

**PENGARUH LAMA WAKTU LUCUTAN LISTRIK TERHADAP
NANOMATERIAL rGO BERBAHAN DASAR KERTAS BURAM BEKAS
YANG DISINTESIS MENGGUNAKAN *LIQUID PHASE EXFOLIATION*
DENGAN PENAMBAHAN ASAM BASA KUAT**

TUGAS AKHIR SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh :
FHIRMAN MAULANA
NIM 12306141024

**PROGAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2019**

**PENGARUH LAMA WAKTU LUCUTAN LISTRIK TERHADAP
NANOMATERIAL rGO BERBAHAN DASAR KERTAS BURAM BEKAS
YANG DISINTESIS MENGGUNAKAN *LIQUID PHASE EXFOLIATION*
DENGAN PENAMBAHAN ASAM BASA KUAT**

TUGAS AKHIR SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh :
FHIRMAN MAULANA
NIM 12306141024

PROGAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2019

**PENGARUH LAMA WAKTU LUCUTAN LISTRIK TERHADAP
NANOMATERIAL rGO BERBAHAN DASAR KERTAS BURAM BEKAS
YANG DISINTESIS MENGGUNAKAN *LIQUID PHASE EXFOLIATION*
DENGAN PENAMBAHAN ASAM BASA KUAT**

Oleh:

Fhirman Maulana
12306141024

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah: (1) Mensintesis GO menggunakan kertas buram sebagai sumber karbon dengan menggunakan metode *charging liquid chemical exfoliation* (CLCE) dan (2) Memvariasi waktu pada proses lucutan listrik untuk mengetahui pengaruh nilai absorbansi GO.

Penelitian ini diawali dengan melarutkan kertas buram sebagai sumber karbon dalam larutan asam kuat (H_2SO_4) dan basa kuat (NaOH). Larutan tersebut diaduk sehingga menghasilkan larutan *graphene*. Larutan graphene diberikan perlakuan *charging* dengan variasi waktu 1 jam, 2 jam, dan 3 jam menggunakan dua plat alumunium sebagai elektroda dengan beda potensial $\pm 20V$. Sampel yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan spektroskopi UV-Vis untuk mengetahui pengaruh nilai absorbansi setelah proses charging dan FTIR untuk mengetahui ikatan-ikatan yang berada pada sampel.

Hasil spektrofotometer UV-Vis menunjukkan adanya pergeseran nilai panjang gelombang. Panjang gelombang yang teramat sebelum *charging* adalah 254 nm. Panjang gelombang mengalami pergeseran setelah dilakukan proses *charging* 1 jam, 2 jam, dan 3 jam berturut-turut adalah 261,5 nm, 264 nm, dan 267 nm. Lama waktu *charging* menyebabkan berkurangnya jumlah GO pada sampel yang ditandai dengan turunnya nilai absorbansi. Hasil FTIR sebelum diberikan perlakuan *charging* diperoleh ikatan C-O (*carboxylic acids*), ikatan C=C (*alkenes*), ikatan C≡C (*alkynes*) dan ikatan O-H (*alcohols*). Hasil analisis FTIR pada sampel setelah diberikan perlakuan *charging* dengan variasi lama waktu *charging* mengalami perubahan dengan menghilangnya ikatan C-O (*carboxylic acids*), hal tersebut menunjukkan adanya pengaruh proses *charging*. Menghilangnya ikatan C-O (*carboxylic acids*) berdampak pada tereduksinya unsur O (oxide) yang bisa disimpulkan sampel setelah diberikan perlakuan *charging* berubah menjadi rGO.

Kata Kunci: *graphene oxide*, *charging liquid chemical exfoliation*, spektrofotometer UV-Vis, FTIR

**EFFECT OF TIME CHARGING ON SYNTHESIS NANOMATERIAL rGO
BASED ON PAPER USING LIQUID PHASE EXFOLIATION WITH
STRONG ACID AND STRONG BASE**

By:

Fhirman Maulana
12306141024

ABSTRACT

The purpose of this study are: (1) Making synthesis of GO using paper as a carbon source by using liquid charging method of chemical exfoliation (CLCE) and (2) Varying the time charging to determine the effect of charge in GO's absorbance.

This research begins with dissolving paper as a carbon source with a solution of strong acid (H_2SO_4) and strong base ($NaOH$). The function of reaction was produced as a graphite exfoliator which aims to obtain graphene. The graphene solution was given a charging treatment with a variation of 1 hour, 2 hours, and 3 hours to determine the effect of the length of time charging on the results of GO material absorbance.

The UV-Vis spectrophotometer showed a shift in the wavelength value. The wavelength observed before charging is 254 nm. Wavelength has decreased after the charging process during 1 hour is 261.5 nm. At 2 hours charging observed a wavelength is 264 nm, while the length of charging 3 hours observed a wavelength is 267 nm. The wavelength shift is due to the increasing peeling of graphene material, along with increasing charging time. FTIR results before charging treatment obtained C-O (carboxylic acids) bonds, C = C bonds (alkenes), C≡C (alkynes) bonds and O-H bonds (alcohols). The results of FTIR analysis in the sample after charging treatment with variations the length of time the charging with the disappearance of C-O (carboxylic acids) bonds, this indicates the influence of the charging process. The disappearance of C-O bonds (carboxylic acids) has an impact on reducing the element O (oxide) which can be deduced from the sample after being given the charging treatment turned into rGO.

Keyword: *graphene oxide, charging liquid chemical exfoliation, spectrophotometer UV-Vis, FTIR*

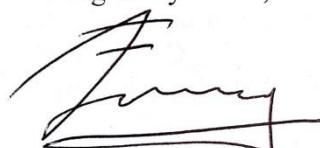
SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fhirman Maulana
NIM : 12306141024
Program Studi : Fisika
Judul TAS : Pengaruh lama waktu lucutan listrik terhadap nanomaterial rGO berbahan dasar kertas buram bekas yang disintesis menggunakan *liquid phase exfoliation* dengan penambahan asam basa kuat

menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Yogyakarta,
Yang menyatakan,



Fhirman Maulana
NIM. 12306141024

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

PENGARUH LAMA WAKTU LUCUTAN LISTRIK TERHADAP NANOMATERIAL rGO BERBAHAN DASAR KERTAS BURAM BEKAS YANG DISINTESIS MENGGUNAKAN *LIQUID PHASE EXFOLIATION* DENGAN PENAMBAHAN ASAM BASA KUAT

Disusun oleh:

Fhirmen Maulana
NIM 12306141024

telah memenuhi syarat dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk
dilaksanakan Ujian Akhir Tugas Akhir Skripsi bagi yang
bersangkutan.

Reviewer,
Pengaji Utama

Drs. Nur Kadarisman, M.Si
NIP. 19640205 199101 1 001

Yogyakarta, 14 Januari 2019
Menyetujui,
Pembimbing



Wipsar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D
NIP. 19800129 200501 1 003

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

PENGARUH LAMA WAKTU LUCUTAN LISTRIK TERHADAP NANOMATERIAL rGO BERBAHAN DASAR KERTAS BURAM BEKAS YANG DISINTESIS MENGGUNAKAN *LIQUID PHASE EXFOLIATION* DENGAN PENAMBAHAN ASAM BASA KUAT

Disusun oleh:

FHIRMAN MAULANA
NIM 12306141024

Telah dipertahankan di depan Tim Pengaji Tugas akhir Skripsi
Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Negeri Yogyakarta
Pada tanggal 11 Januari 2019

TIM PENGUJI

Nama/Jabatan

Tanda Tangan

Tanggal

Wipsar Sunu Brams D, Ph.D
(Ketua Pengaji/Pembimbing)

17 / Januari / 2019

Laila Katriani, M.Si
(Sekretaris/Pengaji)

17 / Januari / 2019

Drs. Nur Kadarisman, M.Si
(Pengaji Utama)

17 / Januari / 2019

Yogyakarta, 17 Januari 2019
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,



Dr. Hartono
NIP. 19620329 198702 1 002

MOTO

Gantungkan cita-citamu setinggi langit! Jika engkau jatuh, engkau akan jatuh di antara bintang-bintang.

-Soekarno-

Hanya ada dua pilihan: menjadi apatis atau mengikuti arus. Tapi, aku memilih untuk jadi manusia merdeka.

-Soe Hok Gie-

Mandiri dalam bekerja, merdeka dalam berkarya

-Erix Soekamti-

HALAMAN PERSEMBAHAN

Teruntuk ibu yang telah melahirkan dan membesarkanku, terima kasih atas dukungan moral maupun material yang telah kau berikan. Anak sulungmu ini belum mampu dan tak akan mampu membalas seluruh kasih dan sayangmu selama ini. Karya ini adalah jawaban akan harapanmu yang ingin aku mengenyam pendidikan yang lebih baik dari pada kedua orang tuanya.

Teruntuk bapak yang telah berpulang ke sisi-Nya, terima kasih atas kepercayaan besar yang kau berikan kepada anak sulungmu ini. Karya ini yang akan menjadi syarat untukku mendapat gelar sarjana dan ijazah S-1 yang aku janjikan dulu. Tenanglah di sisi-Nya aku yang akan meneruskan perjuanganmu.

Teruntuk adikku Rini Kuswandari, jadilah apapun seperti yang kau mau dan jangan mudah menyerah untuk meraihnya. Terima kasih sudah menjaga ibu selama masmu ini di Jogja dan terima kasih sudah terus mengejekku untuk menyelesaikan karya ini.

Anak pertama dari sebuah keluarga kecil dan sederhana ini telah menyelesaikan tugas akhirnya sebagai mahasiswa. Tak ada yang bisa saya katakan selain ucapan syukur kepada Tuhan yang Maha segalanya dan terima kasih kepada orang-orang yang telah menjadi *supporting system* akan terlahirnya karya ini.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat-Nya. Shalawat dan salam tak akan pernah terhenti kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, beserta keluarga dan para sahabatnya sehingga tugas akhir skripsi yang berjudul “**PENGARUH LAMA WAKTU LUCUTAN LISTRIK TERHADAP NANOMATERIAL rGO BERBAHAN DASAR KERTAS BURAM BEKAS YANG DISINTESIS MENGGUNAKAN LIQUID PHASE EXFOLIATION DENGAN PENAMBAHAN ASAM BASA KUAT**” dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak dapat terlaksana dengan baik tanpa adanya dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Hartono, selaku Dekan FMIPA UNY atas pemberian fasilitas dan bantuannya untuk memperlancar administrasi tugas akhir.
2. Yusman Wiyatmo, M.Si., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian skripsi.
3. Nur Kadarisman, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika FMIPA UNY, yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan skripsi ini.
4. Wipsar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan motivasi. Terimakasih untuk waktu dan kesabarannya membimbing kami sehingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Denny Darmawan, S.Si.,M.Sc., selaku Penasehat Akademik yang selalu memberikan arahan.
6. Seluruh Dosen Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang telah memberikan pengajaran dan ilmu yang bermanfaat.

7. Haris Murtanto, selaku petugas laboratorium Fisika Koloid Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang bersedia menyediakan tempat dan alat untuk melaksanakan penelitian.
8. Teman-teman fisikan B 2012 YORADAB, yang selalu memberikan dukungan semangat, terimakasih untuk kebersamaannya selama ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan naskah skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak untuk perbaikan dimasa yang akan datang. Semoga naskah ini dapat memberikan manfaat bagi penulis secara khusus dan bagi pembaca secara umum.

Yogyakarta, 2 Januari 2019

Penulis,

Fhirman Maulana
NIM.12306141024

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL LUAR	i
HALAMAN KOSONG	ii
SAMPUL DALAM	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	vi
LEMBAR PERSETUJUAN	vii
LEMBAR PENGESAHAN	viii
MOTTO	ix
HALAMAN PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Pengembangan.....	6
G. Manfaat Pengembangan	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Kajian Teori	8
1. Nanoteknologi	8
2. Kertas	9
3. Material <i>Graphene</i>	11
4. Sintesis Material <i>Graphene</i>	14
5. Sintesis Materil <i>Reduce Graphene Oxide</i> (rGO)	15
6. <i>Charging Liquid Chemical Exfoliation</i>	17
7. Spektrofotometer Uv-Vis	18
8. <i>Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy</i> (FTIR)	21
B. Kerangka Berpikir	23
III. METODE PENELITIAN	25
A. Waktu dan Tempat Penelitian	25
B. Variabel Penelitian	25
C. Jenis Penelitian	26
D. Alat dan Bahan	26

E.	Langkah Kerja	27
F.	Diagram Alir	30
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	31
A.	Hasil Sintesis <i>Reduce Graphene Oxide</i> Metode CLCE.....	31
B.	Hasil Karakterisasi Spektrofotometer Uv-Vis.....	32
C.	Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy</i> (FTIR).....	37
V. SIMPULAN DAN SARAN	42
A.	Simpulan	42
B.	Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	47

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Hasil karakterisasi UV-Vis dengan variasi <i>charging</i>	35
Tabel 2.	Karakterisasi dengan variasi tegangan terkoreksi.	36
Tabel 3.	Spektra IR	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Struktur <i>Graphene</i>	11
Gambar 2.	Preparasi rGO	16
Gambar 3.	Instrumen spektrofotometer Uv-Vis	19
Gambar 4.	Proses penyerapan cahaya oleh zat dalam sel sampel	20
Gambar 5.	Spektrum absorbansi Uv-Vis dengan metode LE	20
Gambar 6.	Spektrum absorbansi Uv-Vis dengan metode LE dan elektrolisis	21
Gambar 7.	Skematik prinsip kerja FTIR	22
Gambar 8.	Hasil sintesis rGO	31
Gambar 9.	Kurva absorbansi rGO dengan variasi lama waktu <i>charging</i>	32
Gambar 10.	Kurva absorbansi terkoreksi	33
Gambar 11.	Kurva karakterisasi FTIR	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Hasil Karakterisasi Spektroskopi UV-Vis lama waktu <i>charging</i> 1 jam	47
Lampiran 2.	Hasil Karakterisasi Spektroskopi UV-Vis lama waktu <i>charging</i> 2 jam	48
Lampiran 3.	Hasil Karakterisasi Spektroskopi UV-Vis lama waktu <i>charging</i> 3 jam	49
Lampiran 4.	Hasil Karakterisasi Spektroskopi UV-Vis lama waktu <i>charging</i> 0 jam	50
Lampiran 5.	Hasil Karakterisasi FTIR lama waktu <i>charging</i> 1 jam	51
Lampiran 6.	Hasil Karakterisasi FTIR lama waktu <i>charging</i> 2 jam	52
Lampiran 7.	Hasil Karakterisasi FTIR lama waktu <i>charging</i> 3 jam	53
Lampiran 8.	Hasil Karakterisasi FTIR lama waktu <i>charging</i> 0 jam	54
Lampiran 9.	Dokumentasi	55

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ilmu pengetahuan bermula dari adanya rasa ingin tahu yang merupakan ciri khas manusia. Manusia memiliki rasa ingin tahu tentang segala sesuatu yang berada di sistem, yang meliputi benda-benda maupun fenomena-fenomena. Ilmu pengetahuan merupakan sebuah pencarian makna praktis yang mampu menjelaskan hal-hal yang sebelumnya belum mampu dijelaskan. Rasa ingin tahu manusia yang bersifat tidak tetap dan terus berkembang memicu adanya keinginan untuk membuat penemuan-penemuan baru sehingga ilmu pengetahuan akan terus mengalami perkembangan (Syarifudin, 2014). Ilmu pengetahuan alam merupakan salah satu cabang dari ilmu pengetahuan. Ilmu pengetahuan alam didefinisikan sebagai cabang ilmu yang mempelajari tentang benda-benda dan fenomena-fenomena yang terjadi di alam semesta (Wedyawati, 2010).

