

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *REDUCE GRAPHENE OXIDE*  
BERBAHAN DASAR LIMBAH KOPI ARABIKA DAN ROBUSTA  
DENGAN METODE *LIQUID SONICATION EXFOLIATION***

**TUGAS AKHIR SKRIPSI**

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



Disusun oleh  
**Rahid Hanif Aliefuddin**  
**14306141046**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
2019**

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *REDUCE GRAPHENE OXIDE*  
BERBAHAN DASAR LIMBAH KOPI ARABIKA DAN ROBUSTA  
DENGAN METODE *LIQUID SONICATION EXFOLIATION***

Disusun oleh:

Rahid Hanif Aliefuddin  
NIM. 14306141046

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

Yogyakarta, 11 Februari 2019

Mengetahui,  
Ketua Program Studi

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

Disetujui,  
Dosen Pembimbing

Wispar Sunu Brams Dwandaru, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19800129 200501 1 003

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul "**SINTESIS DAN KARAKTERISASI REDUCE GRAPHENE OXIDE BERBAHAN DASAR LIMBAH KOPI ARABIKA DAN ROBUSTA DENGAN METODE LIQUID SONICATION EXFOLIATION**" yang disusun oleh RAHID HANIF ALIEFUDDIN, NIM. 14306141046 ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada 15 Februari 2019 dan dinyatakan **LULUS**.

## DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Wipsar Sunu Brams Dwandaru</u> <u>Ph.D.</u> 198001292005011003	Ketua Penguji		<u>21-02-2019</u>
<u>Nur Kadarisman, M. Si.</u> 196402051991011001	Penguji 1		<u>21-02-2019</u>
<u>Dr. Kuncoro A N, S.Pd., M.Pd.</u> <u>M. Sc.</u> 197706152002121003	Penguji 2		<u>25-02-2019</u>

Yogyakarta, 25/2/ Februari 2019

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,



Dr. Hartono

NIP. 196203291987021002

## PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya:

Nama : **Rahid Hanif Aliefuddin**  
NIM : 14306141046  
Program Studi : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri  
Yogyakarta  
Judul Skripsi : **Sintesis dan Karakterisasi *Reduce Graphene Oxide*  
Berbahan Dasar Limbah Kopi Arabika dan Robusta  
dengan Metode *Liquid Sonication Exfoliation***

menyatakan bahwa karya ini adalah hasil dari pekerjaan saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya, karya ilmiah ini tidak berisi materi yang ditulis orang lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu yang saya ambil sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata cara dan etika penulisan karya ilmiah yang lazim.

Apabila terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya.

Yogyakarta, 11 Februari 2019

Penulis,



Rahid Hanif Aliefuddin

NIM. 14306141046

## **MOTTO**

Everyone has his awesome way of perceiving the morning, the afternoon, and the night. Make your own sandwich.

-anonymous-

Life begins at the end of your comfort zone.

-anonymous-

Mimpi besar hanya omong kosong bila tak ada mimpi-mimpi kecil untuk mencapainya.

-anonim-

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

diri saya sendiri, terimakasih atas kerja kerasnya, Rahid.

dan

Seluruh pembaca, semoga TAS ini memberikan kebermanfaatan.

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi *Reduce Graphene Oxide* Berbahan Dasar Limbah Kopi Arabika dan Robusta dengan Metode *Liquid Sonication Exfoliation*” dengan baik.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Sutrisna Wibawa, M.Pd selaku Rektor Universitas Negeri Yogyakarta yang sudah memberikan fasilitas penunjang pembelajaran.
2. Dr. Hartono selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta yang telah mengadakan fasilitas penunjang pembelajaran.
3. Wipsar Sunu Brams Dwandaru, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, motivasi, waktu, dan tenaganya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Haris Murtanto selaku Laboran Lab. Fisika Koloid yang telah membantu dalam pengadaan alat penelitian.
5. M. Hidayat dan Rachmawati, orang tua tercinta yang selalu memberi semangat dan dukungan.
6. Kolega Fisika 2014 yang terus memotivasi dengan caranya sendiri.
7. Semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Yogyakarta, 11 Februari 2019

Penulis

Rahid Hanif Aliefuddin  
NIM. 14306141046

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>MOTTO</b> .....	iv
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL DAN GRAFIK</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xi
<b>ABSTRAK</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan Penelitian.....	4
F. Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
A. Deskripsi Teoritis.....	6
1. Kopi.....	6
2. Nanoteknologi.....	7
3. <i>Graphene</i> .....	9
4. Metode Preparasi dan Sintesis <i>Graphene</i> .....	11
a. Metode <i>Mechanical Exfoliation</i> .....	11
b. Metode <i>Chemical Exfoliation</i> .....	12



c. Metode <i>Liquid Phase Exfoliation</i> .....	12
5. <i>Spektrofotometer</i> .....	14
a. UV-Vis <i>Reduce Graphene Oxide</i> .....	15
6. <i>Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy (FTIR)</i> .....	17
a. FTIR <i>Reduce Graphene Oxide</i> .....	18
B. Kerangka Pikir.....	20
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	21
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
B. Variabel Penelitian.....	21
1. Variabel Bebas.....	21
2. Variabel Kontrol.....	22
3. Variabel Terikat.....	22
C. Jenis Penelitian.....	22
D. Alat dan Bahan.....	22
E. Prosedur Penelitian.....	23
F. Teknik Pengumpulan Data.....	24
1. Uji Karakterisasi UV-Vis.....	24
2. Uji Karakterisasi FTIR.....	24
G. Teknik Analisis Data.....	25
1. Uji Karakterisasi UV-Vis.....	25
2. Uji Karakterisasi FTIR.....	25
H. Diagram Alir.....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	27
A. Sintesis rGO dari Limbah Kopi dengan Metode LSE.....	27
B. Hasil UV-Vis rGO dari Limbah Kopi.....	28
C. Hasil FTIR rGO dari Limbah Kopi.....	32
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	36
A. Kesimpulan.....	36
B. Saran.....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	38
<b>LAMPIRAN</b> .....	41

## DAFTAR TABEL DAN GRAFIK

	Halaman
Tabel 1 : Hasil uji FTIR dari limbah kopi arabika.....	34
Tabel 2 : Hasil uji FTIR dari limbah kopi robusta.....	35
 Grafik 1 : Analisis UV-Vis limbah kopi sebelum dan sesudah sonikasi arabika dan robusta .....	 30
Grafik 2 : Hasil pengujian FTIR pada limbah kopi arabika .....	33
Grafik 3 : Hasil pengujian FTIR pada limbah kopi robusta .....	35

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 : Skala 1-100 nm adalah material berukuran nano.....	8
Gambar 2 : Preparasi rGO.....	10
Gambar 3 : Istilah perubahan spektrum UV-Vis yang berkaitan dengan panjang gelombang dan intensitas absorpsi.....	15
Gambar 4 : Spektrum UV-Vis antara GO dan rGO .....	16
Gambar 5 : Serapan UV-Vis rGO sintesis dan rGO Sigma Aldrich.....	16
Gambar 6 : Skematik prinsip kerja FTIR .....	17
Gambar 7 : Spektrum FTIR antara GO dan rGO .....	19
Gambar 8 : FTIR GO, rGO, dan rGO Sigma Aldrich.....	19
Gambar 9 : Diagram alir.....	27
Gambar 10 : Limbah kopi setelah diblender (a) arabika dan (b) robusta...	28
Gambar 11 : Struktur parsial dari (a) <i>Graphene Oxide</i> dan (b) <i>reduced Graphene oxide</i>	31

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>LAMPIRAN</b>	
1. Dokumentasi Penelitian.....	41
2. Hasil Uji FTIR.....	42
3. Hasil Uji UV-Vis.....	44

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *REDUCE GRAPHENE OXIDE*  
BERBAHAN DASAR LIMBAH KOPI ARABIKA DAN ROBUSTA  
DENGAN METODE *LIQUID SONICATION EXFOLIATION***

Oleh  
**Rahid Hanif Aliefuddin**  
**14306141046**

**ABSTRAK**

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen yang bertujuan untuk 1) melakukan sintesis *reduce graphene oxide* (rGO) menggunakan metode *Liquid Sonication Exfoliation* (LSE) dengan bahan dasar serbuk limbah kopi, 2) mengetahui hasil karakterisasi rGO berdasarkan hasil uji UV-Vis dan FTIR dari limbah kopi, dan 3) mengetahui perbedaan karakterisasi rGO dari limbah kopi arabika dan robusta.

