	38
3.6.3	Analisis Sifat Listrik.....	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>42</b>
4.1	Data Hasil Penelitian.....	43
4.2	Pembahasan.....	55
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>61</b>
5.1	Kesimpulan .....	61
5.2	Saran.....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bulu ayam.....	6
Gambar 2.2	Struktur morfologi dari bulu ayam (Yu., dkk, 2002).....	7
Gambar 2.3	Struktur kimia keratin dari bulu ayam (Acda, 2010).....	8
Gambar 2.4	Karbon .....	10
Gambar 2.5	Grafena dibungkus menghasilkan, 0D buckyballs, digulung 1D nanotube, ditumpuk 3D grafit (Geim dan Novoselov, 2007) .....	12
Gambar 2.6	Struktur grafena oksida dengan gugus fungsional. <b>A:</b> Gugus Epoksi, <b>B:</b> Gugus Hidroksil, <b>C:</b> Gugus Karboksil. (Lerf., dkk, 1998).....	14
Gambar 2.7	Struktur grafit (Smallman dan Bishop, 2000) .....	16
Gambar 2.8	Skema dasar SEM (Smallman dan Bishop, 2000).....	27
Gambar 4.1	Hasil pemanasan bulu ayam, a) Temperatur 250°C b) Temperatur 400°C.....	42
Gambar 4.2	Pola XRD material karbon bulu ayam.....	44
Gambar 4.3	Struktur kristal karbon .....	46
Gambar 4.4	Hasil SEM karbon bulu ayam (a) Karbon 400°C perbesaran 2000x (b) Karbon HCl 2 M perbesaran 2000x (c) Karbon 400°C perbesaran 20.000x (d) Karbon HCl 2 M perbesaran 20.000x .....	47
Gambar 4.5	Spektrum absorbansi hasil uji UV-Vis seluruh sampel.....	48
Gambar 4.6	Plot grafik hasil ekstrapolasi garis lurus pada sumbu $h\nu$ <i>direct</i> (merah muda), <i>indirect</i> (biru).....	50
Gambar 4.7	Grafik konduktivitas listrik bahan seluruh sampel .....	52
Gambar 4.8	Grafik kapasitansi area seluruh sampel .....	53
Gambar 4.9	Plot hasil perhitungan impedansi riil ( $Z'$ ) seluruh sampel .....	54
Gambar 4.10	Plot hasil perhitungan impedansi imajiner ( $Z''$ ) seluruh sampel .....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis asam amino pada keratin dari bulu ayam (Saravanan dan Dhurai, 2012) .....	8
Tabel 3.1	Contoh tabel data hasil karakterisasi spektrofotometer UV-Vis....	40
Tabel 3.2	Contoh tabel data hasil uji sifat listrik .....	41
Tabel 4.1	Nilai FWHM dan posisi puncak karbon .....	44
Tabel 4.2	Nilai absorbansi dan panjang gelombang seluruh sampel .....	48
Tabel 4.3	Energi gap hasil ekstrapolasi garis lurus pada sumbu $h\nu$ .....	50
Tabel 4.4	Data sifat listrik seluruh sampel hasil uji LCR meter pada frekuensi 3 MHz.....	16



## DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN BAHAN**
- LAMPIRAN 2 DATA DAN PERHITUNGAN XRD**
- LAMPIRAN 3 GAMBAR HASIL UJI SEM**
- LAMPIRAN 4 DATA DAN PERHITUNGAN UV-VIS**
- LAMPIRAN 5 DATA DAN PERHITUNGAN LCR METER**
- LAMPIRAN 6 GAMBAR PENELITIAN**
- LAMPIRAN 7 BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**



## ABSTRAK

Cahyani, Feny Fefiyanti Marta. 2019. **Pengaruh Variasi Konsentrasi HCl terhadap Karakteristik Material rGO (*Reduced Graphene Oxide*) dari Bulu Ayam dengan Metode *Chemical Exfoliation***. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing (I) Erna Hastuti, M.Si. (II) Drs. Abdul Basid, M.Si.

---

Kata kunci: Bulu Ayam, rGO, Chemical exfoliation, eksfoliasi.

Bulu ayam memiliki kandungan protein tinggi sehingga berpotensi untuk dijadikan material baru. Pada penelitian ini bulu ayam dimanfaatkan untuk pembuatan material *Reduced Graphene Oxide* (rGO) dengan metode *Chemical exfoliation*, menggunakan larutan aquades dan HCl (0.5, 1, 1.5 dan 2 M). Bulu ayam dipanaskan dalam dua tahap yaitu temperatur 250°C dan pemanasan pada temperatur 400°C. Proses eksfoliasi dilakukan dengan menggunakan *ultrasonic cleaner*. Hasil XRD menunjukkan bahwa sampel memiliki fasa karbon jenis rGO. Sampel yang dieksfoliasi menggunakan aquades memiliki jarak antar layer ( $d$ ) terkecil (3.53 Å), ukuran kristalit ( $L_c$ ) terbesar (20.08 Å) serta memiliki konduktivitas listrik  $7.29 \times 10^{-6} S/cm$ , kapasitansi area  $1.29 \times 10^{-11} S/cm^2$  dengan energi gap *direct* 5.74 eV dan *indirect* 4.7 eV. Sedangkan sampel yang dieksfoliasi menggunakan HCl 2 M memiliki  $L_c$  terkecil (17.33 Å), nilai  $d$  sebesar 3.52 Å dan memiliki sifat listrik lebih rendah dari sampel yang dieksfoliasi menggunakan aquades.

## ABSTRACT

Cahyani, Feny Fefiyanti Marta. 2019. **The Effect of HCl Concentration Variation on the Characteristics of rGO (Reduced Graphene Oxide) Material from Chicken Feathers with Chemical Exfoliation Method**. Thesis. Physics Department, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Advisor (I) Erna Hastuti, M.Sc. (II) Drs. Abdul Basid, M.Sc.

---

Keywords: Chicken feather, rGO, chemical exfoliation, exfoliation

Chicken feathers have a high protein content so that it has the potential to be used as new material. In this study, chicken feathers were used for the manufacture of material Reduced Graphene Oxide (rGO) with Chemical exfoliation method, using a solution of distilled water and HCl (0.5, 1, 1.5 and 2 M). Chicken feathers are heated in two stages: 250°C and heating at 400°C. The exfoliation process is carried out using an ultrasonic cleaner. The XRD results show that the sample has an RGO type carbon phase. Samples that were exfoliated using distilled water have the smallest distance between layers ( $d$ ) (3.53 Å), the largest crystallite size ( $L_c$ ) (20.08 Å) and have electrical conductivity of  $7.29 \times 10^{-6} S/cm$ , capacitance area  $1.29 \times 10^{-11} S/cm^2$  with direct gap energy of 5.74 eV and indirect 4.7 eV. Whereas samples which were exfoliated using 2 M HCl had the smallest  $L_c$  (17.33 Å),  $d$  values of 3.52 Å and had lower electrical properties than samples exfoliated using aquades.

## المستخلص

جاهياني، فيني فيفيانتي مارتا. 2019. تأثير نوعية تركيز حمض الهيدروكلوريك نحو الشخصية المادية لجرافين أوكسيد المتناقص من الريشة بطريقة التقشر الكيميائي. بحث جامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (1) إيرنا هاستوتي، الماجستير؛ (2) عبد الباسط، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: الريشة، جرافين أوكسيد المتناقص، التقشر الكيميائي، التقشر.

تحتوي الريشة على البروتين الضخمة حتى يحتمل جعلها مادة جديدة. تستخدم الريشة في هذا البحث لصناعة مادة جرافين أوكسيد المتناقص بطريقة التقشر الكيميائي، باستيعاب محلول المياه وحمض الهيدروكلوريك (0.5، 1، 1.5 و 2 مول). تسخن الريشة بشوطين، أولها في 250 درجة سيلسيوس و400 درجة سيلسيوس. ويتم عملية التقشر باستخدام المنظف فوق الصوتي. فنتائج انعراج الأشعة السينية تدل على أن العينات لها طورى الكاربون بنوع جرافين أوكسيد المتناقص. تم تقشر العينات باستخدام المياه بمسافة (3.53 أنجستروم) بين الطبقات (د)، حجم البذرة البلورية الأعظم (20.08 أنجستروم) وذات إيصالية الكهرباء قدر  $7.29 \times 10^{-6} S/cm$ ، واتساع الحقل  $1.29 \times 10^{-11} S/cm^2$  بطاقة المباشر 5.74 eV وغير المباشر 4.7 eV. وأما العينات المتقشرة بحمض الهيدروكلوريك 2 مول لها البذرة البلورية الأصغر (17.33 أنجستروم)، فنتائج دقدر 3.52 أنجستروم ولها صفات كهربائية أصغر من من العينات المتقشرة بالمياه.

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Biomassa adalah semua bahan yang tersisa setelah tanaman atau material organik dihilangkan kadar airnya (dikeringkan), misalnya biomassa yang berasal dari limbah pertanian, peternakan maupun industri. Produksi biomassa di Indonesia diperkirakan mencapai 123.5 juta ton per tahun dan setara dengan sekitar 1455.97 juta GJ/tahun (Fisafarani, 2010). Salah satu hasil sektor penghasil biomassa yang melimpah yaitu bidang industri, khususnya industri pemotongan ayam. Industri pemotongan ayam merupakan sumber limbah bulu ayam terbesar. Tingginya nilai konsumsi terhadap daging ayam berdampak positif pada perkembangan industri peternakan ayam yang turut mendorong usaha pemotongan ayam. Peningkatan konsumsi daging ayam berbanding lurus dengan jumlah limbah yang dihasilkan dari RPA (Rumah Potong Ayam) yaitu bulu ayam (Murtidjo, 2003).

Indonesia menjadi negara penghasil limbah bulu ayam yang cukup tinggi. Populasi ayam pedaging di Indonesia pada tahun 2018 adalah 1.891.434.612 ekor (Statistik Kesehatan dan Peternakan Hewan, 2018). Hasil pemotongan setiap ekor ternak unggas akan diperoleh bulu sekitar 6 – 9.6 % dari bobot hidup, maka diperkirakan pada tahun tersebut dihasilkan 170.229.115 ton limbah bulu ayam (Murtidjo, 2003).

Secara tradisional bulu ayam digunakan sebagai kerajinan, peralatan rumah tangga dan bantal yang bernilai komersil rendah. Pemanfaatannya sangat terbatas sementara volume limbah dari bulu ayam yang terus membengkak selaras dengan

pertumbuhan industri peternakan (Rojikhi, 2011). Dampak negatif yang ditimbulkan oleh industri peternakan ayam berupa terganggunya sanitasi lingkungan akibat limbah bulu ayam yang menimbulkan bau tidak sedap dan menjadi tempat bersarangnya penyakit (Periasamy dan Subash, 2004). Selain itu, dapat menurunkan kualitas tanah karena limbah bulu ayam sulit terdegradasi.

Bulu ayam mengandung protein serat atau keratin yaitu: protein kasar (79,88%), lemak kasar (3,77%) dan serat kasar (0,32%) (Ketaren, 2008). Berbagai macam penelitian telah dilakukan untuk mengetahui potensi limbah bulu ayam dalam pembuatan material baru seperti *energy storage*, material absorben, karbon aktif dan grafen.

*Graphene* merupakan blok bangun dua dimensi (2D) alotrop karbon dengan dimensi lain, memiliki lapisan tunggal dan tersusun atas struktur kisi sisir madu heksagonal. *Graphene oxide* (GO) dibentuk oleh oksidasi grafit yang terdiri dari atom karbon  $sp^2$  dan berstruktur kisi sama dengan *graphene*. Sementara itu, *reduction graphene oxide* (rGO) adalah hilangnya atom oksigen dan hidrogen dalam struktur yang menyerupai *graphene* (Krishnamoorthy., dkk, 2011).

Ruang lingkup *Graphene* telah menjadi topik penelitian yang menarik dalam dekade ini karena memiliki mobilitas elektron tinggi, konduktor listrik dan termal yang baik, serta ikatan karbonnya yang sangat fleksibel (Geim dan Novoselov, 2007). Material ini sangat menjanjikan untuk diaplikasikan di berbagai bidang misalnya sel surya, sensor, bahan optoelektronik dan superkapasitor.

Bulu ayam dimanfaatkan dalam pembuatan elektroda superkapasitor melalui proses aktivasi menggunakan agen KOH dengan variasi komposisi yang berbeda.

Hasil kapasitansi spesifik awal mencapai hingga  $302 \text{ Fg}^{-1}$  bahkan hingga 500 siklus (Wang, dkk 2013). Gonzales, dkk (2013) menggunakan bulu ayam untuk pembuatan Nanomaterials Karbon 2D (lembaran *graphene oxide*) secara kovalen dicangkokkan pada biostruktur keratin yang diperoleh dari bulu ayam di bawah reaksi redoks dengan medium asam. Hasil yang didapatkan, bahwa grafen grafit dari keratin dapat mendiversifikasi sifat-sifat grafena. Penelitian lainnya telah dilakukan oleh Islamiyah, dkk (2018) mengenai pembuatan rGO berbahan dasar cangkang kelapa yang dipanaskan pada temperatur  $400^\circ\text{C}$ , menggunakan *chemical exfoliation* HCl dan alat ultrasonikasi untuk proses ekfoliasi. Hasil yang didapatkan yaitu konduktivitas listrik sebesar  $3.6 \times 10^{-5} \text{ S/m}$  dengan energi gap 0.19 eV.

Q.S An-Nahl 16:5 telah menjelaskan bahwa Allah SWT menciptakan berbagai hewan ternak untuk diambil manfaatnya (Al-Qur'an dan terjemah, 2013: 267):

وَالْأَنْعَامَ خَلَقَهَا لَكُمْ فِيهَا دِفْءٌ وَمَنَافِعُ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ (٥)

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

Menurut Al-mahali dan As-suyuti dalam Tafsir Jalalain Jilid 1 (2008) وَالْأَنْعَامَ (dan binatang ternak) yaitu unta, sapi, dan kambing. Lafadz al-an'ama dibaca nasab karena dinasabkan oleh fi'il yang diperkirakan keberadaannya, lalu fi'il tersebut ditafsirkan atau dijelaskan oleh lafadz خَلَقَهَا لَكُمْ (Dia telah menciptakannya untuk kalian) sebagian dari manusia فِيهَا دِفْءٌ (padanya ada kehangatan) yaitu bulu dan kulitnya dapat dimanfaatkan, misalnya pakaian atau selimut untuk penghangat tubuh kalian وَمَنَافِعُ (dan berbagai manfaat) yaitu dari anak-anaknya, air susunya, dan dapat dijadikan sebagai kendaraan وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ (dan sebagainya kalian makan). Tak

hanya manfaat yang tersebut, binatang-binatang yang Allah ciptakan juga mengulas tuntas mengenai manfaatnya yang banyak diteliti untuk dimanfaatkan seluruh masyarakat pada zaman sekarang ini.

Berdasarkan penguraian latar belakang diatas, maka dalam penelitian ini memanfaatkan limbah bulu ayam dalam pembuatan material rGO (*Reduced Graphene Oxide*) menggunakan larutan HCl dengan metode *Chemical Exfoliation* untuk menghasilkan material rGO yang memiliki sifat listrik dan fisik yang baik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi HCl terhadap sifat fisis (struktur, fasa yang terbentuk, dan energi gap) material rGO dari bulu ayam?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi HCl terhadap sifat listrik (konduktansi bahan, impedansi, dan kapasitansi area) material rGO dari bulu ayam?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi HCl terhadap sifat fisis (struktur, fasa yang terbentuk, dan energi gap) material rGO dari bulu ayam.
2. Untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi HCl terhadap sifat listrik (konduktansi bahan, impedansi, dan kapasitansi area) material rGO dari bulu ayam.

#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bahan utama yang digunakan adalah bulu ayam.
2. Pemanasan menggunakan *oven* dilakukan pada temperatur yaitu 250°C selama 30 menit.
3. Pemanasan menggunakan *furnace* dilakukan pada temperatur 400°C selama 5 jam.
4. *Chemical exfoliation* yang digunakan yaitu HCl.
5. Proses *exfoliation* menggunakan alat *ultrasonic cleaner* dengan waktu ultrasonikasi selama 5 jam.
6. Konsentrasi HCl sebesar 0, 0.5, 1, 1.5, dan 2 M.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat khusus dari penelitian ini adalah untuk mengetahui cara sintesis rGO berbahan dasar bulu ayam dengan variasi konsentrasi HCl serta reaksi antara keduanya sehingga menghasilkan material rGO yang memiliki sifat listrik dan sifat fisis yang baik.

Manfaat secara umum dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi, pengetahuan, serta pengalaman bagi penulis maupun pembaca.

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Bulu Ayam

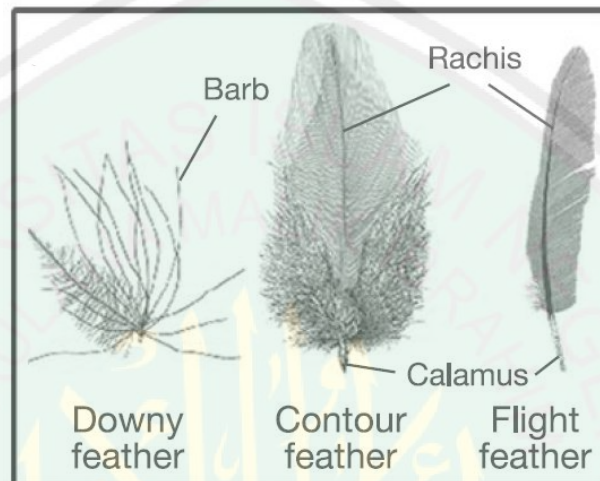
Bulu merupakan pembeda burung dari vertebrata yang lain dan memainkan peran penting dalam berbagai proses fisiologis dan fungsional. Sebagian besar burung dewasa seluruh tubuhnya ditutupi dengan bulu kecuali pada paruh, mata, dan kaki. Bulu tersusun sangat teratur, strukturnya bercabang hierarkis, termasuk di antara struktur keratin paling kompleks yang ditemukan pada vertebrata (Yu, 2002).



Gambar 2.1 Bulu Ayam

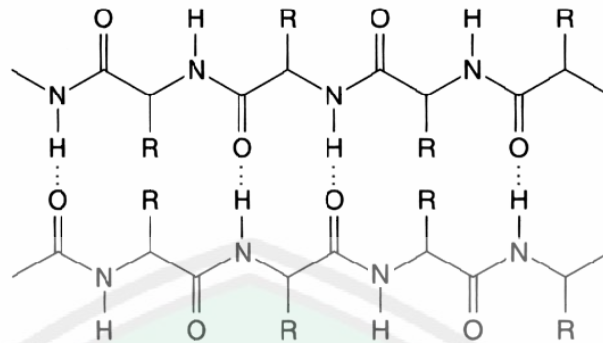
Bulu ayam diklasifikasikan sebagai kontur, turun, semiplume, filoplume dan bulu. Namun, terlepas dari jenisnya, bulu ayam terbagi sekitar setengah dari serat bulu (*Barbs*) dan setengah duri (*rachis*) berdasarkan berat (Gambar 2.2). Duri (*rachis*) adalah inti pusat yang kaku dengan struktur tabung 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*. Serat bulu dan bulu ayam keduanya terbuat dari keratin (sekitar 90% wt) yang merupakan protein tidak larut dan sangat tahan lama yang ditemukan di rambut, kuku dan tanduk binatang (Karshan 1930, Schmidt 2002).



Gambar 2.2 Struktur Morfologi dari bulu ayam (Yu., dkk, 2002)

Bulu ayam mengandung sekitar 91% protein (keratin), 1% lemak, dan 8% air. Urutan asam amino yang utama terdiri dari sistein, glutamin, prolin dan serin seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1. Keratin adalah protein yang tidak larut dan hadir dalam rachis, bulu, kuku, sisik, rambut, kuku (keratin keras) serta kaya akan sistein dan sistin. Sistin terdiri dari dua molekul sistein yang disajikan pada Gambar 2.3. Protein yang termasuk dalam kelompok scleroprotein ini secara intensif sangat kebal terhadap aktivitas fisik, kimia, dan biologis. Stabilitas mekanik dan resistensi yang tinggi terhadap degradasi proteolitik keratin disebabkan adanya ikatan disulfida, ikatan hidrogen, ikatan garam dan ikatan silang (Misra dan Kar, 2004).



Gambar 2.3 Struktur kimia keratin dari bulu ayam (Acda, 2010)

Keratin terdiri dari lebih 90 amino asam tetapi sebagian besar berupa sistin, lisin, prolin, dan serin (Gambar 2.3) (Ward., dkk, 1955, Harrar dan Woods 1963). Asam amino cenderung saling bersilangan membentuk ikatan disulfida atau hidrogen sehingga menghasilkan 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. Perlakuan kimia dilakukan dengan penambahan asam (HCl) dan basa (NaOH) pada konsentrasi tinggi (Cai dan Zheng, 2009). Perlakuan biologis dapat dilakukan secara enzimatik dengan menggunakan enzim khusus yaitu keratinase (Brandelli., dkk, 2010).

Tabel 2.1 Jenis asam amino pada keratin dari bulu ayam (Saravanan dan Dhurai, 2012)

Functional Group	Amino Acid	Percent Content
Positively charged	Arginine	4.30
Negatively charged	Aspartic acid	6.00
	Glutamine	7.62

Hydrophobic	Tyrosine	1.00
	Leucine	2.62
	Isoleucine	3.32
	Valine	1.61
	Cysteine	8.85
	Alanine	3.44
	Phenylalanine	0.86
	Methionine	1.02
Hygroscopic	Threonine	4.00
	Serine	16.00
Special	Proline	12.00
	Asparagine	4.00

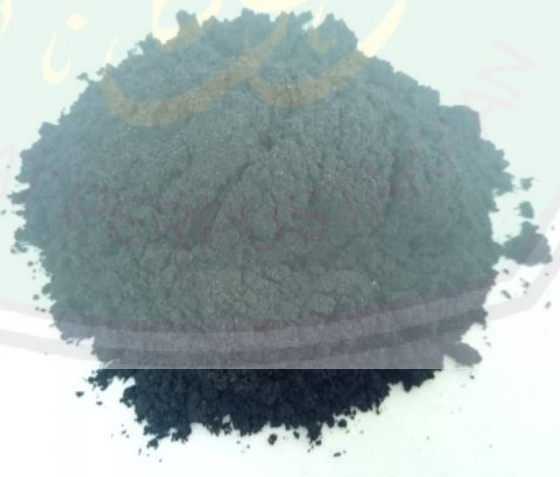
Bulu ayam terdiri atas  $\alpha$ -heliks dan beberapa konformasi- $\beta$  sheet. *Rachis* bagian luar hampir seluruhnya terdiri dari konformasi- $\beta$  dan sedikit konformasi  $\alpha$ -heliks. Keratin- $\beta$  keras memiliki kandungan sistein yang lebih tinggi daripada keratin  $\alpha$ -heliks lunak dengan demikian kehadiran ikatan disulfida (S-S) yang jauh lebih besar menghubungkan protein keratin yang berdekatan. Adanya ikatan kovalen yang kuat dapat menstabilkan struktur protein tiga dimensi dan sangat sulit untuk putus (Saravanan dan Dhurai 2012).

## 2.2 Karbon

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, penyimpanan 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*, penyimpanan 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).

Karbon juga banyak diteliti karena memiliki beberapa keunggulan, diantaranya: tidak berbahaya, murah, kapasitas volumetrik tinggi, kapasitas refersibel tinggi, mudah dikompositkan, berlimpah, murah, dan stabil (Mulyadi, 2015).



Gambar 2.4 Karbon

Karbon ditemukan bebas di alam dalam tiga bentuk *alotropi*: amorf, grafit, dan berlian. *Alotropi* adalah bahan yang terbuat dari unsur yang sama, tetapi atom

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

Keistimewaan karbon yang unik adalah kecenderungannya secara alamiah untuk mengikat dirinya sendiri dalam rantai-rantai atau cincin-cincin, tidak hanya dengan ikatan tunggal C-C tetapi juga mengandung ikatan ganda C=C serta rangkap tiga C≡C. Akibatnya jenis senyawa karbon luar biasa banyaknya. Alasan bagi kestabilan termal rantai-rantai karbon adalah kekuatan yang tinggi dari ikatan tunggal C-C (Keenan., dkk, 1984).

## 2.3 Material Grafena

### 2.3.1 *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 2004. 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* dapat digambarkan sebagai satu lapisan atom ringan dengan berat hanya mencapai sekitar 0,77 mg pada selembar 1 m<sup>2</sup>. Sedangkan grafit memiliki ketebalan 1 mm. Salah satu karakteristik *graphene* adalah keteraturan susunan atom karbon yang membentuk hampir sempurna. Keteraturan atom-atom yang sangat tinggi dan bahkan tanpa cacat ini timbul sebagai akibat ikatan atom-atom karbon yang kuat. *Graphene* memiliki kemampuan untuk dapat berbalut dalam *fullerene*, dapat digulung menjadi 1D *nanotube* atau bahkan ditumpuk menjadi 3D seperti bahan grafit (Geim dan Novoselov, 2007). Model struktur grafena dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Grafena dibungkus menghasilkan, 0D buckyballs, digulung 1D nanotube, ditumpuk 3D grafit (Geim dan Novoselov, 2007)

*Graphene* banyak diteliti dan dikembangkan oleh para ilmuwan karena sifat unik yang dimilikinya. Beberapa sifat dan karakteristik dari material *graphene* adalah sebagai berikut (Geim dan Novoselov, 2007):

1. Mobilitas elektron tinggi mencapai 200.000 cm<sup>2</sup>/Vs, konduktivitas listrik yang tinggi ( $0,96 \times 10^6 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ), 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.

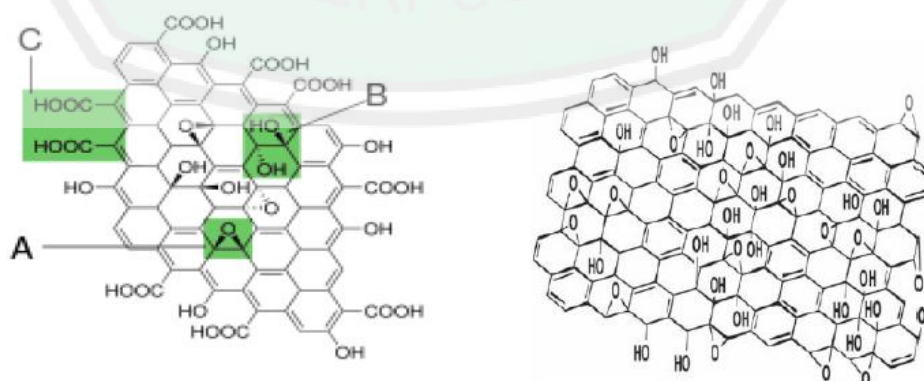
2. Konduktivitas optik graphene yang tersusun 2D dengan kisi *hexagonal*, menampilkan banyak sifat optik yang luar biasa. Konduktivitas optik universal *graphene* pada rentang energi inframerah (*infrared*) sampai cahaya tampak (*visible*).
3. Sifat lain yang unggul dan menarik dari *graphene* adalah keelastisitasan bahannya, ditunjukkan pada gambar di bawah.
4. Ikatan atom karbonnya sangat fleksibel yang memungkinkan jaringannya merenggang hingga 20% dari ukuran awal.
5. 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*.
6. Menjelaskan beberapa fenomena fisika kuantum yang menggambarkan bagaimana sebuah partikel kadang-kadang dapat melewati sebuah penghalang yang pada keadaan normal akan menghalangi partikel tersebut. Semakin tebal penghalang maka semakin kecil kemungkinan dapat melewatinya. Namun hal ini tidak berlaku pada elektron yang bergerak di

dalam graphene, elektronnya dapat bergerak bebas layaknya tidak ada penghalang.

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).

### 2.3.2 Graphene-oxide

*Graphene-oxide* (GO) merupakan modifikasi preparasi graphene secara kimiawi dengan oksidasi dan eksfoliasi yang disertai dengan modifikasi oksidatif dari bidang basal. Oksida grafena mempunyai struktur berlapis seperti grafit hanya posisi atom karbon dalam oksida grafena ditambah dengan kehadiran kelompok atom oksigen yang tidak hanya memperluas jarak antar lapisan tapi juga membuat lapisan atom yang tebal dan bersifat hidrofilik. Bagaimanapun juga, bentuk ini sering direduksi secara kimiawi ataupun elektrokimia sebelum digunakan. Sebagai hasilnya, oksidasi lapisan ini dapat berinteraksi dengan air dibawah perlakuan ultrasonifikasi (Novoselov., dkk, 2004).



Gambar 2.6 Struktur grafena oksida dengan gugus fungsional. **A:** Gugus Epoksi, **B:** Gugus Hidroksil, **C:** Gugus Karboksil. (Lerf., dkk, 1998)

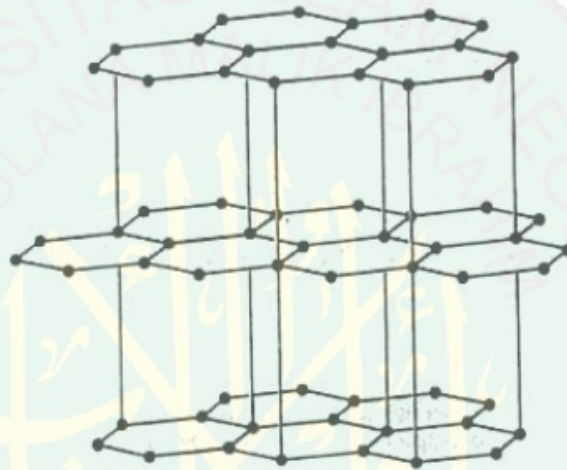
Sifat yang menarik dari oksida grafena (OG) adalah dapat tereduksi menjadi grafena oleh pemindahan atau penghilangan kelompok oksigen yang mana diperolehnya kembali struktur grafena melalui penghubungan struktur. Reduksi lapisan oksida grafena pada umumnya mempertimbangkan metode kimia untuk memperoleh grafena. Sasaran langsung yang ingin dicapai dari reduksi ini adalah menghasilkan material grafena yang hampir serupa dengan grafena murni yang diperoleh melalui pengelupasan mekanik langsung metode (*Scotch Tape*) dari grafit, baik kesamaan dalam struktur maupun sifat (Phei dan Cheng, 2011).

### 2.3.3 Graphite

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

Sifat daya hantar listrik yang dimiliki oleh grafit dipengaruhi oleh elektron-elektron yang tidak digunakan untuk membentuk ikatan kovalen. Elektron-elektron ini tersebar secara merata pada setiap atom C karena terjadi tumpang tindih orbital seperti pada ikatan logam yang membentuk awan atau lautan elektron. Oleh sebab itu ketika diberi beda potensial, elektron-elektron yang terdelokalisasi sebagian

besar akan mengalir menuju anoda (kutub positif), aliran elektron inilah yang menyebabkan arus listrik dapat mengalir. Sedangkan ketika salah satu ujung dipanaskan maka elektron-elektron tersebut akan segera berpindah menuju bagian yang memiliki suhu lebih rendah. Akibatnya panas tersebut akan menyebar ke bagian grafit yang memiliki suhu lebih rendah. Struktur grafit dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Struktur Grafit (Smallman dan Bishop, 2000)

Sifat dan kegunaan grafit adalah sebagai berikut:

1. Memiliki titik leleh tinggi, sama seperti intan. Hal ini disebabkan ikatan kovalen yang terbentuk sangat kuat sehingga diperlukan energi yang tinggi untuk memutuskannya.
2. Memiliki sifat lunak, terasa licin dan digunakan pada pensil setelah dicampur tanah liat.
3. Tidak larut dalam air dan pelarut organik, karena tidak mampu melarutkan molekul grafit yang sangat besar.

4. Dibanding intan, grafit memiliki massa jenis yang lebih kecil, karena pada strukturnya terdapat ruang-ruang kosong antar lipatnya.
5. Berupa konduktor listrik dan panas yang baik.

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

## 2.4 Metode Preparasi dan Sintesis GO

Metode dalam pembuatan material grafit dan turunannya telah banyak dikembangkan. Setelah metode plester yang dilakukan oleh Geim dan Novoselov (2004) telah banyak metode lain yang berhasil dilakukan, diantaranya: *Mechanical exfoliation (ME)*, *Chemical eksfoliation (CE)*, *Reduction graphene oxid (RGO)*, *Chemical vapor deposition (CVD)*, *Liquid phase Eksfoliation (LPE)*.

### 2.4.1 *Mechanical Exfoliation (ME)*

Metode ME dikenal juga sebagai “metode plester”. Metode ini dianggap mudah karena dilakukan hanya dengan mengelupas lapisan *graphite* menggunakan gaya adesi pada plester. Jumlah lapisan *graphene* yang terbentuk dapat diperkecil dengan menambah pengulangan pada pengelupasan plester. Lapisan *graphite* yang tertinggal pada plester masih mengandung beberapa lapisan kristal *graphene* dan sangat sulit serta memakan banyak waktu untuk memisahkan lapisan *graphene* menjadi lapis tunggal. Namun metode ini dipandang cocok untuk mengetahui sifat fisis *graphene* karena mudah, murah dan menghasilkan lembaran *graphene* dengan kualitas tinggi (Wisnuwijaya, 2017).