Salah satu alternatif untuk mengatasi kelangkaan dan semakin mahalnya bahan baku kertas dari pulp asli (*virgin pulp*), yaitu dengan pemakaian kembali kertas bekas sebagai bahan baku kertas. Kertas bekas yang telah mengalami pengolahan merupakan bahan baku serat yang dikenal dengan istilah serat sekunder (*secondary fiber*). Penggunaan serat sekunder berkembang seiring dengan perkembangan teknologi, faktor ekonomis, dan keterbatasan sumber daya alam dalam penyediaan serat primer. Pemakaian serat dari kertas bekas atau serat sekunder untuk pembuatan lembaran kertas mempunyai beberapa keuntungan antara lain meningkatkan stabilitas

dimensi, opasitas dan formasi yang lebih baik serta kecenderungan *curl* yang rendah. Sedangkan kerugiannya antara lain derajat putih dan kekuatan relatif lebih rendah, mengandung kontaminan yang beragam dan derajat giling yang tidak seragam, serta seratnya relatif pendek (Syarifa, Ningsih, Iswandari, dkk, 2014).

Limbah kertas merupakan kertas yang sudah tidak dipakai lagi, sehingga kertas tersebut akan cenderung dibuang dan mengakibatkan limbah kertas akan semakin meningkat. Pertumbuhan sampah di Kota Yogyakarta berdasarkan data tercatat 531 m^3 per hari pada tahun 2001, kemudian meningkat menjadi 1.571 m^3 per hari pada tahun 2007. Atau dengan kata lain jumlah sampah di Kota Yogyakarta meningkat rata-rata 11.53% per tahun (DLH Kota Yogyakarta, 2008). Untuk itu, dibutuhkan adanya penelitian tentang pemanfaatan limbah kertas tersebut. Dalam penelitian ini, peneliti akan mencoba memanfaatkan limbah kertas untuk dapat dimanfaatkan kembali.

Perkembangan dunia teknologi saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Berbagai riset dan penelitian pun dilakukan demi menemukan material-material baru yang memiliki kualitas tinggi. Penelitian yang banyak dikembangkan saat ini yaitu nanosains. Nanosains merupakan ilmu dan rekayasa dalam menciptakan material, struktur fungsional, maupun piranti dalam skala nanometer. Suatu bahan tergolong nano jika memiliki ukuran 1-100 nm. Salah satu produk dari nanosains adalah *graphene*. *Graphene* merupakan material dua dimensi monoatomik dari satu lapis grafir yang ditemukan pada tahun 2004 oleh Andre K. Geim dan Konstantin Novoselov (Geim, A, K, 2004).

Material *graphene* ini yang selanjutnya banyak dikembangkan oleh ilmuwan-ilmuwan di seluruh dunia karena ia memiliki keistimewaan. Salah satu produk nanomaterial yang terkait dengan *graphene* adalah *graphene oxide* (GO). GO adalah nanomaterial yang terdiri dari beberapa lapisan *graphene*.

Berdasarkan keunggulan dari sifat-sifat yang dimiliki *graphene* di atas, maka material *graphene* dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, diantaranya adalah bidang elektronik, bidang fotonik, dan dalam bidang lainnya. Salah satu pengaplikasian yang mungkin pada material ini adalah dalam bidang *biological engineering*, yaitu untuk proses ultrafiltrasi, dan dapat juga dimanfaatkan sebagai material penyimpan energi (La Fuente, 2013). Selain itu, material *graphene* juga dapat dimanfaatkan sebagai bio sensor pembawa obat dalam tubuh.

Berbagai metode dikembangkan untuk menghasilkan GO, seperti *mechanical exfoliation* (ME), pertumbuhan *epitaxial*, *chemical vapor deposition* (CVD), *chemical exfoliation*, dan *electrochemical exfoliation*. Metode ME dan *epitaxial* film tipis GO dapat menghasilkan lapisan GO dengan kualitas yang baik karena kemurniannya, namun jumlah yang dihasilkan masih terbatas. Proses CVD (*chemical vapor deposition*) mampu menghasilkan GO dengan ukuran yang cukup luas, sangat transparan, serta mampu menghasilkan kaca konduktif elastis, namun membutuhkan biaya yang cukup mahal dan peralatan yang canggih. *Chemical Exfoliation* memiliki keunggulan dengan biaya yang cukup terjangkau, namun prosesnya akan memberikan dampak pada *honeycomb lattice* dari material *graphene* (Su, Lu, Xu, Chan, Khlobistov, & LI, 2011).

Penelitian ini menggunakan metode *charging liquid chemical exfoliation* (CLCE). Metode ini memiliki prinsip sintesis menggunakan asam kuat dan basa kuat untuk memisahkan atom karbon pada kertas buram, yang selanjutnya dengan energi yang dihasilkan dari lucutan listrik akan menghasilkan GO. Pada umumnya GO dihasilkan dengan menggunakan metode *Hummer's* dan sangat bergantung pada campuran pengoksida yang mengandung asam pekat. Metode CLCE dipilih karena cukup sederhana dan cepat dalam perlakuan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakter absorbansi optik dari GO menggunakan UV-Vis Spektrofotometer.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Sifat rasa ingin tahu manusia yang tidak tetap dan terus berkembang mendorong adanya gagasan-gagasan baru yang perlu direalisasikan agar berkembangnya sebuah pemikiran atau setidaknya menambah referensi pembelajaran sebagai bentuk dari pencarian makna praktis untuk menjawab pertanyaan terkait gejala-gejala fisis yang ditemukan.
2. Terus berkembangnya ilmu pengetahuan terutama bidang kajian *nanosains* di tingkat global, diperlukan pengembangan atau kajian mendalam tentang *nanosains* di tingkat nasional, regional, hingga pada tingkat Prodi Fisika yang ada di Universitas Negeri Yogyakarta karena dirasa masih kurang dalam pengkajian tentang *nanosains*.

3. Secara umum penelitian di Indonesia tentang sintesis GO masih didominasi dengan penggunaan metode *chemical exfoliation* berdasarkan metode *Hammer's* sehingga perlu dilakukan penelitian yang menggunakan metode lain, yaitu metode CLME.
4. Masih minimnya informasi terkait data absorbansi optik pada penelitian sintesis *graphene* yang pernah dilakukan sebelumnya. Perlu adanya penelitian sintesis *graphene* yang mencantumkan data absorbansi optik pada material *graphene*.

C. Batasan Masalah

Batasan-batasan pada penelitian ini adalah:

1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah CLCE untuk menghasilkan GO dengan bantuan H_2SO_4 (asam kuat), NaOH (basa kuat), dan aquades untuk melepas atom karbon pada ikatan atom penyusun dari kertas buram.
2. Penelitian ini menggunakan kertas buram sebagai sumber karbon yang akan disintesis menjadi GO.
3. Karakterisasi GO dilakukan menggunakan UV-Vis spektofotometer.

D. Rumusan masalah

Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana mensintesis GO yang menggunakan kertas buram sebagai sumber karbon menggunakan metode CLCE?
2. Bagaimana pengaruh lama waktu CLCE terhadap nilai absorbansi GO?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mensintesis GO menggunakan kertas buram sebagai sumber karbon dengan menggunakan metode CLCE.
2. Memvariasi waktu pada proses lucutan listrik untuk mengetahui pengaruh nilai absorbansi GO.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Memberikan informasi tentang perkembangan *nanosains* yang ada di Prodi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta secara khusus dan memberikan informasi perkembangan nanosains yang ada di Indonesia secara umum.
 - b. Memberikan informasi tentang penelitian GO yang ada di Prodi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta dan Indonesia.
 - c. Memberikan informasi tentang tahapan sintesis GO menggunakan metode lucutan listrik.
 - d. Memberikan informasi tentang pengaruh waktu lucutan listrik pada nilai absorbansi GO.
 - e. Dapat dijadikan referensi untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang GO.

2. Bagi Universitas

Memperkaya referensi yang ada di Universitas Negeri Yogyakarta untuk melakukan penelitian tentang GO, dan dapat terus dikembangkan kajian mengenai GO dengan melakukan penelitian lebih lanjut.

3. Bagi Masyarakat

Sebagai referensi pembelajaran tentang GO, yang mampu dimanfaatkan dalam perkembangan ilmu maupun teknologi dalam kehidupan masyarakat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Nanoteknologi

Nanoteknologi adalah suatu teknologi yang mampu merekayasa sifat-sifat dan performansi material sedemikian rupa sehingga menjadi lebih efektif, efisien, dan lebih berdayaguna dalam skala nanometer. Menurut Abdullah dan Khairurrijal (2009), nanoteknologi adalah ilmu dan rekayasa dalam menciptakan material, struktur fungsional, maupun piranti dalam skala nanometer. Jadi, nanoteknologi tidak hanya sebatas bagaimana cara menghasilkan material atau partikel yang berukuran nanometer, melainkan memiliki pengertian yang lebih luas termasuk bagaimana cara memproduksi serta mengetahui kegunaan sifat baru yang muncul dari material nano yang telah dibuat. Salah satu produk nanoteknologi adalah nanomaterial.

Nanopartikel adalah partikel yang sangat halus memiliki orde nanometer atau partikel yang ukurannya dalam interval 1-100 nm dan minimal dalam satu dimensi (Hosokawa, 2007: 1). Ukuran partikel yang sangat kecil tersebut dimanfaatkan untuk mendesain, menyusun atau memanipulasi material sehingga dihasilkan material dengan sifat dan fungsi baru.

Bidang ilmu nanoteknologi ini dipandang dapat memberikan perubahan besar terhadap peradaban manusia abad ke-21. Sifat-sifat seperti sifat elektronik, sifat magnetik, sifat optik, dan reaktivitas katalitik baru akan dijumpai pada material

dengan ukuran nano dimana sifat baru ini tidak dijumpai pada material dengan ukuran lebih besar dari 100 nanometer. Salah satu alasan utama yang menetukan perubahan sifat ini yaitu meningkatnya luas permukaan material ukuran nanometer (Arryanto, 2007: 1, Montazer, *et al.*, 2012)

2. Kertas

Kertas adalah barang lembaran yang dibuat dari bubur rumput, jerami, kayu dan sebagainya, yang biasa ditulisi atau untuk kertas kemasan dan sebagainya. Kertas merupakan salah satu kemasan yang pertama kali ditemukan sebelum pembungkus lainnya seperti plastik.

Kertas terbuat dari bahan baku yang disebut *pulp*. *Pulp* ini berasal dari serat tanaman yang merupakan jalinan serat yang telah diolah sedemikian rupa sehingga membentuk suatu lembaran. Serat yang digunakan untuk membuat kertas biasanya adalah serat alami yang mengandung selulosa dan hemiselulosa. *Pulp* dapat berasal dari kayu, bambu, padi, dan tumbuhan lain yang mengandung serat.