Metode sintesis rGO pada penelitian ini adalah *Liquid Sonication Exfoliation* yang memanfaatkan suara ultrasonik dari piezoelektrik untuk mengekfoliasi lapisan *graphene*. Metode yang digunakan merupakan metode *top-down* dari bahan dasar yaitu limbah kopi arabika dan robusta. Sintesis dilakukan dengan mencampur limbah kopi dan *aquades* dengan blender lalu dilakukan sonikasi dengan menggunakan frekuensi  $35,00 \pm 0,02$  KHz. Selanjutnya, dilakukan karakterisasi menggunakan UV-Vis dan FTIR.

Telah dilakukan sintesis rGO dengan metode *liquid sonication exfoliation* yang menghasilkan rGO dalam fase cair yang ditandai dengan puncak absorbansi dengan uji UV-Vis pada rentang panjang gelombang rGO. Hasil karakterisasi dengan UV-Vis diperoleh hasil  $279,5 \pm 0,3$  nm dan  $273,5 \pm 0,3$  nm untuk masing-masing biji kopi arabika dan robusta. Selanjutnya, hasil FTIR menunjukkan puncak  $(3280 \pm 1)-(3550 \pm 1)$   $\text{cm}^{-1}$  untuk regangan O-H dan  $1637 \pm 1$   $\text{cm}^{-1}$  untuk C=C pada biji kopi arabika, lalu untuk biji kopi robusta memiliki puncak  $(3614 \pm 1)-(3214 \pm 1)$   $\text{cm}^{-1}$  untuk regangan O-H dan  $1637 \pm 1$   $\text{cm}^{-1}$  untuk C=C. Hasil uji FTIR menunjukkan bahwa terdapat karakteristik gugus-gugus fungsi dari material rGO baik arabika maupun robusta dilihat dari adanya gugus fungsi C=C dan O-H. Hasil uji UV-Vis menunjukkan bahwa kopi arabika dan robusta memiliki puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang dari material rGO, untuk kopi arabika berada di  $279,5 \pm 0,3$  nm dan memiliki absorbansi  $0,823 \pm 0,004$ , sedangkan untuk kopi robusta berada di  $273,5 \pm 0,3$  nm dan memiliki absorbansi  $0,645 \pm 0,004$ . Biji kopi arabika memiliki material rGO yang lebih banyak dari biji kopi robusta dengan nilai absorbansi  $0,823 \pm 0,004$ .

Kata kunci : *reduce graphene oxide*, *Liquid Sonication Exfoliation*, kopi, arabika, robusta, UV-Vis, FTIR.

# **SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF REDUCE GRAPHENE OXIDE BASED ON ARABICA AND ROBUSTA COFFEE WASTE USING A LIQUID SONICATION EXFOLIATION METHOD**

by  
**Rahid Hanif Aliefuddin**  
**14306141046**

## **ABSTRACT**

This research is a type of experimental research that aims to 1) synthesize the reduction of graphene oxide using the liquid sonication exfoliation (LSE) method with the basic ingredients of coffee, 2) discover the results of the characterization of rGO by UV-Vis and FTIR, and 3) know the difference between the characterization of rGO on arabica and robusta coffee waste.

The rGO synthesis method used in this research is a liquid sonication exfoliation which uses the ultrasonic-sound from a piezoelectric treatment. Its purpose to exfoliate the graphene layer. The used method is a top-down method from the basic ingredients of arabica and robusta coffee waste. The synthesis process is carried out by mixing these coffees wastes and the distilled water with a mixer, then by processing the sonication at the frequency of  $35.00 \pm 0.02$  KHz. In addition, the characterization process by UV-Vis and FTIR was carried out.

The synthesis of rGO using the liquid sonication exfoliation method has produced rGO in the liquid phase which is characterized by the absorbance peak with the UV-Vis test in the rGO wavelength range. The results of characterization with UV-Vis obtained  $279.5 \pm 0.3$  nm and  $273.5 \pm 0.3$  nm for each arabica and robusta coffee beans. Furthermore, the FTIR results showed peaks of  $(3280 \pm 1)$ - $(3550 \pm 1)$   $\text{cm}^{-1}$  for O-H strain and  $1637 \pm 1$   $\text{cm}^{-1}$  for C=C in arabica coffee beans, then the robusta coffee beans had a peak of  $(3614 \pm 1)$ - $(3214 \pm 1)$   $\text{cm}^{-1}$  for strain OH and  $1637 \pm 1$   $\text{cm}^{-1}$  for C=C. The FTIR test results showed that there are characteristics of functional groups of rGO material both of arabica and robusta seen from the presence of functional groups C=C and O-H. The UV-Vis test results showed that arabica and robusta coffee had absorbance peaks in the wavelength range of the rGO material, for the arabica coffee it was  $279.5 \pm 0.3$  nm and had an absorbance of  $0.823 \pm 0.004$ , while for the robusta coffee, it was at  $273.5 \pm 0.3$  and has an absorbance of  $0.645 \pm 0.004$ . The arabica coffee beans have more rGO material than the robusta coffee beans with an absorbance value is  $0.823 \pm 0.004$ .

**Keywords: reduce graphene oxide, liquid sonication exfoliation, coffee, arabica, robusta, UV-Vis, FTIR.**

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Kopi merupakan salah satu komoditas andalan dalam bidang pertanian di Indonesia. Hal tersebut terlihat dari maraknya penjual kopi mulai dari gerobak, pedagang kaki lima, kafe, maupun hotel yang pastinya menyediakan kopi sebagai salah satu menu andalan dan seringkali menjadi suguhan utama. Hampir di setiap daerah di Indonesia, kopi merupakan salah satu bentuk kearifan lokal yang patut dibanggakan, contohnya di Toraja dengan kopi toraja, Bali dengan kopi kintamani, Aceh dengan kopi gayo, Wonosobo dengan kopi dieng, dan masih banyak jenis kopi lainnya (Specialty Coffee, 2014). Beragamnya jenis kopi menjadikan Indonesia dikenal sebagai salah satu negara penghasil kopi yang baik di mata dunia.

Asosiasi Eksportir dan Industri Kopi Indonesia (AEKI) menyebutkan bahwa pertumbuhan konsumsi kopi nasional meningkat dari 0,8 kilogram per kapita menjadi 1,3 kilogram per kapita (Kementrian Peindustrian, 2017). Lebih lanjut lagi, data dari Direktorat Jendral Perkebunan dalam naungan Kementrian Pertanian Indonesia juga menjelaskan bahwa jumlah total produksi kopi pada tahun 2016 mampu mencapai 639.305 ton. Dengan demikian, berkembangnya konsumsi dan produksi kopi skala nasional di Indonesia berimbas pada banyaknya kedai-kedai kopi baru yang bermunculan (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2016).