#### **2.4.2 Chemical Exfoliation (CE)**

Metode CE menggunakan suara ultrasonik pada larutan dan tahap interkalasi. Pada metode ini penggunaan suara ultrasonik dibantu juga dengan larutan air-surfaktan sebagai pelarut *graphite*. Metode CE telah dikenal luas karena metode ini memungkinkan dilakukan tanpa zat tambahan dalam pelarut organik yang mempunyai afinitas tinggi untuk *graphite* dimana ultrasonik digunakan untuk memberikan energi pada pembelahan lapisan *graphene*. Keberhasilan penggunaan ultrasonik dipengaruhi oleh pemilihan pelarut dan surfaktan yang diiringi dengan frekuensi, amplitudo dan waktu sonikasi (Wisnuwijaya, 2017).

#### **2.4.3 Reduction 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).

#### **2.4.4 Chemical Vapor Deposition (CVD)**

Metode CVD banyak di manfaatkan untuk aplikasi eletrokimia yang mengacu pada keseragaman lembaran *graphene* dengan kristal berkualitas tinggi dan luas permukaan yang lebar sehingga memungkinkan untuk pembuatan dalam jumlah

besar. Metode CVD *graphene* menghasilkan bentuk zat padat yang dapat diolah untuk digunakan pada tujuan tertentu (Brownson, 2014).

#### **2.4.5 Liquid Phase Exfoliation (LPE)**

*Graphite* dapat dieksfoliasi dalam bentuk larutan menggunakan suara ultrasonik untuk memecahkan lapisan-lapisan *graphite*. LPE pada dasarnya terjadi pada tiga tahap: 1) dispersi *graphite* pada pelarut, 2) eksfoliasi, dan 3) pemurnian. Metode LPE dibagi menjadi 2 jenis yaitu metode LPE dengan dan tanpa bantuan surfaktan. Metode LPE dengan surfaktan menjelaskan bahwa pengelupasan *graphene* dapat diproduksi oleh eksfoliasi dari surfaktan pada *graphite* melalui dispersi kimiawi dilanjutkan dengan ultrasonikasi pada larutan organik. Sedangkan metode LPE tanpa surfaktan menjelaskan bahwa pada proses sonikasi terdapat gaya pengikisan dan kavitasi yang menyebabkan kemunculan dan pemecahan gelembung berukuran mikrometer yang mengakibatkan eksfoliasi pada material yang berukuran besar (*bulk*). Proses sonikasi langsung tanpa bantuan surfaktan pada larutan *graphite* dapat disebut juga dengan metode *liquid sonication exfoliation* (LSE) (Ciesielski, 2013).

#### **2.5 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 ultrasonik 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 permukaan 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).

## 2.6 XRD (*X-Ray Diffraction*)

Difraksi sinar-X (*X-ray diffraction/XRD*) merupakan salah satu metode karakterisasi material yang sudah ada sejak lama dan masih digunakan hingga sekarang. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel (Rojikhi, 2011).

Sinar X adalah gelombang elektromagnetik yang dihasilkan dari penembakan logam dengan elektron berenergi tinggi. Elektron itu mengalami perlambatan saat masuk ke dalam logam dan menyebabkan elektron pada kulit logam tersebut terpental membentuk kekosongan. Elektron dengan energi tinggi yang lebih tinggi masuk ke tempat kosong dengan memancarkan kelebihan energinya sebagai foton sinar- X. Adapun radiasi elektromagnetik sinar-X berada pada panjang gelombang 0,5-2,5 Å dan energi  $+10^7$  eV. Dasar metode ini adalah adanya kekhasan jarak antar bidang kristal ( $d$ ) pada setiap kristal yang berbeda. Alat Uji XRD digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel (Rojikhi, 2011). Kisi kristal ditentukan berdasarkan persamaan Bragg (Rojikhi, 2011):

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad 2.1$$

dengan :

$\lambda$  = panjang gelombang sinar-X yang digunakan

$d$  = jarak antara dua bidang kisi

$\theta$  = sudut antara sinar datang dengan bidang normal

$n$  = bilangan bulat yang disebut sebagai orde pembiasan

Metode analisis dengan XRD pada umumnya menggunakan susunan alat yang terdiri atas (Rojikhi, 2011):

- a. Tabung sinar-X, merupakan bagian instrumen XRD yang berupa filamen tungsten (W) sebagai sumber elektron dan anoda berupa ion logam target.
- b. Goniometer, merupakan bagian instrumen XRD yang masih satu unit dengan tempat sampel dan detektor
- c. Tempat sampel, berupa lempeng ion logam/plat kaca cekung dengan lubang ditengah untuk mengisikan sampel serbuk. Dalam operasi alat, sampel akan berputar bersama goniometer dan membentuk sudut terhadap sinar-X yang datang.
- d. Detektor, berisi gas yang sensitif terhadap sinar-X, katoda dan anoda. Sinar-X yang terdifraksi oleh sampel akan mengenai atom-atom gas sehingga atom-atom gas tersebut akan terionisasi dan membentuk elektron dan kation, selanjutnya elektron tersebut akan menuju katoda dan kation akan menuju anoda akibatnya dihasilkan suatu arus listrik.
- e. Difraktometer, merupakan bagian alat yang terdiri atas *counter* dan *scaler*. Arus listrik yang dihasilkan dari proses sebelumnya akan diubah menjadi pulsa yang dapat dihitung oleh *counter* dan *scaler*. *Counter* bertugas mendeteksi sudut difraksi dan *scaler* bertugas mendeteksi intensitas.

- f. Rekorder, merupakan bagian instrumen difraksi sinar-X yang digunakan untuk menampilkan keluaran berupa pola difraksi yang bentuknya tertentu.

Prinsip kerja XRD secara umum adalah sebagai berikut : XRD terdiri dari tiga bagian utama, yaitu tabung sinar-X, tempat objek yang diteliti dan detektor sinar-X. Sinar-X dihasilkan di tabung sinar-X yang berisi katoda memanaskan filamen, sehingga menghasilkan elektron. Perbedaan tegangan menyebabkan percepatan elektron akan menembaki objek. Ketika elektron mempunyai tingkat energi yang tinggi dan menabrak elektron dalam objek sehingga dihasilkan pancaran sinar-X. Objek dan detektor berputar untuk menangkap dan merekam intensitas refleksi sinar-X. Detektor merekam dan memproses sinyal sinar X dan mengolahnya dalam bentuk grafik. XRD memberikan data-data difraksi dan kuantisasi intensitas difraksi pada sudut-sudut dari suatu bahan. Data yang diperoleh dari XRD berupa intensitas difraksi sinar-X yang terdifraksi dan sudut-sudut  $2\theta$ . Tiap pola yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu (Widyawati, 2012). Kegunaan dari alat XRD sendiri yaitu meliputi:

1. Membedakan antara material yang bersifat kristal dengan amorf.
2. Mengukur macam-macam kecacakan dan penyimpangan kristal.
3. Karakterisasi material kristal.
4. Identifikasi mineral-mineral yang berbutir halus.
5. Penentuan dimensi-dimensi sel satuan.

## 2.7 UV-Vis

Spektrofotometer UV-visibel (sinar tampak) adalah analisa kuantitatif dan kualitatif spesies kimia dengan pengukuran absorbansi atau transmittansi dalam

spektroskopi. Spektrofotometer UV-Visibel menggunakan cahaya tampak dalam rentang ultraviolet (UV) dan *infrared* (IR). Sifat optik Spektrofotometer UV-Visibel digunakan untuk mengetahui tingkat absorpsi dan dispersi bahan. Spektrofotometer UV-Visibel mempunyai rentang panjang gelombang  $10^{-6} - 10^{-7}$  nm dengan peristiwa absorpsi yang mengakibatkan adanya transisi elektron. Spektrum absorpsi dari UV-Visibel berkisar antara 200 nm sampai 800 nm dan dinyatakan dalam spektrum elektron. Spektrum ultraviolet (UV) berada pada daerah ultraviolet pada panjang gelombang 200 – 400 nm sedangkan spektrum visibel berada pada daerah sinar tampak pada panjang gelombang 400 – 800 nm. Terdapat dua jenis Spektrofotometer UV-Visibel yaitu *single beam* dan *double beam* (Rojikhi, 2011).

Spektrofotometer UV-Visibel terdiri atas (Rojikhi, 2011):

1. Sumber Radiasi (Cahaya)

Sumber cahaya yang digunakan adalah sebuah lampu pijar dengan kawat rambut terbuat dari wolfram. Wolfram dapat merupakan sumber cahaya yang dapat menyediakan seluruh spektrum tampak dan ultra-ungu dekat sehingga didapat spektrum pada daerah 200 nm – 800 nm.

2. Monokromator

Monokromator adalah suatu alat optik yang digunakan untuk memunculkan suatu berkas radiasi dari suatu sumber secara berkesinambungan, dimana berkas yang ditampilkan mempunyai spektral yang tinggi dengan panjang gelombang yang akan diteliti. Komponen dari monokromator yang utama adalah suatu sistem celah dan suatu unsur dispersif. Radiasi dari sumber difokuskan masuk

ke celah, kemudian disejajarkan oleh sebuah lensa atau cermin sehingga suatu berkas sejajar jatuh ke unsur pendispersi, yang berupa prisma atau suatu kisi difraksi. Dengan memutar suatu prisma atau kisi tersebut secara mekanis. Macam-macam tampilan spektrum yang dihasilkan oleh unsur pendispersi dipusatkan pada celah keluar kemudian diteruskan ke sampel.

### 3. Tempat Sampel (Kuvet)

Kuvet adalah wadah gelas yang terbuat dari kaca atau silika yang dibuat sedemikian rupa dengan jarak yang dilalui berkas sinar adalah 1 cm. Sel sampel berisi larutan yang akan diuji yang biasanya berupa larutan yang sangat encer.

### 4. Detektor dan Komputer

Detektor mengubah sinar yang masuk menjadi arus listrik. Arus lebih tinggi jika sinarnya lebih tinggi. Untuk tiap panjang gelombang sinar yang melewati spektrofotometer, intensitas yang melewati sel sampel dihitung. Biasanya disimbolkan  $I_0$  untuk intensitas yang masuk dan  $I$  untuk intensitas yang keluar. Jika  $I$  lebih kecil dari  $I_0$ , berarti sampel menyerap sejumlah sinar. Kemudian suatu persamaan matematika sederhana dikerjakan oleh komputer untuk mengubahnya menjadi apa yang dinamakan absorbansi yang disimbolkan  $A$ . Persamaan matematika tersebut yaitu (Rojikhi, 2011):

$$A = \log \frac{I_0}{I} \quad 2.2$$

dengan :

$A$  = Absorbansi

$I_0$  = intensitas yang masuk

$A = \log$

$I$  = intensitas yang keluar

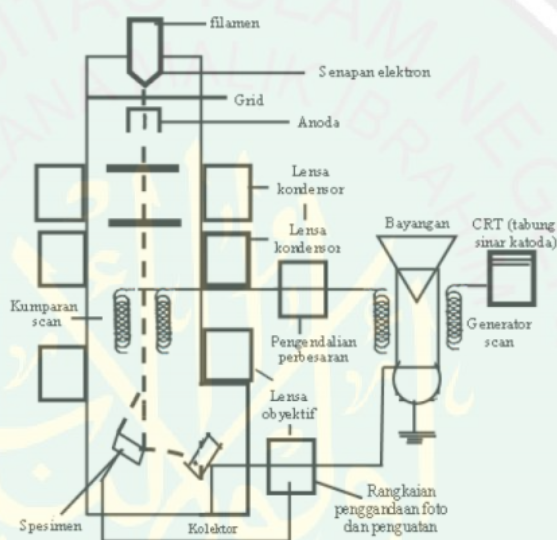
Secara umum cara kerja Spektrofotometer UV-Visibel adalah sinar dari sumber radiasi diteruskan menuju monokromator. Cahaya dari monokromator diarahkan terpisah melalui blangko dan sampel dengan sebuah cermin berotasi. Kedua cahaya lalu bergantian berubah arah karena pemantulan dari cermin yang berotasi 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).

## 2.8 *Scanning Electron Microscope (SEM)*

*Scanning Electron Microscope (SEM)* digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan bahan. Karakteristik bahan menggunakan SEM dimanfaatkan untuk melihat struktur topografi permukaan, ukuran butir, cacat struktural, dan komposisi pencemaran suatu bahan. Hasil yang diperoleh berupa scanning electron macrograph yang menyajikan bentuk tiga dimensi berupa gambar atau foto (Wisnuwijaya, 2017).

Prinsip kerja dari SEM berupa suatu sumber elektron dari filamen yang terbuat dari tungsten memancarkan berkas elektron. Tungsten biasanya digunakan pada electron gun karena memiliki titik lebur tertinggi dan tekanan uap terendah dari semua logam sehingga memungkinkan dipanaskan untuk emisi elektron. Berkas elektron difokuskan oleh satu atau dua lensa kondensor ke titik yang diameternya sekitar 0,4 nm sampai 5 nm. Permukaan bahan yang dikenai berkas elektron akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke

segala arah arah. Scanning pada permukaan bahan yang dikehendaki dapat dilakukan dengan mengatur scanning generator dan scanning coils. Elektron sekunder hasil interaksi antara elektron dengan permukaan spesimen ditangkap oleh detektor SE (*Secondary Electron*) yang kemudian diolah dan diperkuat oleh amplifier dan kemudian divisualisasikan dalam monitor sinar katoda (CRT). Skema dasar SEM disajikan pada gambar (Wisnuwijaya, 2017):



Gambar 2.8 Skema dasar SEM (Smallman dan Bishop, 2000)

## 2.9 Kajian Integrasi Islam

Karbon merupakan unsur yang sangat melimpah dan mudah ditemukan di alam semesta. Kandungan karbon banyak terdapat dalam limbah pertanian, perkebunan maupun peternakan. Dalam limbah peternakan, karbon bisa didapat dengan melakukan pemanasan terhadap bulu ayam, kemudian diberikan perlakuan untuk menghasilkan suatu material baru dengan manfaat yang lebih banyak. Hal ini sesuai dengan firman Allah (Q.S Yaasiin, 36:71-73) yang menyatakan bahwa binatang ternak diciptakan untuk diambil manfaatnya.

أَوَلَمْ يَرَوْا أَنَّا خَلَقْنَا لَهُمْ مِمَّا عَمِلَتْ أَيْدِينَا أَنْعَامًا فَهُمْ لَهَا مَالِكُونَ (٧١) وَذَلَّلْنَاهَا لَهُمْ فَمِنْهَا رَكُوبُهُمْ وَمِنْهَا يَأْكُلُونَ (٧٢) وَهُمْ فِيهَا مَنَافِعُ وَمَشَارِبٌ أَفَلَا يَشْكُرُونَ (٧٣)

*“Dan tidakkah mereka melihat bahwasannya kami telah menciptakan untuk mereka (diantara apa – apa yang telah kami ciptakan) binatang – binatang ternak, lalu mereka menjadi pemiliknya? Dan kami telah menundukkan binatang – binatang itu untuk mereka. Maka diantaranya ada yang menjadi tunggangan mereka dan ada yang mereka makan. Dan pada (binatang – binatang) itu mereka memperoleh banyak manfaat dan minuman. Tidakkah mereka bersyukur?” (Qs Yaasiin (36): 71-73).*

Penggalan beberapa ayat surat yaasiin diatas menjelaskan bahwa Allah menciptakan binatang ternak (أَنْعَامًا) dan dari dalam diri binatang-binatang itu untuk diambil manfaatnya. Banyak macam binatang ternak salah satunya ayam. Dari ayam dapat diambil manfaat dagingnya, telurnya, dan juga bulunya. Daging dan telur ayam diambil manfaatnya untuk dimakan dan bulunya dimanfaatkan untuk pembuatan barang-barang baru yang memiliki nilai komersil lebih, seperti: kemoceng, bantal dan kerajinan lainnya. Dalam bidang ilmuwan bulu ayam dapat digunakan untuk membuat material baru seperti karbon, grafena dan turunan sejenisnya.

Bulu ayam membutuhkan beberapa perlakuan khusus untuk menghasilkan suatu material baru. Hal ini telah dijelaskan dalam Q.S Ar-rad (13):17:

أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَالَتْ بِقَدَرِهَا أَوْدِيَةٌ فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ زَبَدًا رَابِيًا زَبَدًا وَمِمَّا يُوقِدُونَ عَلَيْهِ فِي النَّارِ حِليَّةً ابْتِغَاءً أَوْ مَتَاعٍ زَبَدٌ مِثْلُهُ كَذَلِكَ يَضْرِبُ اللَّهُ الْحَقِّقَ وَالْبَاطِلَ فَأَمَّا الزَّبَدُ فَيَذْهَبُ جُفَاءً وَأَمَّا مَا يَنْفَعُ النَّاسَ فَيَمْكُثُ فِي الْأَرْضِ كَذَلِكَ يَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ (١٧)

*”Allah telah menurunkan air (hujan) dari langit, maka mengalirlah ia (air) di lembah-lembah menurut ukurannya, maka arus itu membawa buih yang mengambang. Dan dari apa (logam) yang mereka lebur dalam api untuk membuat perhiasan atau alat-alat, ada (pula) buihnya seperti (buih arus) itu. Demikianlah Allah membuat perumpamaan tentang yang benar dan yang batil. Adapun buih,*

*akan hilang sebagai sesuatu yang tidak ada gunanya; tetapi yang bermanfaat bagi manusia, akan tetap ada di bumi. Demikianlah Allah membuat perumpamaan.”* (Q.S Ar-rad (13):17).

Firman Allah diatas menunjukkan bahwa segala sesuatu bahan apapun itu akan menjadi barang berguna jika diolah dengan baik. Hal tersebut dapat kita ambil contoh dari kalimat yang memiliki arti berikut “...dan dari apa (logam) yang mereka lebur dalam api untuk dijadikan perhiasan atau alat – alat...”. Ayat tersebut menjelaskan bahwa dari bahan dasar logam yang diolah dengan cara meleburnya dalam api maka akan menghasilkan perhiasan yang mahal dan alat – alat yang berguna (Al-Mahalli, 2008). Hal tersebut juga berlaku untuk pembuatan material rGO berbahan dasar bulu ayam. Bulu ayam perlu diberi perlakuan seperti pemanasan dan proses eksfoliasi agar menghasilkan material rGO dengan sifat fisis dan listrik yang baik.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang dilakukan merupakan eksperimen menggunakan bahan dasar bulu ayam untuk pembuatan material rGO. Proses yang dilakukan yaitu meliputi pemanasan, eksfoliasi, dan karakterisasi. Karakterisasi sampel menggunakan XRD, SEM, UV-Vis, dan uji sifat listrik menggunakan LCR meter.

### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan pada tanggal 01 Maret 2019 sampai 01 Juni 2019, di Laboratorium Riset Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Karakterisasi XRD dilakukan di Institut Sepuluh November Surabaya. Karakterisasi UV-Vis dilakukan di Jurusan Kimia, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Dan karakterisasi SEM dilakukan di Universitas Negeri Malang.

### **3.3 Alat dan Bahan**

#### **3.3.1 Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. *Furnace*
2. *Magnetic bar*
3. *Hot plate*
4. *Krusibel*
5. *Ultrasonic cleaner*

6. Ayakan 250 mesh
7. Gunting
8. Mortar dan alu
9. *Beaker glass*
10. *Alumunium Voil*
11. Spatula
12. Vial
13. *Oven*
14. Neraca digital
15. Gelas ukur
16. Cawan petri

### 3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bulu ayam
2. HCl
3. Aquades
4. NaOH
5. PVDF
6. DMSO

### 3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap kegiatan yaitu pembuatan karbon bulu ayam, pembuatan material rGO menggunakan metode *chemical exfoliation*,

eksfoliiasi dengan variasi konsentrasi HCl, pembuatan *slurry*, pembuatan lembaran uji LCR Meter, karakterisasi material.

#### 3.4.1 Pembuatan Karbon Bulu Ayam

1. Bulu ayam dibersihkan menggunakan air
2. Bulu ayam dikeringkan dibawah sinar matahari  $\pm$  48 jam
3. Limbah bulu ayam dipanaskan menggunakan *oven* selama pada temperatur 250°C selama 30 menit untuk menghasilkan arang.
4. Arang hasil pembakaran dihaluskan dan disaring dengan ukuran 250 mesh.
5. Bubuk arang dipanaskan menggunakan *furnace* pada temperatur 400°C selama 5 jam dengan kenaikan suhu 5°C/menit.
6. Karbon bulu ayam kemudian dihaluskan dan diayak dengan ukuran 250 mesh.

#### 3.4.2 Pembuatan Material rGO

1. Menimbang bahan yang dibutuhkan untuk perbandingan komposisi pencampuran sampel Karbon: HCl adalah 1:10.
2. Karbon bulu ayam sebanyak 15 gram dan HCl 150 ml (variasi konsentrasi 0, 0.5, 1, 1.5, dan 2 M) dicampurkan dalam *beaker glass*.
3. Campuran karbon dan HCl diaduk menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirrer* pada temperatur 75°C selama 2 jam dengan kecepatan putar sebesar 250 rpm.
7. Proses eksfoliasi sampel disonikasi selama 5 jam menggunakan *ultrasonic cleaner*.

8. Sampel dicuci menggunakan NaOH 0.25 M dan aquades hingga pH sampel netral.
9. Sampel dikeringkan menggunakan *oven* pada temperatur 100°C selama 2 jam.

#### 3.4.3 Pembuatan *Slurry*

1. Menghitung dan menimbang bahan yang dibutuhkan untuk jumlah komposisi pencampuran sampel karbon bulu ayam 0.01 gr, PVDF 0.08 gr, dan DMSO 2 ml.
2. PVDF dimasukkan dalam *Beaker glass* berisi larutan DMSO 2 ml kemudian dipanaskan pada temperatur 90°C dan putaran sebesar 250 rpm selama 15 menit menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirer*.
3. Karbon bulu ayam 0.01 gr dicampurkan dalam larutan sedikit demi sedikit dan diaduk selama 40 menit pada temperatur 70°C hingga larutan mengental.

#### 3.4.4 Pembuatan Lembaran Uji LCR Meter

1. Alat dan bahan disiapkan untuk pembuatan lembaran uji LCR Meter.
2. Cetakan dipotong dengan ukuran 1.5 cm × 1.5 cm. kemudian cetakan di bersihkan menggunakan alkohol.
3. *Slurry* dituangkan dan diratakan di atas cetakan.
4. Bagian atas *slurry* ditutup menggunakan cetakan (dipastikan tidak ada gelembung udara diantara permukaan *slurry* dan cetakan).
5. Lembaran uji di keringkan hingga lembaran mengelupas dari permukaan cetakan.
6. Lembaran dipotong dengan ukuran 1 m × 1 m.

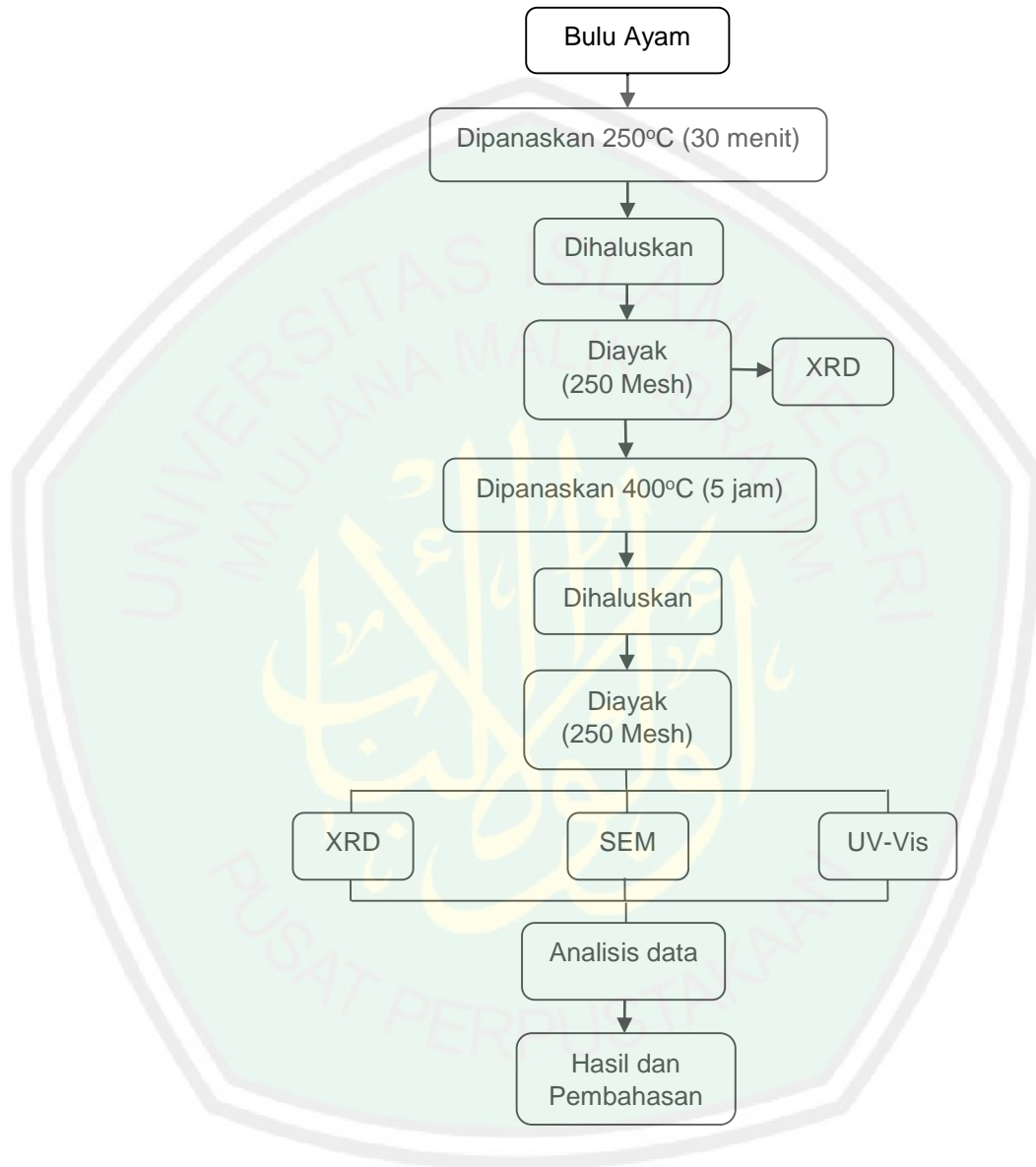
7. Ketebalan lembaran diukur menggunakan mistar.

### 3.4.5 Karakterisasi Sampel

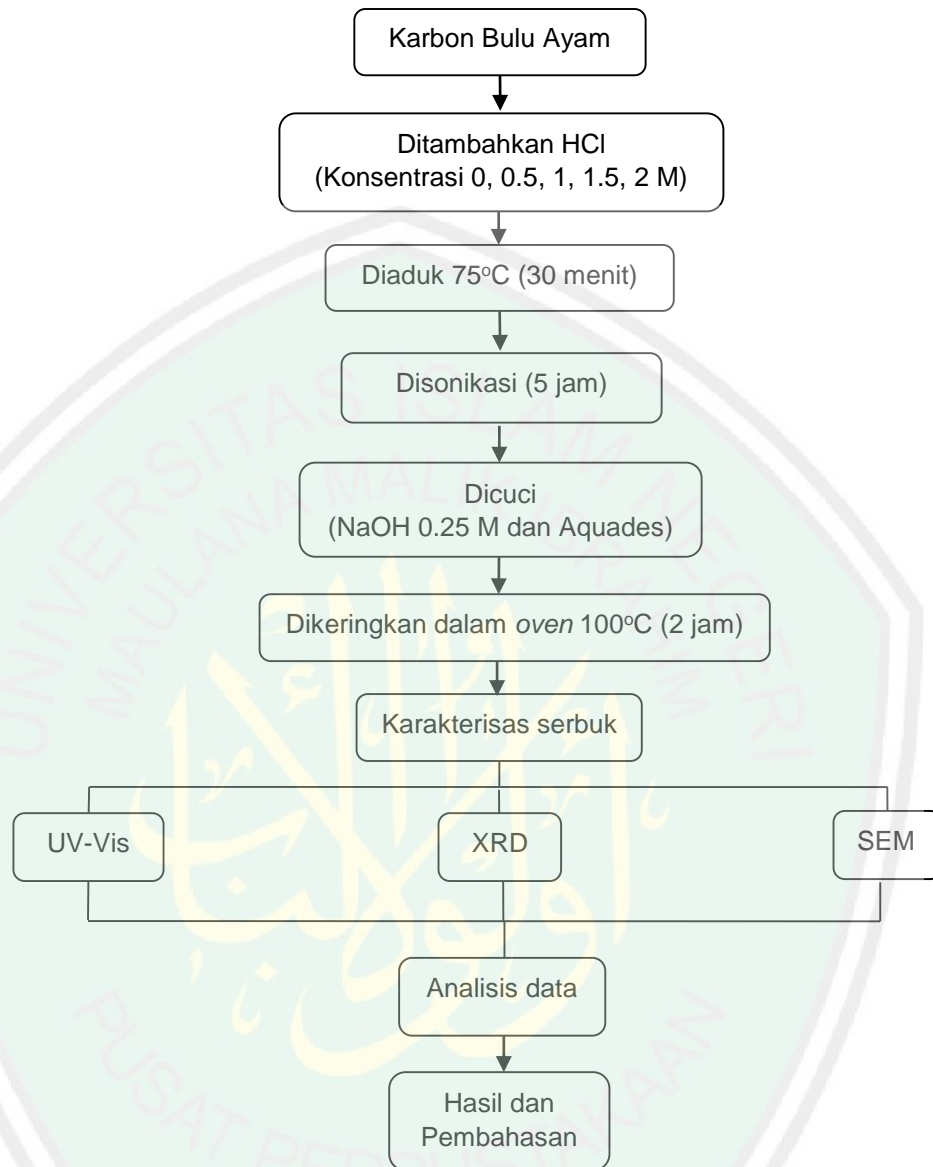
1. Sampel diuji menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk identifikasi fasa dan struktur sampel.
2. Sampel diuji menggunakan Spektrofotometer UV-Vis untuk menghitung nilai energi gap sampel.
3. Sampel diuji menggunakan LCR Meter untuk mengukur nilai konduktivitas listrik bahan, kapasitansi area dan impedansi sampel.
4. Sampel diuji menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologi dan ukuran butir sampel.

### 3.5 Diagram Alir Penelitian

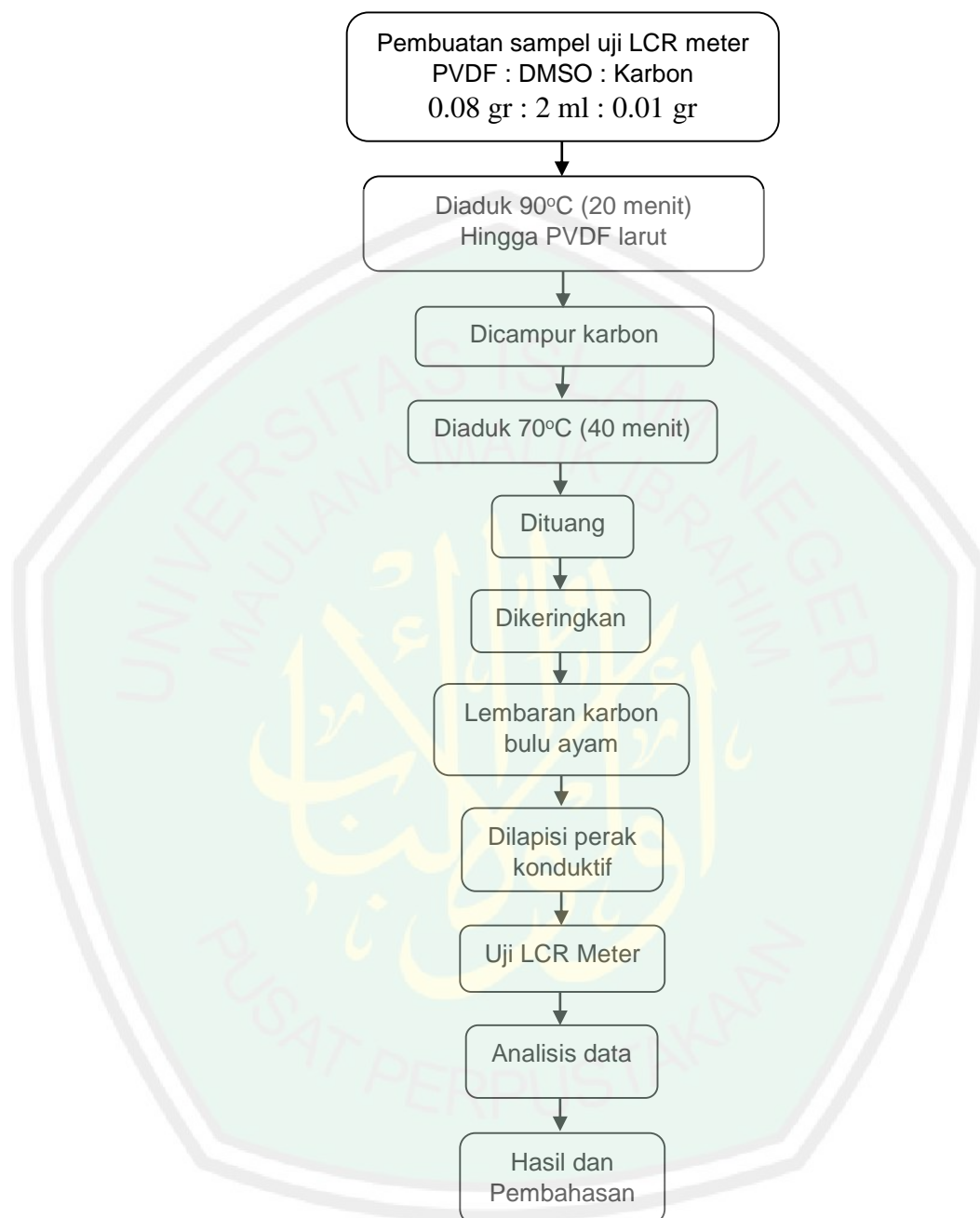
#### 3.5.1 Diagram Alir Pembuatan Karbon



### 3.5.2 Pembuatan rGO



### 3.5.3 Pembuatan Lembaran Uji LCR meter



### 3.6 Teknik Pengumpulan Data

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

#### 3.6.1 Analisis XRD

Setelah data hasil pengujian menggunakan alat *X-ray Diffraction* (XRD). Data dianalisis menggunakan bantuan aplikasi *Highscore Plus* untuk mengetahui fasa yang terbentuk dari sampel dengan teknik pencocokan database struktur.