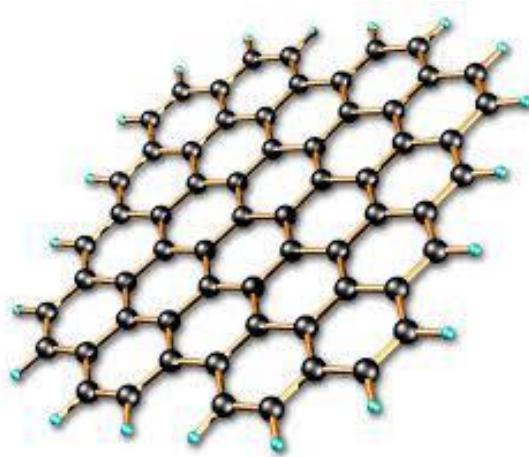
Pulp adalah hasil pemisahan serat dari tanaman kayu (*wood*) maupun bukan kayu (*nonwood*). Proses kimia banyak dilakukan untuk pembuatan *pulp*. Proses pembuatan *pulp* yang menggunakan bahan baku tanaman bukan kayu dapat bermacam-macam proses pengolahannya. Proses *pulp* dibedakan atas proses mekanis, semikimia (kombinasi kimia dan mekanis), dan kimia. Umumnya, proses kimia dilaksanakan secara alkali dengan NaOH sebagai bahan kimia pemasak (Nasution, 2000). Senyawa kimia yang membentuk *pulp* yang paling dominan adalah selulosa yang hampir dijumpai pada semua jenis tumbuhan sebagai pembentuk

sebagian besar dinding sel (Murani, 2005). Kayu sebagai bahan dasar dalam industri kertas mengandung beberapa komponen antara lain:

- a. Selulosa, tersusun atas molekul glukosa rantai lurus dan panjang yang merupakan komponen paling disukai dalam komponen kertas karena panjang dan kuat.
- b. Hemiselulosa, tersusun atas glukosa rantai pendek dan bercabang. Hemiselulosa lebih mudah larut dalam air dan biasanya dihilangkan dalam proses *pulping*.
- c. Lignin adalah jaringan fenolik tiga dimensi yang berfungsi merekatkan serat selulosa sehingga menjadi kaku. *Pulping* kimia dan proses pemutihan akan menghilangkan lignin tanpa mengurangi serat selulosa secara signifikan.
- d. Ekstraktif, meliputi hormon tumbuhan, resin, asam lemak, dan unsur lainnya. Komponen ini sangat beracun bagi kehidupan perairan dan mencapai jumlah toksik akut dalam *effluent* industri kertas.

Tingkat konsumsi kertas di Indonesia sangatlah tinggi. Menurut *Indonesia Pulp & Paper Association Directory* konsumsi kertas di Indonesia mencapai 5.96 juta ton pada tahun 2006. Tingginya tingkat konsumsi kertas di Indonesia tersebut membuat pohon yang merupakan bahan baku pembuatan kertas semakin berkurang. Tercatat 65-97 juta pohon ditebang untuk memenuhi kebutuhan akan kertas pada angkatan kerja di Indonesia.

3. Material *Graphene*



Gambar 1. Struktur *Graphene*

Graphene merupakan susunan atom-atom karbon *monolayer* dua dimensi yang membentuk struktur Kristal heksagonal menyerupai sarang lebah. *Graphene* merupakan allotropi karbon yang ditemukan secara eksperimen pada tahun 2004 oleh A.K Geim dan Novoselov K.S dari *University of Manchester* dengan menggunakan teknik *scotch tape* pada lapisan terluar unsur karbon (Novoselov dkk, 2004). Satu lembar *graphene* teramat menggantung pada substrat silikon oksida dengan mikroskop optik (Geim, 2007). *Graphene* memiliki sifat yang unik dan unggul dibandingkan dengan material lain. *Graphene* tidak memiliki *band gap*, mobilitas *graphene multilayer* sekitar 15000 cm²/Vs pada suhu 300 K dan sekitar 60000 cm²/Vs pada suhu 4 K, sedangkan untuk *graphene few layer* antara 3000-10000 cm²/Vs (Geim,2007). Keunggulan lain dari sifat yang dimiliki *graphene* yaitu konduktivitas termal yang tinggi

mencapai 5000 W/mK serta memiliki keunggulan kekuatan tarik 1 TPa (Huss and All, 2010). Selain itu, material *graphene* juga dapat dimanfaatkan untuk memproduksi berbagai komponen listrik, misalnya kapasitor dan transistor, perangkat optoelektronik, LED, video display dan sel surya. Salah satu penerapan yang mungkin dilakukan untuk material ini adalah sebagai monitor yang flaksibel dan diaplikasikan dalam bidang fotovoltaik, yaitu sel surya (Efelina, 2015: 15). Secara teoritis, *graphene* sudah dipelajari selama kurang lebih enam puluh tahun dan banyak digunakan untuk menggambarkan sifat berbagai bahan yang berbasis karbon (Geim dan Novoselov, 2007).

Nama *Graphene* berasal dari *grafena + ene* (Truong, 2013). *Graphene* sendiri merupakan material yang terdiri dari banyak lembaran *graphene* yang ditumpuk secara bersama. Lembaran *graphene* satu dengan lainnya diikat dengan ikatan *Van der Waals* (Geim, 2007). Adapun sifat dan karakteristik *graphene* yang lainnya dapat dijelaskan di bawah ini:

- a. Memiliki transparasi sangat tinggi. Hal ini disebabkan oleh dimensi *graphene* yang mirip selembar kertas dan ketebalannya yang berorde atom. Meskipun memiliki transparansi yang tinggi *graphene* tetap memiliki kerapatan yang cukup tinggi yaitu $0,77 \text{ mg/m}^2$.
- b. Memiliki daya tahan terhadap tekanan sebesar 42 N/m^2 , dibandingkan dengan baja yang memiliki kekuatan tekanan $(0,25 - 1,2) \times 10^9 \text{ N/m}^2$. Jika dianggap terdapat baja yang ketebalannya sama dengan *graphene*, maka kekuatan baja

tersebut setara dengan $(0,084 - 0,40)$ N/m². Sehingga dapat dikatakan bahwa *graphene* seratus kali lebih kuat dari baja.

- c. Ikatan atom karbonnya sangat fleksibel yang memungkinkan jaringannya merenggang hingga 20% dari ukuran awal.
- d. 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*.
- e. Tingkat resistivitasnya menuju nol.
- f. Kisi-kisi pada *graphene* memungkinkan elektronnya untuk dapat menempuh jarak yang jauh dalam *graphene* tanpa gangguan. Pada konduktor normal, elektron biasanya mengalami pantulan berkali-kali yang dapat melemahkan daya kerja konduktor. Namun hal ini tidak terjadi pada *graphene*.
- g. Elektron-elektron pada *graphene* berperilaku sebagai partikel cahaya, foton-foton tanpa massa yang dalam keadaan vakum dapat bergerak dengan kecepatan 300.000.000 m/s. Elektron dalam *graphene* karena tidak memiliki massa maka dapat bergerak dengan kecepatan konstan sebesar 1.000.000 m/s. Tidak bermassa di sini adalah bahwa ketika elektron pada *graphene* bergerak

maka seolah-olah elektron tersebut tidak bermassa karena memiliki resistivitas yang hampir nol sehingga elektron dapat bergerak dengan kecepatan konstan.

- h. Dengan transparansi hampir 98% dan dapat menghantarkan arus listrik dengan sangat baik, *graphene* berpeluang untuk diaplikasikan pada pembuatan lapisan sentuh yang transparan, panel listrik, dan sel surya
- i. Campuran 1% *graphene* dengan bahan plastik dapat membuat bahan plastik bersifat menghantarkan panas. Resistansi plastik akan meningkat sampai 30°C bersamaan dengan meningkatnya kekuatan mekanis. Hal ini memberi peluang untuk menghasilkan material baru yang sangat kuat, tipis, elastis, dan tembus pandang.
- j. 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 melewatiinya. Namun hal ini tidak berlaku pada elektron yang bergerak di dalam *graphene*, elektronnya dapat bergerak bebas layaknya tidak ada penghalang (Widiatmoko, 2015).

4. Sintesis Material *Graphene*

Sintesis material *graphene* dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode *top down* dan metode *bottom up* (Truong, 2013). Metode *bottom up* adalah metode sintesis *graphene* dengan cara menggabungkan atau menumbuhkan secara langsung atom-atom karbon menjadi *graphene*. Sedangkan metode *top down* adalah metode

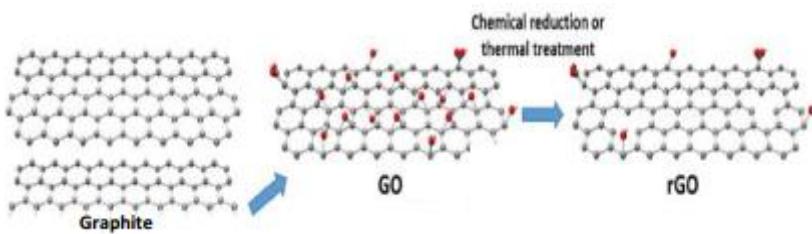
sintesis *graphene* dengan cara membelah material *graphite* menjadi lembaran-lembaran *graphene*. Salah satu contoh metode *bottom up* adalah *chemical vapor depositon* (CVD). CVD adalah metode sintesis *graphene* yang menggunakan susbtrat SiO_2 sebagai media penggabungan atau pertumbuhan atom-atom karbon menjadi *graphene*. Metode ini dapat menghasilkan *graphene* dalam jumlah yang banyak tetapi kualitasnya tidak sebaik metode lainnya (Ilhami, 2014).

Ada beberapa metode *top down* diantaranya adalah *mechanical exfoliation* (ME), *reduksi graphene oxide* (RGO), *liquid exfoliation* (LE), dan lain sebagainya (Truong, 2013). Metode ME merupakan metode yang pertama kali digunakan untuk mensintesis *graphene* oleh penemu *graphene* sendiri yaitu, Geim dan Novoselov (Low, dkk, 2012). Metode ME dilakukan dengan cara mengelupas lapisan-lapisan kristalin *graphite* atau karbon hingga skala mikrometer menggunakan silitip. Satu lembar *graphene* teramat menggantung pada substrat silikon oksida dengan mikroskop optik (Geim, 2007). Metode reduksi *graphene oxide* yaitu metode yang melewati dua tahap pengoksidasi yaitu dari *graphite* menjadi *graphite oxide* dan *graphite oxide* menjadi *graphene oxide* (GO) (Vita, 2015). Metode *liquid exfoliation* (LE) adalah metode sintesis *graphene* dalam fase cair yang menggunakan teknologi surfaktan (Shuai, 2014).

5. Sintesis Material *Reduce Graphene Oxide* (rGO)

Proses perubahan GO dapat merusak lapisan grafena dan memiliki konsekuensi lebih lanjut saat pengurangan senyawa (oksigen dan hidrogen). GO mengandung beberapa lapisan grafena tunggal yang di dalam ikatan heksagonalnya

terdapat ikatan antara karbon dengan oksigen dan hidrogen (tergantung dari media dasar). Pengurangan oksigen dan hidrogen yang dilakukan untuk menghasilkan rGO adalah proses yang sangat penting karena memiliki dampak besar pada kualitas GO yang dihasilkan sehingga mempengaruhi sifat fisika dari rGO. Preparasi rGO dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Preparasi rGO

GO digunakan sebagai bahan dasar dalam pembentukan rGO dengan cara reduksi kimia dan reduksi termal. Proses preparasi rGO ditunjukkan pada Gambar 2 (Jianchang, 2014). Lapisan oksida karbon tersebut dapat dikelupas dalam media air dengan ultrasonik (Kim, 2010). Pengelupasan uktrasonik pada umumnya dilakukan selama 2 jam (Loryuenyong, 2013). Lapisan dari rGO biasanya mengandung lebih sedikit ikatan oksigen akibat reduksi yang dapat dilakukan dengan pengelupasan menggunakan ultrasonik (Fu, 2013). Reduksi GO menggunakan reduksi kimia adalah metode yang sangat terukur, namun sayangnya rGO yang diproduksi seringkali menghasilkan hasil yang relative buruk dalam hal luas permukaan dan konduktivitas elektronik. Reduksi GO pada suhu 1000 °C atau lebih dapat menciptakan rGO yang telah terbukti memiliki luas permukaan yang sangat tinggi, mendekati grafena murni.

6. Charging Liquid Chemical Exfoliation

Metode LE pertama kali diperkenalkan oleh Coleman dkk pada tahun 2008. LE adalah salah satu metode sintesis *graphene* dalam fase cair menggunakan teknologi surfaktan. Sintesis menggunakan LE dilakukan dengan cara mencampur serbuk *graphite* ke dalam larutan surfaktan anionik (fungsi pembersih) yang kemudian didiamkan satu malam. Surfaktan akan bekerja selama satu malam agar didapatkan material *graphene*. Teknologi surfaktan dalam metode ini berfungsi untuk melemahkan ikatan van Der Waals antar lembaran *graphene* pada material *graphite*. Metode LE menjadi metode yang efisien karena caranya yang mudah dan murah, namun dapat menghasilkan lembaran *graphene* dengan kualitas yang baik (Wang, dkk, 2014).

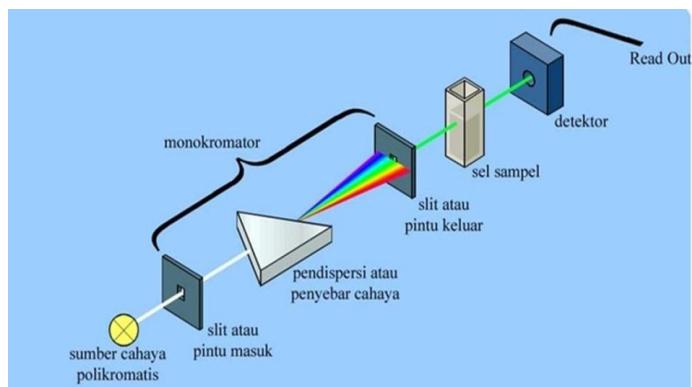
CE merupakan metode yang mudah digunakan, tetapi hanya akan menghasilkan *graphene* dalam jumlah yang sedikit. Metode ini menggunakan pengelupasan secara kimiawi pada *graphite*. Kertas yang merupakan sumber karbon dilarutkan dengan asam kuat dan basa kuat untuk menghasilkan *Graphite*. *Graphite* yang berupa padatan, dilarutkan dengan aquades untuk kemudian dilakukan *charging*.

Kedua metode ini sangat baik jika digabungkan dan ditambahkan proses *charging*, sehingga menjadi metode *charging liquid chemical exfoliation* (CLCE), dimana exfoliasi kimia dilakukan dengan mencampur asam kuat (H_2SO_4) dan basa kuat (NaOH). Oleh karena itu, metode tersebut dapat memisahkan lapisan-lapisan *graphene* yang membentuk larutan *graphene*.