Telah dilakukan survei ke beberapa kedai kopi di sekitar kampus Universitas Negeri Yogyakarta (UNY), kedai kopi yang masuk dalam kategori kecil paling sedikit menghasilkan setengah kilogram limbah kopi setiap harinya. Hasil survei juga menunjukkan banyak sekali kedai kopi yang baru, sekurang-kurangnya terdapat lima hingga tujuh kedai kopi di sekitar Universitas Negeri Yogyakarta. Banyaknya kedai kopi baru memberikan dampak pada banyaknya jumlah limbah kopi, semakin banyak kedai kopi maka semakin banyak pula limbah kopi yang dihasilkan. Oleh karena itu, limbah kopi yang semakin meningkat ini perlu dimanfaatkan secara lebih optimal.

Selama ini limbah kopi hanya dimanfaatkan sebagai pupuk dan masker wajah. Oleh karena kurang optimalnya pemanfaatan dan kebermanfaatan limbah kopi ini, maka perlu dilakukan pemanfaatan melalui bidang lain, khususnya dalam bidang fisika. Dilihat dari unsur-unsur penyusun biji kopi, limbah kopi dapat dijadikan sebagai bahan dasar untuk membuat *reduce graphene oxide* (rGO). *Graphene* merupakan material yang berdaya guna tinggi karena mempunyai sifat daya tekan yang besar, konduktor listrik yang tinggi, dan banyak lagi, maka dapat dijadikan bahan dalam pembuatan barang-barang yang lebih berkualitas, khususnya untuk pembuatan barang-barang elektronik (Muthahhari, dkk, 2013).

Dalam pengembangan material nanopartikel, *graphene* merupakan bahan yang masih baru ditemukan. *Graphene* adalah nama yang diberikan untuk selembar monoatomik atom karbon dua dimensi (2D) berbentuk sarang lebah yang pertama kali ditemukan pada tahun 2004 oleh Andre K. Geim dan Konstantin Novoselov (Geim dan Novoselov, 2004). Menurut penelitian dari



Universitas Manchester, *graphene* memiliki kekuatan tarik sebesar 1 Tpa. Oleh karena itu, *graphene* merupakan material unik yang menjadi harapan bagi perkembangan industri elektronik, pesawat terbang, dan industri otomotif. Meskipun demikian dengan sifat-sifat yang demikian menjanjikan di Indonesia belum banyak penelitian yang mengembangkan *graphene* sebagai material alternatif (Azizah dan Susanti, 2014). Tahap pengolahan *graphene* dengan konsep *top-down* dari grafit menjadi *graphene oxide* lalu menjadi *reduce graphene oxide* setelah itu *graphene*.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mensintesis rGO yang sederhana dan mudah digunakan adalah metode *liquid sonication exfoliation* (LSE) yang menghasilkan rGO berbentuk larutan. Metode ini memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk mengelupas lapisan-lapisan *graphene* pada limbah kopi, dengan media pengantar audio-nya berupa piezoelektrik.

## **B. Identifikasi Masalah**

Sesuai dengan uraian latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut.

1. Permasalahan limbah kopi yang semakin banyak jumlahnya namun kurang dimanfaatkan secara optimal.
2. Selama ini pengolahan limbah kopi banyak digunakan hanya untuk pupuk dan masker wajah, padahal dari unsur penyusunnya kopi dapat dijadikan sebagai nanomaterial dan hal tersebut belum banyak dilakukan.
3. Belum adanya penelitian yang membahas tentang pembuatan rGO berbahan dasar limbah kopi.

### **C. Batasan Masalah**

Sesuai dengan identifikasi masalah di atas, maka perlu adanya batasan masalah yaitu sebagai berikut.

1. Limbah kopi yang digunakan adalah hasil penyeduhan biji kopi murni tanpa campuran apapun dengan bentuk serbuk dan hanya berjenis arabika dan robusta.
2. Metode sintesis pembuatan rGO yang digunakan hanya satu yaitu LSE.
3. Pengujian yang digunakan uji UV-Vis dan uji FTIR.

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan batasan masalah di atas, maka permasalahan penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana mensintesis rGO dengan metode LSE dari limbah kopi?
2. Bagaimana hasil karakterisasi rGO dari limbah kopi menggunakan uji UV-Vis dan FTIR?
3. Bagaimana perbedaan karakterisasi rGO dari limbah kopi arabika dan robusta?

### **E. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai peneliti adalah sebagai berikut.

1. Melakukan sintesis rGO menggunakan metode LSE dengan bahan dasar serbuk limbah kopi.
2. Mengetahui hasil karakterisasi rGO berdasarkan hasil uji UV-Vis dan FTIR dari limbah kopi.
3. Mengetahui perbedaan karakterisasi rGO dari limbah kopi arabika dan robusta.

#### **F. Manfaat Penelitian**

Beberapa manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dapat berpartisipasi dalam kegiatan daur ulang limbah kopi yang semakin meningkat.
2. Tersedianya bahan yang bermanfaat terutama nanomaterial rGO dari bahan dasar limbah kopi.
3. Ikut berperan dalam penggunaan metode LSE dalam preparasi hingga sintesis rGO.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Deskripsi Teoris**

##### **1. Kopi**

Kopi adalah minuman dari biji kopi yang telah diproses sedemikian sehingga menghasilkan bubuk kopi lalu diekstraksi (*brewing*) untuk dikonsumsi. Kopi juga membawa nama Indonesia dikenal oleh dunia, khususnya Jawa hingga muncul istilah *a cup of java*. Indonesia merupakan konsumen sekaligus produsen kopi. Sebagai produsen, Indonesia menempati urutan keempat setelah Brasil, Vietnam dan Kolombia, dan sebagai konsumen berada dalam urutan ketujuh (International Coffee Organization (ICO), 2017). Dilihat juga di Indonesia masyarakat pada umumnya sehari-hari mengkonsumsi kopi anak-anak, remaja, dan orang dewasa. Jadi, kopi merupakan hasil bumi yang sangat penting di Indonesia.

Buah kopi atau biasa disebut dengan ceri kopi pada umumnya memiliki anatomi yang sama yaitu kulit ceri, lapisan lendir, lapisan perkamen, lapisan perak (*silverskin*), biji hijau (*green beans*). Struktur anatomi tersebut berfungsi untuk melindungi kualitas biji kopi (*green beans*).

Varietas dari kopi sendiri sudah ditemukan lebih dari 120 varietas biji kopi. Varietas-varietas yang banyak diproduksi dan dikonsumsi hanya empat macam yaitu arabika, robusta, liberika, dan melises.

Selanjutnya, komposisi kimia biji kopi berbeda-beda, tergantung tipe kopi, tanah tempat tumbuh, dan pengolahan kopi. Struktur kimia yang penting dalam

kopi adalah kafein dan kafeol. Kafein bertugas menstimuli kerja saraf dalam biji kopi sedangkan kafeol memberikan rasa dan aroma yang baik. Kadar kafein pada kopi arabika sebelum disangrai (*roasting*) 0,9% hingga 1,2% bobot kering, sedangkan setelah disangrai 1,0% bobot kering. Selanjutnya, kopi robusta memiliki kadar kafein sebelum disangrai 1,6% hingga 2,4% bobot kering, sedangkan untuk biji kopi sesudah disangrai kadar kafeinnya menjadi 2,0% bobot kering (Ridwansyah, 2003: 3-4). Dengan demikian, dapat diketahui bahwa biji kopi robusta memiliki kadar kafein lebih tinggi dibandingkan dengan biji kopi arabika.