#### 3.6.2 Analisis SEM

Hasil karakterisasi menggunakan SEM akan didapatkan dalam bentuk gambar morfologi sampel. Hasil gambar berupa bentuk lapisan atau lembaran pada sampel. Jumlah lapisan pada *Graphene Oxide* (GO) akan lebih sedikit daripada sampel yang masih berbentuk *graphite*.

#### 3.6.3 Analisis UV-Vis

Sampel disonikasi menggunakan *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 UV-Vis yaitu sebagai berikut:

1. Hasil uji spektrofotometer UV-Vis berupa spektrum absorpsi dan panjang gelombang.
2. Nilai panjang gelombang ( $\lambda$ ) digunakan untuk menentukan energi foton ( $h\nu$ ) dengan menggunakan persamaan:

$$h\nu = 1240/\lambda \quad (3.1)$$

3. Berdasarkan spektrum absorpsi ( $A$ ) dapat diketahui koefisien absorpsi ( $\alpha$ ) sampel dengan persamaan:

$$\alpha = 2.303 \times A \quad (3.2)$$

4. Besar energi gap *direct* dapat dihitung dengan memasukkan nilai  $\alpha$  dan  $h\nu$  kedalam persamaan:

$$(\alpha h\nu)^2 \quad (3.3)$$

Dan energy gap *indirect*:

$$(\alpha h\nu)^{1/2} \quad (3.4)$$

5. Selanjutnya dibuat plot grafik hubungan antara  $h\nu$  dan  $(\alpha h\nu)^2$  untuk energi gap *direct* dan plot hubungan antara  $h\nu$  dan  $(\alpha h\nu)^{1/2}$  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  $h\nu$  untuk memberikan nilai energi gap dari sampel.
7. Contoh data hasil karakterisasi spektrofotometer UV-Vis dan energi gap seperti pada table 3.1.

Tabel 3.1 Contoh tabel data hasil karakterisasi spektrofotometer UV-Vis.

Sampel	Absorbansi	Panjang Gelombang (nm)	Energi gap (eV)
Karbon + Aquades			
Karbon + HCl 0.5 M			
Karbon+ HCl 1 M			
Karbon + HCl 1.5 M			
Karbon + HCl 2 M			

#### 3.6.4 Analisis Sifat Listrik

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 Lee., dkk (1991) maka nilai konduktivitas listrik bahan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma = G(\omega) \left( \frac{L}{A} \right) \quad (3.5)$$

dimana  $\sigma$ ,  $G$ ,  $L$  dan  $A$  masing-masing adalah konduktivitas listrik (S/cm), konduktansi (S), tebal (cm) dan luas penampang bahan (cm<sup>2</sup>). Dengan  $G(\omega) = 1/R$ . Sedangkan nilai kapasitansi area dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$C = \frac{Cp}{A} \quad (3.6)$$

Dengan:

$C$  = kapasitansi area (F/cm)

$C_p$  = kapasitاس listrik (F)

$A$  = luas penampang bahan ( $\text{cm}^2$ )

Contoh data hasil pengujian pada LCR meter dicatat dalam tabel 3.2.

Tabel 3.2 Contoh tabel data hasil uji sifat listrik

Sampel	Konduktivitas listrik bahan (S/cm)	Impedansi (Ohm)	Kapasitansi area ( $\text{F}/\text{cm}^2$ )
Karbon + Aquades			
Karbon + HCl 0.5 M			
Karbon+ HCl 1 M			
Karbon + HCl 1.5 M			
Karbon + HCl 2 M			



#### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan bahan utama limbah atau biomassa bulu ayam yang dimanfaatkan untuk pembuatan material *Reduced Graphene Oxide* (rGO). Metode yang digunakan yaitu *Chemical Exfoliation* menggunakan larutan HCl. Perbandingan komposisi karbon dan HCl yaitu 1:10.

Langkah pertama, bulu ayam dibersihkan menggunakan air dan dikeringkan dibawah sinar matahari selama  $\pm$  48 jam. Proses pemanasan dilakukan dalam dua tahap. Pertama, pemanasan pada temperatur 250°C selama 30 menit. Tahap yang kedua pemanasan pada temperatur 400°C selama 5 jam dengan kenaikan suhu 5°C/menit. Karbon hasil pemanasan ditunjukkan pada gambar 4.1.



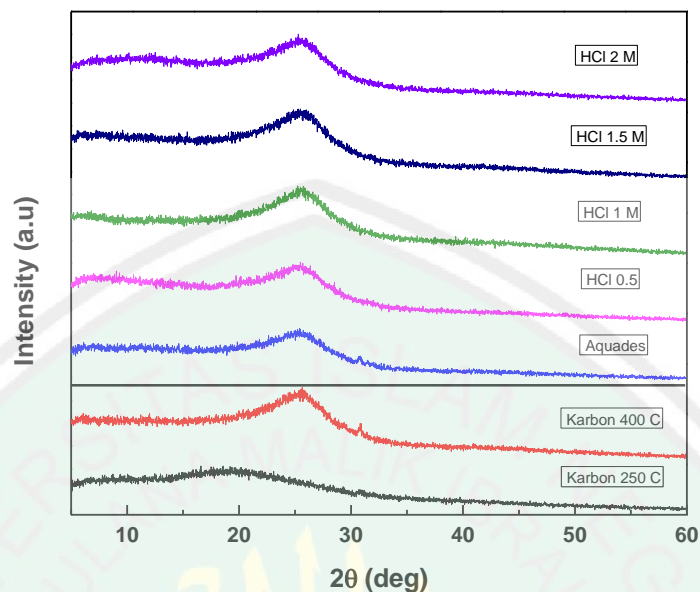
Gambar 4.1 Hasil pemanasan bulu ayam, a) Temperatur 250°C b) Temperatur 400°C

Karbon bulu ayam dihaluskan dan diayak dengan ukuran 250 mesh. Serbuk karbon ditambahkan kedalam HCl dengan variasi 0 M, 0.5 M, 1 M, 1.5 M dan 2 M dan diaduk menggunakan *hot plate* pada temperatur 75°C pada kecepatan 250 rpm selama 2 jam. Selanjutnya campuran karbon dan HCl disonikasi selama 5 jam

menggunakan *ultrasonic cleaner*. Kemudian sampel dicuci menggunakan NaOH 0.25 M dan aquades hingga pH netral. Pencucian dilakukan untuk menghilangkan kadar asam dalam sampel. Proses netralisasi terjadi karena interaksi antara asam dan basa yang melibatkan ion  $H^+$  dan ion  $OH^-$  untuk membentuk air dan garam sehingga pH sampel menjadi netral. Kemudian sampel dikeringkan menggunakan *oven* pada temperatur  $100^{\circ}C$  selama 2 jam. Sampel dikarakterisasi menggunakan UV-Vis, XRD, SEM dan uji sifat listrik menggunakan LCR meter.

#### 4.1 Data Hasil Penelitian

Analisis stuktur kristal dan fasa kristal yang terbentuk pada sampel menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Pengujian XRD dilakukan di Laboratorium Teknik Material, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Gelombang yang digunakan bersumber dari Cu\_K-alpha  $1.54 \text{ \AA}$  dengan rentang pengukuran mulai dari  $2\theta$   $5^{\circ}$  hingga  $60^{\circ}$ . Intensitas puncak diplot dalam sumbu y dan sudut difraksi yang terukur dalam sumbu x. Kurva XRD dari karbon dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pola XRD material karbon bulu ayam

Pola XRD pada sampel membentuk senyawa karbon berupa *Reduced graphene oxide* (rGO) yang bersifat amorf dan memiliki struktur heksagonal. rGO memiliki posisi bidang (002) pada sudut  $2\theta$  antara  $20-30^\circ$ . Sedangkan karbon pada gambar 4.2 memiliki posisi  $2\theta$  antara  $25.23^\circ - 25.55^\circ$ . Posisi masing-masing puncak dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Nilai FWHM dan posisi puncak karbon

Sampel	FWHM $2\theta$	Sudut $2\theta$	d (Å)	Lc (Å)
Karbon 250°C	17.04	19.57	-	-
Karbon 400°C	4.50	25.55	3.48	18.48
Karbon + Aquades	4.19	25.23	3.53	20.08
Karbon + HCl 0.5 M	4.27	25.45	3.49	19.52
Karbon + HCl 1 M	4.46	25.49	3.49	18.73
Karbon + HCl 1.5 M	4.73	25.45	3.49	17.78
Karbon + HCl 2 M	4.85	25.30	3.52	17.33

Hasil XRD karbon 250°C mengalami pergeseran setelah dilakukan pemanasan pada temperatur 400°C. Karbon 250°C memiliki puncak pada  $2\theta$   $19.57^\circ$  sedangkan

karbon 400°C memiliki puncak pada  $2\theta$  25.55°. Setelah hasil uji XRD dianalisis menggunakan aplikasi *Highscore* maka diketahui terjadi pergeseran tersebut disebabkan karena adanya perubahan struktur kristal karbon dari orthorhombic menjadi heksagonal.

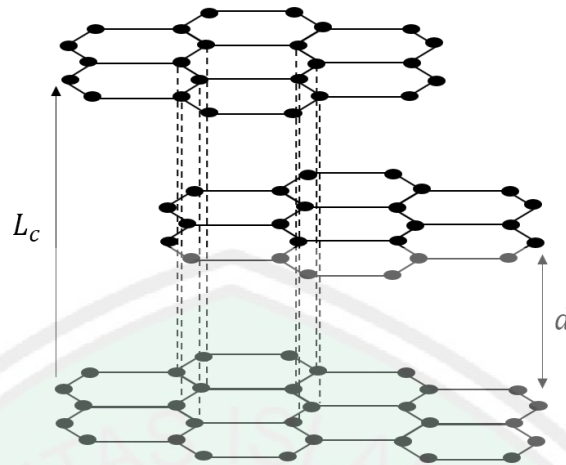
Tabel 4.1 menunjukkan bahwa puncak difraksi karbon mengalami pergeseran. Setelah pemanasan 400°C seluruh puncak bergeser ke arah kiri menuju  $2\theta$  yang semakin kecil. Pergeseran puncak terjadi karena adanya cacat pada sampel. Cacat kristal dapat terjadi karena *vacancy* akibat penguapan zat-zat volatile selama proses pemanasan (Hariyanto, 2012).

Pergeseran puncak difraksi mempengaruhi besarnya jarak antar bidang ( $d$ ). Nilai  $d$  berbanding terbalik dengan nilai  $\sin \theta$ . Nilai  $d$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4.1 yang dikenal dengan Hukum Bragg (Callister dan David, 2007). Nilai  $d$  dapat dilihat pada tabel 4.1.

$$d = \frac{n\lambda}{2 \sin \theta} \quad (4.1)$$

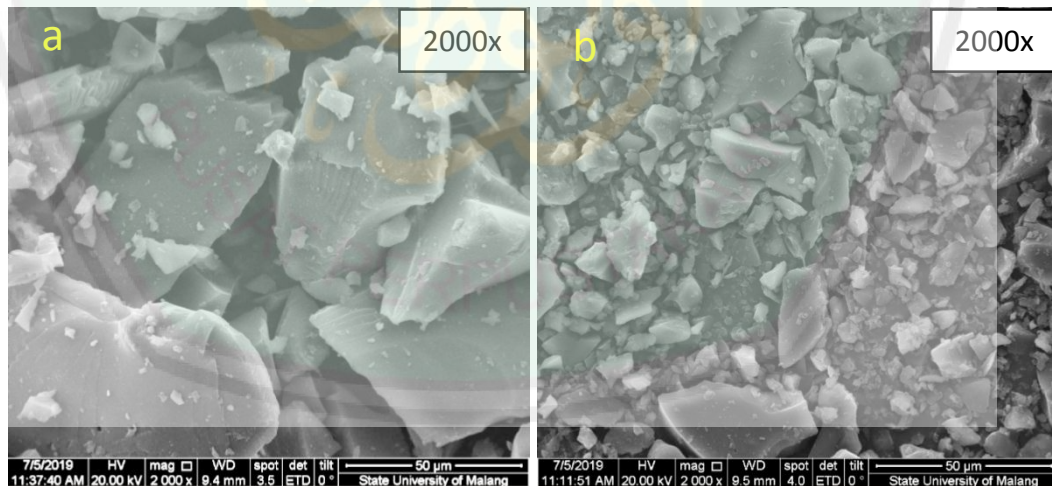
Hasil difraksi dapat digunakan untuk mengetahui ukuran kristalit dari sampel. Kristalit karbon tersusun atas lapisan heksagonal yang berikatan secara kovalen. Kisi-kisi heksagonal tersusun seperti lembaran - lembaran yang saling bertumpuk dan memiliki jarak sebesar  $d$  (gambar 4.3). Tinggi ( $L_c$ ) kristalit ditunjukkan pada tabel 4.1.  $L_c$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Scherrer (Ferret, 1998):

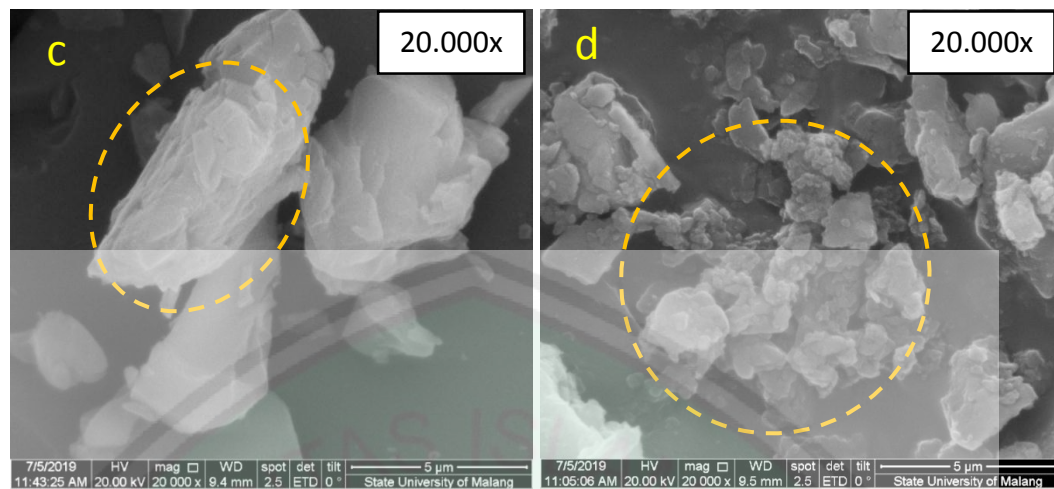
$$L_c = \frac{0.9\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (4.2)$$



Gambar 4.3 Struktur Kristal Karbon

Karakterisasi morfologi sampel dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) FEI, type: *inspect-S50*. Hasil SEM memberikan informasi perbedaan tampilan morfologi karbon bulu ayam 400°C dan karbon yang tereksfoliasi dalam HCl 2 M, masing-masing ditunjukkan pada gambar 4.4 (a, b) dan gambar 4.4 (c, d).



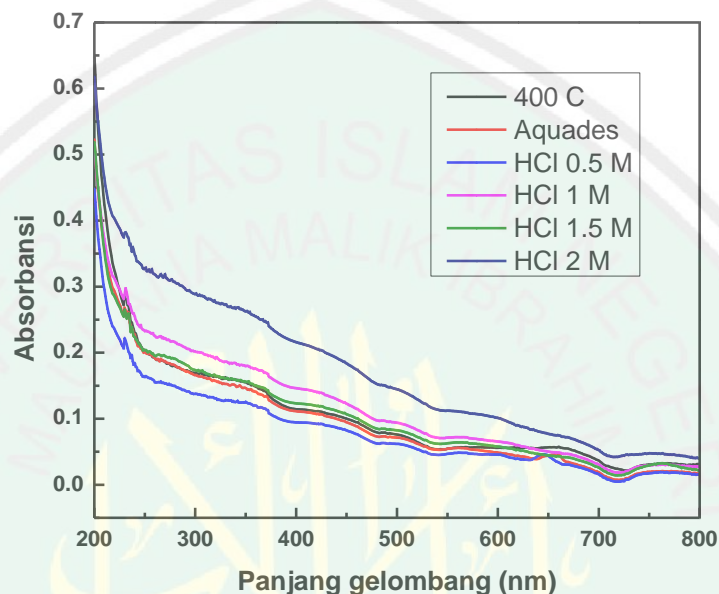


Gambar 4.4 Hasil SEM karbon bulu ayam (a) Karbon 400°C perbesaran 2000x (b) Karbon HCl 2 M perbesaran 2000x (c) Karbon 400°C perbesaran 20.000x (d) Karbon HCl 2 M perbesaran 20.000x

Gambar 4.4 (c, d) menunjukkan adanya pengaruh eksfoliasi pada karbon bulu ayam. Karbon tanpa eksfoliasi tampak terbentuk lembaran-lembaran yang mulai mengelupas namun ukuran partikel karbon masih besar menyerupai bongkahan (Gambar 4.4 a, b). Karbon dengan eksfoliasi menggunakan HCl 2 M terlihat mengelupas dengan ukuran partikel karbon kecil. Proses eksfoliasi menimbulkan efek kavitas yang menyebabkan terjadi tumbukkan antara partikel karbon satu dengan yang lainnya. Hingga menyebabkan terpecahnya dinding partikel karbon menjadi ukuran yang lebih kecil.

Nilai energi gap sampel dapat diketahui dengan melakukan pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Data yang diperoleh berupa panjang gelombang ( $\lambda$ ) dan absorbansi (A) sampel. Rentang panjang gelombang yang digunakan sesuai dengan panjang gelombang spektrum ultraviolet dan cahaya tampak (*visible*) yaitu dari 200 nm hingga 800 nm.

Spektrum absorbansi karbon amorf ditunjukkan pada plot grafik hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang. Nilai absorbansi dan panjang gelombang seluruh sampel dapat dilihat pada tabel 4.2.



Gambar 4.5 Spektrum absorbansi hasil uji UV-Vis seluruh sampel

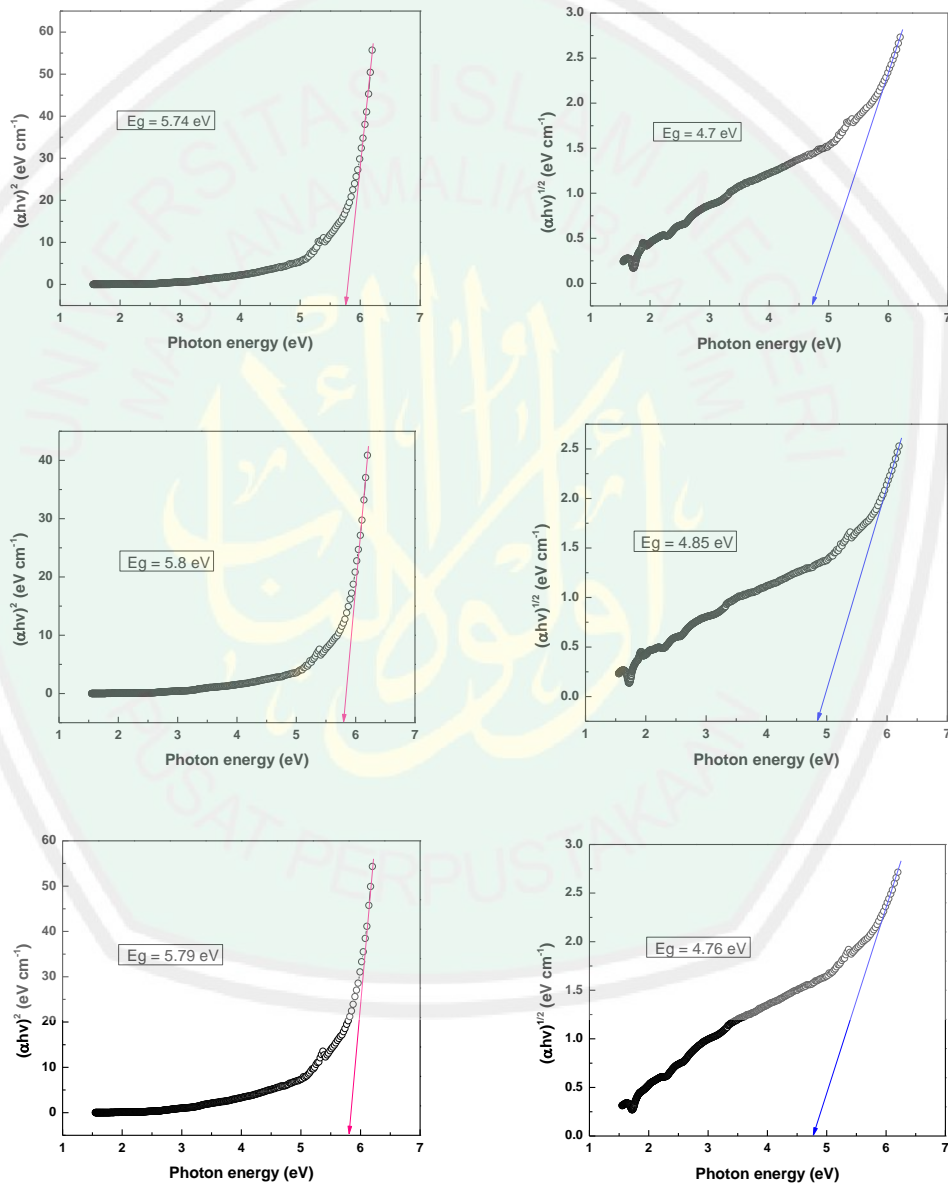
Gambar 4.5 menunjukkan perbandingan spektrum absorbansi sampel dengan variasi konsentrasi HCl yang digunakan saat proses eksfoliasi. Absorbansi maksimum seluruh sampel terjadi pada rentang panjang gelombang 230-231 nm.

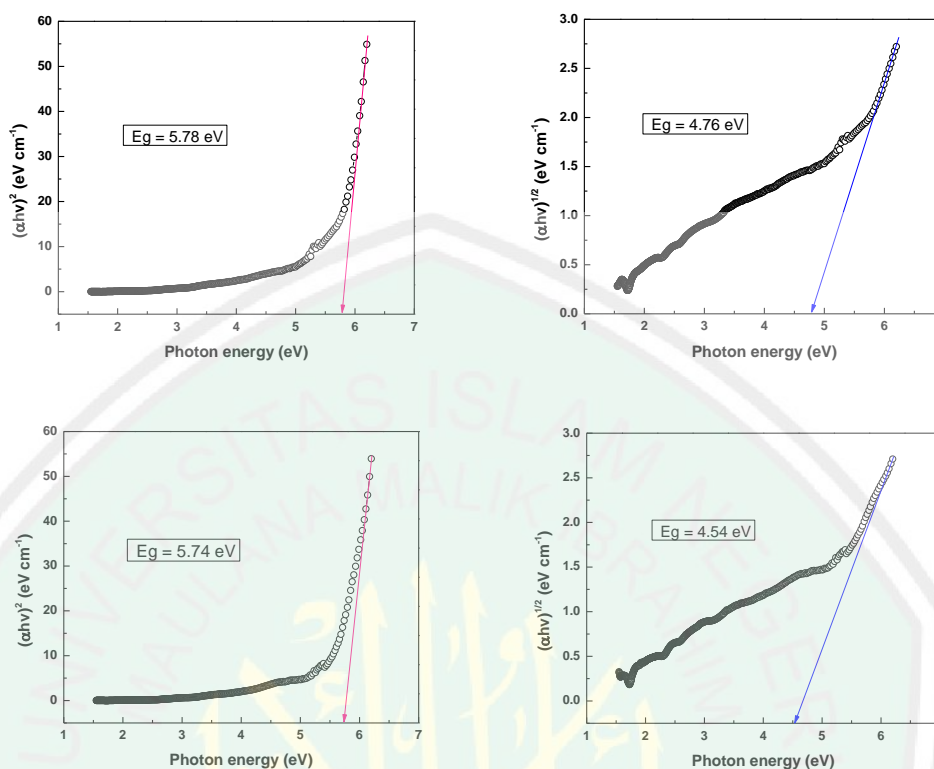
Tabel 4.2 Nilai absorbansi dan panjang gelombang seluruh sampel

Sampel	Absorbansi (a.u)	Panjang gelombang (nm)
Karbon + Aquades	0.269	230
Karbon + HCl 0.5 M	0.222	230
Karbon + HCl 1 M	0.298	231
Karbon + HCl 1.5 M	0.266	230
Karbon + HCl 2 M	0.231	230

Hasil uji UV-Vis ini dapat dihitung besar nilai energi gap dari sampel. Energi gap sampel terhitung dengan membuat plot grafik hubungan antara  $h\nu$  dan  $(\alpha h\nu)^2$ ,

$h\nu$  dan  $(\alpha h\nu)^2$  masing-masing untuk energi *direct* dan *indirect*. Plot grafik menunjukkan garis lurus pada daerah tertentu. Ekstrapolasi garis lurus yang mengintersepsi sumbu  $h\nu$  untuk memberikan nilai energi gap dari sampel. Hal ini dapat diamati pada gambar 4.6.





Gambar 4.6 Plot grafik dengan ekstrapolasi garis lurus pada sumbu  $h\nu$  *direct* (merah muda), *indirect* (biru)

Nilai energi gap *direct* berada pada range 5.74 eV – 5.8 eV. Sedangkan energi gap *indirect* memiliki range 4.54 eV – 4.85 eV. Nilai energi gap tiap sampel ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Energi gap seluruh sampel

Sampel	Energi gap <i>direct</i> (eV)	Energi gap <i>indirect</i> (eV)
Karbon + Aquades	5.74	4.7
Karbon + HCl 0.5 M	5.8	4.85
Karbon + HCl 1 M	5.79	4.76
Karbon + HCl 1.5 M	5.78	4.76
Karbon + HCl 2 M	5.74	4.54

Uji sifat listrik dilakukan menggunakan LCR Meter Hioki 3532-50 LCR HiTESTER dengan bantuan HIOKI L2001 PINGKER PROBE. Pengujian dilakukan di Laboratorium Listrik Magnet, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan

Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengukuran sifat listrik dilakukan terhadap perubahan parameter frekuensi yaitu dari 700 Hz – 3 MHz. Data output yang didapatkan yaitu nilai resistansi, konduktansi dan kapasitansi dari sampel.

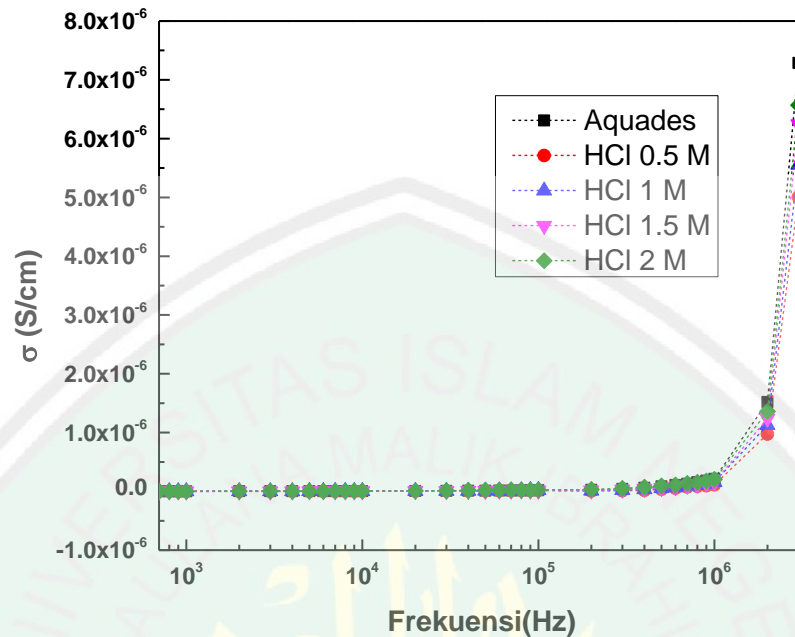
Konduktivitas listrik bahan dapat dihitung menggunakan data konduktansi yang didapatkan dari uji LCR Meter. Dengan menggunakan persamaan Lee, dkk (1991) maka nilai konduktivitas listrik bahan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma = G(\omega) \left( \frac{L}{A} \right) \quad (4.3)$$

dimana,  $\sigma$ ,  $G$ ,  $L$  dan  $A$  masing-masing adalah konduktivitas (Siemens/cm), konduktansi (Siemens), tebal bahan (cm) dan luas penampang bahan (cm<sup>2</sup>). Dengan  $G(\omega) = 1/R$ . Nilai konduktivitas listrik bahan dapat dilihat pada gambar 4.7. Hasil perhitungan seluruh sampel dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data sifat listrik seluruh sampel hasil uji LCR meter pada frekuensi 3 MHz

Sampel	Konduktivitas Listrik Bahan (S/cm)	Kapasitansi Area (F/cm <sup>2</sup> )
Karbon + Aquades	$7.29 \times 10^{-6}$	$1.29 \times 10^{-11}$
Karbon + HCl 0.5 M	$5.04 \times 10^{-6}$	$6.27 \times 10^{-12}$
Karbon + HCl 1 M	$5.56 \times 10^{-6}$	$6.14 \times 10^{-12}$
Karbon + HCl 1.5 M	$6.24 \times 10^{-6}$	$9.29 \times 10^{-12}$
Karbon + HCl 2 M	$6.57 \times 10^{-6}$	$7.49 \times 10^{-12}$



Gambar 4.7 Grafik konduktivitas listrik bahan seluruh sampel

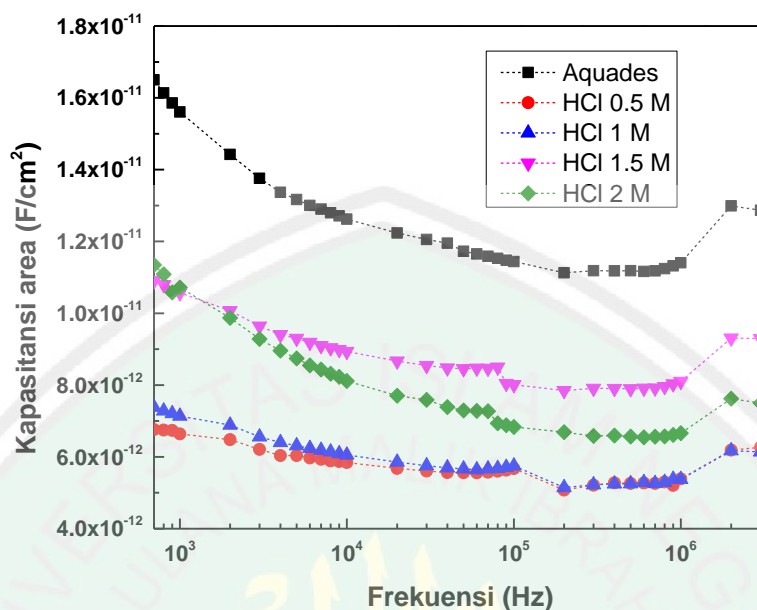
Gambar 4.7 menjelaskan bahwa nilai konduktivitas listrik mengalami penurunan ketika konsentrasi ditambahkan sebanyak 0.5 M. Akan tetapi kembali mengalami peningkatan seiring ditambahkan konsentrasi HCl. Karbon dengan aquades memiliki nilai konduktivitas paling baik yaitu sebesar  $7.29 \times 10^{-6} S/cm$ . Hal ini disebabkan karena komposisi ion oksigen yang sedikit tidak menghalangi arus listrik mengalir ke seluruh sampel.

Kapasitansi area (C) berbanding terbalik dengan luas penampang (A) sampel.

Niali C dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$C = \frac{Cp}{A} \quad (4.4)$$

Dengan  $Cp$  adalah nilai kapasitansi yang didapatkan dari uji LCR Meter. Nilai kapasitansi area seluruh sampel dapat dilihat pada gambar 4.10 dan tabel 4.4.



Gambar 4.8 Grafik kapasitansi area seluruh sampel

Gambar 4.8 memberikan informasi bahwa kapasitansi area seluruh sampel semakin turun seiring ditambahkannya frekuensi yang digunakan. Karbon yang dieksfoliasi dengan aquades memiliki nilai  $C$  paling tinggi yaitu sebesar  $1.29 \times 10^{-11} F/cm^2$ . Sedangkan karbon dengan HCl 1 M memiliki kapasitansi area paling rendah dengan nilai  $6.14 \times 10^{-12} F/cm^2$ . Nilai kapasitansi area dipengaruhi oleh jarak antar layer ( $d$ ) sampel. Karbon yang dieksfoliasi menggunakan aquades memiliki gugus oksigen lebih sedikit sehingga banyak ruang untuk sampel dalam menyimpan muatan listrik.