7. Spektrofotometer Uv-Vis

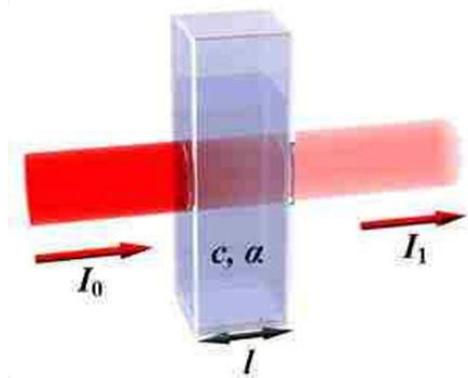
Spektrofotometri sinar tampak UV-Vis adalah pengukuran serapan cahaya oleh suatu sistem kimia pada panjang gelombang tertentu menggunakan sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat 190-380 nm dan sinar tampak 380-780 nm dengan memakai instrumen spektrofotometer. Spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan, atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu, dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi (Dhian. P, 2016).

Spektrofotometer UV-Vis adalah salah satu cara untuk mengetahui karakteristik *graphene*. Interaksi sumber radiasi yang digunakan untuk mengidentifikasi sempel *graphene* adalah absorbansi pada panjang gelombang tertentu. Instrumen spektrofotometer terdiri dari sumber cahaya, monokromator, sel sampel, detektor, dan *read out* (pembaca). Sumber radiasi berasal dari sinar polikromatik. Sinar polikromatik didispersikan menjadi sinar monokromatik yang dikenakan pada sampel yang kemudian sinar transmisinya terdeteksi oleh detektor. Hasil yang terbaca oleh detektor yaitu berupa data absorbansi cahaya yang diserap oleh sampel pada panjang gelombang tertentu. Absorbansi panjang gelombang tertentu menunjukkan karakter dari suatu senyawa partikel (Octavia, 2014).



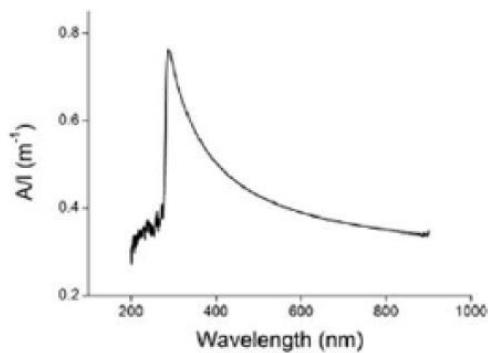
Gambar 3. Instrumen spektrofotometer Uv-Vis

Proses terjadinya absorbansi cahaya pada spektrofotometer adalah ketika cahaya dengan berbagai panjang gelombang (polikromatis) mengenai suatu zat, maka cahaya dengan panjang gelombang tertentu saja yang akan diserap. Di dalam suatu molekul yang memegang peranan penting adalah elektron valensi dari setiap atom yang ada hingga terbentuk materi. Elektron-elektron yang dimiliki oleh suatu molekul dapat berpindah (eksitasi), berputar (rotasi), dan bergetar (vibrasi) jika dikenai suatu energi (Seran, 2011). Jika zat menyerap cahaya tampak dan UV, maka akan terjadi perpindahan elektron dari keadaan dasar menuju ke keadaan tereksitasi. Perpindahan elektron ini disebut transisi elektronik. Pada spektrofotometer, cahaya datang atau masuk yang mengenai permukaan zat dan cahaya setelah melewati zat tidak dapat diukur, yang dapat diukur adalah perbandingan cahaya dengan cahaya setelah melewati materi (sampel) (Seran, 2011). Proses penyerapan cahaya oleh suatu zat dapat diilustrasikan pada Gambar 4.



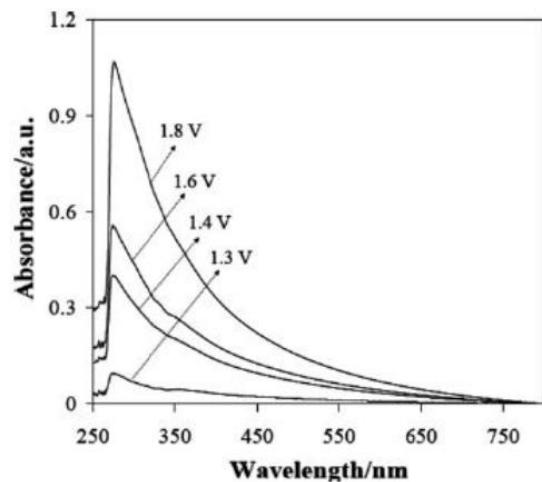
Gambar 4. Proses penyerapan cahaya oleh zat dalam sel sampel

Spektrofotometer UV-Vis adalah salah satu cara untuk mengkarakterisasi *graphene*. Karakterisasi tersebut dapat diidentifikasi melalui nilai absorbansi hasil spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang tertentu. Absorbansi oleh sampel akan mengakibatkan terjadinya transisi elektron, yaitu elektron-elektron dari orbital dasar akan tereksitasi ke orbital yang lebih tinggi. Ketika elektron kembali ke orbital asal, elektron tersebut memancarkan energi dan energi itulah yang terdeteksi sebagai puncak-puncak absorbansi (Vita, 2015).



Gambar 5. Spektrum absorbansi Uv-Vis dengan metode LE

Pada Gambar 5, puncak teramati pada panjang gelombang 200 nm sampe 400 nm yang merupakan karakteristik dari *graphene* atau *graphene oxide* (Wang, dkk, 2014). Karakterisasi lain dilakukan oleh Murat (2011) yang disintesis menggunakan metode LE yang dikombinasikan dengan metode elektrolisis. Hasil karakterisasinya dapat dilihat pada gambar 6. Puncak teramati pada panjang gelombang antara 250 nm sampe 350 nm yang merupakan karakter *graphene* atau *graphene oxide* (Murat, dkk, 2011).



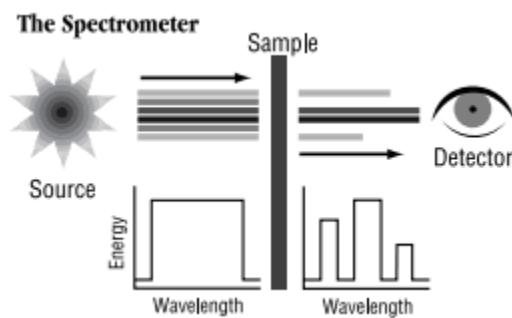
Gambar 6. Spektrum absorbansi Uv-Vis dengan metode LE dan elektrolisis

8. Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy (FTIR)

FTIR merupakan singkatan dari *Fourier Transform Infra Red*. Di mana FTIR ini adalah teknik yang digunakan untuk mendapatkan spektrum inframerah dari

absorbansi, emisi, fotokonduktivitas atau *Raman Scattering* dari sampel padat, cair, dan gas. Karakterisasi dengan menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis vibrasi antar atom. FTIR juga digunakan untuk menganalisa senyawa organik dan anorganik serta analisa kualitatif dan analisa kuantitatif dengan melihat kekuatan absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu (Hindrayawati, 2010; Mujiyanti dkk, 2010).

Spectroscopy FTIR menggunakan sistem optik dengan laser yang berfungsi sebagai sumber radiasi yang kemudian diinterferensikan oleh radiasi inframerah agar sinyal radiasi yang diterima oleh detektor memiliki kualitas yang baik dan bersifat utuh (Giwangkara, 2006). Prinsip kerja FTIR berupa *infrared* yang melewati celah kesampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar *infrared* lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim kekomputer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 dibawah ini (Thermo, 2001).



Gambar 7. Skematik prinsip kerja FTIR

Analisis menggunakan spektrometer FTIR memiliki beberapa kelebihan utama dibandingkan dengan metode konvensional yaitu:

- a. Dapat digunakan pada semua frekuensi dari sumber cahaya secara simultan, sehingga analisis dapat dilakukan lebih cepat dari pada menggunakan cara *scanning*.
- b. Sensitivitas FTIR adalah 80-200 kali lebih tinggi dari instrumentasi standar karena resolusinya lebih tinggi (Razi, 2012). Sensitifitas dari metoda Spektrofotometri FTIR lebih besar dari pada cara dispersi, sebab radiasi yang masuk ke sistem detektor lebih banyak karena tanpa harus melalui celah (*slitless*) (Giwangkara S, 2012).
- c. Pada FTIR, mekanik optik lebih sederhana dengan sedikit komponen yang bergerak dibanding spektroskopi infra merah lainnya, dapat mengidentifikasi material yang belum diketahui, serta dapat menentukan kualitas dan jumlah komponen sebuah sampel (Hamdila, 2012).

B. Kerangka Berfikir

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis *reduce graphene oxide* berbahan dasar karbon yang bersumber dari limbah kertas menggunakan metode CLCE. Metode CLCE adalah gabungan dari metode LE dan CE yang dikombinasikan dengan *charging*. Metode LE adalah satu metode sintesis *graphene* dalam fase cair dengan mencampur serbuk *graphene* ke dalam larutan dan dikombinasikan dengan proses *charging*. Metode CE adalah metode yang menggunakan pengelupasan secara

kimiawi pada *graphite*. Kertas yang merupakan sumber karbon dilarutkan dengan asam kuat dan basa kuat untuk menghasilkan *Graphite*. Karakterisasi yang digunakan adalah melihat panjang gelombang dan absorbansi dari spektrofotometer UV-Vis, dan untuk mengetahui jenis-jenis vibrasi antar atom dan menganalisa senyawa organik dan anorganik serta analisa kualitatif dan analisa kuantitatif dengan melihat kekuatan absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan FTIR.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Tempat Penelitian
 - a. Pencampuran antara larutan H_2SO_4 (Asam Kuat), larutan $NaOH$ (Basa Kuat), aquades, dan kertas buram dilakukan di Laboratorium Fisika Koloid Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam Universitas Negeri Yogyakarta.
 - b. Proses sintesis GO dengan menggunakan metode lucutan listrik dilakukan di Laboratorium Fisika Koloid Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.
 - c. Pengujian dengan menggunakan UV-Vis Spektrofotometer dilakukan di Laboratorium Kimia lantai 2 FMIPA UNY.
2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2016 – Maret 2017.

B. Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, variabel penelitian yang muncul terdapat pada pengukuran karakteristik absorbansi dari larutan sampel GO yang disintesis dengan metode lucutan listrik menggunakan instrumen UV-Vis Spektrofotometer.

1. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi lama waktu pelucutan listrik pada larutan sampel GO yaitu 1 jam, 2 jam, 3 jam.

2. Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu tegangan DC sebesar ± 20 Volt.
3. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai absorbansi sampel GO yang diukur menggunakan UV-Vis Spektrofotometer.

C. Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk ke dalam jenis penelitian eksperimen. Eksperimen ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian variasi lama waktu pelucutan listrik terhadap absorbansi dari GO yang disintesis menggunakan metode lucutan listrik. Untuk itu penelitian ini melakukan pengujian sampel menggunakan UV-Vis Spektrofotometer terhadap larutan sampel yang dihasilkan dari pelucutan listrik.

D. Alat Dan Bahan

1. Alat-Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Rangkaian tegangan DC
- b. Kabel penghubung
- c. Gelas beker 500 ml
- d. Gelas beker 250 ml
- e. Gelas ukur 20 ml
- f. Gelas ukur 250 ml
- g. Alumunium foil
- h. Rak tabung reaksi
- i. Timbangan digital 5 digit
- j. Tabung reaksi

- k. Pipet tetes
 - l. Plat alumunium
 - m. Multimeter
 - n. Akuarium
 - o. Sterofoam
2. Bahan-Bahan Penelitian
- Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
- a. H_2SO_4 (Asam Sulfat) Pekat
 - b. NaOH (Natrium Hidroksida)
 - c. Aquades
 - d. Kertas buram

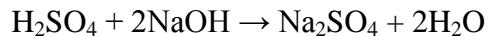
E. Langkah Kerja

1. Cara kerja rangkaian tegangan DC

Sumber yang berasal dari PLN 220 A, diturunkan menggunakan trafo (step down) untuk mendapatkan arus yang lebih kecil. Selanjutnya arus akan melalui diode untuk diubah menjadi arus searah (DC). Arus DC yang belum stabil, distabilkan menggunakan regulator untuk mendapatkan arus DC yang stabil. Arus DC akan masuk ke dalam kapasitor untuk menjadi arus DC dengan gelombang yang rata. Untuk mengatur besar tegangan menjadi 20 volt digunakan potensiometer.

2. Pembuatan Larutan Untuk Pelucutan Listrik

Sobekan kertas buram ditimbang menggunakan timbangan digital sebanyak 5 gram. Kemudian dimasukkan kedalam gelas beker 250 ml. NaOH sebanyak 50 ml dengan konsentrasi 35,7% dituangkan ke dalam gelas beker tersebut. Didalam gelas yang sama ditambahkan H₂SO₄ sebanyak 50 ml dengan konsentrasi 35,7% sedikit demi sedikit. Setelah reaksi sudah mulai berkurang, ditambahkan aquades sebanyak 40 ml. Berikut reaksi kimia yang terjadi setelah pencampuran:



Setelah semua tercampur larutan didiamkan selama seharian untuk proses pengendapan kertas buram yang telah mengalami reaksi.