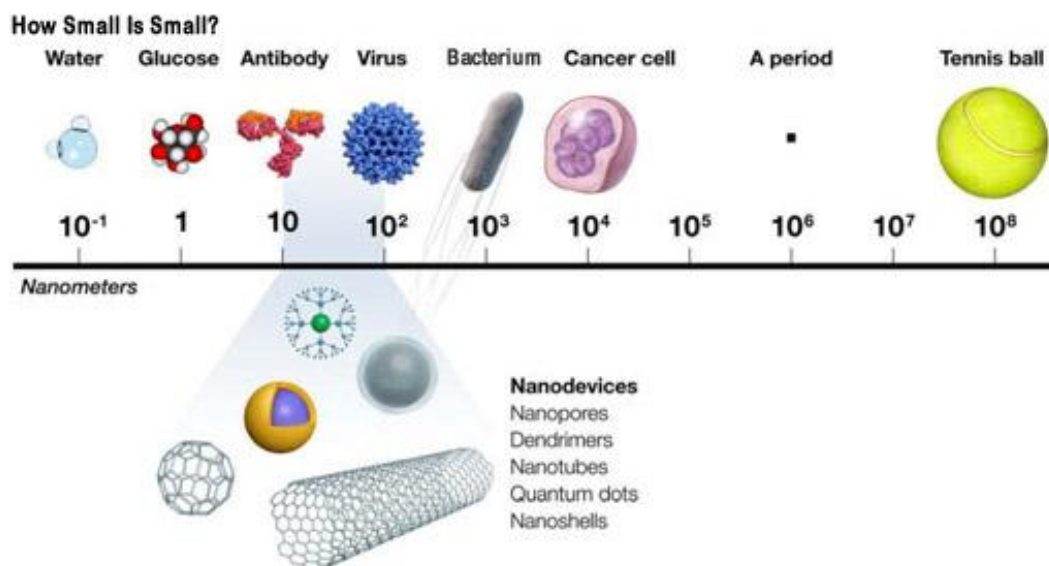
Proses penting untuk membentuk rasa dan aroma kopi adalah penyangraian (*roasting*). *Roasting* merupakan proses penyangraian biji kopi yang tergantung pada waktu dan suhu yang ditandai dengan perubahan kimiawi yang signifikan. Penyangraian sangat menentukan warna dan cita rasa produk kopi yang akan dikonsumsi, perubahan warna biji dapat dijadikan dasar untuk sistem klasifikasi sederhana (Ridwansyah, 2003: 13).

## **2. Nanoteknologi**

Pada saat ini, teknologi yang sedang berkembang adalah teknologi berbasis nano atau sering disebut nanoteknologi. Nanoteknologi adalah ilmu dan rekayasa dalam penciptaan material, struktur fungsional, maupun piranti dalam skala nanometer (Abdullah dan Khairurrijal, 2009). Material berukuran nanometer memiliki sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dari material berukuran besar (*bulk*). Hasil dari nanoteknologi adalah material yang berukuran nano atau sering disebut nanomaterial.

Selanjutnya, nanopartikel merupakan partikel yang sangat halus dan memiliki orde nanometer atau partikel yang ukurannya dalam interval 1-100 nm dan minimal dalam satu dimensi (Hosokawa, 2007: 1). Ukuran partikel yang berorde nano dapat dimanfaatkan untuk merekayasa atau memanipulasi material, untuk mendapatkan karakterisasi, sifat, dan fungsi berdaya guna baik yang tak dapat dihasilkan oleh material berukuran besar (*bulk*).

Bidang ilmu nanoteknologi dipandang sebagai cara yang dapat memberi perubahan besar terhadap peradaban manusia di abad ke-21. Sifat elektronik, sifat magnetik, sifat optik, dan reaktivitas katalitik baru akan dijumpai dalam material berukuran skala nano seperti Gambar 1. Sifat baru ini tidak dijumpai pada material berukuran lebih besar dari 100 nanometer. Salah satu alasan utama yang menentukan perubahan sifat ini, yaitu meningkatnya luas permukaan material ukuran nanometer (Budianto, 2015: 9).



Gambar 1. Skala 1-100 nm adalah material berukuran nano (U.S. Department of Health and Human Service, 2009)

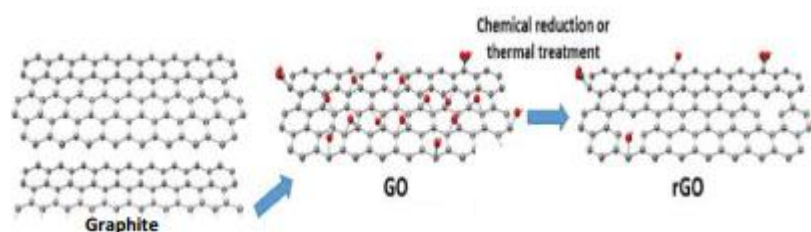
### 3. *Graphene*

*Graphene* adalah susunan lapisan tunggal dari atom karbon yang tersusun dalam bentuk dua dimensi (2D) dengan kisi berbentuk sarang lebah, dan merupakan bahan dasar dalam susunan material *graphite*. Bentuk dimensi lainnya yaitu dikemas dalam bentuk 0D *fullerens*, dalam 1D *nanotube* dan dalam bentuk 3D *graphite* (A.K. Geim and K.S. Novoselov, 2004).

Keistimewaan *graphene* antara lain mobilitas elektron yang tinggi ( $200.000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ), efek *Quantum Hall* pada suhu ruangan, transparansi optik yang baik (97.7%), luas permukaan spesifik ( $2630 \text{ m}^2$ ), modulus elastis 0,25 TPa, konduktivitas termal yang sangat baik ( $5.000 \text{ Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ), dan kekuatan sebesar  $42 \text{ N m}^{-1}$ . Keistimewaan dari *graphene* yang menjadikan material ini sangat diminati untuk pembuatan barang-barang yang lebih berkualitas, sebagai contoh untuk pembuatan barang elektronik (Brownson, 2014: 19).

Material turunan dari *graphene* yaitu *graphene oxide*. *Graphene oxide* (GO) merupakan modifikasi preparasi *graphene* secara kimiawi dengan oksidasi dan eksfoliasi yang disertai dengan modifikasi oksidatif dari bidang basal. GO tersusun oleh lapisan tunggal yang berisikan oksigen yang tinggi dari pada *graphene*, dengan perbandingan atom C/O kurang dari 3,0 dan mendekati 2,0. Bagaimanapun juga, bentuk ini sering direduksi secara kimiawi ataupun elektrokimia sebelum digunakan (Elsevier, 2013: 4). Terdapat turunan lain yang identik dengan GO yaitu *Reduce Graphene Oxide* (rGO) yang gugus oksigennya lebih tereduksi. rGO juga merupakan fase dalam metode *top-down* untuk pembuatan *graphene*. 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 dari rGO biasanya mengandung lebih sedikit ikatan oksigen akibat reduksi yang dapat dilakukan dengan pengelupasan menggunakan ultrasonik (Fu, 2013). Seperti penelitian yang dilakukan oleh Thu Ha Thi Vu (2015) yang melakukan sintesis rGO dari GO dengan menggunakan kafein sebagai reduktor yang ramah lingkungan dan bebas racun dan menghasilkan material yang GO yang lebih tereduksi gugus oksidanya.



Gambar 2. Preparasi rGO

Turunan lainnya dari *Graphene* adalah *Graphite*. *Graphite* memiliki struktur lapisan yang terdiri atas cincin atom karbon yang beranggotakan 6 atom yang mirip benzene yang terkondensasi tanpa atom hidrogen. Jarak karbon-karbon dalam lapisan adalah 142 pm dan ikatannya memiliki karakter ikatan rangkap, analog dengan senyawa aromatik. Jarak antar lapisan adalah 335 pm dan lapisan-lapis tersebut diikat oleh ikatan yang relatif lemah yakni gaya Van der Waals, lapisan-lapisan ini dengan mudah akan saling menggelincir bila dikenai gaya. Hal inilah yang merupakan asal mula sifat pelumasan *graphite*. Berbagai molekul seperti logam alkali, halogen, halida logam, dan senyawa organik dapat menginterkalasi lapisan *graphite* dan membentuk senyawa interkalasi. *Graphite* memiliki sifat semi-logam, konduktivitasnya  $10^{-3} \Omega\text{cm}$  paralel dengan lapisan dan hantarannya sekitar 100 kali lebih kecil dalam arah gerak lurus lapisan.