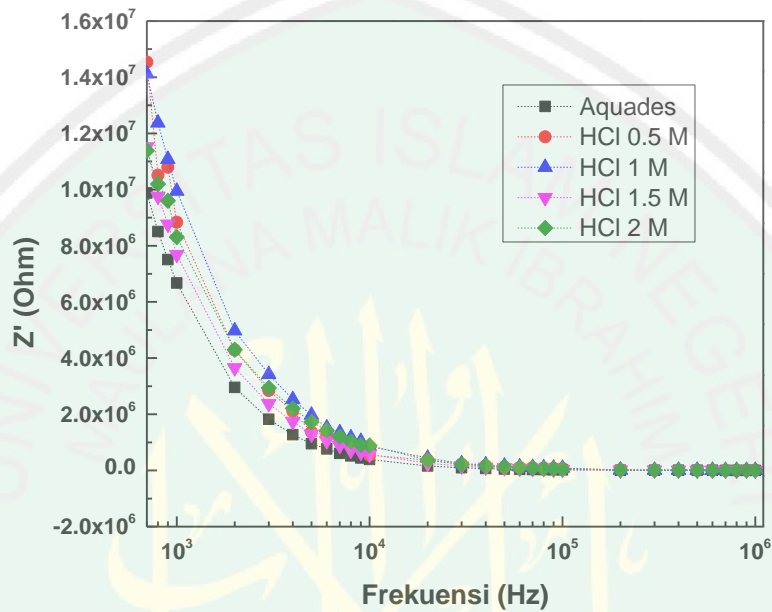
Nilai impedansi riil ( $Z'$ ) sampel dapat dihitung dengan memasukkan nilai resistansi ( $R_p$ ), Kapasitansi ( $C_p$ ) kedalam persamaan:

$$Z' = \frac{R_p}{1 + R_p \times C_p \times \omega} \quad (4.5)$$

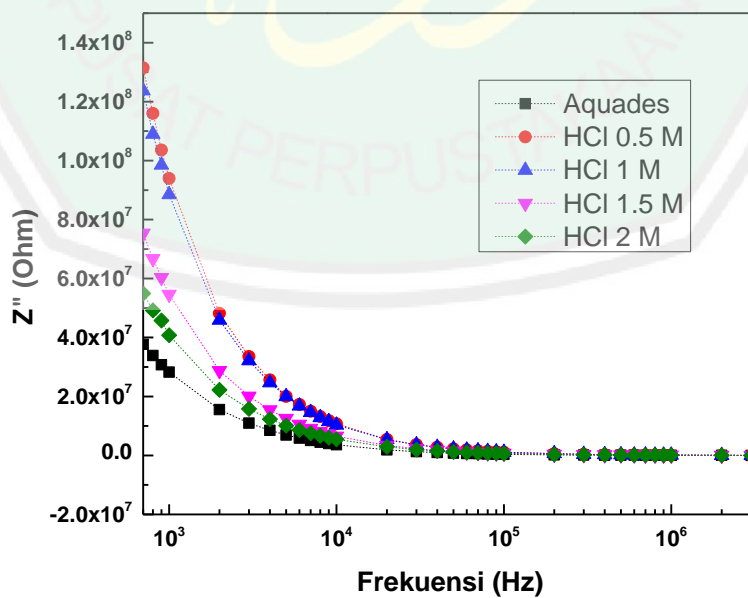
Dan impedansi riil ( $Z''$ ) menggunakan persamaan:

$$Z'' = \frac{Rp^2 \times Cp \times \omega}{(1 + Rp \times Cp \times \omega)^2} \quad (4.6)$$

Hasil perhitungan  $Z'$  dan  $Z''$  disajikan dalam bentuk plot grafik, masing-masing dapat dilihat pada gambar 4.9 dan 4.10.



Gambar 4.9 Plot hasil perhitungan impedansi riil ( $Z'$ ) seluruh sampel



Gambar 4.10 Plot hasil perhitungan impedansi imajiner ( $Z''$ ) seluruh sampel

Nilai impedansi berbanding terbalik dengan konduktivitas listrik bahan, semakin tinggi nilai impedansi maka konduktivitas listrik bahan semakin kecil. Gambar 4.7 dan 4.8 menunjukkan bahwa sampel yang di eksfoliasi menggunakan aquades memiliki  $Z'$  dan  $Z''$  paling rendah dan sampel dengan HCl 0.5 M memiliki nilai  $Z'$  dan  $Z''$  tertinggi.

#### 4.2 Pembahasan

Bulu ayam salah satu limbah industri peternakan terbesar di Indonesia. Pengolahannya yang masih minimal tak seimbang dengan limbah yang dihasilkan. Kandungan protein bulu ayam berpotensi untuk pembuatan material baru. Salah satunya dalam penelitian ini yang berhasil membuat material karbon jenis grafena berbahan dasar limbah bulu ayam. Metode yang digunakan yaitu *Chemical exfoliation* dengan menggunakan larutan HCl.

Hasil XRD seluruh sampel menunjukkan adanya pergeseran ke kiri setelah dilakukan eksfoliasi. Pergeseran terjadi disebabkan karena terjadi cacat atau *vacancy* akibat lepasnya zat-zat volatile selama proses pemanasan dan eksfoliasi. Terjadinya cacat berpengaruh pada jarak antar layer ( $d$ ) dan ukuran kristalit ( $L_c$ ). Semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan saat eksfoliasi mengakibatkan peningkatan jarak antar layer pada sampel. Akan tetapi, menyebabkan penurunan ukuran kristalitnya. Nilai  $d$  dan  $L_c$  seluruh sampel dapat dilihat pada tabel 4.1. Jarak antar layer dan ukuran kristalit paling tinggi ketika karbon dieksfoliasi menggunakan aquades, sedangkan nilai  $d$  paling kecil ketika karbon dieksfoliasi menggunakan HCl 0.5 M, 1 M dan 1.5 M. Hal ini sesuai dengan hasil uji SEM (gambar 4.4). Proses eksfoliasi menggunakan HCl dapat mereduksi ukuran dan

ketebalan partikel lembaran-lembaran rGO menjadi ukuran yang lebih kecil (Putra., dkk, 2018).

Selama proses eksfoliasi terjadi efek kavitasi yang menyebabkan partikel-partikel karbon saling bertumbukan. Penambahan HCl dalam proses eksfoliasi membantu melemahkan ikatan van der Waals antar lapisan pada saat tahap interkalasi. Sedangkan ultrasonikasi berfungsi sebagai pemecah atau pemisah antar lapisan grafena yang satu dengan yang lainnya. Efek kavitasi yang semakin tinggi akan mempercepat waktu karbon grafena untuk bergerak dalam mereduksi permukaan partikel. Proses eksfoliasi mengakibatkan ukuran partikel sampel menjadi lebih kecil dan memiliki jarak antar layer yang lebar. Uraian diatas sesuai dengan pernyataan John (2002) yang menyatakan bahwa gelombang ultrasonik dengan kekuatan tinggi dapat merusak atau mengikis dinding sel pada permukaan zat padat.

Penambahan aquades dan HCl dalam proses eksfoliasi tidak mempengaruhi sifat optik namun menyebabkan penurunan pada energi gap sampel. Hasil analisis UV-Vis memperlihatkan pergeseran seluruh nilai panjang gelombang sampel tidak terlalu signifikan (gambar 4.5). Nilai energi gap berpengaruh terhadap nilai konduktivitas listrik sampel. Semakin kecil nilai energi gap, maka semakin tinggi konduktivitas listriknya. Data konduktivitas listrik seluruh sampel dapat dilihat pada tabel 4.3. Konduktivitas listrik paling baik dan paling rendah masing-masing yaitu karbon yang dieksfoliasi menggunakan aquades dan karbon yang dieksfoliasi menggunakan HCl 0.5 M (gambar 4.7). Hal ini disebabkan ion oksigen terinduksi masuk ke antara lembaran sampel saat ditambahkan HCl dalam proses eksfoliasi.

Sehingga muatan pembawa arus listrik yang akan mengalir terhalang oleh ion-ion oksigen. Situasi ini kemungkinan terjadi karena penambahan asam akan menginduksi karbon untuk berikatan dengan lebih banyak ion oksigen yang akan menghilangkan cacat yang dapat mempengaruhi nilai konduktivitas listrik (Islamiyah., dkk, 2018).

Nilai konduktivitas listrik dan energi gap menandakan bahwa sampel termasuk dalam material semikonduktor. Konduktivitas listrik semikonduktor berada pada rentang  $10^{-6} - 10^4 \Omega/m$  atau antara  $10^{-8} - 10^3 S/cm$  (Callister dan David, 2007). Energi gap yang rendah akan mempermudah elektron tereksitasi menuju pita konduksi sehingga menghasilkan hole pada pita valensi. Adanya elektron di pita konduksi mengakibatkan bahan itu menjadi sedikit konduktif, oleh sebab itu disebut semikonduktor. Elektron yang berada dalam pita konduksi tersebut menjadi elektron bebas yang akan meningkatkan nilai konduktivitas listrik pada sampel. Pita konduksi yang terisi sebagian, jika ada medan listrik luar elektron akan memperoleh tambahan energi sehingga berpindah yang menyebabkan timbulnya arus listrik (Ayu dan Jufriadi, 2014).

Kapasitansi area yaitu kemampuan suatu material dalam menyimpan muatan listrik. Karbon HCl 1.5 M memiliki banyak muatan yang kedua setelah karbon aquades (gambar 4.8). Aquades memiliki komposisi gugus oksigen lebih sedikit, memiliki jarak antar layer (d) dan ukuran kristalit ( $L_c$ ) yang tinggi sehingga muatan listrik yang tersimpan lebih banyak dibandingkan dengan karbon yang tereksfoliasi menggunakan HCl. Elektron pembawa muatan listrik mudah masuk melewati

setiap partikel dengan kandungan ion oksigen yang lebih sedikit dan banyak muatan listrik tersimpan diantara layernya yang lebar.

Impedansi merupakan rasio dari tegangan yang melintasi elemen rangkaian terhadap arus yang mengalir pada rangkaian. Pada keping kapasitor impedansi sebagai perintang suatu medan listrik yang diberikan oleh keping. Impedansi pada rangkaian keping kapasitor dipengaruhi oleh frekuensi, resistansi, dan reaktansi total. Hal ini berhubungan dengan sifat dielektrik suatu material. Sampel yang dieksfoliasi menggunakan HCl memiliki impedansi lebih tinggi daripada sampel yang dieksfoliasi menggunakan aquades. Situasi ini terjadi karena saat diberi medan listrik pemisahan muatan bebas ke dua sisi dielektrik terhalang oleh gugus oksigen yang terinduksi dalam sampel.

$Z'$  dan  $Z''$  berkurang dengan meningkatnya frekuensi karena terjadinya polarisasi muatan ruang. Pada frekuensi rendah, nilai impedansi lebih tinggi menunjukkan bahwa polarisasi terjadi lebih besar dan pada frekuensi tinggi polarisasi menurun (Kazmi., dkk, 2015). Pada frekuensi rendah terbentuk polarisasi *space charge* (muatan ruang). Polarisasi *space charge* merupakan peristiwa pemisahan muatan-muatan bebas dalam ruang dielektrik. Dengan proses ini terjadi pengumpulan muatan sejenis di dua sisi dielektrik.

Semua hasil yang didapatkan dari penelitian ini tak lepas dari penjelasan Allah dalam Al-qur'an. Seorang saintis khususnya fisikiawan muslim diharapkan selalu merenungkan dan memikirkan mengenai banyaknya nikmat yang Allah ciptakan untuk diambil manfaatnya. Karena tak ada segala dari ciptaanNya yang sia-sia semata. Salah satu bentuk nikmat Alah dijelaskan dalam Q.S. Al-hasyr (59):24.

هُوَ اللَّهُ الْخَالِقُ الْبَارِئُ الْمَصَوِّرُ لَهُ الْأَسْمَاءُ الْحُسْنَى يُسَبِّحُ لَهُ مَا فِي السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ ۗ وَهُوَ  
الْعَزِيزُ الْحَكِيمُ (٢٤)

*“Dialah Allah Yang Menciptakan, Yang Mengadakan, Yang Membentuk Rupa, Dia memiliki nama-nama yang indah. Apa yang di langit dan di bumi bertasbih kepada-Nya. Dan Dialah Yang Maha perkasa, Maha bijaksana.” (Q.S. Al-hasyr (59):24).*

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah memberikan begitu banyak nikmat di alam semesta ini dengan menciptakan berbagai macam jenis bentuk dan rupa. Segala hal yang Allah ciptakan di langit dan di bumi bertasbih kepada-Nya. Dari banyaknya ciptaan Allah memiliki manfaat. Seperti yang dijelaskan dalam firmanNya.

وَإِنَّ لَكُمْ فِي الْأَنْعَامِ لَعِبْرَةً لِّئْتَسِقُوا مِمَّا فِي بُطُونِهَا وَلَكُمْ فِيهَا مَنَافِعُ كَثِيرَةٌ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ (٢١)

*“Dan sesungguhnya pada binatang-binatang ternak, benar-benar terdapat pelajaran yang penting bagi kamu. Kami memberi minum kamu dari air susu yang ada dalam perutnya, dan (juga) pada binatang-binatang ternak itu terdapat faedah yang banyak untuk kamu, dan sebagian daripadanya kamu makan”. (Q.S. Al-Mu’minun (23):21).*

Q.S. Al-Mu’minun (23):21 menjelaskan bahwa Allah menciptakan binatang ternak dengan manfaat besar didalamnya. Kata (لَعِبْرَةً لِّئْتَسِقُوا) Allah juga menunjukkan terdapat bahan pelajaran dalam binatang ternak. Manfaat yang dapat diambil dari binatang ternak yakni air susu dalam perutnya serta bulu dari domba, unta dan kambing serta manfaat-manfaat yang lainnya (dan sebagian untuk dimakan).

وَمِنْ مَشْرُوتِ النَّخِيلِ وَالْأَعْنَابِ تَتَّخِذُونَ مِنْهُ سَكَرًا وَرِزْقًا حَسَنًا ۗ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ  
يَعْقِلُونَ (٦٦)

*“Dan sesungguhnya pada binatang ternak itu benar-benar terdapat pelajaran bagi kamu. Kami memberimu minum dari pada apa yang berada dalam perutnya (berupa) susu yang bersih antara tahi dan darah, yang mudah ditelan bagi orang-orang yang meminumnya.”* (Q.S. An-nahl (16):66).

Allah menjelaskan dalam Q.S. An-nahl (16):66 bahwa selain manfaat yang tampak juga terdapat manfaat yang dapat dikaji dan dipelajari. Susu terdapat dalam perut untuk diminum, daging untuk dimakan, kulit dan bulu dibuat untuk suatu benda yang dapat menghangatkan. Begitu banyak manfaat yang terdapat dalam binatang ternak ketika dipelajari serta dilakukan eksperimen sesuai tujuan dan keperluan seperti yang telah Allah jelaskan dalam Q.S. Ghafir (40):80.

وَلَكُمْ فِيهَا مَنَافِعُ وَ لِتَبْلُغُوا عَلَيْهَا حَاجَةً فِي صُدُورِكُمْ وَعَلَيْهَا وَعَلَى الْفُلْكِ تُحْمَلُونَ (٨٠)

*“Dan bagi kamu (ada lagi) manfaat-manfaat yang lain padanya (hewan ternak itu) dan agar kamu mencapai suatu keperluan (tujuan) yang tersimpan dalam hatimu (dengan mengendarainya). Dan dengan mengendarai binatang-binatang itu, dan di atas kapal mereka diangkut.”* (Q.S. Ghafir (40):80).

Binatang ternak memiliki manfaat yang begitu luas setelah dicari, dikaji dan dilakukan penelitian. Bulu ayam yang merupakan limbah jika diolah dan diproses dapat menghasilkan sesuatu yang memiliki banyak manfaat, misalnya menjadi material grafena atau turunan sejenisnya. Proses penelitian dan hasilnya dapat memberikan ilmu pengetahuan baru. Rasa iman dan taqwa akan meningkat seiring bertambahnya ilmu pengetahuan yang dimiliki. Allah juga akan mengangkat derajat bagi setiap orang yang beriman dan berilmu.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang didapatkan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan HCl selama proses eksfoliasi menurunkan energi gap namun tidak mempengaruhi perubahan struktur sampel. Hasil XRD menunjukkan material berfasa karbon jenis rGO.
2. Sampel yang dieksfoliasi menggunakan HCl memiliki sifat listrik lebih rendah dibandingkan dengan sampel yang dieksfoliasi menggunakan Aquades. Hal ini disebabkan karena HCl memicu karbon untuk menginduksi gugus oksigen dalam lembaran rGO.

### **5.2 Saran**

Penelitian ini masih perlu dikembangkan dengan menggunakan temperatur lebih bervariasi serta menggunakan larutan asam lain yang berpotensi untuk meningkatkan karakteristik karbon berbasah dasar bulu ayam, sehingga didapatkan suatu material yang memiliki sifat fisis dan sifat listrik yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Mahalli, Imam J. 2008. *Terjemahan Tafsir Jalalain Asbabun Nuzul Jilid 1*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Al-qur'an dan Terjemahan. 2013. Jakarta: Pustaka Al-mubin.
- Acda, Menandro N. 2010. *Sustainable Use of Waste Chicken Feather For Durable and Low Cost Building Materials for Tropical Climates*. Sustainable Agriculture: Technology, Planning and Mgt. ISBN: 978-1-60876-269-9.
- An, X., dkk. 2010. *Stable Aqueous Dispersions of Noncovalently Functionalized Graphene from Graphite and their Multifunctional High-Performance Applications*. Nano Letters. pp. 4295-4301.
- Anggraini, Puput Qurnia. 2017. Sintesis *Graphene Oxide* dari Limbah Batang Karbon Baterai ZnC dengan Eksfoliasi Cairan dan Radiasi Sinar Gamma Berdasarkan UV-VIS Spektrofotometer (Skripsi). Yogyakarta: UNY.
- Ayu, Hena Dian dan Akhmad Jufriadi. 2014. Pendahuluan Fisika Zat Padat. Malang: Universitas Kanjuruhan Malang.
- Brandelli, A., dkk. 2010. *Biochemical features of mikroba keratinases and their production and applications*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 85: 1735-1750.
- Brownson, Dale A. C. 2014. *The Handbook of Graphene electrochemistry*. Manchester: Springer.
- Brun, Nicolas., dkk. 2013. *Hydrothermal Carbon Based Nanostructured Hollow Spheres as Electrode Material for High Power Lithium Sulfur Batteries*. Physical Chemistry Chemical Physics. 15: 6080 – 6087.
- Cai, C. and X. Zheng. 2009. *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.
- 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.
- Ciesielski, Artur Samori Paolo. 2013. *Graphene via Sonication assisted liquid-phase exfoliation*.-:RSC Publis.

- Efelina, V. 2015. Kajian pangaruh konsentrasu urea dalam sifat optik nanofiber graphene oxide/PVA (*Polyvinyl Alcohol*) yang difabrikasi menggunakan teknik *electrospinning* (*Thesis Master*). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Ferret, Frank R. 1998. *Determination of the crystallinity of calcined and graphitic cokes by X-ray diffraction*. *The Analyst*. Vol. 123: 595–600.
- Fisafarani, Hanani. 2010. Identifikasi Karakteristik Sumber Daya Biomassa dan Potensi Bio-Pellet di Indonesia (Skripsi). Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Geim, A. K. dan Novoselov, K. S. 2007. *The rise of graphene*. *Nature Material*. 6. 3. (183-191): 1476-1122.
- Gonzales, C. R., dkk. 2013. *Graphene Oxide Sheets Covalently Grafted with Keratin Obtained from Chicken Feather*. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. Vol. 8 (1): 127-138.
- Goodman, Matthew D., dkk. 2013. *Enabling New Classes of Templated Material through Mesoporous Carbon Colloidal Crystal*. *Advance Optical Material*. 1: 300 – 3004.
- Hariyanto. 2012. *Efek Doping Ni dalam Sintesis Material Multiferroik BiFeO<sub>3</sub> Berbasis Pasir Besi Dengan Metode Kopresipitasi*. *Jurnal Teknik Pomits*. vol. 1: 1-4
- Harrar, B. S. & Woods, E. F. 1963. *Soluble Derivatives of Feather Keratin 1. Isolation, fractionation and amino acid composition*. *Biochemistry Journal*. 92: 8-18.
- Hu, Bo., dkk. 2010. *Hydrothermal Carbonization Process of Biomass*. *Advance Material*:1-16.
- Islamiyah, Wildatun., dkk. 2018. *Sulfuric Acid Intercalacted-Mechanical Exfolation of Reduced Graphene Oxide from Old Coconut Shell*. *AIP Conference Proceedings*.
- John, F. 2002. *Ultrasonic Cleaning :Fundamental Theory and Application*. Unpublished article.
- Karshan, M. 1930. *The chemistry and staining reactions of keratin*. *J. Dental Research*. 10: 181-186.

- Kazmi, Safia Akhtar., dkk. 2016. *Investigation of Electrical and Optical Properties of TiO<sub>2</sub>-Graphene for Dye-Sensitized Solar Cells*. Journal of Alloys and Compound. 691:659–65.
- Keenan, C.W., dkk. 1984. Kimia Untuk Universitas. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- 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.
- Lee, W. K., dkk. 1991. *Phys. Rev. Lett.* 67 (12): 1559 – 1561.
- Lerf, A., dkk. 1998. *Structure of graphite oxide revisited*. J Phys Chem B. 102. Pp. 4477–82.
- Mulyadi, Tedi. 2015. Pengertian Ciri dan Sifat Karbon. <http://budisma.ney/2015/02/pengertian-ciri-dan-sifat-karbon>. pada tanggal 22 Juli 2018, jam 20:00 WIB.
- Misra, M dan Kar P. 2004. *Keratin fibres and structures for nanofiltration*. In: *Natural fibres, plastics and composites*. Springer. New York. Pp 83–93.
- Murtidjo, B.A. 2003. *Beternak Ayam Broiler*. Yogyakarta: Kanisius.
- Novoselov, K.S., dkk. 2004. *Electric field effect in atomically thin carbon films*. Science. vol 306. 666.
- Periasamy, A.H., and Subash, C.B.G. 2004. *Keratinophilic Fungi of Poultry Fram and Father Dumping Soil in Tamil Nadu*. Madras: University of Madras.
- Phei dan Cheng. 2011. *The reduction of graphene oxide*. Carbon. doi: 10.1016/j.carbon. 11: 010.
- Poole, A. J., dkk. 2009. *Environmentally sustainable fibers from regenerated protein*. Biomacromolecules. 10: 1-8.
- Putra, Gilang B.A., dkk. 2018. *Synthesis of green Fe<sup>3+</sup>/glucose/rGO electrode for supercapacitor application assisted by chemical exfoliation process from burning coconut shell*. coverence paper.
- Rojikhi. 2011. Pemanfaatan Hasil Pirolisis Bulu Ayam Sebagai bsorben Ion Na dan Fe dalam Larutan Simulasi (Skripsi). Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.

- Saravanan, K dan Dhurai B. 2012. *Exploration on the amino acid content and morphological structure in chicken feather fibre*. J Text Appar Technol Manag. 7 (3):1–6.
- 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.
- Smallman, R. E dan Bishop, J. R. 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.
- Statistik Kesehatan dan Peternakan Hewan. 2018. *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.
- Wang, Q., dkk. 2013. *A High-capaciity Carbon Prepared from Renewable Chicken Feather Biopolymer for Supercapacitors*. Journal of Power Sources. 225: 101-107.
- Ward, W. H., dkk. 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 1 PERHITUNGAN BAHAN**

## 1. Yield Massa

a. Pembuatan Karbon Bulu Ayam ( $T = 400^{\circ}\text{C}$ )

Diket =

Massa awal karbon  $250^{\circ}\text{C}$  = 321.89 grMassa akhir karbon  $250^{\circ}\text{C}$  = 200.79 gr

Ditanya =

Yield massa (%)...?

Jawab =

$$\begin{aligned} \text{yield massa (\%)} &= \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{321.89 - 200.79}{321.89} \times 100\% \\ &= 37.62\% \end{aligned}$$

$$100\% - 37.62\% = 62.38\%$$

## b. Proses Eksfoliasi

## ➤ Karbon HCl 0.5 M

Diket =

Massa awal karbon = 15.0566 gr

Massa akhir karbon = 13.7692 gr

Ditanya =

Yield massa (%)...?

Jawab =

$$\begin{aligned} \text{yield massa (\%)} &= \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{15.0566 - 13.7692}{15.0566} \times 100\% \\ &= 8.55\% \end{aligned}$$

$$100\% - 8.55\% = 91.45\%$$

## ➤ Karbon HCl 1 M

Diket =

Massa awal karbon = 15.0997 gr

Massa akhir karbon = 13.6248 gr

Ditanya =

Yield massa (%)...?

Jawab =

$$\text{yield massa (\%)} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{15.0997 - 13.6248}{15.0997} 100\%$$

$$= 9.77\%$$

$$100\% - 9.77\% = 90.23\%$$

➤ Karbon HCl 1.5 M

Diket =

Massa awal karbon = 15.0899 gr

Massa akhir karbon = 13.5837 gr

Ditanya =

Yield massa (%)...?

Jawab =

$$\text{yield massa (\%)} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{15.0899 - 13.5837}{15.0899} 100\%$$

$$= 9.98\%$$

$$100\% - 9.98\% = 90.02\%$$

➤ Karbon HCl 2 M

Diket =

Massa awal karbon = 15.0233 gr

Massa akhir karbon = 13.5192 gr

Ditanya =

Yield massa (%)...?

Jawab =

$$\text{yield massa (\%)} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{15.0233 - 13.5192}{15.0233} 100\%$$

$$= 10.01\%$$

$$100\% - 10.01\% = 89.99\%$$

2. Preparasi Sampel

a. Pengenceran HCl (38%)

Diket =

Mr HCl = 36.5

Berat jenis = 1.19 gr/ml

Ditanya =

M...?

Jawab =

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{gr}{mr} \\
 &= \frac{38}{36.5} \\
 &= 1.04 \text{ m} \\
 L &= \frac{100}{\text{berat jenis}} \\
 &= \frac{100}{1.19 \text{ gr/ml}} \\
 &= 0.084 \text{ L} \\
 M &= \frac{m}{L} \\
 &= \frac{1.04 \text{ m}}{0.084 \text{ L}} \\
 &= 12.52 \text{ M}
 \end{aligned}$$

b. Pembuatan Sampel

➤ Karbon HCl 0.5 M

Diket =

$$M_1 = 12.52 \text{ M}$$

$$M_2 = 0.5 \text{ M}$$

$$V_2 = 150 \text{ ml}$$

Ditanya =

$V_1 \dots ?$

Jawab =

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$12.51 \text{ M} \times V_1 = 0.5 \text{ M} \times 150 \text{ ml}$$

$$12.52V_1 = 75 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{75 \text{ ml}}{12.52}$$

$$= 5.99 \text{ ml}$$

➤ Karbon HCl 1 M

Diket =

$$M_1 = 12.52 \text{ M}$$

$$M_2 = 1 \text{ M}$$

$$V_2 = 150 \text{ ml}$$

Ditanya =

$V_1 \dots ?$

Jawab =

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$12.51 \text{ M} \times V_1 = 1 \text{ M} \times 150 \text{ ml}$$

$$12.52V_1 = 150ml$$

$$V_1 = \frac{150 ml}{12.52}$$

$$= 11.98 ml$$

➤ Karbon Hcl 1.5 M

Diket =

$$M_1 = 12.52 M$$

$$M_2 = 1.5 M$$

$$V_2 = 150 ml$$

Ditanya =

$V_1$ ...?

Jawab =

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$12.51 M \times V_1 = 1.5 M \times 150 ml$$

$$12.52V_1 = 225 ml$$

$$V_1 = \frac{225 ml}{12.52}$$

$$= 17.97 ml$$

➤ Karbon HCl 2 M

Diket =

$$M_1 = 12.52 M$$

$$M_2 = 2 M$$

$$V_2 = 150 ml$$

Ditanya =

$V_1$ ...?

Jawab =

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$12.51 M \times V_1 = 2 M \times 150 ml$$

$$12.52V_1 = 300 ml$$

$$V_1 = \frac{300 ml}{12.52}$$

$$= 23.96 ml$$

c. Pengenceran NaOH (48%) untuk Mencuci Sampel

Diket =

$$Mr \text{ NaOH} = 39.997$$

$$\text{Berat jenis} = 2.13 \text{ gr/ml}$$

Ditanya =

$M$ ...?  $V_1$ ...?

Jawab =

$$m = \frac{gr}{mr}$$
$$= \frac{48}{39.997}$$

$$= 1.2 \text{ m}$$

$$L = \frac{100}{\text{berat jenis}}$$

$$= \frac{100}{2.13 \text{ gr/ml}}$$

$$= 0.04695 \text{ L}$$

$$M = \frac{m}{L}$$

$$= \frac{1.2 \text{ m}}{0.04695 \text{ L}}$$

$$= 25.56 \text{ M}$$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$25.56 \text{ M} \times V_1 = 0.25 \text{ M} \times 150 \text{ ml}$$

$$25.56 V_1 = 37.5 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{37.5 \text{ ml}}{25.56}$$

$$= 1.5 \text{ ml}$$

“Dibutuhkan 1.5 ml NaOH dilarutkan kedalam 150 ml aquades untuk membuat 0.25 M NaOH.”