3. Sintesis GO Dengan Metode Lucutan Listrik

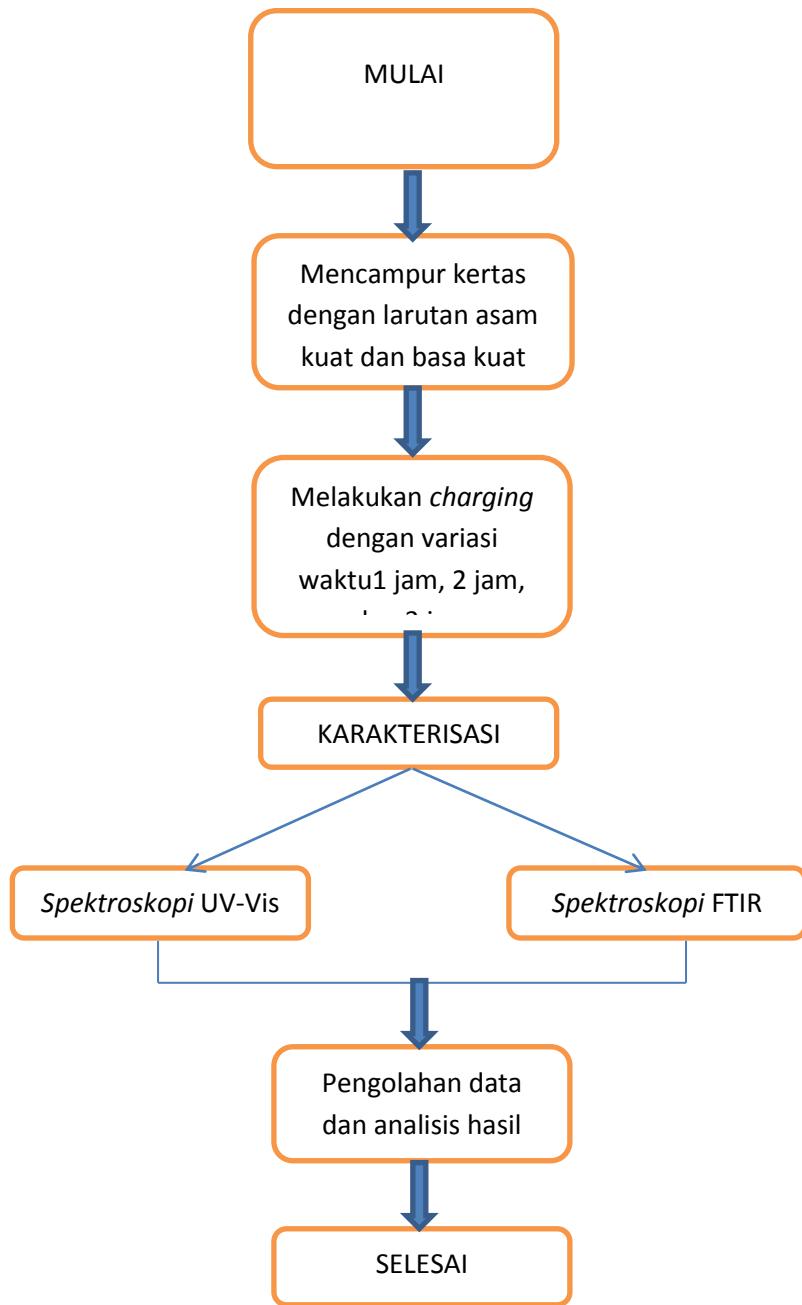
Plat alumunium dipotong persegi panjang digunakan sebagai elektroda. Rangkaian tegangan DC disiapkan dan tegangannya diatur sebesar ±20 V. Akuarium disiapkan sebagai wadah untuk melakukan sintesis GO. Aquades sebanyak 200 ml disiapkan menggunakan gelas beker dan dimasukkan ke dalam akuarium yang akan digunakan sebagai wadah sintesis GO. Larutan sumber karbon disiapkan sebanyak 5 ml menggunakan gelas ukur 20 ml dan dimasukkan ke dalam akuarium yang sudah berisis aquades sebanyak 200 ml. Kemudian plat yang sudah dipasang dengan sterofoam diset dengan akuarium dan jarak antara elektroda diatur sebesar 1 cm untuk terjadi proses lucutan listrik. Setelah semua bahan dan alat sudah dipasang, kedua elektroda disambungkan dengan

raingkaian tegangan DC menggunakan kabel penghubung. Pelucutan listrik dilakukan dengan memvariasi waktu pelucutan selama 1 jam, 2 jam, 3 jam. Setelah proses pelucutan larutan sampel dipindahkan kedalam tabung sampel berukuran 5 ml.

4. Pengujian UV-Vis Spektrofotometer

Larutan sampel hasil pelucutan listrik diuji menggunakan alat UV-Vis Spektrofotometer untuk mengetahui nilai panjang gelombang dan absorbansi dari masing-masing larutan sampel. Dari pengujian ini dapat diperkirakan material apa saja yang ada didalam larutan sampel termasuk GO.

F. Diagram Alir



BAB IV

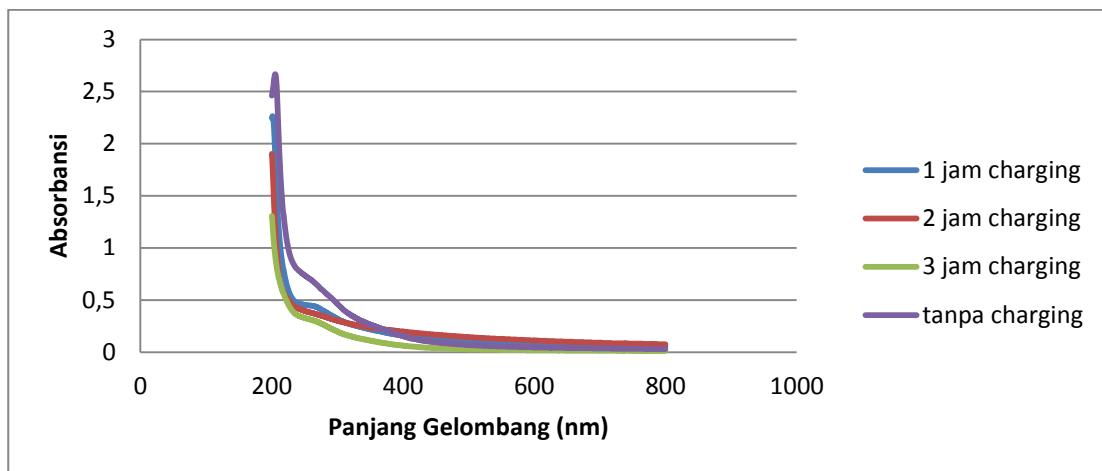
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas tentang hasil yang diperoleh dari penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini yaitu mensintesis rGO dengan menggunakan metode CLCE yang menggunakan limbah kertas sebagai sumber penghasil rGO terhadap hasil karakterisasi spektrofotometer UV-Vis dan FTIR.

A. Hasil Sintesis *Reduce Graphene Oxide* Metode CLCE

Metode yang digunakan untuk mensintesis rGO pada penelitian ini adalah CLCE. Metode CLCE ini tergolong dalam metode *top-down* karena dapat menghasilkan material rGO dengan cara mengelupas dari suatu bahan (material grafit). Hal ini disebabkan karena pada dasarnya material *graphene* merupakan bahan penyusun dasar untuk material grafit. Metode ini menggunakan dua prinsip yaitu LE dengan kombinasi *charging* dan CE.

Metode CE dilakukan dengan melarutkan kertas sebagai sumber carbon dengan larutan asam kuat dan basa kuat. Reaksi yang dihasilkan dari pencampuran asam kuat dan basa kuat berfungsi sebagai pemecah atau pengelupas *graphite* yang bertujuan untuk mendapatkan *graphene* yang lebih halus. Metode LE dilakukan dengan mencampur larutan *graphite* ke dalam aquades yang kemudian dilakukan proses *charging* dengan waktu yang bervariasi untuk mengetahui pengaruh lama waktu *charging* terhadap hasil absorbansi material rGO.



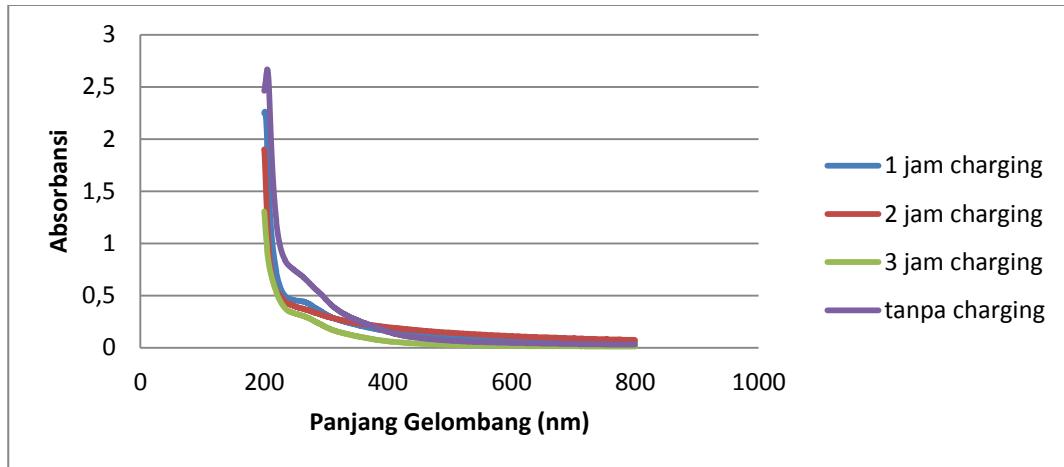
Gambar 8. Hasil sintesis RGO

Dari Gambar 8, dapat dilihat bahwa rGO disintesis dengan metode CLCE yang kemudian diberikan tegangan 35 Volt dengan waktu *charging* 1 jam, 2 jam, 3 jam. Gambar 8 dapat diamati bahwa semakin lama waktu *charging* yang diberikan, maka cairan semakin bertambah bening. Hal tersebut dapat menjadi salah satu indikasi berubahnya ukuran partikel *graphene* walaupun belum dibuktikan secara kuantitatif.

B. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer Uv-Vis

Karakterisasi sifat optik rGO diperoleh menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis menghasilkan data panjang gelombang dan absorbansi. Nilai absorbansi yang didapat diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 200-800 nm. Pada proses *charging*, tegangan yang digunakan sebesar 35 Volt dengan variasi lama waktu

charging 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Hasil karakterisasi absorbansi dari proses *charging* dapat dilihat pada Gambar 9 berikut:

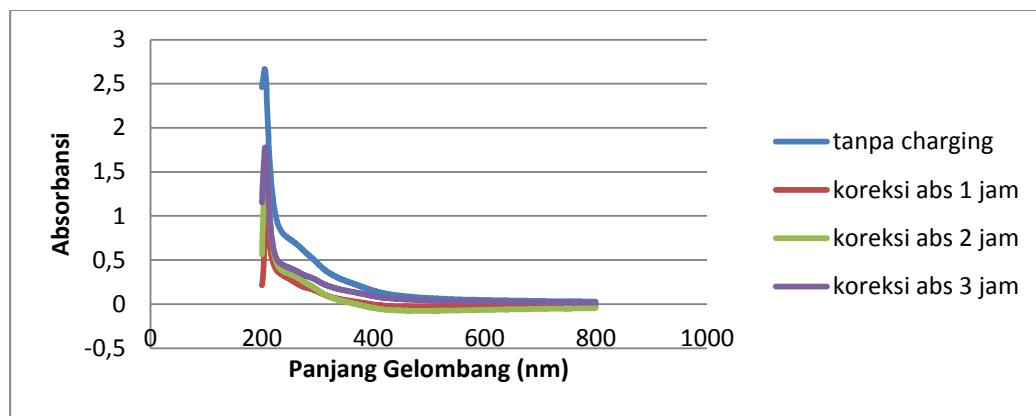


Gambar 9. Kurva absorbansi rGO dengan variasi lama waktu *charging*

Grafik absorbansi rGO pada Gambar 9 memiliki perbedaan yang cukup jelas. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai panjang gelombang dan absorbansi yang semakin turun. Penurunan nilai absorbansi akan terlihat lebih jelas setelah dilakukan proses *charging*. Panjang gelombang yang teramati pada saat sebelum *charging* adalah 254 nm dengan absorbansi 0,721. Panjang gelombang mengalami penurunan setelah dilakukan proses *charging* menjadi 261,5 nm dengan absorbansi 0,445 dengan lama waktu *charging* 1 jam. Pada lama waktu charging 2 jam teramati panjang gelombang 264 nm dengan absorbansi 0,371, sedangkan pada lama waktu charging 3 jam teramati panjang gelombang 267 nm dengan absorbansi 0,296. Penurunan panjang gelombang dan absorbansi dikarenakan pengelupasan material *graphene* yang semakin banyak, seiring dengan bertambahnya lama waktu charging. Penurunan

nilai absorbansi disebabkan semakin berkurangnya jumlah material rGO akibat adanya efek elektrolisis. Muatan pada material rGO akan mengakibatkan material rGO menempel pada salah satu lempeng tembaga. Hal ini dapat dilihat dari adanya lapisan tipis yang menempel pada lempeng tembaga.

Untuk melihat efek dari pemberian tegangan pada bahan, data akan dikoreksi dengan cara pengurangan data antara tanpa *charging* dengan proses *charging*. Maka akan diperoleh data seperti pada Gambar 10 berikut :



Gambar 10. Kurva absorbansi terkoreksi

Perbedaan yang terlihat yaitu puncak absorbansi dan puncak panjang gelombang yang dihasilkan cenderung berbentuk lancip dibandingkan dengan sebelum proses pengurangan. Selain itu, terdapat dua puncak yang teramat pada grafik yang merupakan salah satu ciri khas dari material *reduce graphene oxide*. Puncak pertama merupakan panjang gelombang maksimal dimana titik tersebut

merupakan nilai tertinggi dibandingkan dengan puncak kedua yang memiliki titik puncak yang lebih rendah dan berada disebelah kanan dari puncak pertama.