#### **4. Metode Preparasi dan Sintesis *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  $\text{SiO}_2$  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). Metode *top-down* dalam sintesis *graphene* adalah *Mechanical Exfoliation* (ME), *Chemical Exfoliation* (CE), *Liquid Phase Exfoliation* (LPE)/*Liquid Sonication Exfoliation* (LSE).

##### **a. Metode *Mechanical Exfoliation* (ME)**

Metode ME dipandang sebagai salah satu metode yang paling populer dan sukses untuk sintesis lapisan tunggal atau beberapa lapisan *graphene*. Metode ini 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.

**b. Metode *Chemical Exfoliation* (CE)**

Salah satu metode lain yang umum digunakan untuk sintesis graphene dengan kualitas baik dan murah adalah metode CE. Hal ini termasuk dengan penggunaan 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.

**c. Metode *Liquid Phase Exfoliation* (LPE)/*Liquid Sonication Exfoliation* (LSE)**

Graphite dapat dieksfoliasi dengan baik dalam bentuk larutan menggunakan suara ultrasonik untuk memecahkan lapisan-lapisan graphite. LPE pada dasarnya terjadi pada tiga tahap, yaitu (1) dispersi graphite pada pelarut , (2) eksfoliasi , dan (3) pemurnian. Metode LPE dibagi menjadi dua 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: 5).

Ultrasonik dengan frekuensi 20-100 kHz diketahui mempunyai efek signifikan dalam mempercepat berbagai proses kimia dan fisika (Leong et al., 2011). Efek penggunaan ultrasonik dalam proses pembersihan (*cleaning*), ekstraksi atau pemurnian suatu senyawa adalah waktu proses lebih singkat dan peningkatan kualitas produk (Chemat et al., 2011; John, 2002). 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; Baig, 2010).

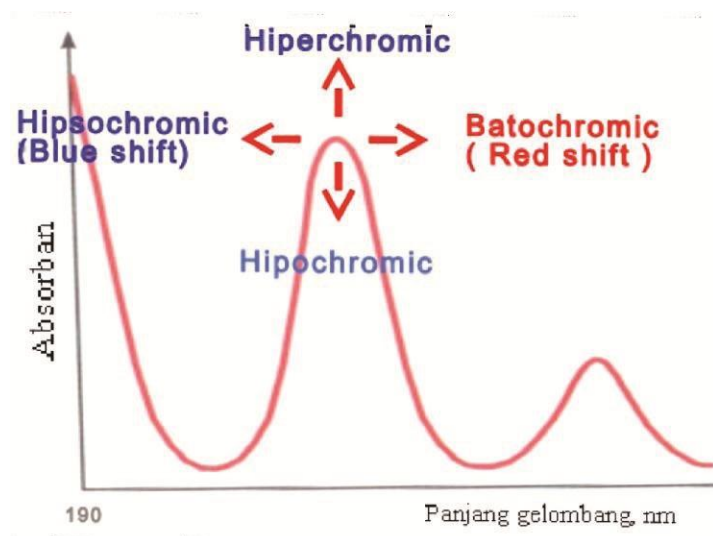
Dalam proses mensintesis *graphene* metode ini merupakan metode yang banyak digunakan. Seperti pada penelitian yang membuktikan bagaimana kafein dapat dijadikan reduktor ramah lingkungan pada pembuatan rGO menggunakan metode sonikasi dalam sintesisnya oleh Thu Ha Thi Vu (2015). Penelitian lain yang menggunakan metode LSE adalah sintesis GO dari bahan dasar *graphite* limbah baterai *zinc-carbon* yang dilakukan oleh Rhyko Irawan Wisnuwijaya (2017).

## **5. Spektrofotometer UV-Vis**

*Spektrofotometer* UV-Vis adalah pengukuran panjang gelombang dan intensitas sinar ultraviolet dan cahaya tampak yang diabsorpsi oleh sampel (Dachriyanus, 2004: 1). Hasil dari spektrofotometer ini berupa grafik antara panjang gelombang ultraviolet-visible dan absorbansi. Absorpsi pada sampel terjadi pada saat atom atau molekul menyerap cahaya maka energi tersebut akan menyebabkan tereksitasinya elektron pada kulit terluar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Tipe eksitasi tergantung pada panjang gelombang cahaya yang diserap. Sinar ultraviolet dan sinar tampak akan menyebabkan elektron tereksitasi ke orbital yang lebih tinggi. Sistem yang bertanggung jawab terhadap absorpsi cahaya disebut dengan kromofor (Dachriyanus, 2004: 5).

Pengukuran spektrofotometer UV-Vis terbagi dua berdasarkan panjang gelombangnya yaitu panjang gelombang untuk sinar ultraviolet berada pada panjang gelombang 200-400 nm dan sinar tampak berada pada panjang gelombang 400-800 nm (Dachriyanus, 2004: 1).

Pergeseran panjang gelombang dan absorban yang terjadi pada spektrum UV-Vis memiliki penjelasan dan istilahnya masing-masing. Efek batokromik atau pergeseran merah (*redshift*) adalah terjadi perubahan absorpsi panjang gelombang ke arah panjang gelombang yang lebih besar, hal ini terjadi karena adanya substituen/auksokrom tertentu pada kromofor. Efek hipsokromik atau pergeseran biru (*blueshift*) adalah terjadinya perubahan absorpsi ke panjang gelombang yang lebih pendek. Hal tersebut terjadi karena perubahan pelarut atau tidak adanya substituen/auksokrom pada suatu kromofor. Efek hiperkromik adalah terjadinya peningkatan intensitas absorpsi dan hipokromik penurunan intensitas absorpsi, hal ini terjadi misalnya karena perubahan pelarut (Suhartati, 2017: 17). Lebih sederhananya dapat digambarkan pada Gambar 3.

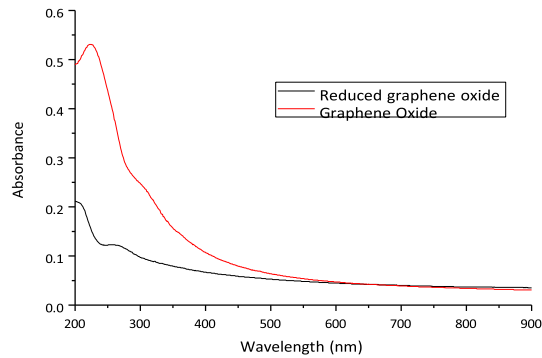


Gambar 3. Istilah perubahan spektrum UV-Vis yang berkaitan dengan panjang gelombang dan intensitas absorpsi.

**a. UV-Vis *Reduce Graphene Oxide***

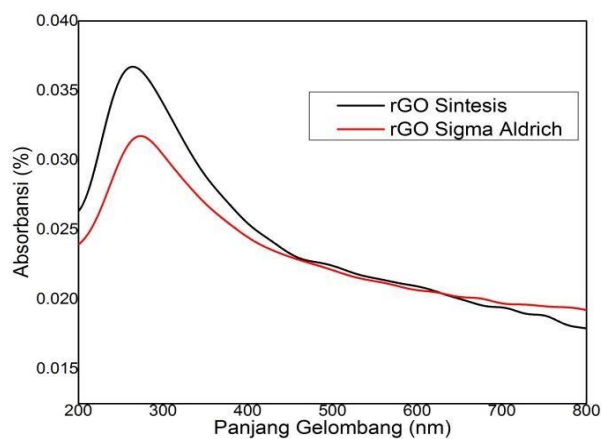
Karakterisasi GO pada pengujian UV-Vis adalah adanya puncak absorpsi pada 223 nm, sesuai dengan transisi  $\pi-\pi^*$  untuk aromatik gugus C-C, sedangkan

puncak absorpsi rGO terjadi pergeseran *redshift* pada 270 nm ([www.nanoinnova.com](http://www.nanoinnova.com)) yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Spektrum UV-Vis antara GO dan rGO

Penelitian lainnya yang menunjukkan spektrum UV-Vis untuk rGO telah dibuktikan oleh Refitasari (2016) sesuai Gambar 5 yang menunjukkan data absorbansi (dalam satuan persentase) dari rGO hasil sintesis dibandingkan dengan rGO yang dibeli dari Sigma Aldrich. Hasil UV-Vis rGO pada Gambar 5 terlihat hanya memiliki satu puncak pada panjang gelombang 270 nm yang merupakan transisi elektron pada orbital  $\pi-\pi^*$  (Refitasari, 2016: 97).