## LAMPIRAN 2 DATA DAN PERHITUNGAN XRD

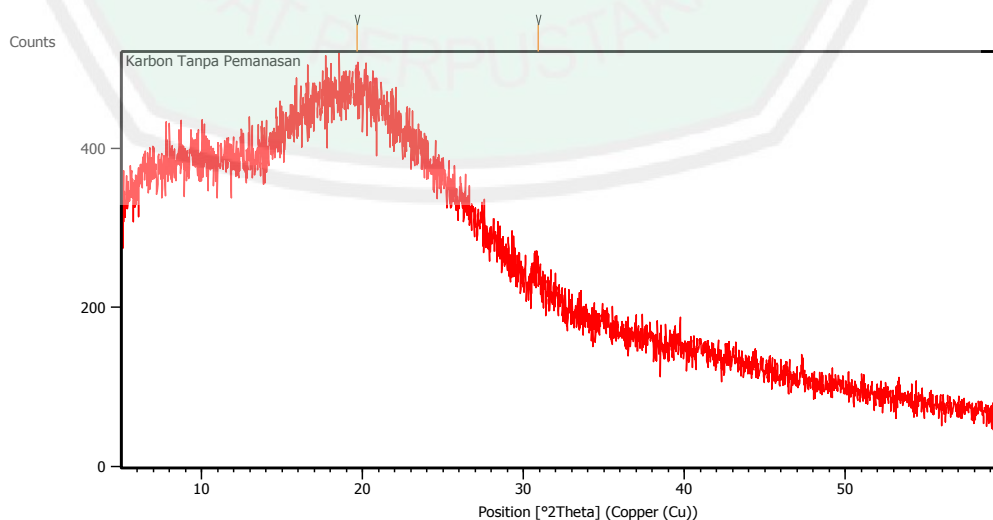
### 1. Data

#### Measurement Conditions

Measurement Date / Time	4/24/2019 10:16:00 AM
Raw Data Origin	PHILIPS-binary (scan) (.RD)
Scan Axis	Gonio
Start Position [ $^{\circ}2\theta$ .]	5.0084
End Position [ $^{\circ}2\theta$ .]	59.9864
Step Size [ $^{\circ}2\theta$ .]	0.0170
Scan Step Time [s]	10.1500
Scan Type	Continuous
Offset [ $^{\circ}2\theta$ .]	0.0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size [ $^{\circ}$ ]	0.2500
Specimen Length [mm]	10.00
Receiving Slit Size [mm]	12.7500
Measurement Temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ]	-273.15
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [ $\text{\AA}$ ]	1.54060
K-Alpha2 [ $\text{\AA}$ ]	1.54443
K-Beta [ $\text{\AA}$ ]	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 $^{\circ}\text{C}$

#### Main Graphics, Analyze View:

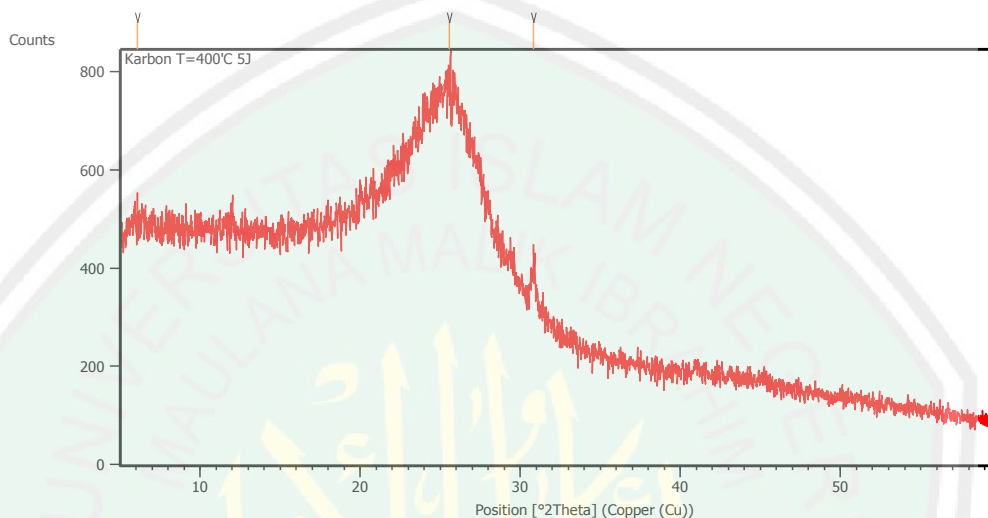


**Peak List:**

Pos. [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
19.6457	89.74	0.0900	4.51516	100.00
30.9002	24.69	0.4896	2.89153	27.52

**b. Karbon 400 $^{\circ}\text{C}$**

*Main Graphics, Analyze View:*

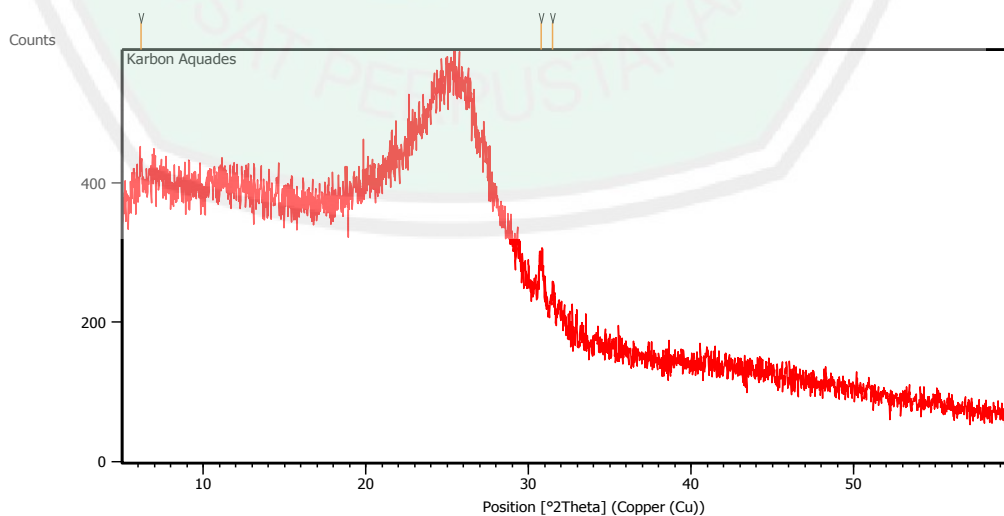


**Peak List:**

Pos. [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
6.0662	26.29	0.8029	14.57004	18.93
25.5465	138.89	0.0900	3.48405	100.00
30.8245	87.38	0.2676	2.90085	62.92

**c. Karbon HCl 0 M (Aquadess)**

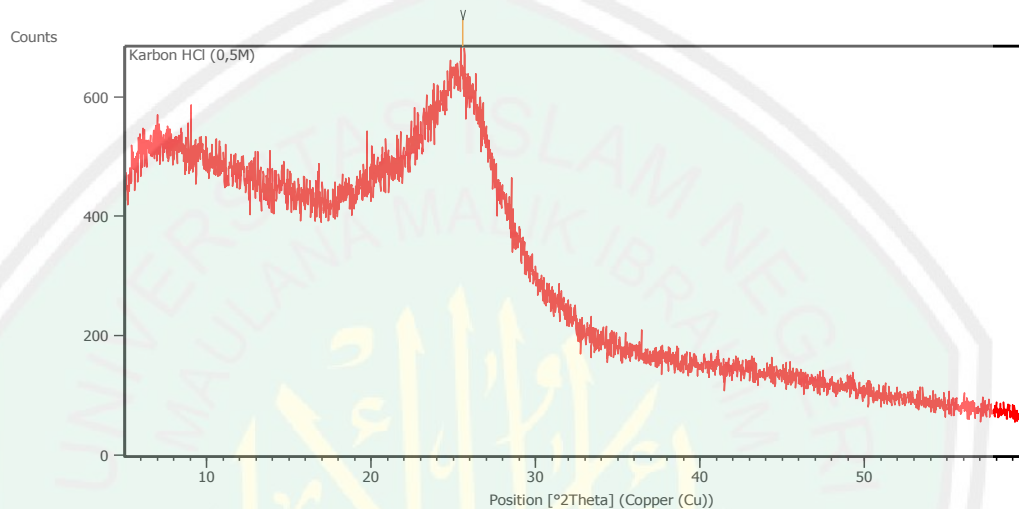
*Main Graphics, Analyze View*



*Peak List:*

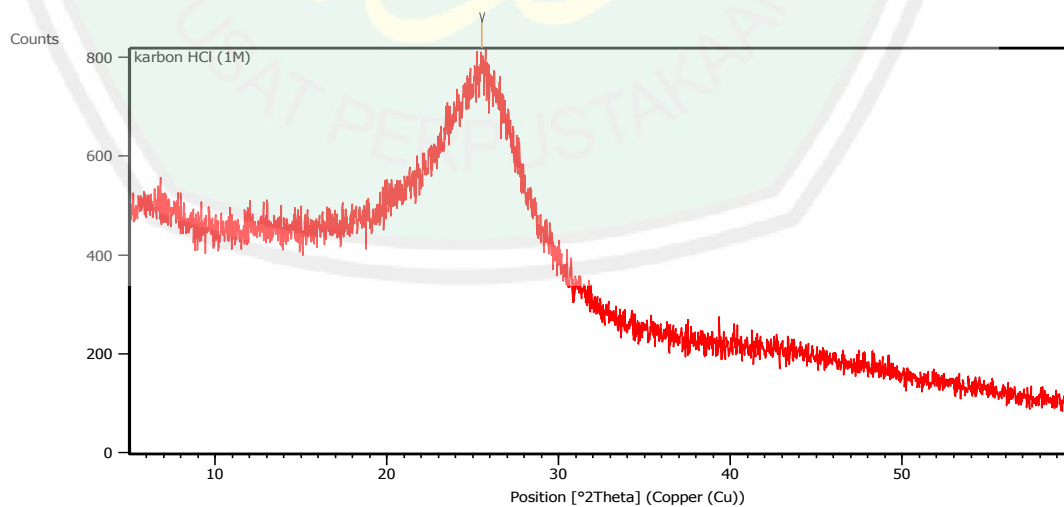
Pos. [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
6.1837	30.06	0.9368	14.29341	61.41
30.7692	48.95	0.2676	2.90594	100.00
31.4785	24.30	0.2007	2.84206	49.64

## d. Karbon HCl 0.5 M

*Main Graphics, Analyze View:**Peak List:*

Pos. [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
25.5465	115.79	0.0900	3.48405	100.00

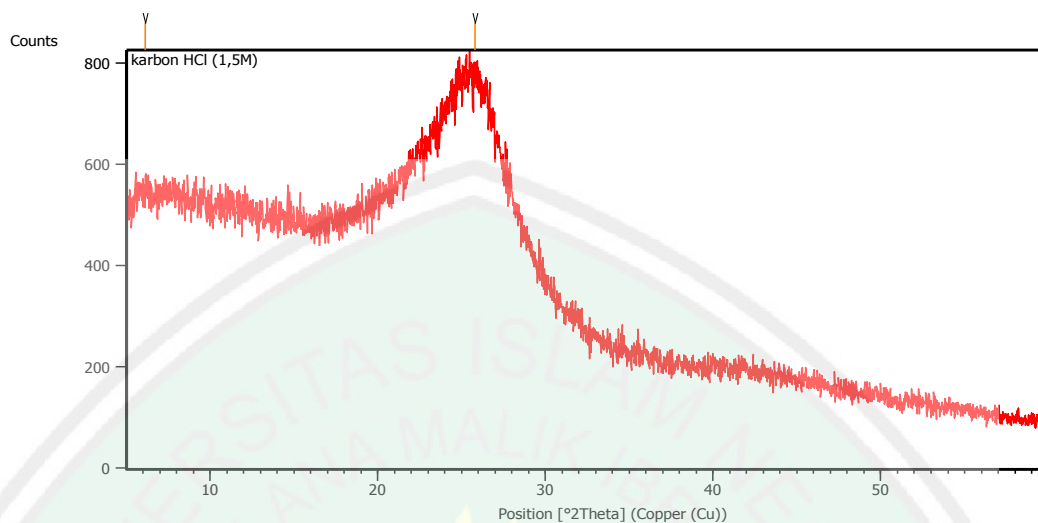
## e. Karbon HCl 1 M

*Main Graphics, Analyze View:**Peak List:*

Pos. [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
25.5329	109.13	0.8160	3.48588	100.00

f. Karbon HCl 1.5 M

Main Graphics, Analyze View:

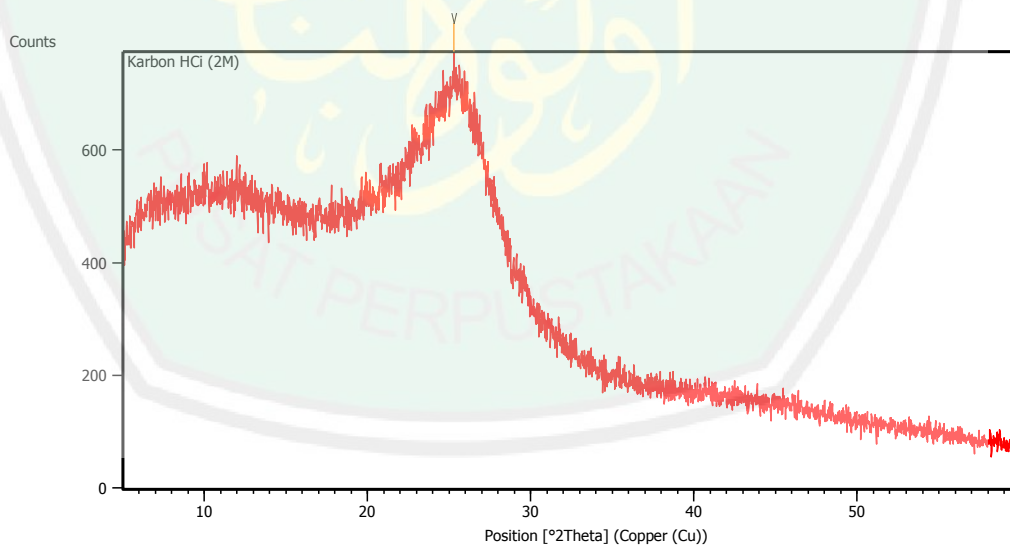


Peak List:

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
6.1083	20.23	0.9792	14.45770	19.23
25.7873	105.18	0.0900	3.45206	100.00

g. Karbon HCl 2 M

Main Graphics, Analyze View:



Peak List:

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
25.3056	103.44	0.0900	3.51666	100.00

2. Perhitungan Kristal: Jarak Antar Layer (d), Ukuran Tinggi Kristalit (Lc)

a. Karbon 400°C

Diket =

$$K_c = 0.9$$

$$\lambda = 1.54 \text{ \AA}$$

$$\theta = 12.78^\circ$$

$$\beta = 0.077 \text{ rad}$$

Ditanya =

Lc...? d...?

Jawab =

$$\begin{aligned} L_c &= \frac{K_c \lambda}{\beta \cos \theta} \\ &= \frac{0.9 \times 1.54}{0.077 \times \cos 12.78^\circ} \\ &= \frac{1.386}{0.075} \\ &= 18.48 \text{ \AA} \\ d &= \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \\ &= \frac{1.54}{2 \times \sin 12.78^\circ} \\ &= 3.48 \text{ \AA} \end{aligned}$$

b. Karbon HCl 0 M (Aquadres)

Diket =

$$K_c = 0.9$$

$$\lambda = 1.54 \text{ \AA}$$

$$\theta = 12.62^\circ$$

$$\beta = 0.071 \text{ rad}$$

Ditanya =

Lc...? d...?

Jawab =

$$\begin{aligned} L_c &= \frac{K_c \lambda}{\beta \cos \theta} \\ &= \frac{0.9 \times 1.54}{0.071 \times \cos 12.62^\circ} \\ &= \frac{1.386}{0.069} \\ &= 20.08 \text{ \AA} \\ d &= \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \\ &= \frac{1.54}{2 \times \sin 12.762^\circ} \end{aligned}$$

$$= 3.53 \text{ \AA}$$

c. Karbon HCl 0.5 M

Diket =

$$K_c = 0.9$$

$$\lambda = 1.54 \text{ \AA}$$

$$\theta = 12.73^\circ$$

$$\beta = 0.071$$

Ditanya =

Lc...? d...?

Jawab =

$$\begin{aligned} Lc &= \frac{K_c \lambda}{\beta \cos \theta} \\ &= \frac{0.9 \times 1.54}{0.071 \times \cos 12.73^\circ} \\ &= \frac{1.386}{0.071} \\ &= 19.52 \text{ \AA} \\ d &= \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \\ &= \frac{1.54}{2 \times \sin 12.73^\circ} \\ &= 3.49 \text{ \AA} \end{aligned}$$

d. Karbon HCl 1 M

Diket =

$$K_c = 0.9$$

$$\lambda = 1.54 \text{ \AA}$$

$$\theta = 12.75^\circ$$

$$\beta = 0.076 \text{ rad}$$

Ditanya =

Lc...? d...?

Jawab =

$$\begin{aligned} Lc &= \frac{K_c \lambda}{\beta \cos \theta} \\ &= \frac{0.9 \times 1.54}{0.076 \times \cos 12.75^\circ} \\ &= \frac{1.386}{0.074} \\ &= 18.73 \text{ \AA} \\ d &= \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1.54}{2 \times \sin 12.75^\circ} \\
 &= 3.49 \text{ \AA}
 \end{aligned}$$

e. Karbon HCl 1.5 M

Diket =

$$K_c = 0.9$$

$$\lambda = 1.54 \text{ \AA}$$

$$\theta = 12.73^\circ$$

$$\beta = 0.08 \text{ rad}$$

Ditanya =

Lc...? d...?

Jawab =

$$\begin{aligned}
 Lc &= \frac{K_c \lambda}{\beta \cos \theta} \\
 &= \frac{0.9 \times 1.54}{0.08 \times \cos 12.73^\circ} \\
 &= \frac{1.386}{0.078} \\
 &= 17.77 \text{ \AA} \\
 d &= \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \\
 &= \frac{1.54}{2 \times \sin 12.73^\circ} \\
 &= 3.49 \text{ \AA}
 \end{aligned}$$

f. Karbon HCl 2 M

Diket =

$$K_c = 0.9$$

$$\lambda = 1.54 \text{ \AA}$$

$$\theta = 12.65^\circ$$

$$\beta = 0.082 \text{ rad}$$

Ditanya =

Lc...? d...?

Jawab =

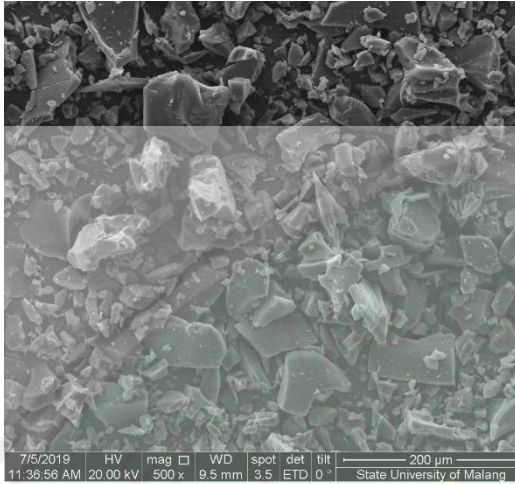
$$\begin{aligned}
 Lc &= \frac{K_c \lambda}{\beta \cos \theta} \\
 &= \frac{0.9 \times 1.54}{0.082 \times \cos 12.65^\circ} \\
 &= \frac{1.386}{0.08} \\
 &= 17.33 \text{ \AA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d &= \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \\ &= \frac{1.54}{2 \times \sin 12.65^\circ} \\ &= 3.52 \text{ \AA}\end{aligned}$$

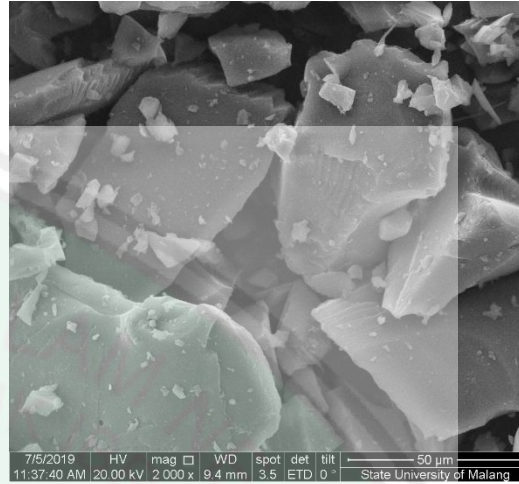


### LAMPIRAN 3 GAMBAR HASIL UJI SEM

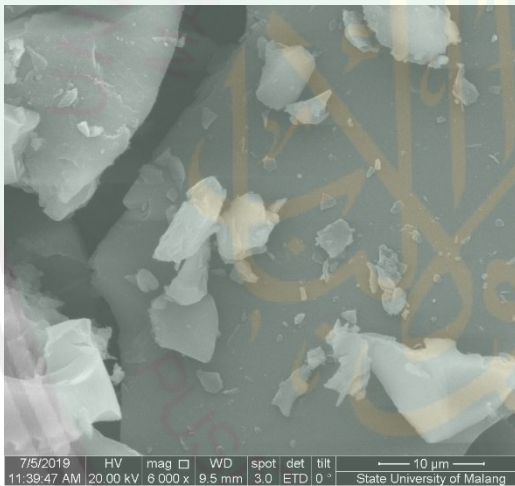
#### 1. Karbon 400°C



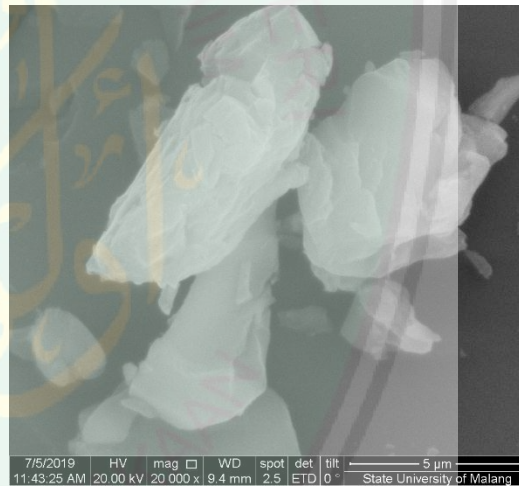
Perbesaran 500x



Perbesaran 2000x

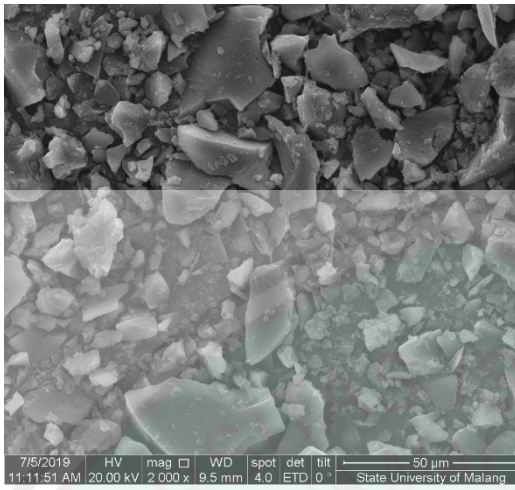


Perbesaran 6000x

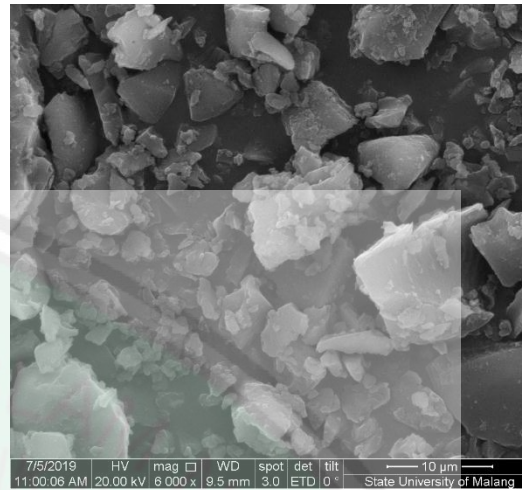


Perbesaran 20.000x

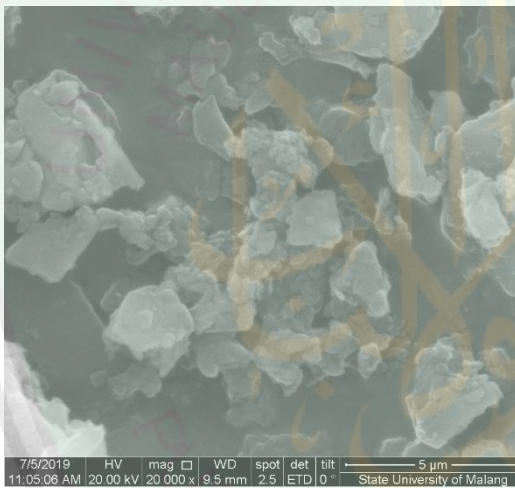
2. Karbon + HCl 2 M



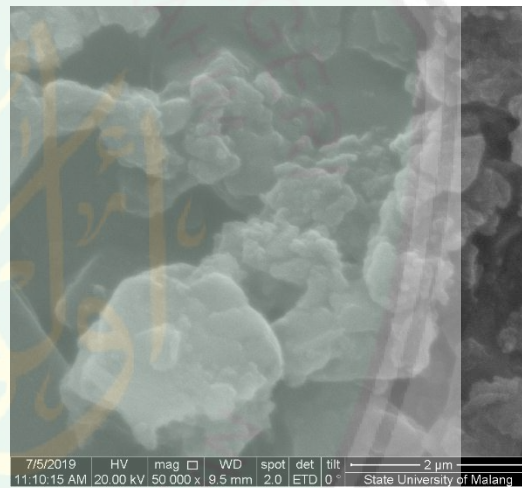
Perbesaran 2000x



Perbesaran 6000x



Perbesaran 20.000x



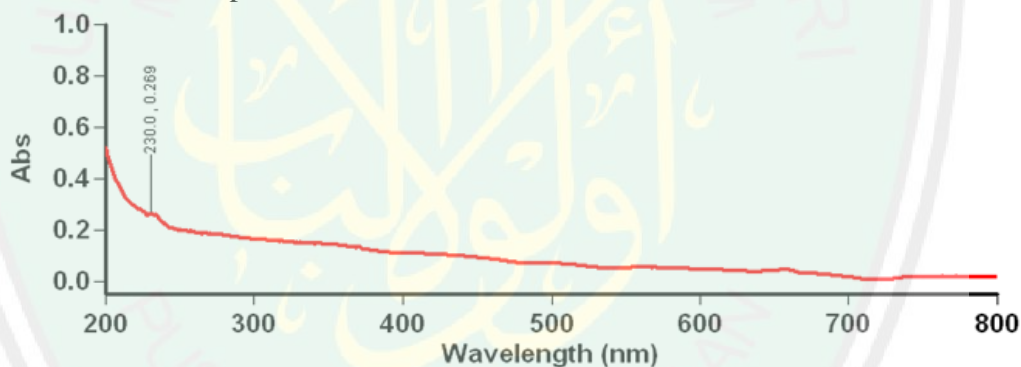
Perbesaran 50.000x

**LAMPIRAN 4 DATA DAN PERHITUNGAN UV-VIS**

1. Data Hasil

a. Karbon HCl 0 M (Aquadres)

Collection Time 4/29/2019 3:40:51 PM  
 Operator Name Rika  
 Scan Software Version 3.00(339)  
 Instrument Cary 50  
 Instrument Version 3.00  
 Start (nm) 800.0  
 Stop (nm) 200.0  
 X Mode Nanometers  
 Y Mode Abs  
 UV-Vis Scan Rate (nm/min) 600.00  
 UV-Vis Data Interval (nm) 1.00  
 UV-Vis Ave. Time (sec) 0.1000  
 Beam Mode Dual Beam  
 Baseline Correction Off  
 Cycle Mode Off  
 Date/Time stamp 4/29/2019 3:12:38 PM



Sample Name: Karbon Aquades

Collection Time 4/29/2019 3:40:51 PM  
 Peak Style Peaks  
 Peak Threshold 0.0100  
 Range 800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm) Abs

230.0 0.269

Wavelength (nm)	Abs	Wavelength (nm)	Abs	Wavelength (nm)	Abs
800.041	0.016124	796.9892	0.017293	793.9336	0.018054
798.9317	0.016958	796.0174	0.017881	792.9606	0.017262
797.9606	0.016602	795.0452	0.01776	791.9872	0.017324

791.0135	0.017985	744.9756	0.019079	699.029	0.0194
790.0394	0.018345	743.9846	0.018774	698.0222	0.020383
789.0649	0.018972	742.9931	0.018038	697.0151	0.020165
787.9507	0.01896	742.0013	0.017806	696.0077	0.020727
786.9754	0.019231	741.0092	0.017449	694.9999	0.021674
785.9998	0.018417	740.0167	0.017247	693.9919	0.02233
785.0237	0.019666	739.0238	0.016666	692.9835	0.023129
784.0473	0.019291	738.0306	0.016597	691.9747	0.024079
782.931	0.019343	737.037	0.016217	690.9657	0.024436
781.9537	0.020185	736.0432	0.015676	689.9563	0.025059
780.9762	0.019144	735.049	0.014875	688.9466	0.025201
779.9982	0.019542	734.0544	0.01349	687.9366	0.025813
779.02	0.019641	733.0594	0.013265	687.0706	0.026634
778.0413	0.019835	732.0641	0.012401	686.0599	0.027303
777.0622	0.020482	731.0685	0.011699	685.049	0.027586
775.9429	0.020165	729.9302	0.010495	684.0377	0.027793
774.963	0.019969	728.9339	0.009895	683.0261	0.02837
773.9828	0.020351	727.9372	0.010053	682.0142	0.029037
773.0023	0.020379	726.9401	0.009943	681.002	0.029044
772.0214	0.020831	725.9427	0.008941	679.9894	0.029577
771.0401	0.020542	724.945	0.00736	678.9765	0.030019
770.0584	0.019963	723.9469	0.007906	677.9633	0.030977
768.9361	0.020139	722.9485	0.007869	676.9498	0.031326
767.9537	0.020105	721.9497	0.007617	675.9359	0.031598
766.9709	0.020445	720.9506	0.007558	675.0667	0.031665
765.9877	0.020336	719.9512	0.007238	674.0522	0.032464
765.0042	0.020334	718.9514	0.007379	673.0374	0.032918
764.0203	0.020653	717.9513	0.007523	672.0223	0.033061
763.0361	0.020851	716.9508	0.007581	671.007	0.033675
762.0515	0.020598	715.95	0.007521	669.9913	0.034441
761.0666	0.020016	714.9489	0.007923	668.9752	0.034787
759.9404	0.020412	713.9474	0.008513	667.9589	0.03439
758.9547	0.020192	712.9456	0.008893	666.9422	0.035279
757.9686	0.020515	711.9435	0.009565	666.0706	0.03632
756.9822	0.020259	710.941	0.010236	665.0533	0.037416
755.9954	0.020016	709.9382	0.010777	664.0358	0.039163
755.0082	0.020014	708.935	0.010375	663.0179	0.041158
754.0208	0.019768	707.9315	0.011271	661.9997	0.043771
753.0329	0.020297	707.0711	0.01296	660.9812	0.045201
752.0447	0.019586	706.067	0.012825	659.9624	0.046058
751.0561	0.019618	705.0626	0.013528	658.9433	0.047033
750.0671	0.019403	704.0578	0.014502	658.0695	0.046488
748.9365	0.019829	703.0527	0.016158	657.0498	0.046248
747.9468	0.01946	702.0472	0.016355	656.0298	0.045994
746.9568	0.018967	701.0415	0.018196	655.0095	0.045539
745.9664	0.018789	700.0354	0.018594	653.9889	0.045375

652.968	0.045181	607.0101	0.047011	560.9282	0.055705
651.9467	0.044747	605.9755	0.047238	560.031	0.055908
651.0711	0.044351	604.9407	0.047679	558.9841	0.055613
650.0493	0.043749	604.0535	0.047711	557.9369	0.055408
649.0272	0.044009	603.0182	0.048275	557.0391	0.055505
648.0048	0.04376	601.9825	0.048051	555.9914	0.055306
646.9821	0.04335	600.9467	0.048413	554.9434	0.055347
645.959	0.043415	600.0585	0.048835	554.045	0.055165
644.9357	0.04292	599.0221	0.048894	552.9965	0.054799
644.0583	0.042264	597.9854	0.049062	551.9479	0.054851
643.0344	0.041657	596.9484	0.049196	551.0488	0.054634
642.0101	0.040719	596.0593	0.049241	549.9996	0.054473
640.9857	0.040002	595.0218	0.049621	548.9501	0.053933
639.9608	0.039125	593.984	0.049898	548.0504	0.0535
638.9357	0.038773	592.9459	0.049984	547.0005	0.053571
638.0568	0.038926	592.0559	0.050373	545.9503	0.053373
637.0311	0.038857	591.0173	0.050497	545.0499	0.053135
636.0052	0.039185	589.9785	0.050527	543.9993	0.052994
634.9789	0.040332	588.9393	0.050892	542.9484	0.052893
633.9523	0.039717	588.0483	0.051014	542.0474	0.052645
633.0721	0.039854	587.0087	0.050903	540.996	0.052838
632.045	0.040295	585.9688	0.05129	539.9443	0.053028
631.0176	0.040385	584.9285	0.051646	539.0427	0.05314
629.9899	0.04171	584.0367	0.051635	537.9906	0.053091
628.9619	0.041726	582.9959	0.052017	536.9382	0.05327
627.9335	0.041935	581.9549	0.052113	536.036	0.05363
627.0519	0.042294	581.0624	0.052268	534.9832	0.053848
626.023	0.04243	580.0209	0.052687	533.9301	0.053954
624.9938	0.04277	578.9791	0.052647	533.0272	0.054492
623.9644	0.042886	577.937	0.052717	531.9737	0.054918
622.9346	0.042441	577.0436	0.052909	531.0704	0.055399
622.0518	0.04316	576.001	0.053215	530.0164	0.056994
621.0214	0.043753	574.9582	0.053203	528.9621	0.057548
619.9908	0.043855	574.0641	0.053454	528.0582	0.058255
618.96	0.044179	573.0208	0.053587	527.0035	0.057713
617.9288	0.043376	571.9771	0.053747	525.9485	0.058409
617.0447	0.043664	570.9332	0.054049	525.0441	0.058989
616.013	0.044607	570.0383	0.05501	523.9886	0.059743
614.981	0.045245	568.9939	0.055188	522.9329	0.060574
613.9487	0.045357	567.9492	0.054972	522.0278	0.061259
613.0636	0.04555	567.0536	0.055331	520.9717	0.061755
612.0308	0.045853	566.0084	0.055646	520.0662	0.062278
610.9977	0.046162	564.963	0.055297	519.0096	0.062885
609.9642	0.046321	564.0667	0.05565	517.9528	0.063593
608.9305	0.046802	563.0208	0.05564	517.0467	0.064528
608.0443	0.047107	561.9746	0.055825	515.9894	0.065265