Dari Gambar 9 menunjukkan absorbansi dari material rGO yang diperoleh berdasarkan proses *charging*. Nilai yang diperoleh dari masing-masing puncak adalah sebagai berikut, pada lama waktu charging 3 jam puncak teramati pada panjang gelombang 244,5 nm, pada lama waktu charging 2 jam teramati 256 nm, sedangkan pada lama waktu charging 1 jam teramati 265,5 nm.

Absorbansi sinar UV dan sinar tampak dalam uji spektrofotometer UV-Vis ini pada umumnya dihasilkan oleh eksitasi elektron–elektron ikatan, akibatnya panjang gelombang pita yang mengabsorbansi dapat dihubungkan dengan ikatan yang mungkin ada dalam molekul yang diuji tersebut (Gandjar dan Rohman, 2012: 228-229). Hasil karakterisasi spektrofotometer dengan variasi lama waktu *charging* 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan tanpa *charging* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil karkterisasi UV-Vis dengan variasi *charging*

Waktu (jam)	Puncak	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi
Tanpa (0)	1	254	0,721
1	1	261,5	0,445
2	1	264	0,371
3	1	267	0,296

Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa puncak absorbansi semakin turun seiring dengan bertambahnya waktu pada proses *charging*. Artinya, semakin lama waktu charging

yang dibutuhkan, semakin banyak pula material *graphene* yang terkelupas. Hal tersebut dapat ditunjukkan pada proses sintesis reduce *graphene oxide* yang menunjukkan semakin berwarna bening pada cairan hasil sintesis.

Setelah dilakukan koreksi data yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh *charging* pada bahan, dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Karakterisasi dengan variasi tegangan terkoreksi

Waktu (Jam)	puncak	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
Tanpa (0)	2	254	0,721
1	2	265,5	0,228
2	2	256	0,328
3	2	244,5	0,425

Tabel 2 menunjukkan hasil karakterisasi spektrofotometer UV-Vis dengan variasi lama waktu *charging*. Dari tabel dapat dilihat semua memiliki 1 titik puncak yang merupakan salah satu ciri khas dari material RGO. Puncak-puncak yang teramat berada pada gelombang 230 nm sampai 310 nm yang merupakan karakterisasi RGO atau *graphene multilayer* (Efeline, 2015).

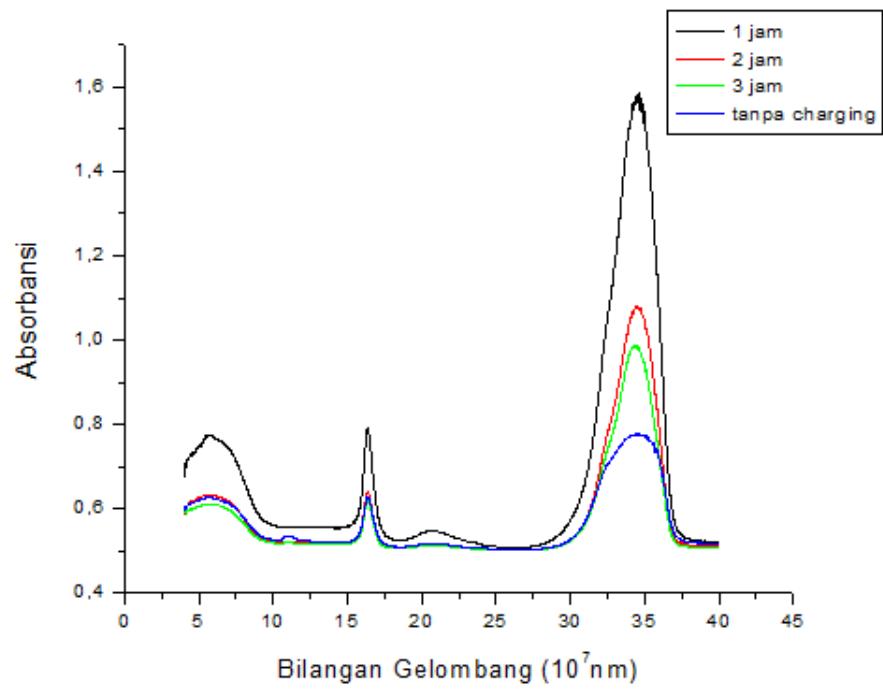
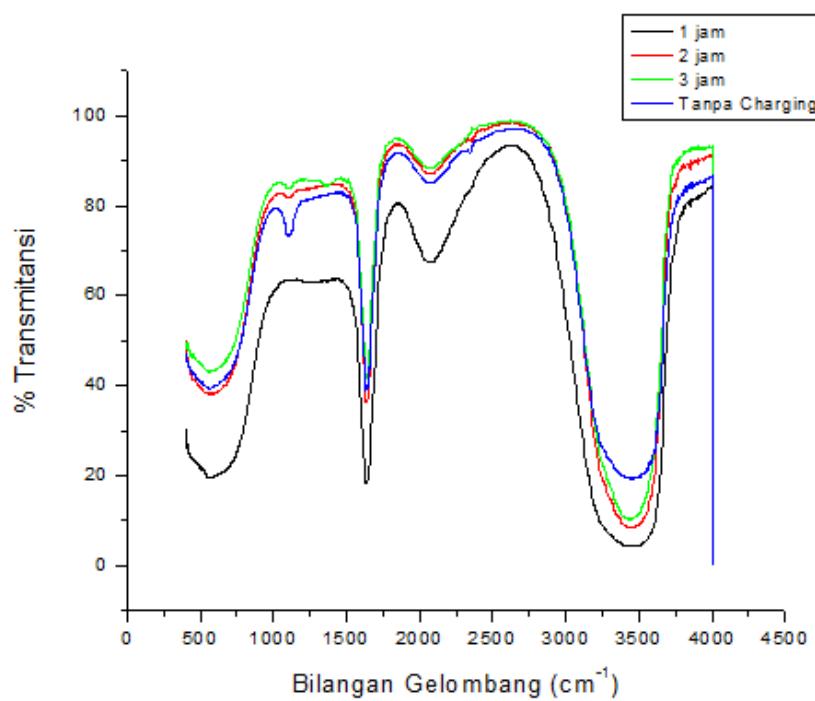
Puncak-puncak pada panjang gelombang 223,5 nm dan 221,0 nm, menunjukkan terjadinya transisi elektronik $\pi-\pi^*$ yang merupakan karakter transisi elektronik dari GO. Sedangkan, puncak di sekitar 250-270 nm menunjukkan transisi elektronik $n-\pi^*$ yang menunjukkan adanya material GO yang tereduksi atau rGO.

Besar kemungkinan jika lama waktu *charging* yang diberikan semakin besar, maka lembaran–lembaran *graphene* akan semakin banyak terkelupas hingga akhirnya didapatkan *graphene single layer*.

Penurunan nilai absorbansi menunjukkan adanya pengaruh pemberian variasi lama waktu *charging* pada sampel. Artinya, berkurangnya nilai absorbansi adalah akibat dari adanya efek elektrolisis, karena muatan pada rGO mengakibatkan material rGO akan menempel pada salah satu plat tembaga. Hal tersebut dapat dilihat dari adanya lapisan tipis yang menempel pada lempeng tembaga tersebut.

C. Hasil Karakterisasi *Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy (FTIR)*

Karakterisasi FTIR digunakan untuk menganalisa senyawa organik dan anorganik serta analisa kualitatif dan analisa kuantitatif dengan melihat kekuatan absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu (Hindrayawati, 2010; Mujiyanti dkk, 2010). Pada penelitian ini terdapat 4 sampel yang dianalisis dengan FTIR dengan variasi lama waktu *charging* 0 jam, 1 jam, 2 jam, dan 3 jam seperti yang ditunjukkan Gambar 11.

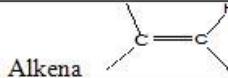
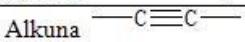


Gambar 11. Kurva Karakterisasi FTIR

Spektrofotometri FTIR mengamati interaksi molekul terhadap gelombang inframerah pada bilangan gelombang 400 cm^{-1} hingga 4000 cm^{-1} . Interaksi molekul dan radiasi elektromagnetik ini mampu menunjukkan molekul yang terkandung dalam suatu bahan pada panjang gelombang tertentu. Struktur larutan sampel teramat pada spektrum transmitansi untuk variasi lama waktu *charging* yang ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.

Adanya cekungan atau gelombang pada spektrum transmitansi menunjukkan adanya partikel yang berinteraksi dengan radiasi inframerah pada panjang gelombang tersebut. Cekungan tersebut menunjukkan ikatan unsur pada sampel yang diuji. Untuk bilangan gelombang yang berada di sebelah kanan dari 1000 cm^{-1} disebut daerah sidik jari atau *fingerprint*, dimana pada daerah ini terjadi absorpsi yang disebabkan oleh bermacam-macam interaksi sehingga tidak mungkin dapat menginterpretasikan dengan tepat. Sedangkan untuk bilangan gelombang 1000 cm^{-1} sampai 4000 cm^{-1} yang berada di bagian kiri spektrum IR merupakan daerah khusus yang berguna untuk identifikasi gugus-gugus fungsional.

Tabel 3. Spektra IR

Ikatan	Tipe Senyawa	Daerah frekuensi (cm ⁻¹)	Intensitas
C - H	Alkana	2850 – 2970 1340 - 1470	Kuat Kuat
C - H	Alkena 	3010 – 3095 675 - 995	Sedang Kuat
C - H	Alkuna 	3300	Kuat
C - H	Cincin Aromatik	3010 – 3100 690 – 900	Sedang Kuat
O - H	Fenol, monomer alkohol, alkohol ikatan hidrogen, fenol monomer asam karboksilat, ikatan hidrogen asam karboksilat	3590 – 3650 3200 – 3600 3500 – 3650 2500 - 2700	Berubah-ubah Berubah-ubah, terkadang melebar Sedang Melebar
N - H	Amina, Amida	3300 – 3500	Sedang
C=C	Alkena	1610 – 1680	Berubah-ubah
C≡C	Cincin Aromatik	1500 – 1600	Berubah-ubah
C≡C	Alkuna	2100 – 2260	Berubah-ubah
C - N	Amina, Amida	1180 – 1360	Kuat
C≡N	Nitril	2210 – 2280	Kuat
C - O	Alkohol, Eter, Asam Karboksilat, Ester	1050 – 1300	Kuat
C=O	Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester	1690 – 1760	Kuat
NO ₂	Senyawa Nitro	1500 – 1570 1300 - 1370	Kuat Kuat

Sumber : *Principle of Instrumental Analysis*, Skoog, Holler, Nieman, 1998.

Hasil analisis FTIR pada sampel yang tidak diberikan perlakuan *charging* diperoleh ikatan C-O (*carboxylic acids*) pada bilangan gelombang 1106,07 cm⁻¹, ikatan C=C (*alkenes*) pada bilangan gelombang 1633,63 cm⁻¹, ikatan C≡C (*alkynes*) pada bilangan gelombang 2077,34 cm⁻¹ dan ikatan O-H (*alcohols*) pada bilangan gelombang 3444,84 cm⁻¹. Dari hasil FTIR pada sampel yang tidak diberikan perlakuan *charging* merupakan GO, karena terdapat ikatan C-O (*carboxylic acids*) yang merupakan gugus fungsional oksigen.

Hasil analisis FTIR pada sampel setelah diberikan perlakuan *charging* dengan variasi lama waktu *charging* mengalami perubahan dengan menghilangnya ikatan C-O (*carboxylic acids*) pada bilangan gelombang $1106,07\text{ cm}^{-1}$, hal tersebut menunjukkan adanya pengaruh proses *charging*. Menghilangnya ikatan C-O (*carboxylic acids*) berdampak pada tereduksinya unsur O (oxide) yang bisa disimpulkan sampel setelah diberikan perlakuan *charging* berubah menjadi RGO.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan , dapat disimpulkan bahwa:

1. Sintesis nanomaterial GO dapat dilakukan dengan bahan dasar limbah organik yang berasal dari limbah kertas menggunakan metode CLCE dengan variasi lama waktu *charging*. Namun semakin lama waktu charging jumlah rGO pada sampel turun yang ditandai dengan penurunan nilai absorbansi.
2. Hasil karakterisasi spektrofotometer UV-Vis adalah semakin lama waktu *charging* maka puncak bergeser ke panjang gelombang yang lebih besar (*redshift*) dan nilai absorbansi yang semakin turun. Puncak yang teramati pada panjang gelombang 200 nm sampai 370 nm yang merupakan karakterisasi GO atau *graphene multilayer*. Hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR adalah semakin besar lama waktu *charging* maka ikatan C-O menghilang disebabkan material GO sudah tereduksi menjadi rGO.

B. Saran

Setelah penelitian ini selesai, terdapat beberapa saran dari peneliti sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Untuk peneliti selanjutnya bisa menggunakan variasi lama waktu atau besar tegangan untuk mengetahui lebih jelas pengaruhnya.