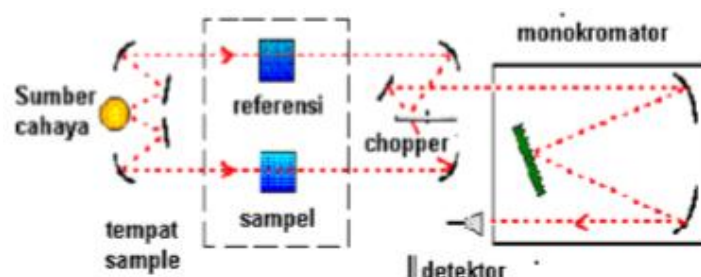


Gambar 5. Serapan UV-Vis rGO sintesis dan rGO Sigma Aldrich

## 6. *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 dan 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 infrared 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 6 dibawah ini (Thermo, 2001).



Gambar 6. Skematik prinsip kerja FTIR (Dachriyanus, 2004)

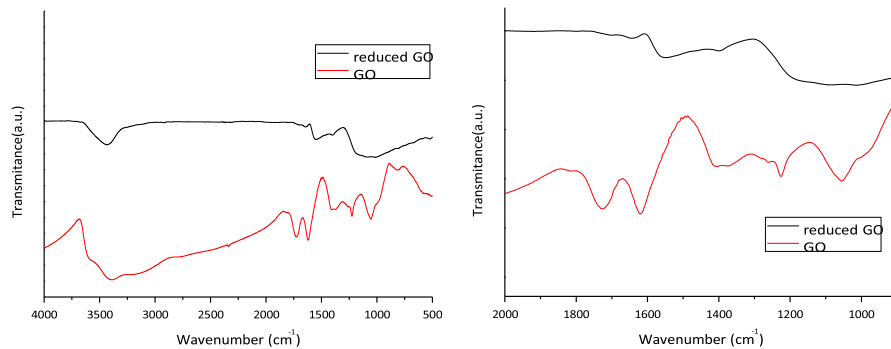
Analisis menggunakan spektrometer FTIR memiliki beberapa kelebihan utama dibandingkan dengan metode konvensional yaitu sebagai berikut.

- 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 dispersi standar karena resolusinya lebih tinggi (Razi, 2012). Sensitivitas 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).

**a. FTIR Reduce Graphene Oxide**

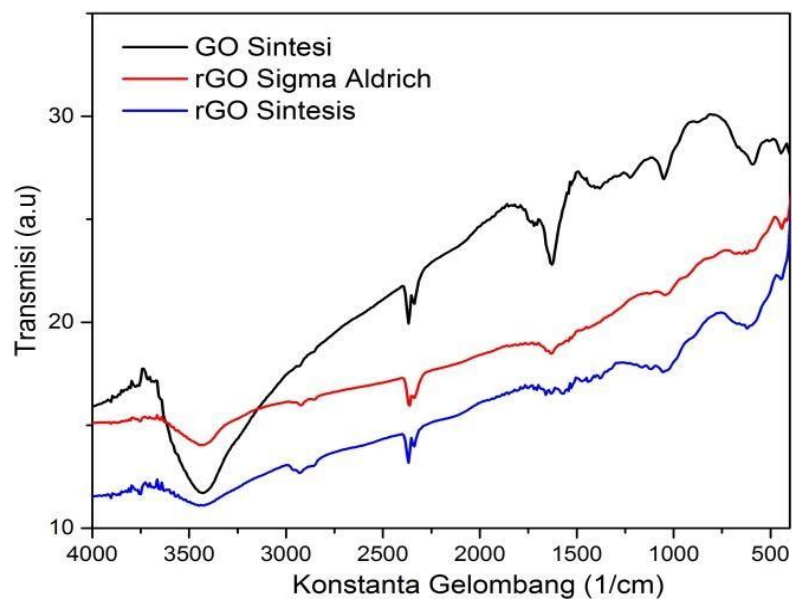
Karakterisasi FTIR untuk GO  $1725\text{ cm}^{-1}$  C=O (carbonyl/carboxy);  $1618\text{ cm}^{-1}$  C=C (aromatik);  $1407\text{ cm}^{-1}$  C-O (carboxy);  $1225\text{ cm}^{-1}$  C-O (epoxy);  $1057\text{ cm}^{-1}$  (alkoxy). Perbandingan puncak pada rGO hampir semua puncak gugus fungsi dari oksigen menghilang ([www.nanoinnova.com](http://www.nanoinnova.com)) yang dapat dilihat pada gambar 7.





Gambar 7. Spektrum FTIR antara GO dan rGO

Penelitian lain menunjukkan hasil uji FTIR pada gambar 7 terlihat bahwa terdapat puncak lebar pada 3000-3700 nm dan puncak tajam pada 1635 nm yang dimiliki GO. Panjang gelombang pada daerah tersebut berhubungan dengan vibrasi *stretching* dan *bending* ikatan OH molekul air. Sementara pada FTIR rGO terlihat nilai transmitansi pada daerah panjang gelombang tersebut mengalami pengurangan yang signifikan (Refitasari, 2016: 97).



Gambar 8. FTIR GO, rGO, dan rGO Sigma Aldrich

## **B. Kerangka Berpikir**

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis graphene oxide/reduce graphene oxide dengan menggunakan karbon berasal dari limbah kopi. Sintesis graphene oxide menggunakan konsep *top down*. Salah satu metode dari konsep *top down* adalah LSE yang menggunakan sonikasi untuk membuat graphene oxide dari limbah kopi. Metode LSE dilakukan dengan cara mencampur limbah serbuk kopi dengan aquades lalu dibuat homogen dengan cara diblender. Setelah didapatkan cairan dari limbah kopi dan aquades diberi perlakuan dengan menggunakan audio dari piezoelektrik menggunakan frekuensi ultrasonik ( $35,00 \pm 0,02$  KHz).

Sintesis graphene oxide dengan menggunakan metode LSE dari limbah kopi memakai variabel bebas dari jenis kopi arabika dan robusta. Sintesis ini juga menggunakan variabel kontrol yaitu lama waktu pencampuran aquades dan limbah kopi dengan perbandingan 5gram untuk 100ml, dan juga lama waktu pemaparan suara juga dibuat sama dengan lama waktu 3jam dengan frekuensi  $35,00 \pm 0,02$  KHz. Selanjutnya hasil dari sintesis tersebut diuji untuk melihat material graphene oxide. Pengujian pertama dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk melihat partikel apa yang terbentuk, selanjutnya dilakukan pengujian FTIR untuk mengetahui gugus-gugus fungsi dari bahan yang sudah disintesis.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Tempat dan Waktu Penelitian**

##### **1. Tempat Penelitian**

- a. Pembuatan larutan limbah kopi arabika dan robusta dengan pemaparan audio ultrasonik dilaksanakan di Laboratorium Koloid lantai dua Jurusan Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta.
- b. Pengujian UV-Vis di Laboratorium Analitik Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Negeri Yogyakarta.
- c. Pengujian FTIR di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia.

##### **2. Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan mulai tanggal 5 Agustus 2018 sampai dengan tanggal 22 Desember 2018.