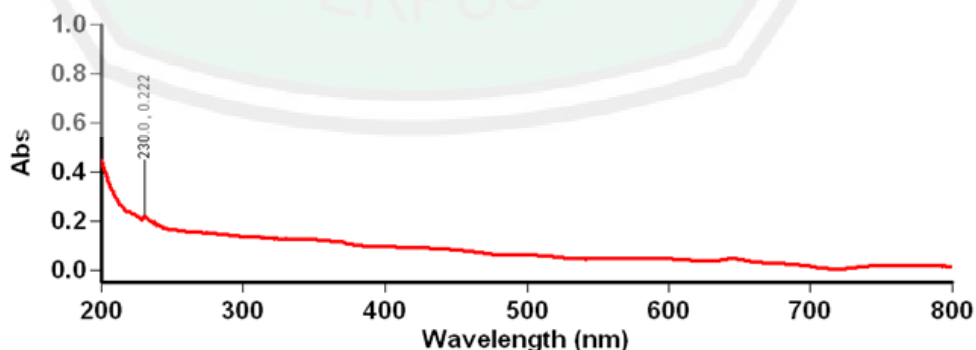
514.9318	0.065894	468.929	0.08083	422.9732	0.10599
514.0251	0.0659	468.0137	0.08161	422.0502	0.107713
512.9672	0.066543	466.9456	0.082558	420.9732	0.106819
512.0601	0.067419	466.03	0.083372	420.0499	0.107042
511.0016	0.067944	464.9616	0.084343	418.9725	0.107593
509.943	0.06832	464.0457	0.085147	418.0489	0.107886
509.0353	0.068691	462.9768	0.086006	416.9712	0.108175
507.9762	0.069241	462.0605	0.086642	416.0472	0.108482
507.0681	0.06964	460.9913	0.088547	414.9691	0.108709
506.0086	0.07003	460.0746	0.088085	414.0449	0.108912
504.9488	0.070117	459.005	0.089039	412.9664	0.109242
504.0402	0.070526	457.9351	0.089933	412.0419	0.109466
502.9799	0.071119	457.0179	0.090389	410.963	0.109712
502.0709	0.071172	455.9477	0.091028	410.0382	0.109862
501.0102	0.07124	455.0301	0.091682	408.959	0.110221
499.9492	0.071451	453.9595	0.092391	408.0338	0.110307
499.0397	0.071454	453.0416	0.093035	406.9543	0.110304
497.9783	0.071533	451.9706	0.09345	406.0288	0.110475
497.0684	0.071623	451.0523	0.094046	404.9489	0.110483
496.0066	0.071849	449.9809	0.094593	404.0231	0.110732
494.9445	0.071805	449.0623	0.095225	402.9429	0.110805
494.034	0.071959	447.9905	0.09676	402.0168	0.111012
492.9715	0.072914	447.0716	0.09617	400.9362	0.111074
492.0606	0.071824	445.9994	0.096823	400.0098	0.111419
490.9977	0.072125	444.9269	0.097226	398.9289	0.111635
489.9346	0.072056	444.0075	0.09786	398.0022	0.111624
489.0231	0.073149	442.9347	0.098471	397.0753	0.11191
487.9596	0.073121	442.0149	0.098793	395.9939	0.112282
487.0478	0.073342	440.9417	0.099365	395.0668	0.112407
485.9838	0.07328	440.0216	0.099824	393.985	0.112859
485.0716	0.073033	438.948	0.100375	393.0576	0.112952
484.0071	0.073265	438.0276	0.100899	391.9754	0.113497
482.9425	0.072258	436.9536	0.101213	391.0477	0.114018
482.0298	0.072539	436.0329	0.101594	389.9652	0.114472
480.9647	0.072775	434.9585	0.10201	389.0372	0.114929
480.0516	0.073066	434.0375	0.102445	387.9543	0.115337
478.9861	0.073471	432.9627	0.102672	387.0261	0.116018
478.0726	0.073888	432.0414	0.102994	385.9429	0.116715
477.0067	0.074483	430.9662	0.103368	385.0143	0.117193
475.9406	0.075315	430.0445	0.103682	383.9308	0.118097
475.0266	0.075689	428.969	0.104094	383.0019	0.118577
473.96	0.076567	428.047	0.104318	382.0729	0.119532
473.0456	0.077425	426.9711	0.1059	380.9889	0.120531
471.9787	0.078154	426.0487	0.106275	380.0596	0.121421
471.0639	0.079017	424.9725	0.106814	378.9753	0.122163
469.9966	0.080008	424.0498	0.107035	378.0457	0.123041

376.961	0.125073	330.9387	0.152577	284.9512	0.176973
376.0312	0.126387	330.0028	0.152606	284.0101	0.177464
374.9461	0.12703	329.0668	0.153581	283.0688	0.178171
374.016	0.12797	327.9746	0.152192	281.9706	0.179713
372.9307	0.131973	327.0384	0.154584	281.0292	0.180835
372.0002	0.133441	325.9459	0.153999	279.9308	0.181563
371.0697	0.13437	325.0094	0.154371	278.9891	0.182138
369.9839	0.132904	324.0728	0.156502	278.0474	0.182323
369.0531	0.134108	322.9799	0.155161	276.9486	0.182381
367.9669	0.135925	322.0431	0.157153	276.0066	0.183894
367.0358	0.136082	320.9499	0.156826	275.0646	0.184062
365.9494	0.136421	320.0128	0.158057	273.9654	0.184208
365.018	0.1376	319.0756	0.158638	273.0232	0.18496
363.9312	0.136927	317.9821	0.156678	271.9238	0.185621
362.9996	0.1381	317.0446	0.158418	270.9813	0.187449
362.0678	0.139965	315.9508	0.160062	270.0388	0.186717
360.9806	0.141181	315.0131	0.161166	268.939	0.188324
360.0485	0.14041	314.0753	0.160691	267.9963	0.188606
358.961	0.142258	312.981	0.159994	267.0534	0.191149
358.0287	0.141304	312.043	0.161478	265.9534	0.186345
356.9408	0.144086	310.9485	0.162045	265.0103	0.187609
356.0082	0.144922	310.0102	0.161702	264.0672	0.190829
355.0755	0.143145	309.0719	0.162495	262.9668	0.189639
353.9872	0.14475	307.977	0.163833	262.0234	0.189777
353.0542	0.14348	307.0383	0.163736	260.9228	0.191769
351.9655	0.145666	305.9432	0.164018	259.9792	0.194117
351.0323	0.146483	305.0043	0.163821	259.0356	0.193925
349.9434	0.147109	304.0654	0.164682	257.9346	0.199362
349.0099	0.14679	302.9698	0.16466	256.9908	0.195946
348.0762	0.146189	302.0306	0.16645	256.0469	0.198978
346.9868	0.147514	300.9348	0.165539	254.9456	0.198027
346.053	0.149285	299.9954	0.166383	254.0015	0.198309
344.9633	0.150737	299.0559	0.166779	253.0573	0.198102
344.0291	0.148881	297.9597	0.168115	251.9557	0.20012
342.9391	0.148942	297.02	0.168725	251.0113	0.202337
342.0047	0.147713	295.9235	0.169163	250.0669	0.199415
341.0702	0.150471	294.9836	0.170119	248.9711	0.202338
339.9798	0.1513	294.0435	0.171426	248.0321	0.205746
339.045	0.151807	292.9467	0.171148	246.9365	0.205553
337.9543	0.151909	292.0064	0.170854	245.9973	0.209461
337.0193	0.151456	291.066	0.172053	245.058	0.209461
335.9282	0.150377	289.9688	0.173186	243.9621	0.209358
334.993	0.15046	289.0282	0.17464	243.0226	0.210009
334.0576	0.151572	287.9307	0.174821	241.9265	0.215623
332.9661	0.152418	286.9899	0.1749	240.9868	0.218428
332.0305	0.152811	286.049	0.177	240.0471	0.228048

238.9507	0.224862	225.9416	0.269918	213.0747	0.329307
238.0108	0.235081	225.0006	0.273002	211.9756	0.338896
237.0708	0.232579	224.0595	0.276314	211.0335	0.350511
235.9741	0.241527	222.9615	0.280243	209.9343	0.360105
235.0339	0.245521	222.0203	0.284435	208.992	0.370598
233.937	0.261442	220.922	0.289032	208.0497	0.380407
232.9966	0.257331	219.9806	0.292685	206.9502	0.395881
232.0562	0.26312	219.0392	0.295787	206.0077	0.410765
230.959	0.263336	217.9407	0.298576	205.0651	0.423517
230.0184	0.268524	216.999	0.304268	203.9654	0.440505
229.0777	0.255485	216.0573	0.309571	203.0226	0.455365
227.9802	0.259853	214.9585	0.316946	201.9227	0.475921
227.0394	0.263385	214.0166	0.32302	200.9798	0.499709

b. Karbon HCl 0.5 M

Collection Time 4/29/2019 3:43:09 PM  
 Operator Name Rika  
 Scan Software Version 3.00(339)  
 Parameter List :  
 Instrument Cary 50  
 Instrument Version 3.00  
 Start (nm) 800.0  
 Stop (nm) 200.0  
 X Mode Nanometers  
 Y Mode Abs  
 UV-Vis Scan Rate (nm/min) 600.00  
 UV-Vis Data Interval (nm) 1.00  
 UV-Vis Ave. Time (sec) 0.1000  
 Beam Mode Dual Beam  
 Baseline Correction Off  
 Cycle Mode Off  
 Date/Time stamp 4/29/2019 3:12:38 PM



Sample Name: Karbon HCl 0,5 M

Collection Time 4/29/2019 3:43:10 PM

Peak Style                      Peaks  
 Peak Threshold              0.0100  
 Range                              800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)      Abs

230.0                      0.222

Wavelength (nm)	Abs	Wavelength (nm)	Abs	Wavelength (nm)	Abs
800.041	0.015124	764.0203	0.019216	727.9372	0.008005
798.9317	0.015201	763.0361	0.018749	726.9401	0.007231
797.9606	0.015858	762.0515	0.019042	725.9427	0.007078
796.9892	0.014902	761.0666	0.019176	724.945	0.005045
796.0174	0.015069	759.9404	0.018623	723.9469	0.005977
795.0452	0.016139	758.9547	0.018756	722.9485	0.005596
793.9336	0.016303	757.9686	0.018087	721.9497	0.005069
792.9606	0.015293	756.9822	0.018085	720.9506	0.004942
791.9872	0.016232	755.9954	0.018704	719.9512	0.00482
791.0135	0.016484	755.0082	0.018176	718.9514	0.004802
790.0394	0.016557	754.0208	0.017882	717.9513	0.004664
789.0649	0.016374	753.0329	0.017722	716.9508	0.004768
787.9507	0.017429	752.0447	0.017578	715.95	0.004883
786.9754	0.017181	751.0561	0.017489	714.9489	0.005196
785.9998	0.017173	750.0671	0.017584	713.9474	0.005556
785.0237	0.017376	748.9365	0.017192	712.9456	0.005958
784.0473	0.017124	747.9468	0.01671	711.9435	0.00682
782.931	0.017902	746.9568	0.016806	710.941	0.007079
781.9537	0.018155	745.9664	0.016675	709.9382	0.00778
780.9762	0.017278	744.9756	0.016924	708.935	0.007803
779.9982	0.017902	743.9846	0.017029	707.9315	0.008307
779.02	0.018008	742.9931	0.015951	707.0711	0.01001
778.0413	0.018086	742.0013	0.016157	706.067	0.010033
777.0622	0.018268	741.0092	0.01556	705.0626	0.010756
775.9429	0.018388	740.0167	0.015193	704.0578	0.011431
774.963	0.018309	739.0238	0.014624	703.0527	0.013453
773.9828	0.018684	738.0306	0.014795	702.0472	0.013401
773.0023	0.018228	737.037	0.013751	701.0415	0.014986
772.0214	0.018612	736.0432	0.0136	700.0354	0.015869
771.0401	0.017947	735.049	0.012529	699.029	0.016906
770.0584	0.017812	734.0544	0.011685	698.0222	0.017321
768.9361	0.017999	733.0594	0.011125	697.0151	0.017307
767.9537	0.018787	732.0641	0.010307	696.0077	0.018234
766.9709	0.019182	731.0685	0.009218	694.9999	0.018901
765.9877	0.01812	729.9302	0.008305	693.9919	0.019717
765.0042	0.018379	728.9339	0.00779	692.9835	0.02008

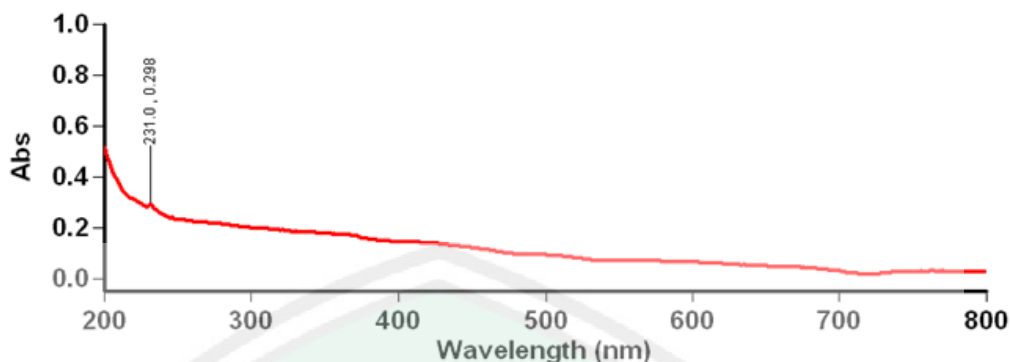
691.9747	0.021002	645.959	0.046211	600.0585	0.04555
690.9657	0.021234	644.9357	0.045988	599.0221	0.045748
689.9563	0.022066	644.0583	0.04616	597.9854	0.045755
688.9466	0.022561	643.0344	0.045712	596.9484	0.045616
687.9366	0.02298	642.0101	0.045283	596.0593	0.045706
687.0706	0.023409	640.9857	0.044567	595.0218	0.045847
686.0599	0.023838	639.9608	0.043712	593.984	0.045831
685.049	0.024594	638.9357	0.043186	592.9459	0.046003
684.0377	0.024922	638.0568	0.042069	592.0559	0.045982
683.0261	0.025333	637.0311	0.040801	591.0173	0.045895
682.0142	0.025775	636.0052	0.039883	589.9785	0.046469
681.002	0.026133	634.9789	0.039742	588.9393	0.045984
679.9894	0.026577	633.9523	0.038088	588.0483	0.046131
678.9765	0.027159	633.0721	0.037484	587.0087	0.046028
677.9633	0.027357	632.045	0.037534	585.9688	0.045949
676.9498	0.027766	631.0176	0.037251	584.9285	0.045836
675.9359	0.028205	629.9899	0.037842	584.0367	0.045759
675.0667	0.028191	628.9619	0.037752	582.9959	0.046006
674.0522	0.028924	627.9335	0.037918	581.9549	0.046167
673.0374	0.029224	627.0519	0.037967	581.0624	0.045998
672.0223	0.03002	626.023	0.03815	580.0209	0.046362
671.007	0.030018	624.9938	0.038343	578.9791	0.046445
669.9913	0.030467	623.9644	0.038667	577.937	0.046506
668.9752	0.030396	622.9346	0.03794	577.0436	0.046467
667.9589	0.030499	622.0518	0.038902	576.001	0.046566
666.9422	0.030406	621.0214	0.039035	574.9582	0.046928
666.0706	0.030666	619.9908	0.039402	574.0641	0.046819
665.0533	0.03082	618.96	0.039915	573.0208	0.04691
664.0358	0.030783	617.9288	0.038842	571.9771	0.047027
663.0179	0.03153	617.0447	0.039281	570.9332	0.04727
661.9997	0.032505	616.013	0.040197	570.0383	0.048071
660.9812	0.033302	614.981	0.040572	568.9939	0.048369
659.9624	0.033931	613.9487	0.040637	567.9492	0.048327
658.9433	0.034842	613.0636	0.040799	567.0536	0.048297
658.0695	0.034897	612.0308	0.041061	566.0084	0.048207
657.0498	0.036065	610.9977	0.041698	564.963	0.048218
656.0298	0.037318	609.9642	0.041927	564.0667	0.048312
655.0095	0.038302	608.9305	0.042797	563.0208	0.048523
653.9889	0.03939	608.0443	0.043005	561.9746	0.04853
652.968	0.04071	607.0101	0.04367	560.9282	0.048692
651.9467	0.041481	605.9755	0.044035	560.031	0.048358
651.0711	0.04292	604.9407	0.044341	558.9841	0.048149
650.0493	0.044277	604.0535	0.045054	557.9369	0.048114
649.0272	0.044961	603.0182	0.045213	557.0391	0.048247
648.0048	0.045466	601.9825	0.045599	555.9914	0.047788
646.9821	0.045743	600.9467	0.045533	554.9434	0.047512

554.045	0.047489	507.9762	0.059865	462.0605	0.075051
552.9965	0.04711	507.0681	0.06049	460.9913	0.076467
551.9479	0.046923	506.0086	0.060602	460.0746	0.076528
551.0488	0.046948	504.9488	0.060942	459.005	0.077139
549.9996	0.046731	504.0402	0.061273	457.9351	0.077861
548.9501	0.046541	502.9799	0.061486	457.0179	0.07847
548.0504	0.046102	502.0709	0.061698	455.9477	0.079148
547.0005	0.045957	501.0102	0.062013	455.0301	0.079726
545.9503	0.045684	499.9492	0.061774	453.9595	0.080208
545.0499	0.045578	499.0397	0.062005	453.0416	0.08072
543.9993	0.045385	497.9783	0.061947	451.9706	0.080981
542.9484	0.04536	497.0684	0.062103	451.0523	0.081683
542.0474	0.045002	496.0066	0.062149	449.9809	0.082367
540.996	0.045244	494.9445	0.062245	449.0623	0.082742
539.9443	0.045247	494.034	0.062307	447.9905	0.084264
539.0427	0.045332	492.9715	0.063104	447.0716	0.083413
537.9906	0.045573	492.0606	0.062	445.9994	0.084108
536.9382	0.045621	490.9977	0.06225	444.9269	0.084752
536.036	0.045915	489.9346	0.062124	444.0075	0.085001
534.9832	0.045997	489.0231	0.063139	442.9347	0.085653
533.9301	0.046132	487.9596	0.063102	442.0149	0.085571
533.0272	0.046492	487.0478	0.063137	440.9417	0.08611
531.9737	0.047026	485.9838	0.063206	440.0216	0.086594
531.0704	0.047496	485.0716	0.062946	438.948	0.087135
530.0164	0.049042	484.0071	0.063011	438.0276	0.087503
528.9621	0.04944	482.9425	0.061906	436.9536	0.087952
528.0582	0.05011	482.0298	0.062078	436.0329	0.088147
527.0035	0.049473	480.9647	0.062402	434.9585	0.088506
525.9485	0.050177	480.0516	0.062482	434.0375	0.088691
525.0441	0.050752	478.9861	0.062881	432.9627	0.089127
523.9886	0.051423	478.0726	0.063217	432.0414	0.089163
522.9329	0.052357	477.0067	0.063772	430.9662	0.089404
522.0278	0.052856	475.9406	0.064497	430.0445	0.089771
520.9717	0.053373	475.0266	0.065002	428.969	0.090073
520.0662	0.053692	473.96	0.065729	428.047	0.090276
519.0096	0.054413	473.0456	0.066514	426.9711	0.091644
517.9528	0.055083	471.9787	0.06728	426.0487	0.091812
517.0467	0.055646	471.0639	0.068018	424.9725	0.092143
515.9894	0.056491	469.9966	0.068833	424.0498	0.092472
514.9318	0.056876	468.929	0.069718	422.9732	0.091392
514.0251	0.057193	468.0137	0.070333	422.0502	0.092845
512.9672	0.057664	466.9456	0.071223	420.9732	0.09193
512.0601	0.058223	466.03	0.072017	420.0499	0.092198
511.0016	0.058666	464.9616	0.072694	418.9725	0.092558
509.943	0.059405	464.0457	0.073523	418.0489	0.092724
509.0353	0.05952	462.9768	0.074409	416.9712	0.092981

416.0472	0.093137	369.9839	0.114827	324.0728	0.128448
414.9691	0.093383	369.0531	0.115588	322.9799	0.129206
414.0449	0.093386	367.9669	0.115202	322.0431	0.128162
412.9664	0.093614	367.0358	0.116462	320.9499	0.131051
412.0419	0.093828	365.9494	0.116738	320.0128	0.130779
410.963	0.09386	365.018	0.117704	319.0756	0.130805
410.0382	0.093969	363.9312	0.117112	317.9821	0.132577
408.959	0.094046	362.9996	0.116687	317.0446	0.132552
408.0338	0.094069	362.0678	0.116958	315.9508	0.1326
406.9543	0.094126	360.9806	0.119513	315.0131	0.132472
406.0288	0.094131	360.0485	0.119489	314.0753	0.133282
404.9489	0.094237	358.961	0.120538	312.981	0.132216
404.0231	0.094101	358.0287	0.119092	312.043	0.133291
402.9429	0.094284	356.9408	0.120866	310.9485	0.134355
402.0168	0.094441	356.0082	0.121456	310.0102	0.1349
400.9362	0.094385	355.0755	0.12237	309.0719	0.135191
400.0098	0.094432	353.9872	0.123126	307.977	0.13595
398.9289	0.094482	353.0542	0.122857	307.0383	0.135158
398.0022	0.0948	351.9655	0.123836	305.9432	0.136025
397.0753	0.094855	351.0323	0.124248	305.0043	0.135963
395.9939	0.09502	349.9434	0.125971	304.0654	0.136871
395.0668	0.094855	349.0099	0.124279	302.9698	0.136548
393.985	0.09532	348.0762	0.124761	302.0306	0.137558
393.0576	0.095483	346.9868	0.124446	300.9348	0.13739
391.9754	0.095898	346.053	0.124657	299.9954	0.137999
391.0477	0.096261	344.9633	0.124365	299.0559	0.13716
389.9652	0.096708	344.0291	0.124521	297.9597	0.137677
389.0372	0.09701	342.9391	0.12449	297.02	0.138483
387.9543	0.097456	342.0047	0.127531	295.9235	0.138342
387.0261	0.09788	341.0702	0.125707	294.9836	0.139682
385.9429	0.098389	339.9798	0.125228	294.0435	0.141208
385.0143	0.098847	339.045	0.124846	292.9467	0.141629
383.9308	0.099476	337.9543	0.12676	292.0064	0.141148
383.0019	0.100059	337.0193	0.125375	291.066	0.141882
382.0729	0.100863	335.9282	0.128034	289.9688	0.142509
380.9889	0.10163	334.993	0.127416	289.0282	0.14372
380.0596	0.102616	334.0576	0.127099	287.9307	0.143507
378.9753	0.103295	332.9661	0.128102	286.9899	0.143409
378.0457	0.10363	332.0305	0.127823	286.049	0.1453
376.961	0.104809	330.9387	0.127518	284.9512	0.145532
376.0312	0.105535	330.0028	0.128622	284.0101	0.146502
374.9461	0.106639	329.0668	0.126922	283.0688	0.14712
374.016	0.107427	327.9746	0.127078	281.9706	0.147462
372.9307	0.108213	327.0384	0.126926	281.0292	0.148002
372.0002	0.113232	325.9459	0.12798	279.9308	0.149952
371.0697	0.112756	325.0094	0.128142	278.9891	0.149393

278.0474	0.149974	251.9557	0.163257	225.9416	0.217482
276.9486	0.150336	251.0113	0.164625	225.0006	0.220516
276.0066	0.151787	250.0669	0.16277	224.0595	0.222939
275.0646	0.150702	248.9711	0.164616	222.9615	0.226132
273.9654	0.15318	248.0321	0.163585	222.0203	0.228813
273.0232	0.151271	246.9365	0.166242	220.922	0.232405
271.9238	0.152593	245.9973	0.169304	219.9806	0.235783
270.9813	0.153564	245.058	0.171346	219.0392	0.238467
270.0388	0.152751	243.9621	0.173134	217.9407	0.240063
268.939	0.154362	243.0226	0.171607	216.999	0.244832
267.9963	0.154521	241.9265	0.178388	216.0573	0.249339
267.0534	0.153942	240.9868	0.17863	214.9585	0.255501
265.9534	0.156763	240.0471	0.184551	214.0166	0.260486
265.0103	0.154724	238.9507	0.181487	213.0747	0.266432
264.0672	0.155626	238.0108	0.187257	211.9756	0.276119
262.9668	0.155149	237.0708	0.19678	211.0335	0.285605
262.0234	0.155107	235.9741	0.191403	209.9343	0.295712
260.9228	0.154862	235.0339	0.198732	208.992	0.303794
259.9792	0.15501	233.937	0.201504	208.0497	0.315536
259.0356	0.158386	232.9966	0.206695	206.9502	0.330822
257.9346	0.158892	232.0562	0.212781	206.0077	0.344286
256.9908	0.160177	230.959	0.218187	205.0651	0.356975
256.0469	0.160758	230.0184	0.222252	203.9654	0.372057
254.9456	0.161525	229.0777	0.206158	203.0226	0.387776
254.0015	0.161336	227.9802	0.210123	201.9227	0.407443
253.0573	0.162784	227.0394	0.212739	200.9798	0.428394

c. Karbon HCl 1 M  
Collection Time 4/29/2019 3:45:27 PM  
Operator Name Rika  
Scan Software Version 3.00(339)  
Instrument Cary 50  
Instrument Version 3.00  
Start (nm) 800.0  
Stop (nm) 200.0  
X Mode Nanometers  
Y Mode Abs  
UV-Vis Scan Rate (nm/min) 600.00  
UV-Vis Data Interval (nm) 1.00  
UV-Vis Ave. Time (sec) 0.1000  
Beam Mode Dual Beam  
Baseline Correction Off  
Cycle Mode Off



Sample Name: Karbon HCl 1 M  
 Collection Time 4/29/2019 3:45:27 PM  
 Peak Style Peaks  
 Peak Threshold 0.0100  
 Range 800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm) Abs  
 231.0 0.298

Wavelength (nm)	Abs	Wavelength (nm)	Abs	Wavelength (nm)	Abs
800.041	0.027348	777.0622	0.029945	754.0208	0.029949
798.9317	0.027978	775.9429	0.029602	753.0329	0.029574
797.9606	0.027599	774.963	0.030193	752.0447	0.030023
796.9892	0.027564	773.9828	0.030377	751.0561	0.029599
796.0174	0.02833	773.0023	0.029793	750.0671	0.029536
795.0452	0.027097	772.0214	0.029951	748.9365	0.02939
793.9336	0.028178	771.0401	0.030293	747.9468	0.029109
792.9606	0.027869	770.0584	0.030742	746.9568	0.029202
791.9872	0.027534	768.9361	0.030087	745.9664	0.028909
791.0135	0.028	767.9537	0.030669	744.9756	0.028977
790.0394	0.028199	766.9709	0.03039	743.9846	0.028735
789.0649	0.028658	765.9877	0.029911	742.9931	0.02809
787.9507	0.028766	765.0042	0.030399	742.0013	0.028717
786.9754	0.028192	764.0203	0.030889	741.0092	0.028362
785.9998	0.028724	763.0361	0.030654	740.0167	0.02816
785.0237	0.028135	762.0515	0.030706	739.0238	0.027497
784.0473	0.029343	761.0666	0.030288	738.0306	0.027101
782.931	0.028714	759.9404	0.030452	737.037	0.026715
781.9537	0.028604	758.9547	0.030043	736.0432	0.026174
780.9762	0.029003	757.9686	0.03017	735.049	0.025613
779.9982	0.02872	756.9822	0.030079	734.0544	0.024867
779.02	0.029277	755.9954	0.030194	733.0594	0.023979
778.0413	0.02934	755.0082	0.030627	732.0641	0.023152

731.0685	0.022288	685.049	0.040253	638.9357	0.053322
729.9302	0.021529	684.0377	0.040626	638.0568	0.05333
728.9339	0.020968	683.0261	0.040974	637.0311	0.053786
727.9372	0.021244	682.0142	0.041668	636.0052	0.054411
726.9401	0.020543	681.002	0.0421	634.9789	0.055328
725.9427	0.019603	679.9894	0.042422	633.9523	0.054566
724.945	0.018824	678.9765	0.043035	633.0721	0.054819
723.9469	0.019166	677.9633	0.043781	632.045	0.055484
722.9485	0.019183	676.9498	0.044562	631.0176	0.055207
721.9497	0.018699	675.9359	0.04456	629.9899	0.056403
720.9506	0.01823	675.0667	0.045242	628.9619	0.056798
719.9512	0.018519	674.0522	0.045038	627.9335	0.05726
718.9514	0.018601	673.0374	0.045769	627.0519	0.057479
717.9513	0.018739	672.0223	0.046429	626.023	0.05801
716.9508	0.018585	671.007	0.046469	624.9938	0.057961
715.95	0.01903	669.9913	0.046806	623.9644	0.058096
714.9489	0.019387	668.9752	0.047085	622.9346	0.058122
713.9474	0.019685	667.9589	0.047249	622.0518	0.059062
712.9456	0.020335	666.9422	0.046752	621.0214	0.059776
711.9435	0.021025	666.0706	0.047313	619.9908	0.059908
710.941	0.021636	665.0533	0.047087	618.96	0.06065
709.9382	0.022598	664.0358	0.047377	617.9288	0.059939
708.935	0.022164	663.0179	0.047513	617.0447	0.060264
707.9315	0.022832	661.9997	0.048757	616.013	0.061653
707.0711	0.024944	660.9812	0.048714	614.981	0.061925
706.067	0.024565	659.9624	0.049019	613.9487	0.062306
705.0626	0.02517	658.9433	0.049136	613.0636	0.062855
704.0578	0.026042	658.0695	0.048498	612.0308	0.063046
703.0527	0.028044	657.0498	0.049107	610.9977	0.063359
702.0472	0.028046	656.0298	0.049316	609.9642	0.063531
701.0415	0.029859	655.0095	0.049141	608.9305	0.06404
700.0354	0.030797	653.9889	0.049358	608.0443	0.063912
699.029	0.031663	652.968	0.049831	607.0101	0.063834
698.0222	0.032369	651.9467	0.049879	605.9755	0.064353
697.0151	0.032286	651.0711	0.050067	604.9407	0.064606
696.0077	0.033075	650.0493	0.050594	604.0535	0.064843
694.9999	0.03378	649.0272	0.05077	603.0182	0.065182
693.9919	0.034584	648.0048	0.05101	601.9825	0.065285
692.9835	0.035411	646.9821	0.051295	600.9467	0.065563
691.9747	0.035938	645.959	0.051379	600.0585	0.065631
690.9657	0.036465	644.9357	0.051721	599.0221	0.065753
689.9563	0.036916	644.0583	0.051889	597.9854	0.0659
688.9466	0.038223	643.0344	0.052253	596.9484	0.066243
687.9366	0.038574	642.0101	0.052399	596.0593	0.066425
687.0706	0.039087	640.9857	0.052587	595.0218	0.066504
686.0599	0.03949	639.9608	0.053242	593.984	0.066729

592.9459	0.066675	547.0005	0.07097	501.0102	0.093896
592.0559	0.066754	545.9503	0.070837	499.9492	0.094127
591.0173	0.066971	545.0499	0.071003	499.0397	0.09437
589.9785	0.067058	543.9993	0.070932	497.9783	0.094439
588.9393	0.067442	542.9484	0.070945	497.0684	0.094713
588.0483	0.067836	542.0474	0.070846	496.0066	0.094915
587.0087	0.067995	540.996	0.071107	494.9445	0.09492
585.9688	0.067982	539.9443	0.071523	494.034	0.095168
584.9285	0.068564	539.0427	0.071665	492.9715	0.096282
584.0367	0.06858	537.9906	0.071864	492.0606	0.095155
582.9959	0.068858	536.9382	0.072191	490.9977	0.095571
581.9549	0.068862	536.036	0.072683	489.9346	0.095548
581.0624	0.06905	534.9832	0.072708	489.0231	0.096762
580.0209	0.069153	533.9301	0.073253	487.9596	0.096976
578.9791	0.069517	533.0272	0.073948	487.0478	0.097205
577.937	0.069774	531.9737	0.074426	485.9838	0.097254
577.0436	0.069879	531.0704	0.075052	485.0716	0.097185
576.001	0.069854	530.0164	0.076629	484.0071	0.097661
574.9582	0.070196	528.9621	0.077458	482.9425	0.096626
574.0641	0.070373	528.0582	0.0783	482.0298	0.097025
573.0208	0.07047	527.0035	0.077771	480.9647	0.097269
571.9771	0.070485	525.9485	0.078617	480.0516	0.097628
570.9332	0.07085	525.0441	0.079419	478.9861	0.098032
570.0383	0.071612	523.9886	0.080197	478.0726	0.098692
568.9939	0.071982	522.9329	0.081378	477.0067	0.099357
567.9492	0.072004	522.0278	0.081972	475.9406	0.10025
567.0536	0.072036	520.9717	0.082618	475.0266	0.100835
566.0084	0.072238	520.0662	0.083041	473.96	0.101604
564.963	0.07225	519.0096	0.083764	473.0456	0.102651
564.0667	0.072133	517.9528	0.084719	471.9787	0.103535
563.0208	0.072206	517.0467	0.085619	471.0639	0.104674
561.9746	0.072156	515.9894	0.086245	469.9966	0.105238
560.9282	0.072354	514.9318	0.087058	468.929	0.106229
560.031	0.072395	514.0251	0.087226	468.0137	0.107327
558.9841	0.072303	512.9672	0.088069	466.9456	0.108495
557.9369	0.072369	512.0601	0.088656	466.03	0.109249
557.0391	0.072239	511.0016	0.089424	464.9616	0.110417
555.9914	0.071934	509.943	0.089776	464.0457	0.1114
554.9434	0.071991	509.0353	0.09046	462.9768	0.112151
554.045	0.071685	507.9762	0.091094	462.0605	0.113107
552.9965	0.071876	507.0681	0.091416	460.9913	0.115086
551.9479	0.071764	506.0086	0.091926	460.0746	0.114752
551.0488	0.071652	504.9488	0.092261	459.005	0.115919
549.9996	0.071552	504.0402	0.092579	457.9351	0.116552
548.9501	0.071521	502.9799	0.093123	457.0179	0.117362
548.0504	0.070948	502.0709	0.093625	455.9477	0.118334