2. Peneliti selanjutnya bisa lebih memperhatikan pengaruh bahan atau bentuk anoda dan katoda dalam proses *charging*.
3. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut tentang sintesis material *graphene oxide* menjadi *graphene* dengan menggunakan metode – metode lainnya.
4. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan karakterisasi SEM untuk mengetahui struktur material yang terdapat pada bahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. & Khaerurijjal. (2009). *Karakterisasi nanopartikel: teori, penerapan, dan pengolahan data*. Bandung: Rezeki Putra.
- Dhian, P. (2016). *Preparasi nanomaterial karbon menggunakan metode liquid mechanical exfoliation dibantu oleh linear alkylbenzena variasi waktu pencampuran*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakata, 2008, Profil Bidang Kebersihan, Yogyakarta.
- Fu, Changjing, et al. (2013). *Evaluation and Characterization of reduced Graphene Oxide Nanosheets as Anode Materials for Lithium-Ion Batteries*. Int. J. Electrochem. Sci., 8,6269-6280.
- Gandjar, I.B. & Rohman, A. (2012). *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Giwangkara SEG. (2006). Aplikasi logika syaraf fuzzy pada analisis sidik jari minyak bumi menggunakan spetrofotometer infra merah-transformasi fourier (FT-IR). *Skripsi*. Cepu (ID): Sekolah Tinggi Energi dan Mineral.
- Hamdila, J.D. 2012. Pengaruh Variasi Massa Terhadap Karakteristik Fungsionalitas dan Termal Komposit MgO-SiO₂ Berbasis Silika Sekam Padi Sebagai Katalis. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Hindrayawati & Mujiyanti. (2010). Jenis-jenis dan sifat-sifat bambu, silika, ekstraksi silika, keramik silika, dan karakterisasinya. *Skrips*. Universitas Lampung, Lampung.
- Hosokawa, M., et al (eds.). (2007). *Nanoparticle Technology Handbook*. Amsterdam: Elsevier.
- Huss, E. & All, F.(2010). *Graphene*. The Royal Swedish Academy of Science.
- Ilhami, M. R., & Susanti, D. (2014). *Pengaruh massa zn dan temperatur hydrothermal terhadap struktur dan sifat elektrik material graphene*. Teknik Pomits. Vol 3. Hlm. 2.

Jianchang, L., et al. (2014). *The Preparation of Graphene Oxide and Its Derivatives and Their Application in Bio-Tribological Systems*. University of Twente, Netherlands. Vol. 2, p. 137-161.

K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S. V. Dubonos, I. V. Grigorieva, and A. A. Firsov, Electric field effect in atomically thin carbon films, *Science*, vol. 306, no.5696, 2004, pp. 666-669.

Kim, Hyunwoo. (2010). *Graphene/Polymer Nanocomposites*. Macromolecules. Vol 43. 6515-6530.

La Fuente, J.D. 2013. Graphene uses application. Diakses Dari <http://www.graphenea.com/pages/graphene-uses-application>. Di unduh pada tanggal 11 April 2017 pukul 18.00 WIB.

Loryuenyong, V., et al. (2013). *Preparationand Characterization of Reduced Graphene Oxide Sheets via Water-Based Exfoliation and Reduction Methods*. Journal of Advances in Materials Science and Engineering. 2013, 1-5.

Murani, Sri. (2005). Pembuatan Pulp Dari Pelepas Pisang. Bandung: Skripsi. Universitas Diponogoro.

Murat, dkk. (2011). *The synthesis of graphene sheets with controlled thickness and order using surfactant-assisted electrochemical processes*. Spanyol: Elsevier.

Nasution, Z. A., (2000). Pemanfaatan jerami sebagai bahan baku pembuatan pulp serat pendek. Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Medan.

Octavia, R. (2014). *Pengaruh konsentrasi larutan nanopartikel perak terhadap tegangan keluaran sel volta yang berisi larutan H₂SO₄*. Yogyakarta: FMIPA UNY.

Razi. 2012. Prinsip FTIR. http://little-Razi.blogspot.com/2016/03-04-2013/Prinsip_FTIR.html. Diakses pada 24-01-2017. Pukul 21.00.

Seran, E. (2011). *Pengertian Dasar Spektrofotometer Vis, UV, UV-Vis*. Diakses dari <https://wanibesak.wordpress.com/2011/07/04/spektrofotometri-sinar-tampa-visible/> pada tanggal 19 april 2017, Jam 20.03 WIB.

Su,C.Y., Lu, A.Y., Xu, Y., Chen, F.R., Khlobistov, A.N., Li, L.J., (2011). High-Quality Thin Graphene film From Fast Electrochemical Exfoliation. American Social Society VOL. 5 NO. 3 ‘2332-2339’ 2011. Research Center for Applied Sciences, Academia Sinica, Taipei 11529, Taiwan.

Syarifah, H.L., Ningsih, D.S., Iswandari, dkk. (2015). Penggunaan enzim selulase-hemiselulase pada proses deinking kertas koran bekas. *Makalah*. Jambi: Universitas Jambi.

Syarifuddin, A. (2014). *Sejarah perkembangan ilmu dari zaman pra-sejarah sampai kontemporer*. Singaraja: Jurusan Teknologi Pendidikan, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Pendidikan Ganesha.

Thermo, N. (2001). *Introduction to FTIR Spectrometry*, Thermo Nicolet Inc., Madison, USA., www.thermonicolet.com, diakses

Truong & Lee. (2013). *Graphene From Fundamental to Future Application*. South Korea: Chonbuk National University.

Vita, E. 2015. Kajian pengaruh konsentrasi urea dalam sifat optik nanofiber graphene oxide/pva (polyvinyl alcohol) yang difabrikasi menggunakan teknik electrospinning. Skripsi. Yogyakarta: UGM.

Wang Shuai, dkk. 2014. The effect of surfactants and their concentrations on the liquid-exfoliation of graphene. Cina: Beijing University.

Wedyawati, N. (2010). Ilmu alamiah dasar. Nanga Pinoh: Prodi PGSD STKIP Melawi Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakata, 2008, *Profil Bidang Kebersihan*, Yogyakarta.

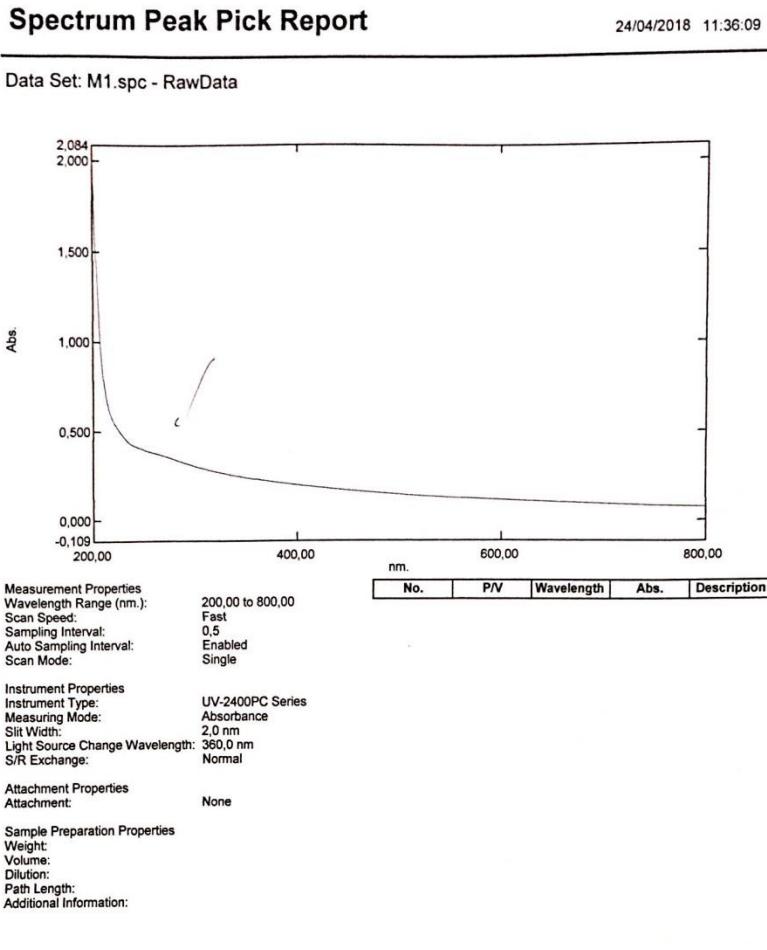
Widiatmoko, Eko. (2015) Graphene : sifat, fabrikasi, dan aplikasinya. Bandung : Jurusan Fisika, Institut Teknologi Bandung

Yateman, A., dkk. (2007). *Iptek Nano di Indonesia, Terobosan, Peluang, dan Strategi*. Yogyakarta: Diglossia.

LAMPIRAN

Lampiran.1

Hasil karakterisasi Spektroskopi UV-Vis
Lama Waktu *charging* 1 jam



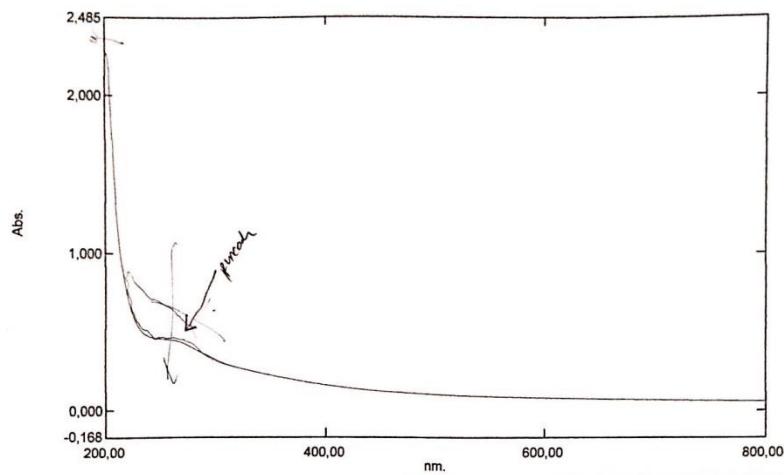
Lampiran.2

Hasil karakterisasi Spektroskopi UV-Vis
Lama Waktu *charging* 2 jam

Spectrum Peak Pick Report

24/04/2018 11:38:21

Data Set: M2.spc - RawData



Measurement Properties
Wavelength Range (nm.):
Scan Speed:
Sampling Interval:
Auto Sampling Interval:
Scan Mode:

200,00 to 800,00
Fast
0,5
Enabled
Single

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
-----	-----	------------	------	-------------

Instrument Properties
Instrument Type: UV-2400PC Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 2,0 nm
Light Source Change Wavelength: 360,0 nm
S/R Exchange: Normal

Attachment Properties
Attachment: None

Sample Preparation Properties
Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

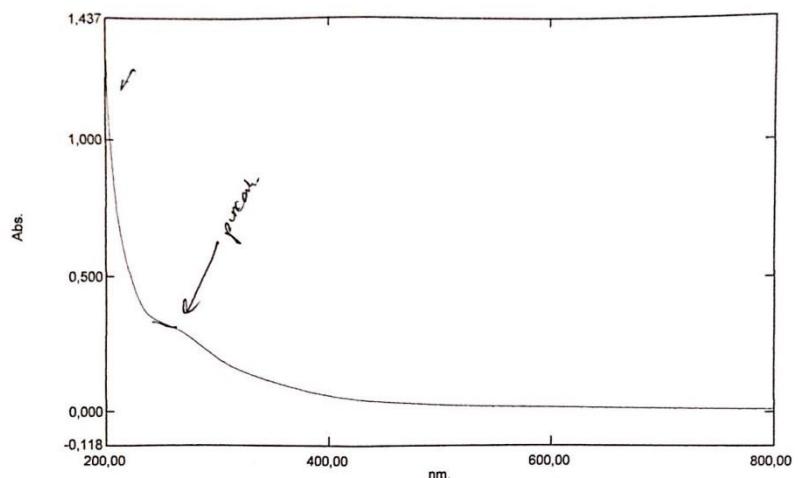
Lampiran.3

Hasil karakterisasi Spektroskopi UV-Vis
Lama Waktu *charging* 3 jam

Spectrum Peak Pick Report

24/04/2018 11:40:27

Data Set: M3.spc - RawData



Measurement Properties
Wavelength Range (nm.): 200,00 to 800,00
Scan Speed: Fast
Sampling Interval: 0,5
Auto Sampling Interval: Enabled
Scan Mode: Single

Instrument Properties
Instrument Type: UV-2400PC Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 2,0 nm
Light Source Change Wavelength: 360,0 nm
S/R Exchange: Normal

Attachment Properties
Attachment: None

Sample Preparation Properties
Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
-----	-----	------------	------	-------------

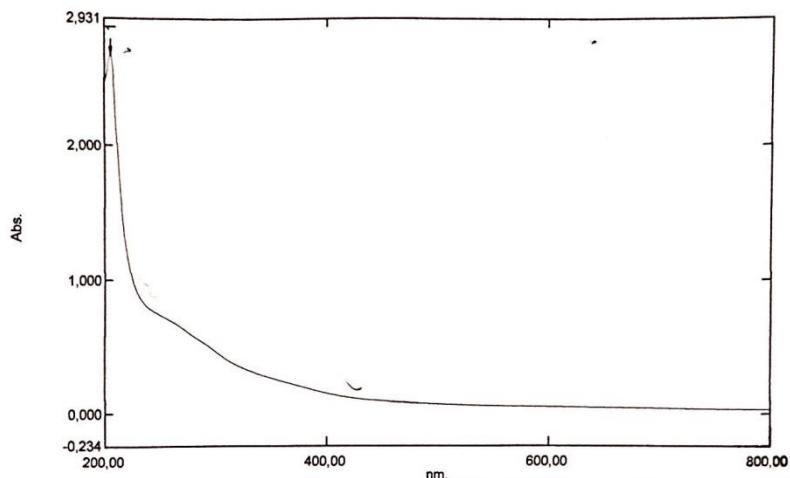
Lampiran.4

Hasil karakterisasi Spektroskopi UV-Vis
Lama Waktu *charging* 0 jam

Spectrum Peak Pick Report

24/04/2018 11:42:34

Data Set: M4.spc - RawData



Measurement Properties

Wavelength Range (nm.): 200,00 to 800,00
Scan Speed: Fast
Sampling Interval: 0,5
Auto Sampling Interval: Enabled
Scan Mode: Single

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	205,00	2,667	

Instrument Properties

Instrument Type: UV-2400PC Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 2,0 nm
Light Source Change Wavelength: 360,0 nm
S/R Exchange: Normal