#### **B. Variabel Penelitian**

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas, variabel kontrol, dan variabel terikat yaitu sebagai berikut.

##### **1. Variabel Bebas**

Variabel bebas yang digunakan pada metode ini adalah jenis limbah kopi arabika dan robusta dalam bentuk serbuk.

## **2. Variabel Kontrol**

Variabel kontrol yang digunakan pada metode LSE adalah volume *aquades*, waktu pemblenderan, frekuensi dan lama sonikasi.

## **3. Variabel Terikat**

Variabel terikat untuk sintesis rGO adalah puncak absorbansi hasil uji UV-Vis dan puncak-puncak transmitansi dari FTIR.

## **C. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang dilakukan untuk sintesis rGO pada limbah kopi arabika dan robusta dengan metode LSE merupakan penelitian eksperimen.

## **D. Alat dan Bahan**

Alat-alat dan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

### **1. Alat**

Alat-alat yang digunakan oleh peneliti dalam proses sintesis rGO pada limbah kopi arabika dan robusta dengan metode LSE ini adalah sebagai berikut.

- a. blender (satu set),
- b. gelas beker 100 ml (empat buah),
- c. gelas ukur (satu buah),
- d. neraca digital (satu buah),
- e. botol sampel (20 botol),
- f. oven (satu buah),
- g. *tweeter piezoelectric* (enam buah),

- h. AFG sebagai pembangkit sinyal frekuensi (satu buah),
- i. *amplifier* sebagai penguat sinyal dari AFG (satu buah).

## **2. Bahan**

Selanjutnya, bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini untuk sintesis rGO pada limbah kopi arabika dan robusta dengan metode LSE ini adalah sebagai berikut.

- a. *aquades* (lima liter),
- b. serbuk limbah kopi robusta (dua kg),
- c. serbuk limbah kopi arabika (dua kg).

## **E. Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian yang dilakukan oleh peneliti untuk sintesis rGO pada limbah kopi arabika dan robusta dengan metode LSE ini adalah sebagai berikut.

1. Pengambilan sampel limbah kopi
  - a. Menyiapkan dua wadah sebagai tempat sampah.
  - b. Memilih ampas kopi yang sudah diseduh berdasarkan jenisnya yaitu arabika dan robusta lalu memasukan pada wadah yang telah disiapkan.
2. Membuat larutan ampas kopi
  - a. Mengeringkan limbah kopi di bawah sinar matahari selama 15 menit.
  - b. Mencampurkan limbah kopi yang telah dijemur kedalam *aquades* 100ml dengan massa 5gram untuk arabika dan robusta. Satu sampel untuk masing-masing limbah kopi.

- c. Proses *mixing* dengan blender dengan variasi massa limbah kopi berbeda selama 10 menit.
  - d. Disimpan dan diamankan selama semalam dalam wadah.
3. Melakukan pemaparan suara ultrasonik dengan frekuensi  $35,00 \pm 0,02$  KHz kepada larutan ampas kopi selama tiga jam untuk limbah kopi arabika dan robusta.
  4. Sampel siap untuk dilakukan pengujian UV-Vis dan FTIR.

#### **F. Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

##### **1. Uji Karakterisasi UV-Vis**

Sampel yang sudah didiamkan selama semalam akan muncul endapan. Larutan yang terpisah dengan endapan adalah sampel yang akan diuji dengan spektrofotometer UV-Vis Shimadzu UV-2450 untuk mengetahui panjang gelombang serapan dan puncak absorbansi. Sebelum dimasukan ke laboratorium pengujian dilakukan preparasi sample agar tidak terlalu pekat saat diuji, dengan cara mencampurkan sampel dengan *aquades*. Rentang panjang gelombang yang digunakan untuk uji UV-Vis berkisar pada 200-800 nm. Rentang panjang gelombang ini dipilih karena pengujian sampel menggunakan sinar UV yang berada pada rentang 200-400 nm dan sinar tampak pada rentang 400-800 nm.

##### **2. Uji Karakterisasi FTIR**

Sampel yang sudah didiamkan selama semalam akan muncul endapan. Larutan yang terpisah dengan endapan adalah sampel yang akan diuji dengan

FTIR untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam sampel setelah dilakukan perlakuan dengan metode LSE. Sebelum dimasukan ke laboratorium pengujian dilakukan preparasi sample agar tidak terlalu pekat saat diuji, dengan cara mencampurkan sampel dengan *aquades*. Rentang panjang gelombang yang digunakan adalah 400-4000 nm.

#### **G. Teknik Analisis Data**

Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

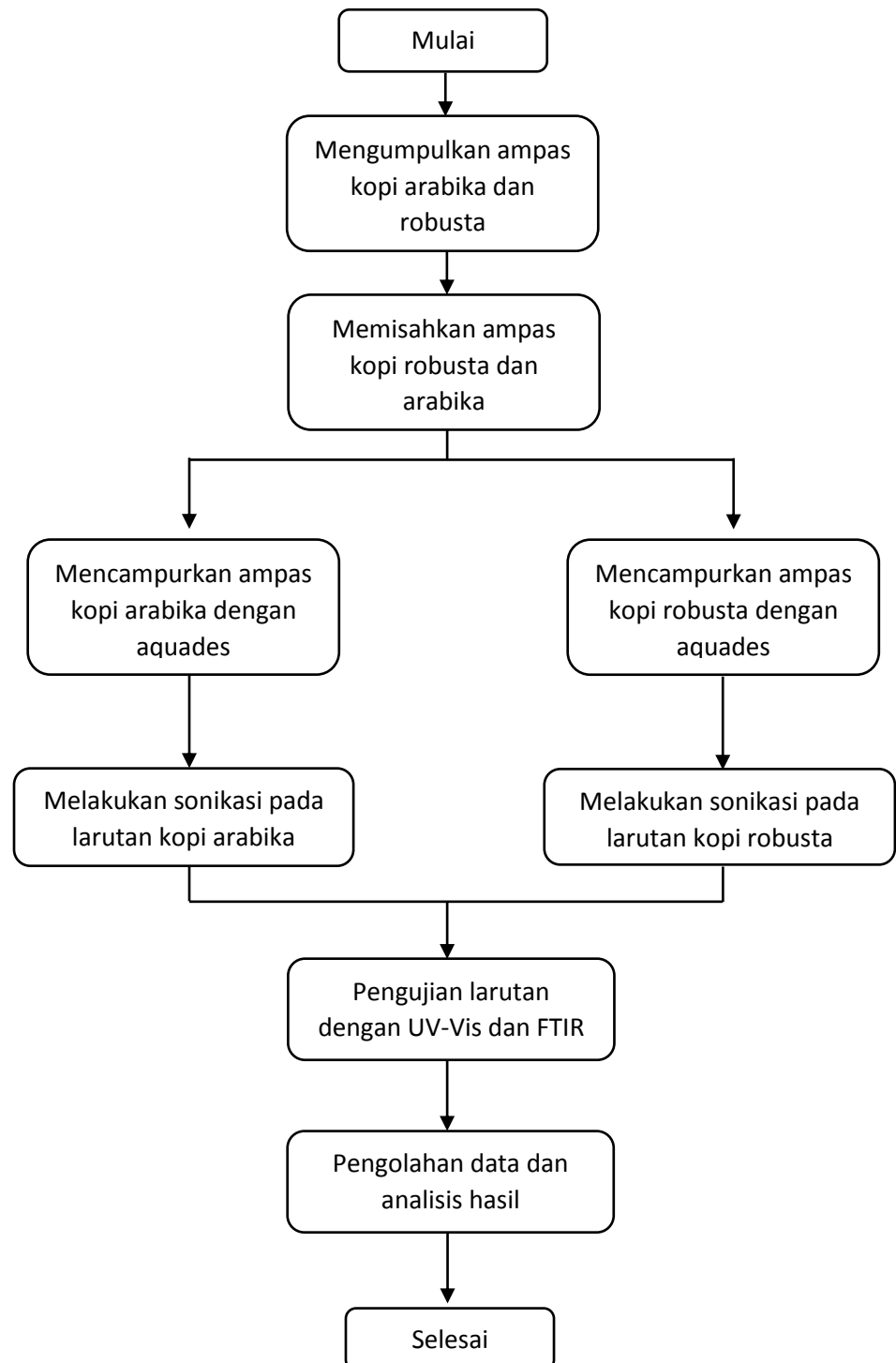
##### **1. Uji Karakterisasi UV-Vis**

Hasil karakterisasi UV-Vis sampel rGO sesudah perlakuan sonikasi dengan metode LSE dibandingkan pada masing-masing variasi jenis biji kopi dan ukuran dari piezoelektriknya. Kemudian dilakukan perbandingan hasil sonikasi untuk masing-masing jenis dan ukuran piezoelektrik pada satu grafik. Kemudian mencocokkan hasil UV-Vis dengan tinjauan pustaka untuk mendeteksi rGO yang terbentuk.