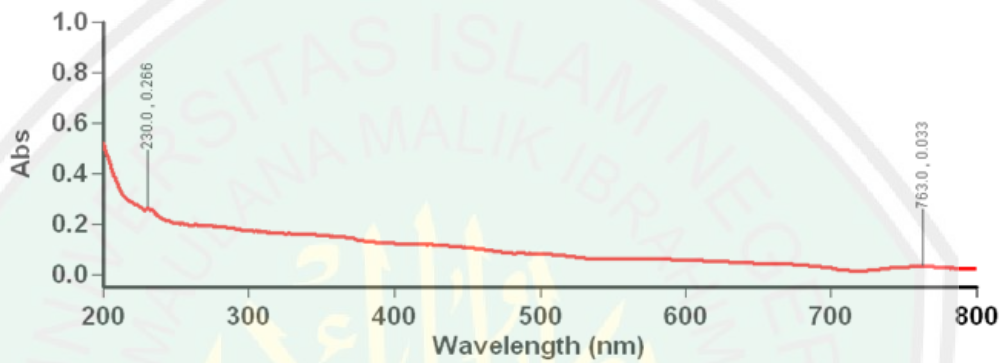
455.0301	0.119099	408.959	0.144449	362.9996	0.173222
453.9595	0.119815	408.0338	0.144667	362.0678	0.174377
453.0416	0.120426	406.9543	0.144773	360.9806	0.175058
451.9706	0.121108	406.0288	0.145128	360.0485	0.175923
451.0523	0.122125	404.9489	0.145119	358.961	0.176487
449.9809	0.122818	404.0231	0.145626	358.0287	0.175457
449.0623	0.123521	402.9429	0.145697	356.9408	0.176716
447.9905	0.125291	402.0168	0.145944	356.0082	0.177408
447.0716	0.124604	400.9362	0.14613	355.0755	0.176906
445.9994	0.125564	400.0098	0.146491	353.9872	0.17921
444.9269	0.126299	398.9289	0.146637	353.0542	0.17906
444.0075	0.127065	398.0022	0.146787	351.9655	0.180582
442.9347	0.127734	397.0753	0.146974	351.0323	0.180382
442.0149	0.12818	395.9939	0.14724	349.9434	0.179615
440.9417	0.129011	395.0668	0.147612	349.0099	0.180333
440.0216	0.129785	393.985	0.148017	348.0762	0.181296
438.948	0.130535	393.0576	0.148193	346.9868	0.180983
438.0276	0.131132	391.9754	0.149128	346.053	0.18178
436.9536	0.131894	391.0477	0.149366	344.9633	0.181869
436.0329	0.132534	389.9652	0.149993	344.0291	0.180725
434.9585	0.132987	389.0372	0.150368	342.9391	0.182059
434.0375	0.133263	387.9543	0.150834	342.0047	0.182832
432.9627	0.134145	387.0261	0.151539	341.0702	0.182147
432.0414	0.134434	385.9429	0.152099	339.9798	0.184489
430.9662	0.135136	385.0143	0.152911	339.045	0.184744
430.0445	0.135874	383.9308	0.153714	337.9543	0.185006
428.969	0.136127	383.0019	0.154429	337.0193	0.183731
428.047	0.136353	382.0729	0.155205	335.9282	0.18393
426.9711	0.138485	380.9889	0.15622	334.993	0.185085
426.0487	0.138799	380.0596	0.157012	334.0576	0.183078
424.9725	0.139277	378.9753	0.15788	332.9661	0.185106
424.0498	0.139874	378.0457	0.158779	332.0305	0.185386
422.9732	0.13882	376.961	0.159865	330.9387	0.186587
422.0502	0.14088	376.0312	0.160815	330.0028	0.186883
420.9732	0.140265	374.9461	0.161998	329.0668	0.185962
420.0499	0.14057	374.016	0.163026	327.9746	0.186121
418.9725	0.141407	372.9307	0.163557	327.0384	0.186664
418.0489	0.141551	372.0002	0.16822	325.9459	0.187863
416.9712	0.141764	371.0697	0.168371	325.0094	0.188262
416.0472	0.142372	369.9839	0.169673	324.0728	0.188721
414.9691	0.142797	369.0531	0.170103	322.9799	0.190254
414.0449	0.143038	367.9669	0.169807	322.0431	0.191624
412.9664	0.143277	367.0358	0.17254	320.9499	0.19387
412.0419	0.143672	365.9494	0.172913	320.0128	0.190662
410.963	0.144126	365.018	0.173538	319.0756	0.192527
410.0382	0.144207	363.9312	0.173243	317.9821	0.192501

317.0446	0.194522	278.0474	0.217305	238.9507	0.259963
315.9508	0.194241	276.9486	0.217616	238.0108	0.259131
315.0131	0.195133	276.0066	0.21704	237.0708	0.262883
314.0753	0.19594	275.0646	0.217273	235.9741	0.269578
312.981	0.194991	273.9654	0.219934	235.0339	0.273723
312.043	0.196371	273.0232	0.219881	233.937	0.273859
310.9485	0.197147	271.9238	0.219213	232.9966	0.283851
310.0102	0.19691	270.9813	0.220843	232.0562	0.291071
309.0719	0.197659	270.0388	0.222451	230.959	0.297947
307.977	0.19837	268.939	0.221229	230.0184	0.287545
307.0383	0.200108	267.9963	0.223594	229.0777	0.281159
305.9432	0.200089	267.0534	0.221801	227.9802	0.285034
305.0043	0.200578	265.9534	0.225438	227.0394	0.288141
304.0654	0.200466	265.0103	0.224886	225.9416	0.292517
302.9698	0.20113	264.0672	0.224275	225.0006	0.296089
302.0306	0.20082	262.9668	0.223411	224.0595	0.298535
300.9348	0.20151	262.0234	0.223245	222.9615	0.301476
299.9954	0.201363	260.9228	0.223648	222.0203	0.305097
299.0559	0.202666	259.9792	0.226059	220.922	0.309015
297.9597	0.202172	259.0356	0.22617	219.9806	0.311718
297.02	0.203483	257.9346	0.23016	219.0392	0.314729
295.9235	0.202491	256.9908	0.22916	217.9407	0.316269
294.9836	0.203294	256.0469	0.229049	216.999	0.321236
294.0435	0.205865	254.9456	0.230858	216.0573	0.325997
292.9467	0.206017	254.0015	0.231803	214.9585	0.332427
292.0064	0.205742	253.0573	0.231895	214.0166	0.33747
291.066	0.206545	251.9557	0.232565	213.0747	0.343624
289.9688	0.208173	251.0113	0.233726	211.9756	0.351765
289.0282	0.208869	250.0669	0.232376	211.0335	0.361421
287.9307	0.20913	248.9711	0.234822	209.9343	0.372
286.9899	0.210333	248.0321	0.234755	208.992	0.380546
286.049	0.211111	246.9365	0.23649	208.0497	0.389527
284.9512	0.212115	245.9973	0.242522	206.9502	0.403903
284.0101	0.21207	245.058	0.238742	206.0077	0.416348
283.0688	0.213571	243.9621	0.241611	205.0651	0.427848
281.9706	0.213238	243.0226	0.242613	203.9654	0.44295
281.0292	0.215454	241.9265	0.247054	203.0226	0.455908
279.9308	0.21568	240.9868	0.249745	201.9227	0.478267
278.9891	0.217101	240.0471	0.254775	200.9798	0.497232

## d. Karbon HCl 1.5 M

Collection Time	4/29/2019 3:47:39 PM
Operator Name	Rika
Scan Software Version	3.00(339)
Instrument	Cary 50
Instrument Version	3.00

Start (nm) 800.0  
 Stop (nm) 200.0  
 X Mode Nanometers  
 Y Mode Abs  
 UV-Vis Scan Rate (nm/min) 600.00  
 UV-Vis Data Interval (nm) 1.00  
 UV-Vis Ave. Time (sec) 0.1000  
 Beam Mode Dual Beam  
 Baseline Correction Off  
 Cycle Mode Off



Sample Name: Karbon HCl 1,5 M  
 Collection Time 4/29/2019 3:47:39 PM  
 Peak Style Peaks  
 Peak Threshold 0.0100  
 Range 800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	Abs
763.0	0.033
230.0	0.266

Wavelength (nm)	Abs	Wavelength (nm)	Abs	Wavelength (nm)	Abs
800.041	0.022608	787.9507	0.024712	775.9429	0.028586
798.9317	0.021768	786.9754	0.025008	774.963	0.029187
797.9606	0.022195	785.9998	0.025491	773.9828	0.029023
796.9892	0.023181	785.0237	0.025111	773.0023	0.029236
796.0174	0.023154	784.0473	0.026317	772.0214	0.029988
795.0452	0.023312	782.931	0.026339	771.0401	0.030046
793.9336	0.023834	781.9537	0.025037	770.0584	0.030582
792.9606	0.022895	780.9762	0.027225	768.9361	0.031171
791.9872	0.02336	779.9982	0.026853	767.9537	0.031865
791.0135	0.024507	779.02	0.027133	766.9709	0.032115
790.0394	0.023928	778.0413	0.028052	765.9877	0.031992
789.0649	0.024028	777.0622	0.028725	765.0042	0.032264

764.0203	0.032635	717.9513	0.014276	672.0223	0.040644
763.0361	0.032765	716.9508	0.014418	671.007	0.041285
762.0515	0.03242	715.95	0.01441	669.9913	0.041285
761.0666	0.032754	714.9489	0.014822	668.9752	0.041902
759.9404	0.032242	713.9474	0.015344	667.9589	0.041725
758.9547	0.032135	712.9456	0.015756	666.9422	0.041614
757.9686	0.03221	711.9435	0.016191	666.0706	0.041909
756.9822	0.030734	710.941	0.016938	665.0533	0.041936
755.9954	0.031386	709.9382	0.017376	664.0358	0.042003
755.0082	0.031514	708.935	0.017707	663.0179	0.041919
754.0208	0.03107	707.9315	0.018172	661.9997	0.043171
753.0329	0.030316	707.0711	0.020083	660.9812	0.043033
752.0447	0.030232	706.067	0.019856	659.9624	0.043263
751.0561	0.02978	705.0626	0.020725	658.9433	0.043842
750.0671	0.029413	704.0578	0.021456	658.0695	0.042684
748.9365	0.029173	703.0527	0.023397	657.0498	0.043249
747.9468	0.028535	702.0472	0.023521	656.0298	0.043489
746.9568	0.028823	701.0415	0.025337	655.0095	0.043948
745.9664	0.027888	700.0354	0.025882	653.9889	0.043524
744.9756	0.027592	699.029	0.026687	652.968	0.044004
743.9846	0.027338	698.0222	0.027568	651.9467	0.043907
742.9931	0.026255	697.0151	0.027453	651.0711	0.044422
742.0013	0.025882	696.0077	0.028351	650.0493	0.044619
741.0092	0.026284	694.9999	0.028956	649.0272	0.044865
740.0167	0.025081	693.9919	0.029829	648.0048	0.04486
739.0238	0.024706	692.9835	0.030954	646.9821	0.045108
738.0306	0.024363	691.9747	0.031181	645.959	0.04548
737.037	0.023735	690.9657	0.032143	644.9357	0.04553
736.0432	0.023034	689.9563	0.032423	644.0583	0.045966
735.049	0.022185	688.9466	0.033131	643.0344	0.04584
734.0544	0.02116	687.9366	0.03354	642.0101	0.04628
733.0594	0.020557	687.0706	0.034416	640.9857	0.046313
732.0641	0.019665	686.0599	0.03421	639.9608	0.047001
731.0685	0.018614	685.049	0.035184	638.9357	0.046667
729.9302	0.01775	684.0377	0.035838	638.0568	0.047246
728.9339	0.01727	683.0261	0.035855	637.0311	0.047305
727.9372	0.016745	682.0142	0.036358	636.0052	0.047393
726.9401	0.01697	681.002	0.036575	634.9789	0.048481
725.9427	0.016071	679.9894	0.037278	633.9523	0.048016
724.945	0.014734	678.9765	0.03776	633.0721	0.048338
723.9469	0.015394	677.9633	0.038024	632.045	0.048694
722.9485	0.014751	676.9498	0.038747	631.0176	0.04875
721.9497	0.014524	675.9359	0.039214	629.9899	0.049948
720.9506	0.014728	675.0667	0.039575	628.9619	0.050439
719.9512	0.014406	674.0522	0.040079	627.9335	0.050433
718.9514	0.014364	673.0374	0.040521	627.0519	0.050859

626.023	0.051172	580.0209	0.061611	533.9301	0.06375
624.9938	0.051653	578.9791	0.061915	533.0272	0.064224
623.9644	0.052069	577.937	0.062351	531.9737	0.064702
622.9346	0.051183	577.0436	0.062102	531.0704	0.065247
622.0518	0.052241	576.001	0.062492	530.0164	0.066931
621.0214	0.052599	574.9582	0.062369	528.9621	0.067492
619.9908	0.052871	574.0641	0.062584	528.0582	0.068122
618.96	0.053151	573.0208	0.062558	527.0035	0.067534
617.9288	0.052342	571.9771	0.062681	525.9485	0.068372
617.0447	0.052842	570.9332	0.062884	525.0441	0.069034
616.013	0.054079	570.0383	0.06386	523.9886	0.069994
614.981	0.053975	568.9939	0.06419	522.9329	0.070861
613.9487	0.054707	567.9492	0.063942	522.0278	0.071598
613.0636	0.054812	567.0536	0.063912	520.9717	0.071872
612.0308	0.05504	566.0084	0.064035	520.0662	0.072473
610.9977	0.055239	564.963	0.064322	519.0096	0.073101
609.9642	0.055476	564.0667	0.064223	517.9528	0.074053
608.9305	0.055804	563.0208	0.064348	517.0467	0.074654
608.0443	0.055947	561.9746	0.064229	515.9894	0.075737
607.0101	0.056334	560.9282	0.064185	514.9318	0.076329
605.9755	0.056497	560.031	0.064123	514.0251	0.076577
604.9407	0.056611	558.9841	0.064265	512.9672	0.076999
604.0535	0.057076	557.9369	0.064088	512.0601	0.077725
603.0182	0.057529	557.0391	0.064083	511.0016	0.078433
601.9825	0.057511	555.9914	0.063876	509.943	0.078866
600.9467	0.057895	554.9434	0.063775	509.0353	0.079246
600.0585	0.05785	554.045	0.06358	507.9762	0.079813
599.0221	0.058096	552.9965	0.063484	507.0681	0.080268
597.9854	0.058235	551.9479	0.063106	506.0086	0.08055
596.9484	0.058374	551.0488	0.063194	504.9488	0.081349
596.0593	0.058678	549.9996	0.062773	504.0402	0.081427
595.0218	0.059017	548.9501	0.062671	502.9799	0.081845
593.984	0.059074	548.0504	0.062361	502.0709	0.082159
592.9459	0.059199	547.0005	0.062137	501.0102	0.082476
592.0559	0.059516	545.9503	0.062121	499.9492	0.082532
591.0173	0.059634	545.0499	0.062092	499.0397	0.082725
589.9785	0.060135	543.9993	0.061958	497.9783	0.082779
588.9393	0.060153	542.9484	0.06203	497.0684	0.08307
588.0483	0.060254	542.0474	0.061908	496.0066	0.083199
587.0087	0.060733	540.996	0.062209	494.9445	0.083317
585.9688	0.060617	539.9443	0.062234	494.034	0.083391
584.9285	0.060924	539.0427	0.062394	492.9715	0.084444
584.0367	0.061121	537.9906	0.062489	492.0606	0.083272
582.9959	0.061395	536.9382	0.062795	490.9977	0.083571
581.9549	0.061708	536.036	0.063149	489.9346	0.083498
581.0624	0.061676	534.9832	0.06341	489.0231	0.084641

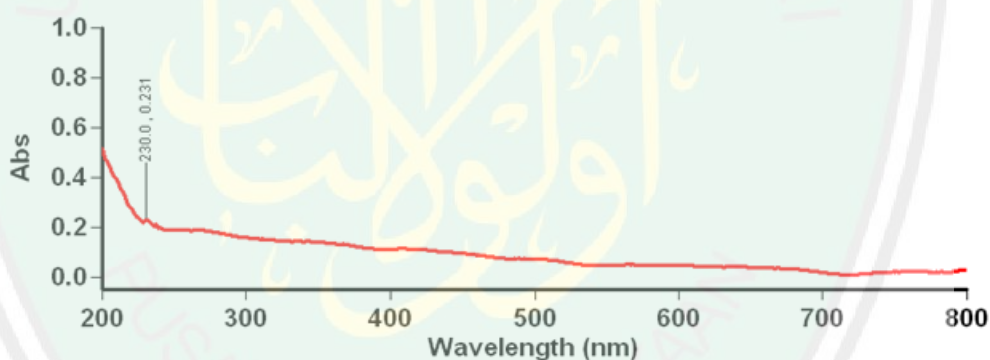
487.9596	0.084852	442.0149	0.110933	395.9939	0.124089
487.0478	0.08484	440.9417	0.111672	395.0668	0.124285
485.9838	0.084817	440.0216	0.112036	393.985	0.124721
485.0716	0.084798	438.948	0.112769	393.0576	0.125018
484.0071	0.08499	438.0276	0.113243	391.9754	0.12541
482.9425	0.084106	436.9536	0.113626	391.0477	0.125775
482.0298	0.08427	436.0329	0.113985	389.9652	0.126266
480.9647	0.08477	434.9585	0.114377	389.0372	0.126621
480.0516	0.084933	434.0375	0.114701	387.9543	0.127082
478.9861	0.085395	432.9627	0.114927	387.0261	0.12778
478.0726	0.085985	432.0414	0.115523	385.9429	0.128439
477.0067	0.086571	430.9662	0.115941	385.0143	0.128928
475.9406	0.087277	430.0445	0.116054	383.9308	0.129657
475.0266	0.087857	428.969	0.116554	383.0019	0.130251
473.96	0.088738	428.047	0.116704	382.0729	0.131131
473.0456	0.08956	426.9711	0.118336	380.9889	0.131974
471.9787	0.090419	426.0487	0.118659	380.0596	0.133046
471.0639	0.091223	424.9725	0.118891	378.9753	0.133425
469.9966	0.09214	424.0498	0.119354	378.0457	0.134391
468.929	0.093168	422.9732	0.118317	376.961	0.135333
468.0137	0.093871	422.0502	0.120112	376.0312	0.136121
466.9456	0.094809	420.9732	0.119222	374.9461	0.137397
466.03	0.095596	420.0499	0.119619	374.016	0.138136
464.9616	0.096525	418.9725	0.119793	372.9307	0.139135
464.0457	0.097304	418.0489	0.120313	372.0002	0.14334
462.9768	0.098177	416.9712	0.120483	371.0697	0.143319
462.0605	0.098891	416.0472	0.120893	369.9839	0.144543
460.9913	0.100823	414.9691	0.121077	369.0531	0.14612
460.0746	0.100389	414.0449	0.121385	367.9669	0.146535
459.005	0.101186	412.9664	0.121577	367.0358	0.147019
457.9351	0.102029	412.0419	0.121683	365.9494	0.147802
457.0179	0.102579	410.963	0.121874	365.018	0.147808
455.9477	0.103414	410.0382	0.122094	363.9312	0.148716
455.0301	0.103857	408.959	0.122318	362.9996	0.148395
453.9595	0.104633	408.0338	0.122497	362.0678	0.149408
453.0416	0.105055	406.9543	0.122481	360.9806	0.149525
451.9706	0.105708	406.0288	0.122619	360.0485	0.15076
451.0523	0.106255	404.9489	0.122739	358.961	0.150692
449.9809	0.106909	404.0231	0.122908	358.0287	0.151007
449.0623	0.107375	402.9429	0.122922	356.9408	0.152979
447.9905	0.109145	402.0168	0.123104	356.0082	0.152632
447.0716	0.108398	400.9362	0.123109	355.0755	0.153479
445.9994	0.108885	400.0098	0.123404	353.9872	0.153833
444.9269	0.109863	398.9289	0.123644	353.0542	0.156932
444.0075	0.110104	398.0022	0.123862	351.9655	0.155352
442.9347	0.110623	397.0753	0.12393	351.0323	0.15624

349.9434	0.155508	304.0654	0.17128	257.9346	0.199134
349.0099	0.15696	302.9698	0.17408	256.9908	0.198528
348.0762	0.156748	302.0306	0.172537	256.0469	0.20059
346.9868	0.156376	300.9348	0.172991	254.9456	0.201945
346.053	0.157729	299.9954	0.173374	254.0015	0.202026
344.9633	0.158846	299.0559	0.174481	253.0573	0.200287
344.0291	0.158328	297.9597	0.17408	251.9557	0.202646
342.9391	0.158204	297.02	0.174699	251.0113	0.204515
342.0047	0.157611	295.9235	0.176399	250.0669	0.203669
341.0702	0.157818	294.9836	0.176415	248.9711	0.204842
339.9798	0.159284	294.0435	0.178737	248.0321	0.203225
339.045	0.159652	292.9467	0.180603	246.9365	0.207863
337.9543	0.15948	292.0064	0.180826	245.9973	0.209548
337.0193	0.16029	291.066	0.181438	245.058	0.212732
335.9282	0.161179	289.9688	0.182606	243.9621	0.213154
334.993	0.160138	289.0282	0.183172	243.0226	0.216047
334.0576	0.159446	287.9307	0.184458	241.9265	0.219369
332.9661	0.159813	286.9899	0.184603	240.9868	0.220254
332.0305	0.162091	286.049	0.185719	240.0471	0.223732
330.9387	0.160845	284.9512	0.186416	238.9507	0.224704
330.0028	0.16165	284.0101	0.187159	238.0108	0.231182
329.0668	0.160975	283.0688	0.18726	237.0708	0.239543
327.9746	0.162505	281.9706	0.189524	235.9741	0.230844
327.0384	0.162938	281.0292	0.189734	235.0339	0.249781
325.9459	0.162353	279.9308	0.19132	233.937	0.259836
325.0094	0.162169	278.9891	0.190574	232.9966	0.256546
324.0728	0.164124	278.0474	0.191618	232.0562	0.251261
322.9799	0.164004	276.9486	0.192235	230.959	0.260802
322.0431	0.164637	276.0066	0.190948	230.0184	0.265572
320.9499	0.164932	275.0646	0.193028	229.0777	0.254316
320.0128	0.164223	273.9654	0.19342	227.9802	0.257943
319.0756	0.167152	273.0232	0.192513	227.0394	0.261692
317.9821	0.166233	271.9238	0.193545	225.9416	0.26602
317.0446	0.16573	270.9813	0.193889	225.0006	0.269243
315.9508	0.165576	270.0388	0.194858	224.0595	0.271816
315.0131	0.165874	268.939	0.196453	222.9615	0.274964
314.0753	0.167424	267.9963	0.195789	222.0203	0.278463
312.981	0.167283	267.0534	0.194837	220.922	0.282119
312.043	0.168438	265.9534	0.196439	219.9806	0.284979
310.9485	0.167736	265.0103	0.196015	219.0392	0.287932
310.0102	0.170021	264.0672	0.197324	217.9407	0.28968
309.0719	0.170414	262.9668	0.196843	216.999	0.29473
307.977	0.17072	262.0234	0.196454	216.0573	0.299526
307.0383	0.173371	260.9228	0.194705	214.9585	0.306168
305.9432	0.171831	259.9792	0.195339	214.0166	0.312082
305.0043	0.172832	259.0356	0.195861	213.0747	0.318758

211.9756	0.331086	208.0497	0.378403	203.9654	0.446282
211.0335	0.340151	206.9502	0.395791	203.0226	0.461838
209.9343	0.354261	206.0077	0.412856	201.9227	0.482426
208.992	0.364479	205.0651	0.428739	200.9798	0.504024

e. Karbon HCl 2 M

Collection Time 5/16/2019 1:39:09 PM  
 Operator Name Rika  
 Scan Software Version 3.00(339)  
 Instrument Cary 50  
 Instrument Version 3.00  
 Start (nm) 800.0  
 Stop (nm) 200.0  
 X Mode Nanometers  
 Y Mode Abs  
 UV-Vis Scan Rate (nm/min) 600.00  
 UV-Vis Data Interval (nm) 1.00  
 UV-Vis Ave. Time (sec) 0.1000  
 Beam Mode Dual Beam  
 Baseline Correction Off  
 Cycle Mode Off



Sample Name: HCl 2M

Collection Time 5/16/2019 1:39:09 PM  
 Peak Style Peaks  
 Peak Threshold 0.0100  
 Range 800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm) Abs

230.0 0.231

Wavelength (nm)	Abs	Wavelength (nm)	Abs	Wavelength (nm)	Abs
800.041	0.030081	797.9487	0.02789	796.006	0.026426
798.9317	0.02872	796.9775	0.026761	795.0341	0.026049

794.0617	0.023914	747.9478	0.020737	702.0597	0.018336
792.9501	0.0228	746.958	0.020253	701.0542	0.018845
791.9769	0.02214	745.9679	0.020455	700.0483	0.019914
791.0034	0.021179	744.9774	0.01976	699.0421	0.020464
790.0295	0.020239	743.9866	0.019507	698.0356	0.020135
789.0553	0.01992	742.9954	0.019208	697.0288	0.021014
787.9414	0.02036	742.0038	0.019178	696.0216	0.022402
786.9664	0.020572	741.0119	0.018783	695.0141	0.022453
785.991	0.020113	740.0197	0.018621	694.0063	0.023469
785.0152	0.01999	739.027	0.017867	692.9981	0.024366
784.0391	0.019631	738.0341	0.017531	691.9896	0.025148
783.0625	0.021064	737.0408	0.017327	690.9808	0.025643
781.946	0.020959	736.0472	0.016728	689.9717	0.025936
780.9687	0.0204	735.0532	0.016272	688.9622	0.02693
779.991	0.020454	734.0588	0.015372	687.9525	0.027954
779.013	0.020883	733.0641	0.014567	686.9423	0.02843
778.0345	0.020702	732.0692	0.013924	685.9319	0.028624
777.0558	0.020756	730.9315	0.012972	685.0656	0.029574
775.9367	0.020768	729.9358	0.013034	684.0545	0.030143
774.9572	0.021292	728.9396	0.012233	683.0432	0.030622
773.9772	0.020484	727.9432	0.011856	682.0315	0.031129
772.9969	0.02116	726.9464	0.01106	681.0195	0.031407
772.0162	0.022104	725.9492	0.011656	680.0071	0.031546
771.0352	0.021519	724.9518	0.010076	678.9945	0.032551
770.0538	0.021224	723.9539	0.010856	677.9816	0.032947
768.9318	0.021792	722.9557	0.010728	676.9683	0.033241
767.9496	0.022133	721.9572	0.010515	675.9547	0.033451
766.967	0.021677	720.9584	0.009736	674.9407	0.033666
765.9841	0.021627	719.9592	0.009095	674.0714	0.034391
765.0009	0.020932	718.9597	0.008484	673.0569	0.035189
764.0173	0.02166	717.9598	0.008455	672.0421	0.035137
763.0333	0.021539	716.9596	0.00856	671.0269	0.035455
762.049	0.022296	715.959	0.008735	670.0114	0.03567
761.0642	0.021467	714.9581	0.009062	668.9957	0.036003
759.9384	0.02141	713.9569	0.009308	667.9796	0.035796
758.9529	0.02201	712.9554	0.009784	666.9631	0.035432
757.9671	0.021855	711.9534	0.010297	665.9464	0.035582
756.9809	0.021197	710.9512	0.011126	664.9294	0.035623
755.9944	0.020942	709.9487	0.011478	664.0574	0.035841
755.0074	0.02167	708.9457	0.01246	663.0397	0.035788
754.0202	0.021421	707.9425	0.012005	662.0218	0.035792
753.0326	0.020694	706.9389	0.012979	661.0035	0.0369
752.0446	0.021267	705.935	0.013291	659.985	0.036663
751.0563	0.020817	704.9308	0.014621	658.9661	0.03594
750.0676	0.020745	704.0698	0.015234	657.947	0.03606
748.9373	0.020814	703.0649	0.017362	656.9274	0.036211

656.0533	0.036287	609.9985	0.045279	563.9621	0.050141
655.0333	0.036821	608.9651	0.045574	563.0658	0.049853
654.0129	0.036425	607.9313	0.046	562.0198	0.049757
652.9922	0.036611	607.045	0.045843	560.9736	0.04966
651.9712	0.037047	606.0107	0.045987	559.9272	0.049888
650.9499	0.036937	604.9762	0.046211	559.03	0.049524
649.9283	0.037781	603.9413	0.046544	557.983	0.049399
649.0524	0.038428	603.0541	0.046541	556.9358	0.049326
648.0302	0.040322	602.0187	0.046529	556.038	0.049214
647.0077	0.040638	600.983	0.046959	554.9902	0.048946
645.9849	0.041445	599.9471	0.047008	553.9423	0.048789
644.9618	0.041616	599.0589	0.047251	553.0438	0.048699
643.9384	0.041854	598.0225	0.047127	551.9953	0.048536
643.061	0.041539	596.9857	0.047451	550.9466	0.048685
642.037	0.041591	595.9487	0.047396	550.0475	0.048385
641.0128	0.042034	595.0595	0.047494	548.9982	0.047977
639.9882	0.04145	594.022	0.047839	547.9488	0.047688
638.9633	0.041277	592.9841	0.047743	547.049	0.04751
637.9381	0.041434	591.946	0.047997	545.9991	0.047488
637.0591	0.041284	591.056	0.048274	544.9489	0.04744
636.0334	0.041375	590.0173	0.048283	544.0485	0.047448
635.0074	0.041912	588.9784	0.048412	542.9978	0.048539
633.9811	0.040627	587.9392	0.04863	541.9469	0.047366
632.9544	0.041534	587.0483	0.048446	541.0459	0.047432
631.9275	0.039989	586.0085	0.04855	539.9944	0.047757
631.047	0.040096	584.9686	0.048758	538.9428	0.048067
630.0195	0.041714	583.9283	0.048747	538.0411	0.048277
628.9918	0.041547	583.0364	0.04869	536.989	0.048395
627.9637	0.041608	581.9957	0.04855	535.9366	0.048925
626.9353	0.041923	580.9546	0.049003	535.0344	0.049268
626.0536	0.042446	580.0621	0.04911	533.9815	0.049543
625.0247	0.041463	579.0205	0.049074	532.9284	0.050105
623.9955	0.042667	577.9786	0.049155	532.0255	0.050713
622.9659	0.042039	576.9365	0.049105	530.9719	0.051488
621.9362	0.043168	576.0431	0.04909	530.0687	0.053283
621.0532	0.042128	575.0005	0.049148	529.0146	0.053855
620.0229	0.043248	573.9576	0.048899	527.9603	0.053555
618.9922	0.042388	573.0635	0.049145	527.0565	0.054507
617.9613	0.043894	572.0201	0.049118	526.0017	0.055403
616.9301	0.044159	570.9764	0.04922	524.9467	0.056501
616.0459	0.044483	569.9326	0.049503	524.0422	0.057672
615.0142	0.044386	569.0375	0.050172	522.9868	0.058773
613.9821	0.044756	567.9931	0.050241	521.931	0.059632
612.9497	0.045048	566.9484	0.050011	521.0259	0.060716
612.0646	0.045205	566.0527	0.050179	519.9698	0.061502
611.0317	0.045158	565.0076	0.050423	519.0643	0.06248

518.0076	0.063368	472.0434	0.07949	425.9693	0.108655
516.9508	0.064332	470.9764	0.080437	425.047	0.109351
516.0447	0.06497	470.0617	0.080884	423.9707	0.110273
514.9874	0.065476	468.9943	0.081986	423.0481	0.110934
513.9298	0.066252	467.9267	0.08293	421.9715	0.111522
513.0231	0.067183	467.0114	0.083601	421.0485	0.112169
511.9651	0.067965	465.9435	0.084724	419.9715	0.111422
511.0581	0.068638	465.0278	0.085343	419.0482	0.112117
509.9996	0.069205	463.9594	0.086316	417.9709	0.112316
508.9409	0.069685	463.0435	0.08695	417.0473	0.11275
508.0333	0.070336	461.9746	0.089035	415.9696	0.113015
506.9741	0.07077	461.0583	0.089539	415.0457	0.113159
506.0661	0.071356	459.9891	0.08913	413.9676	0.113357
505.0065	0.071468	459.0724	0.089819	413.0434	0.113512
503.9467	0.071874	458.0028	0.090659	411.9649	0.113579
503.038	0.072251	456.933	0.091386	411.0404	0.113698
501.9778	0.072865	456.0157	0.09187	409.9616	0.113902
501.0688	0.073118	454.9455	0.092639	409.0367	0.113786
500.0081	0.073058	454.028	0.093225	407.9576	0.113897
498.9471	0.073335	452.9573	0.093718	407.0324	0.113995
498.0375	0.07333	452.0395	0.094278	405.9529	0.11366
496.9761	0.07358	450.9684	0.094921	405.0275	0.113547
496.0662	0.073874	450.0502	0.09542	403.9476	0.11339
495.0044	0.073749	448.9788	0.096027	403.0219	0.113215
493.9423	0.073625	448.0602	0.096205	401.9416	0.113079
493.0318	0.0747	446.9884	0.096768	401.0156	0.112788
491.9693	0.073444	446.0695	0.0977	399.935	0.112752
491.0584	0.073738	444.9973	0.098158	399.0086	0.112332
489.9955	0.073566	443.9249	0.098749	397.9277	0.112227
488.9324	0.074574	443.0055	0.099056	397.001	0.112339
488.0209	0.074507	441.9326	0.099282	396.0742	0.112125
486.9573	0.074509	441.0129	0.099861	394.9928	0.111934
486.0455	0.074675	439.9397	0.100662	394.0657	0.112283
484.9815	0.074377	439.0197	0.101063	392.9839	0.112375
484.0693	0.074312	437.946	0.101644	392.0565	0.112682
483.0049	0.073257	437.0257	0.102002	390.9744	0.113061
481.9403	0.073889	435.9517	0.102427	390.0468	0.113191
481.0275	0.074134	435.031	0.102884	388.9643	0.113511
479.9625	0.074392	433.9566	0.103294	388.0363	0.113851
479.0493	0.074641	433.0356	0.103555	386.9535	0.114454
477.9839	0.075235	431.9608	0.104067	386.0252	0.11483
477.0704	0.075859	431.0395	0.104206	384.9421	0.115305
476.0045	0.076416	429.9644	0.104834	384.0135	0.115964
474.9383	0.077146	429.0427	0.105426	382.9301	0.116754
474.0243	0.077914	427.9672	0.107265	382.0012	0.11763
472.9578	0.078633	427.0452	0.106429	381.0722	0.118113