Attachment Properties

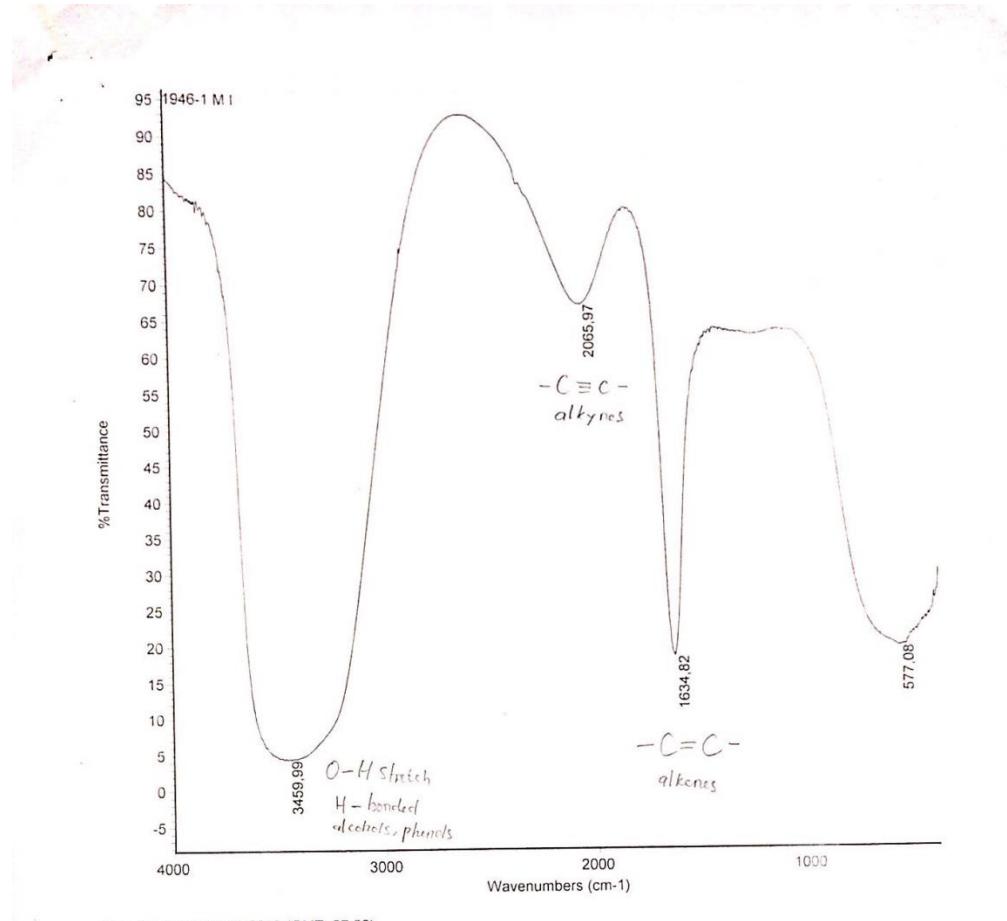
Attachment: None

Sample Preparation Properties

Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

Lampiran.5

Hasil karakterisasi FTIR
Lama Waktu *charging* 1 jam



Mon Aug 27 14:28:33 2018 (GMT+07:00)

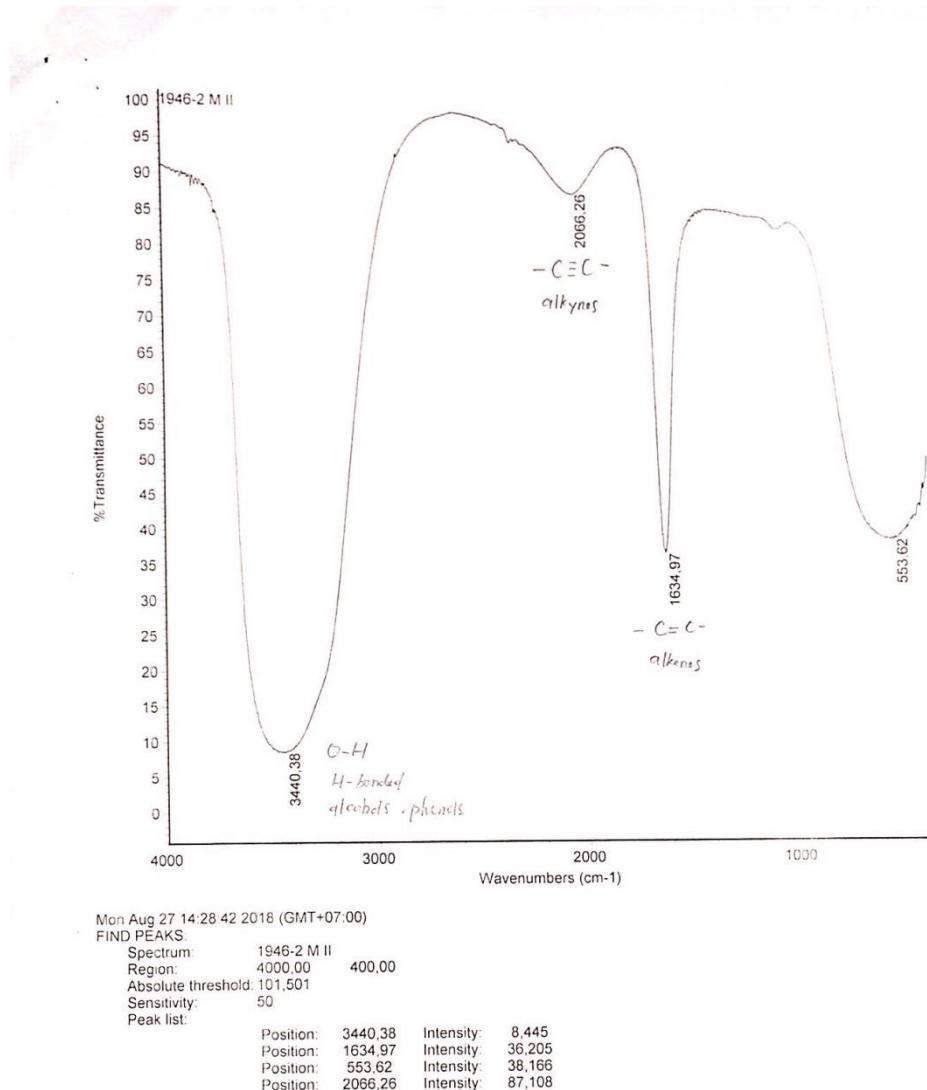
FIND PEAKS

Spectrum: 1946-1 M1
Region: 4000.00 400.00
Absolute threshold: 96.190
Sensitivity: 50
Peak list:

Position:	Intensity:
3459.99	4.261
1634.82	18.351
577.08	19.527
2065.97	67.349

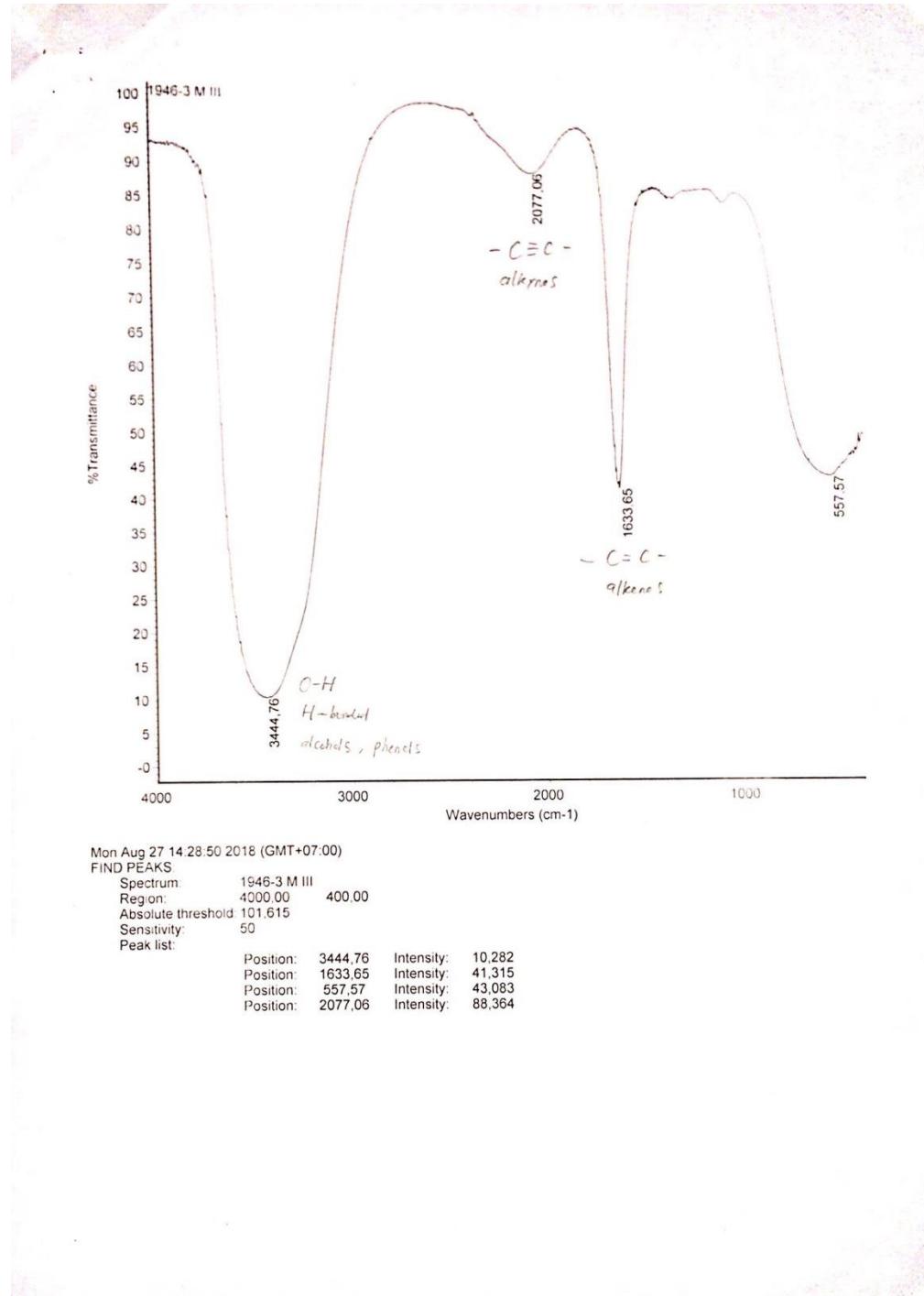
Lampiran.6

Hasil karakterisasi FTIR
Lama Waktu *charging* 2 jam



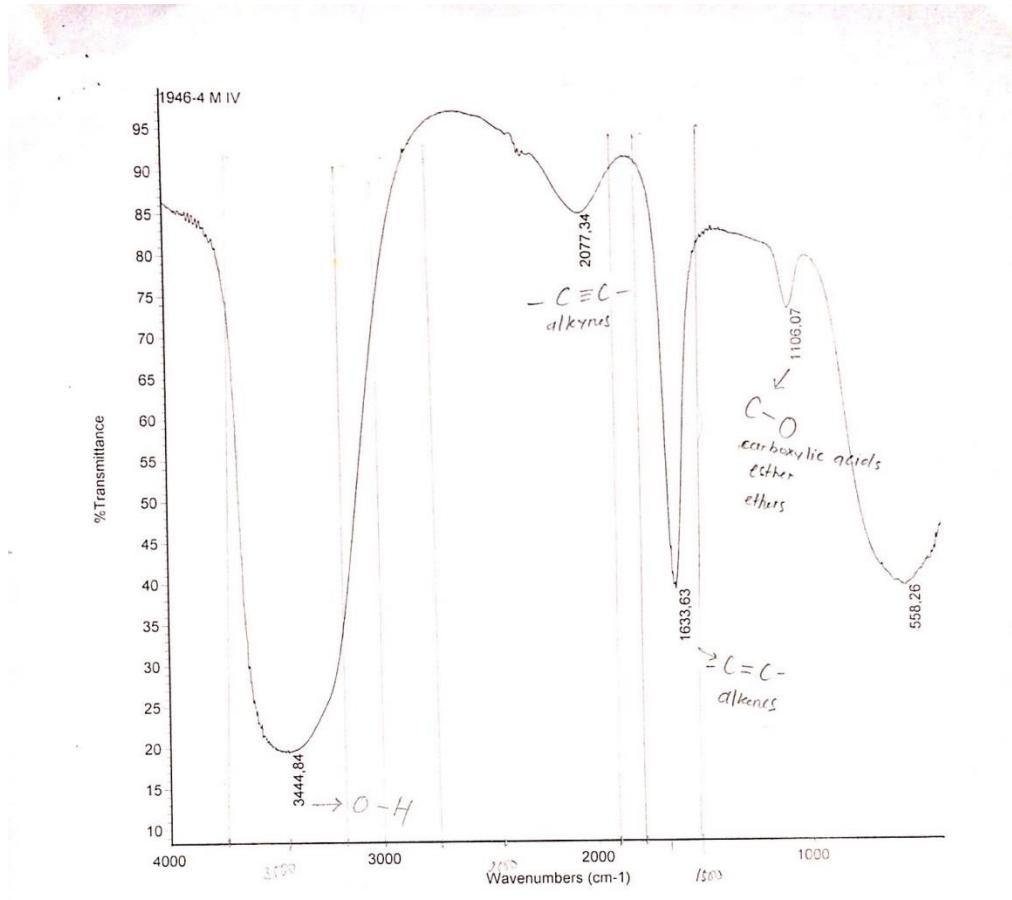
Lampiran.7

Hasil karakterisasi FTIR
Lama Waktu *charging* 3 jam



Lampiran.8

Hasil karakterisasi FTIR
Lama Waktu *charging* 0 jam



Mon Aug 27 14:29:30 2018 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 1946-4 M IV
Region: 4000.00 400.00
Absolute threshold: 99.825
Sensitivity: 50

Peak list:

Position	Intensity
3444.84	19.338
1633.63	39.044
558.26	39.332
1106.07	73.198
2077.34	85.016

Lampiran.9

Dokumentasi