379.9883	0.118829	333.9942	0.143948	288.032	0.169159
379.059	0.119733	333.0588	0.144	286.9346	0.16937
377.9747	0.120322	331.9674	0.142632	285.9938	0.171317
377.0452	0.121361	331.0318	0.144593	285.053	0.172943
375.9605	0.122583	329.9401	0.144035	283.9552	0.173953
375.0307	0.123396	329.0043	0.144448	283.0142	0.173797
373.9457	0.124333	328.0683	0.143839	282.073	0.176395
373.0156	0.124911	326.9762	0.144827	280.9749	0.177528
371.9303	0.125799	326.04	0.145047	280.0335	0.178671
370.9999	0.128975	324.9476	0.144148	278.9351	0.179531
370.0694	0.12913	324.0111	0.145512	277.9935	0.180225
368.9836	0.129537	323.0746	0.146892	277.0518	0.180805
368.0529	0.131087	321.9818	0.146104	275.9531	0.182072
366.9668	0.133725	321.045	0.147736	275.0112	0.184453
366.0357	0.132057	319.9519	0.147891	274.0693	0.184832
364.9493	0.132662	319.0148	0.149948	272.9702	0.184831
364.0179	0.132485	318.0776	0.148901	272.028	0.186225
362.9312	0.132903	316.9842	0.151318	270.9286	0.187719
361.9996	0.134125	316.0468	0.150008	269.9863	0.188242
361.0679	0.13428	314.953	0.149334	269.0438	0.189038
359.9807	0.135677	314.0153	0.152292	267.9441	0.188337
359.0486	0.13543	313.0776	0.1508	267.0014	0.190438
357.9612	0.136797	311.9834	0.151044	266.0587	0.188886
357.0289	0.137254	311.0454	0.152928	264.9586	0.188021
355.941	0.137653	309.951	0.151524	264.0157	0.188228
355.0085	0.137489	309.0128	0.153306	263.0726	0.189888
354.0758	0.139945	308.0744	0.154014	261.9723	0.186657
352.9875	0.13917	306.9796	0.156663	261.029	0.187126
352.0546	0.139582	306.041	0.155307	259.9284	0.18847
350.966	0.140888	304.9459	0.156325	258.985	0.188261
350.0328	0.141138	304.0071	0.157339	258.0414	0.189903
348.9439	0.141447	303.0683	0.156491	256.9405	0.191728
348.0105	0.14058	301.9727	0.157088	255.9968	0.189866
347.0769	0.141384	301.0336	0.15833	255.0529	0.191015
345.9875	0.140802	299.9379	0.158236	253.9517	0.189716
345.0537	0.14148	298.9985	0.158962	253.0077	0.188246
343.9641	0.143105	298.0591	0.159073	252.0636	0.189143
343.0299	0.143875	296.963	0.1606	250.962	0.188109
341.94	0.143731	296.0233	0.160604	250.0177	0.188245
341.0056	0.142593	294.9268	0.162045	248.9224	0.189444
340.0712	0.142857	293.987	0.163116	247.9835	0.187023
338.9808	0.142584	293.047	0.163595	247.0446	0.187367
338.0461	0.143304	291.9502	0.16422	245.9491	0.190219
336.9554	0.142925	291.01	0.165136	245.0099	0.188597
336.0204	0.14355	290.0697	0.166598	244.0708	0.189218
334.9294	0.143202	288.9725	0.167666	242.9749	0.189234

242.0355	0.193116	227.935	0.223338	213.9737	0.341705
240.9395	0.193891	226.9943	0.227405	213.0319	0.353489
239.9999	0.200422	226.0535	0.233749	211.933	0.367867
239.0603	0.196322	224.9559	0.240059	210.9911	0.38031
237.9639	0.20347	224.015	0.244833	210.0491	0.389452
237.0241	0.213946	223.074	0.251883	208.9499	0.400334
235.9275	0.20636	221.976	0.259584	208.0077	0.410973
234.9875	0.214809	221.0349	0.267937	207.0655	0.42101
234.0474	0.219533	219.9367	0.275347	205.9661	0.431793
232.9506	0.222576	218.9954	0.283919	205.0237	0.442005
232.0103	0.227285	218.054	0.293475	203.9241	0.453475
231.07	0.226983	216.9556	0.306835	202.9815	0.464615
229.9728	0.231207	216.014	0.319426	202.0389	0.479009
229.0323	0.218458	215.0724	0.329433	200.9391	0.497351

## 2. Perhitungan Energi Gap

### a. Karbon HCl 0 M (Aquadess)

Diket =

$\lambda = 230 \text{ nm}$

$A = 0.269 \text{ a.u}$

Ditanya =

Energi gap *direct*  $(ahv)^2 \dots?$  Energi gap *indirect*  $(ahv)^{1/2} \dots?$

Jawab =

$$hv = \frac{1240}{\lambda}$$

$$= \frac{1240}{230}$$

$$= 5.39$$

$$(ahv)^2 = (2.303 \times 0.269 \times 5.39)^2$$

$$= 11.11 \text{ eV}$$

$$(ahv)^{\frac{1}{2}} = (2.303 \times 0.269 \times 2.39)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1.83 \text{ eV}$$

### b. Karbon HCl 0.5 M

Diket =

$\lambda = 230 \text{ nm}$

$A = 0.222 \text{ a.u}$

Ditanya =

Energi gap *direct*  $(ahv)^2 \dots?$  Energi gap *indirect*  $(ahv)^{1/2} \dots?$

Jawab =

$$\begin{aligned}hv &= \frac{1240}{\lambda} \\ &= \frac{1240}{230} \\ &= 5.39\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(ahv)^2 &= (2.303 \times 0.222 \times 5.39)^2 \\ &= 7.61 \text{ eV}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(ahv)^{\frac{1}{2}} &= (2.303 \times 0.222 \times 2.39)^{\frac{1}{2}} \\ &= 1.66 \text{ eV}\end{aligned}$$

c. Karbon HCl 1 M

Diket =  
 $\lambda = 230.95 \text{ nm}$   
 $A = 0.298 \text{ a.u}$   
Ditanya =

Energi gap *direct*  $(ahv)^2 \dots?$  Energi gap *indirect*  $(ahv)^{1/2} \dots?$

Jawab =

$$\begin{aligned}hv &= \frac{1240}{\lambda} \\ &= \frac{1240}{230.95} \\ &= 5.37\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(ahv)^2 &= (2.303 \times 0.298 \times 5.37)^2 \\ &= 13.57 \text{ eV}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(ahv)^{\frac{1}{2}} &= (2.303 \times 0.298 \times 5.37)^{\frac{1}{2}} \\ &= 1.92 \text{ eV}\end{aligned}$$

d. Karbon HCl 1.5 M

Diket =  
 $\lambda = 230 \text{ nm}$   
 $A = 0.266 \text{ a.u}$   
Ditanya =

Energi gap *direct*  $(ahv)^2 \dots?$  Energi gap *indirect*  $(ahv)^{1/2} \dots?$

Jawab =

$$\begin{aligned}
 hv &= \frac{1240}{\lambda} \\
 &= \frac{1240}{230} \\
 &= 5.39
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (\alpha hv)^2 &= (2.303 \times 0.266 \times 5.39)^2 \\
 &= 10.87 \text{ eV}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (\alpha hv)^{\frac{1}{2}} &= (2.303 \times 0.266 \times 2.39)^{\frac{1}{2}} \\
 &= 1.82 \text{ eV}
 \end{aligned}$$

e. Karbon HCl 2 M

$$\begin{aligned}
 \text{Diket} &= \\
 \lambda &= 230 \text{ nm} \\
 A &= 0.231 \text{ a.u} \\
 \text{Ditanya} &=
 \end{aligned}$$

Energi gap *direct*  $(\alpha hv)^2 \dots ?$  Energi gap *indirect*  $(\alpha hv)^{1/2} \dots ?$

Jawab =

$$\begin{aligned}
 hv &= \frac{1240}{\lambda} \\
 &= \frac{1240}{230} \\
 &= 5.39
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (\alpha hv)^2 &= (2.303 \times 0.231 \times 5.39)^2 \\
 &= 8.24 \text{ eV}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (\alpha hv)^{\frac{1}{2}} &= (2.303 \times 0.231 \times 2.39)^{\frac{1}{2}} \\
 &= 1.7 \text{ eV}
 \end{aligned}$$

**LAMPIRAN 5 DATA DAN PERHITUNGAN LCR METER**

## 1. Data

## a. Karbon HCl 0 M (Aquadres)

<b>F (Hz)</b>	<b>Cp (F)</b>	<b>D</b>	<b><math>\theta</math></b>	<b>Rp</b>
700	5.65E-12	0.12176	-83.08	1.54E+08
800	5.52E-12	0.10052	-84.26	1.44E+08
900	5.43E-12	0.10585	-83.96	1.34E+08
1000	5.34E-12	0.10282	-84.13	1.26E+08
2000	4.94E-12	0.09102	-84.80	8.49E+07
3000	4.71E-12	0.08923	-84.90	6.79E+07
4000	4.58E-12	0.08977	-84.87	5.80E+07
5000	4.51E-12	0.07509	-85.71	5.15E+07
6000	4.45E-12	0.07684	-85.61	4.57E+07
7000	4.42E-12	0.07607	-85.65	4.30E+07
8000	4.38E-12	0.07685	-85.61	3.95E+07
9000	4.35E-12	0.07206	-85.88	3.67E+07
10000	4.32E-12	0.06996	-86.00	3.45E+07
20000	4.19E-12	0.06546	-86.26	2.24E+07
30000	4.13E-12	0.06203	-86.45	1.71E+07
40000	4.09E-12	0.06800	-86.51	1.40E+07
50000	4.01E-12	0.05828	-86.64	1.29E+07
60000	3.99E-12	0.05752	-86.71	1.14E+07
70000	3.97E-12	0.05632	-86.78	1.03E+07
80000	3.95E-12	0.06013	-86.56	9.51E+06
90000	3.93E-12	0.06192	-86.48	8.91E+06
100000	3.91E-12	0.06347	-86.37	8.34E+06
200000	3.81E-12	0.01045	-89.40	5.37E+06
300000	3.83E-12	0.01047	-89.97	3.44E+06
400000	3.83E-12	0.01713	-89.02	2.36E+06
500000	3.83E-12	0.03085	-88.23	1.74E+06
600000	3.82E-12	0.03480	-88.01	1.35E+06
700000	3.83E-12	0.04340	-87.52	1.12E+06
800000	3.85E-12	0.04302	-87.54	9.35E+05
900000	3.87E-12	0.04266	-87.56	7.95E+05
1000000	3.9E-12	0.04383	-87.49	6.79E+05
2000000	4.45E-12	0.16720	-80.51	9.61E+04
3000000	4.4E-12	0.56540	-60.52	2.00E+04

Perhitungan:

Diket =

$$F = 3 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$R_p = 2.00 \times 10^4 \text{ Ohm}$$

$$C_p = 4.4 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$d = 0.05 \text{ cm}$$

$$A = 0.1129 \text{ cm}^2$$

Ditanya =

Konduktivitas listrik bahan ( $\sigma$ )...? Impedansi real ( $Z'$ ) dan imajiner ( $Z''$ )...?

Kapasitansi area...?

Jawab =

$$\rho = \frac{R_p \times A}{d}$$

$$= \frac{2.00 \times 10^4 \times 0.1129}{0.05}$$

$$= 1.37 \times 10^5 \text{ Ohm}$$

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

$$= \frac{1}{1.37 \times 10^5}$$

$$= 7.29 \times 10^{-6} \text{ Ohm/cm}$$

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

$$= \frac{4.4 \times 10^{-12}}{0.1129}$$

$$= 1.29 \times 10^{-11} \text{ F/cm}^2$$

$$Z' = \frac{R_p}{1 + R_p \times C_p \times \omega}$$

$$= \frac{2.00 \times 10^4}{1 + 2.00 \times 10^4 \times 4.4 \times 10^{-12} \times 2 \times 3.14 \times 3 \times 10^6}$$

$$= 5.32 \times 10^3 \text{ Ohm}$$

$$Z'' = \frac{R_p^2 \times C_p \times \omega}{(1 + R_p \times C_p \times \omega)^2}$$

$$= \frac{(2.00 \times 10^4)^2 \times 4.4 \times 10^{-12} \times 2 \times 3.14 \times 3 \times 10^6}{(1 + 2.00 \times 10^4 \times 4.4 \times 10^{-12} \times 2 \times 3.14 \times 3 \times 10^6)^2}$$

$$= 8.85 \times 10^3 \text{ Ohm}$$

b. Karbon HCl 0.5 M

<b>F (Hz)</b>	<b>Cp (F)</b>	<b>D</b>	<b><math>\theta</math></b>	<b>Rp</b>
700	1.71E-12	0.10207	-84.27	1.20E+09
800	1.7E-12	0.09873	-84.40	1.29E+09
900	1.69E-12	0.09414	-84.05	1.01E+09

1000	1.68E-12	0.09400	-84.68	1.01E+09
2000	1.64E-12	0.08907	-84.91	5.46E+08
3000	1.57E-12	0.08592	-85.03	3.98E+08
4000	1.54E-12	0.08236	-85.29	3.13E+08
5000	1.58E-12	0.06821	-86.10	2.95E+08
6000	1.53E-12	0.07233	-85.86	2.40E+08
7000	1.51E-12	0.07521	-85.70	2.00E+08
8000	1.5E-12	0.07232	-85.86	1.83E+08
9000	1.49E-12	0.07340	-85.98	1.68E+08
10000	1.48E-12	0.05059	-87.10	2.13E+08
20000	1.46E-12	0.06805	-86.11	8.03E+07
30000	1.43E-12	0.06380	-86.54	6.15E+07
40000	1.42E-12	0.05791	-86.69	4.84E+07
50000	1.42E-12	0.05558	-86.82	4.04E+07
60000	1.41E-12	0.05797	-86.68	3.23E+07
70000	1.42E-12	0.05836	-86.66	2.74E+07
80000	1.43E-12	0.06099	-86.53	2.30E+07
90000	1.44E-12	0.06153	-86.48	2.00E+07
100000	1.45E-12	0.06389	-86.36	1.73E+07
200000	1.3E-12	0.07779	-88.52	1.89E+07
300000	1.34E-12	0.02045	-88.83	1.94E+07
400000	1.34E-12	0.02201	-88.74	1.35E+07
500000	1.34E-12	0.02760	-88.46	8.78E+06
600000	1.34E-12	0.03469	-88.06	6.69E+06
700000	1.34E-12	0.04036	-87.56	4.97E+06
800000	1.35E-12	0.04088	-87.64	3.42E+06
900000	1.37E-12	0.04126	-87.64	3.14E+06
1000000	1.38E-12	0.04380	-87.49	2.64E+06
2000000	1.58E-12	0.16680	-80.52	3.01E+05
3000000	1.6E-12	0.05690	-60.35	5.83E+04

Perhitungan:

Diket =

$$F = 3 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$R_p = 5.83 \times 10^4 \text{ Ohm}$$

$$C_p = 1.6 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$d = 0.075 \text{ cm}$$

$$A = 0.2552 \text{ cm}^2$$

Ditanya =

Konduktivitas listrik bahan ( $\sigma$ )...? Impedansi real ( $Z'$ ) dan imajiner ( $Z''$ )...?

Kapasitansi area...?

Jawab =

$$\rho = \frac{R_p \times A}{d}$$

$$= \frac{5.83 \times 10^4 \times 0.2552}{0.075}$$

$$= 1.98 \times 10^5 \text{ Ohm}$$

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

$$= \frac{1}{1.98 \times 10^5}$$

$$= 5.04 \times 10^{-6} \text{ Ohm/cm}$$

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

$$= \frac{1.6 \times 10^{-12}}{0.2552}$$

$$= 6.27 \times 10^{-12} \text{ F/cm}^2$$

$$Z' = \frac{Rp}{1 + Rp \times Cp \times \omega}$$

$$= \frac{5.83 \times 10^4}{1 + 5.83 \times 10^4 \times 1.6 \times 10^{-12} \times 2 \times 3.14 \times 3 \times 10^6}$$

$$= 1.43 \times 10^4 \text{ Ohm}$$

$$Z'' = \frac{Rp^2 \times Cp \times \omega}{(1 + Rp \times Cp \times \omega)^2}$$

$$= \frac{(5.83 \times 10^4)^2 \times 1.6 \times 10^{-12} \times 2 \times 3.14 \times 3 \times 10^6}{(1 + 5.83 \times 10^4 \times 1.6 \times 10^{-12} \times 2 \times 3.14 \times 3 \times 10^6)^2}$$

$$= 2.51 \times 10^4 \text{ Ohm}$$

c. Karbon 1 M

F (Hz)	Cp (F)	D	$\theta$	Rp
700	1.87E-12	0.10591	-83.75	1.02E+09
800	1.84E-12	0.11502	-83.44	9.40E+08
900	1.82E-12	0.11630	-83.37	8.35E+08
1000	1.8E-12	0.11665	-83.35	7.56E+08
2000	1.74E-12	0.11268	-83.57	4.06E+08
3000	1.66E-12	0.10956	-83.75	2.93E+08
4000	1.62E-12	0.10858	-83.80	2.26E+08
5000	1.6E-12	0.10315	-84.11	1.93E+08
6000	1.58E-12	0.09933	-84.33	1.69E+08
7000	1.56E-12	0.09653	-84.49	1.51E+08
8000	1.55E-12	0.09311	-84.68	1.38E+08

9000	1.54E-12	0.09250	-84.72	1.24E+08
10000	1.53E-12	0.09013	-84.85	1.15E+08
20000	1.48E-12	0.08110	-85.36	6.63E+07
30000	1.45E-12	0.07684	-85.61	4.75E+07
40000	1.44E-12	0.07386	-85.78	3.74E+07
50000	1.43E-12	0.07268	-85.84	3.06E+07
60000	1.43E-12	0.07253	-85.81	2.57E+07
70000	1.43E-12	0.07237	-85.86	2.19E+07
80000	1.44E-12	0.07487	-85.72	1.85E+07
90000	1.44E-12	0.07579	-85.70	1.63E+07
100000	1.45E-12	0.07660	-85.62	1.43E+07
200000	1.3E-12	0.02639	-88.49	2.86E+07
300000	1.32E-12	0.02559	-88.53	1.57E+07
400000	1.33E-12	0.03250	-88.14	9.23E+06
500000	1.33E-12	0.04998	-87.65	5.85E+06
600000	1.34E-12	0.04236	-87.58	4.71E+06
700000	1.33E-12	0.05003	-87.07	3.33E+06
800000	1.34E-12	0.04954	-87.16	3.00E+06
900000	1.36E-12	0.05266	-86.99	2.49E+06
1000000	1.36E-12	0.05632	-86.98	2.01E+06
2000000	1.56E-12	0.18166	-79.71	2.81E+05
3000000	1.55E-12	0.60021	-59.03	5.69E+04

Perhitungan:

Diket =

$$F = 3 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$R_p = 5.69 \times 10^4 \text{ Ohm}$$

$$C_p = 1.55 \times 10^{-13} \text{ F}$$

$$d = 0.08 \text{ cm}$$

$$A = 0.25284 \text{ cm}^2$$

Ditanya =

Konduktivitas listrik bahan ( $\sigma$ )...? Impedansi real ( $Z'$ ) dan imajiner ( $Z''$ )...?

Kapasitansi area...?

Jawab =

$$\rho = \frac{R_p \times A}{d}$$

$$= \frac{5.69 \times 10^4 \times 0.25284}{0.08}$$

$$= 1.8 \times 10^5 \text{ Ohm}$$

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

$$= \frac{1}{1.8 \times 10^5}$$

$$= 5.56 \times 10^{-6} \text{ Ohm/cm}$$

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

$$= \frac{1.55 \times 10^{-13}}{0.25284}$$

$$= 6.14 \times 10^{-12} \text{ F/cm}^2$$

$$Z' = \frac{Rp}{1 + Rp \times Cp \times \omega}$$

$$= \frac{5.69 \times 10^4}{1 + 5.69 \times 10^4 \times 1.55 \times 10^{-13} \times 2 \times 3.14 \times 3 \times 10^6}$$

$$= 1.51 \times 10^4 \text{ Ohm}$$

$$Z'' = \frac{Rp^2 \times Cp \times \omega}{(1 + Rp \times Cp \times \omega)^2}$$

$$= \frac{(5.69 \times 10^4)^2 \times 1.55 \times 10^{-13} \times 2 \times 3.14 \times 3 \times 10^6}{(1 + 5.69 \times 10^4 \times 1.55 \times 10^{-13} \times 2 \times 3.14 \times 3 \times 10^6)^2}$$

$$= 2.51 \times 10^4 \text{ Ohm}$$

d. Karbon 1.5 M

F (Hz)	Cp (F)	D	$\theta$	Rp
700	2.949E-12	0.15268	-81.32	5.05E+08
800	2.919E-12	0.14616	-81.69	4.67E+08
900	2.872E-12	0.14524	-81.74	4.24E+08
1000	2.857E-12	0.14139	-81.96	3.96E+08
2000	2.723E-12	0.12681	-82.77	2.30E+08
3000	2.607E-12	0.11837	-83.26	1.72E+08
4000	2.542E-12	0.11262	-83.57	1.39E+08
5000	2.515E-12	0.10265	-84.14	1.23E+08
6000	2.485E-12	0.09959	-84.31	1.07E+08
7000	2.46E-12	0.09666	-84.48	9.56E+07
8000	2.443E-12	0.08854	-84.94	9.20E+07
9000	2.429E-12	0.08904	-84.91	8.18E+07
10000	2.416E-12	0.08866	-84.94	7.46E+07
20000	2.344E-12	0.07456	-85.74	4.55E+07
30000	2.31E-12	0.06978	-86.01	3.29E+07
40000	2.291E-12	0.06723	-86.15	2.58E+07
50000	2.286E-12	0.06394	-86.34	2.18E+07
60000	2.29E-12	0.06564	-86.24	1.76E+07
70000	2.289E-12	0.06456	-86.28	1.54E+07

80000	2.298E-12	0.06657	-86.29	1.30E+07
90000	2.175E-12	0.04607	-87.36	1.76E+07
100000	2.166E-12	0.04276	-87.55	1.72E+07
200000	2.122E-12	0.02987	-88.32	1.28E+07
300000	2.138E-12	0.03987	-88.17	6.79E+06
400000	2.137E-12	0.03736	-87.86	4.99E+06
500000	2.135E-12	0.03958	-87.73	3.79E+06
600000	2.14E-12	0.04390	-87.52	2.97E+06
700000	2.14E-12	0.04757	-87.29	2.28E+06
800000	2.151E-12	0.04769	-87.27	1.94E+06
900000	2.171E-12	0.04840	-87.23	1.68E+06
1000000	2.19E-12	0.05141	-87.06	1.42E+06
2000000	2.517E-12	0.17663	-79.98	1.79E+05
3000000	2.513E-12	0.59380	-59.30	3.55E+04

Perhitungan:

Diket =

$$F = 3 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$R_p = 3.55 \times 10^4 \text{ Ohm}$$

$$C_p = 2.51 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$d = 0.06 \text{ cm}$$

$$A = 0.27034 \text{ cm}^2$$

Ditanya =

Konduktivitas listrik bahan ( $\sigma$ )...? Impedansi real ( $Z'$ ) dan imajiner ( $Z''$ )...?

Kapasitansi area...?

Jawab =

$$\rho = \frac{R_p \times A}{d}$$

$$= \frac{3.55 \times 10^4 \times 0.27034}{0.06}$$

$$= 1.6 \times 10^5 \text{ Ohm}$$

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

$$= \frac{1}{1.6 \times 10^5}$$

$$= 6.24 \times 10^{-6} \text{ Ohm/cm}$$

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

$$= \frac{2.51 \times 10^{-12}}{0.27034}$$

$$= 9.29 \times 10^{-12} \text{ F/cm}^2$$

$$Z' = \frac{Rp}{1 + Rp \times Cp \times \omega}$$

$$= \frac{3.55 \times 10^4}{1 + 3.55 \times 10^4 \times 2.51 \times 10^{-12} \times 2 \times 3.14 \times 3 \times 10^6}$$

$$= 9.27 \times 10^3 \text{ Ohm}$$

$$Z'' = \frac{Rp^2 \times Cp \times \omega}{(1 + Rp \times Cp \times \omega)^2}$$

$$= \frac{(3.55 \times 10^4)^2 \times 2.51 \times 10^{-12} \times 2 \times 3.14 \times 3 \times 10^6}{(1 + 3.55 \times 10^4 \times 2.51 \times 10^{-12} \times 2 \times 3.14 \times 3 \times 10^6)^2}$$

$$= 1.56 \times 10^4 \text{ Ohm}$$

e. Karbon 2 M

F (Hz)	Cp (F)	D	θ	Rp
700	3.97E-12	0.12768	-82.53	2.77E+08
800	3.88E-12	0.12756	-82.57	2.48E+08
900	3.7E-12	0.12716	-82.75	2.28E+08
1000	3.75E-12	0.12546	-82.81	2.09E+08
2000	3.45E-12	0.11748	-83.30	1.19E+08
3000	3.25E-12	0.11263	-83.53	8.77E+07
4000	3.13E-12	0.10567	-83.97	7.09E+07
5000	3.06E-12	0.10127	84.22	6.11E+07
6000	2.99E-12	0.09610	-84.51	5.38E+07
7000	2.95E-12	0.09570	-84.53	4.79E+07
8000	2.91E-12	0.09299	-84.69	4.43E+07
9000	2.88E-12	0.08982	-84.87	4.05E+07
10000	2.84E-12	0.08233	-85.29	3.45E+07
20000	2.69E-12	0.07668	-85.62	2.37E+07
30000	2.65E-12	0.07247	-85.86	1.83E+07
40000	2.58E-12	0.07000	-86.00	1.44E+07
50000	2.55E-12	0.07963	-86.02	1.19E+07
60000	2.55E-12	0.06798	-86.14	1.04E+07
70000	2.54E-12	0.06793	-86.10	9.12E+06
80000	2.43E-12	0.06892	-86.06	1.01E+07
90000	2.41E-12	0.07153	-85.93	9.48E+06
100000	2.39E-12	0.07254	-85.85	9.18E+06
200000	2.34E-12	0.02276	-88.42	6.62E+06
300000	2.3E-12	0.02398	-88.63	4.14E+06
400000	2.31E-12	0.03592	-88.95	2.96E+06
500000	2.3E-12	0.04148	-87.64	2.33E+06
600000	2.29E-12	0.04238	-87.57	1.98E+06
700000	2.3E-12	0.04836	-87.23	1.60E+06

800000	2.3E-12	0.05062	-87.10	1.39E+06
900000	2.31E-12	0.05186	-87.03	1.21E+06
1000000	2.33E-12	0.05426	-86.87	1.05E+06
2000000	2.67E-12	0.17797	-79.91	1.58E+05
3000000	2.62E-12	0.59066	-59.42	3.26E+04

Perhitungan:

Diket =

$$F = 3 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$R_p = 3.26 \times 10^4 \text{ Ohm}$$

$$C_p = 2.62 \times 10^{-13} \text{ F}$$

$$d = 0.075 \text{ cm}$$

$$A = 0.34987 \text{ cm}^2$$

Ditanya =

Konduktivitas listrik bahan ( $\sigma$ )...? Impedansi real ( $Z'$ ) dan imajiner ( $Z''$ )...?

Kapasitansi area...?

Jawab =

$$\rho = \frac{R_p \times A}{d}$$

$$= \frac{3.26 \times 10^4 \times 0.34987}{0.075}$$

$$= 1.52 \times 10^5 \text{ Ohm}$$

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

$$= \frac{1}{1.52 \times 10^4}$$

$$= 6.57 \times 10^{-6} \text{ Ohm/cm}$$

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

$$= \frac{2.62 \times 10^{-13}}{0.34987}$$

$$= 7.49 \times 10^{-12} \text{ F/cm}^2$$

$$Z' = \frac{R_p}{1 + R_p \times C_p \times \omega}$$

$$= \frac{3.26 \times 10^4}{1 + 3.26 \times 10^4 \times 2.62 \times 10^{-13} \times 2 \times 3.14 \times 3 \times 10^6}$$

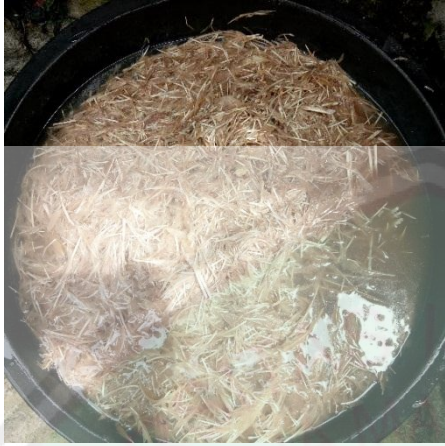
$$= 9.06 \times 10^3 \text{ Ohm}$$

$$Z'' = \frac{R_p^2 \times C_p \times \omega}{(1 + R_p \times C_p \times \omega)^2}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{(3.26 \times 10^4)^2 \times 2.62 \times 10^{-13} \times 2 \times 3.14 \times 3 \times 10^6}{(1 + 3.26 \times 10^4 \times 2.62 \times 10^{-13} \times 2 \times 3.14 \times 3 \times 10^6)^2} \\ &= 1.46 \times 10^4 \text{ Ohm} \end{aligned}$$



**LAMPIRAN 6 GAMBAR PENELITIAN**



Mencuci Bulu Ayam



Menjemur Bulu Ayam



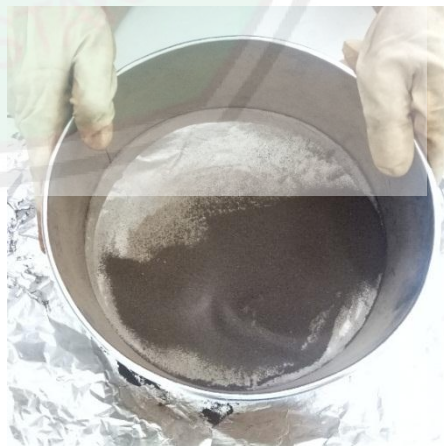
Bulu Ayam Kering



Hasil Pembakaran 250°C



Menggerus Karbon Bulu Ayam



Mengayak Karbon Bulu Ayam



Hasil pembakaran 400°C



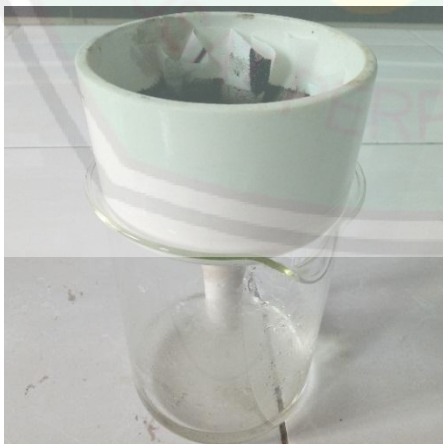
Bubuk Karbon Hasil pembakaran 400°C



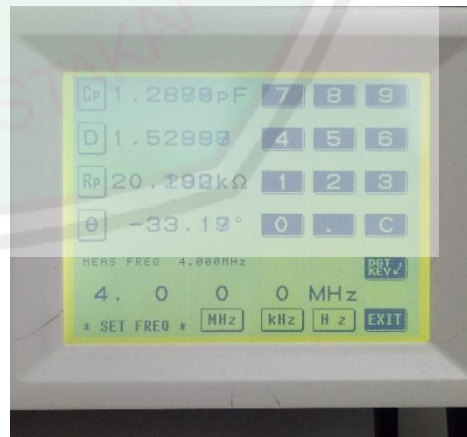
Pengadukan Asam + Karbon



Proses Eksfoliasi



Mencuci Sampel menggunakan NaOH dan Aquades



Uji Sifat Listrik Menggunakan LCR Meter



KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Feny Fefiyanti Marta Cahyani  
NIM : 15640020  
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika  
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Konsentrasi HCl Terhadap Karakteristik Material rGO (*Reduced Graphene Oxide*) dari Bulu Ayam dengan Metode *Chemical Exfoliation*  
Pembimbing I : Erna Hastuti, M.Si  
Pembimbing II : Drs. Abdul Basid, M.Si

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	07 Agustus 2019	Konsultasi Bab I	
2	09 Agustus 2019	Konsultasi Bab I	
3	13 Agustus 2019	Konsultasi Bab I dan Bab II	
4	15 Agustus 2019	Konsultasi Bab II dan Bab III	
5	20 Agustus 2019	Konsultasi Bab II, III dan Bab Data IV	
6	22 Agustus 2019	Konsultasi Bab III dan Data Bab IV	
7	26 Agustus 2019	Konsultasi Kajian Agama Bab I, II	
8	27 Agustus 2019	Konsultasi Bab IV	
9	28 Agustus 2019	Konsultasi Kajian Agama Bab II dan IV	
11	18 September 2019	Konsultasi Bab IV dan Bab V	
12	03 Oktober 2019	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan ACC	
13	12 November 2019	Konsultasi Kajian Agama dan ACC	

Malang, 13 November 2019

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika,

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