##### **2. Uji Karakterisasi FTIR**

Hasil karakterisasi FTIR sampel rGO sesudah perlakuan sonikasi dengan metode LSE dibandingkan pada masing-masing variasi jenis biji kopi dan ukuran dari piezoelektriknya. Kemudian dilakukan perbandingan hasil sonikasi untuk masing-masing jenis dan ukuran piezoelektrik pada satu grafik. Kemudian mencocokkan hasil FTIR dengan tinjauan pustaka untuk mendeteksi karakteristik gugus-gugus fungsi rGO yang terbentuk.

## H. Diagram Alir



Gambar 9. Diagram Alir



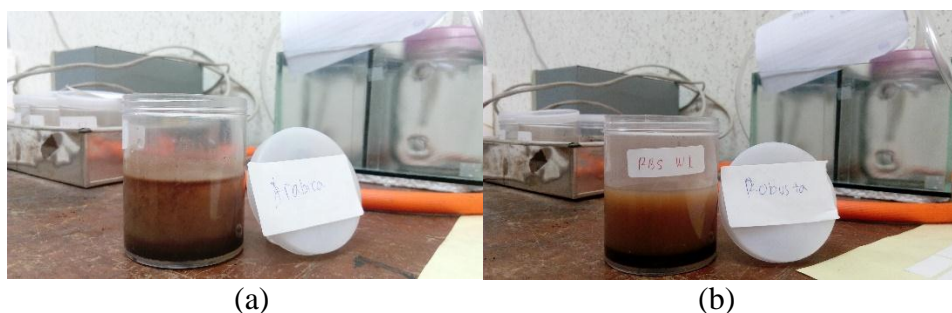
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk (1) melakukan sintesis; (2) mengetahui karakterisasi; dan (3) mengetahui perbandingan rGO dari biji kopi arabika dan robusta. Proses sintesis dilakukan dengan metode LSE dan menggunakan gelombang ultrasonik sebesar  $35,00 \pm 0,02$  KHz. Karakterisasi dalam penelitian ini menggunakan UV-Vis dan FTIR. Perbandingan hasil rGO antara biji kopi arabika dan robusta berdasarkan atas hasil uji UV-Vis dan uji FTIR.

#### A. Sintesis rGO dari Limbah Kopi dengan Metode LSE

Limbah kopi yang telah dikeringkan lalu ditambahkan aquades dan dicampur dengan cara diblender menghasilkan larutan kopi yang berbeda warna. Perbedaan warna ini antara biji kopi arabika dan biji kopi robusta. Dilihat pada Gambar 8. perbedaan terlihat bahwa larutan kopi arabika berwarna coklat muda dan larutan kopi robusta berwarna hitam. Perbedaan warna tersebut terjadi karena biji kopi robusta umumnya lebih gelap dibanding dengan biji kopi arabika yang berwarna lebih coklat, hal tersebut juga berpengaruh pada saat penggorengan biji kopi atau biasa disebut *roasting*.



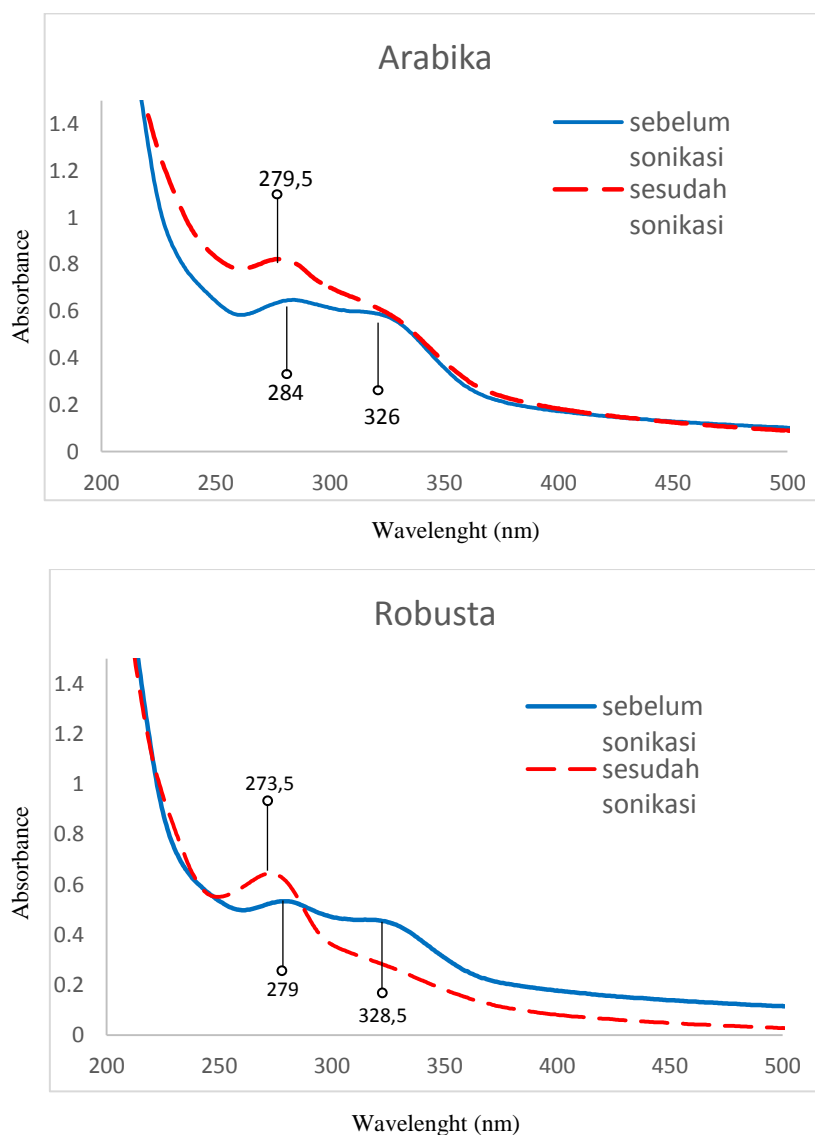
Gambar 10. Limbah kopi setelah diblender (a) arabika dan (b) robusta

Setelah proses pencampuran limbah kopi dengan aquades selesai selanjutnya dilakukan eksfoliasi dengan LSE. Eksfoliasi dilakukan melalui pemaparan suara ultrasonik dengan frekuensi  $35,00 \pm 0,03$  KHz. Dalam tahap ini tidak ada perbedaan larutan antara sebelum dan sesudah di-LSE dalam sisi visual. Warna yang terlihat masih sama antara larutan kopi arabika maupun robusta. Perbedaan terlihat setelah dilakukan analisis melalui pengujian UV-Vis.

#### **B. Hasil UV-Vis rGO dari limbah kopi**

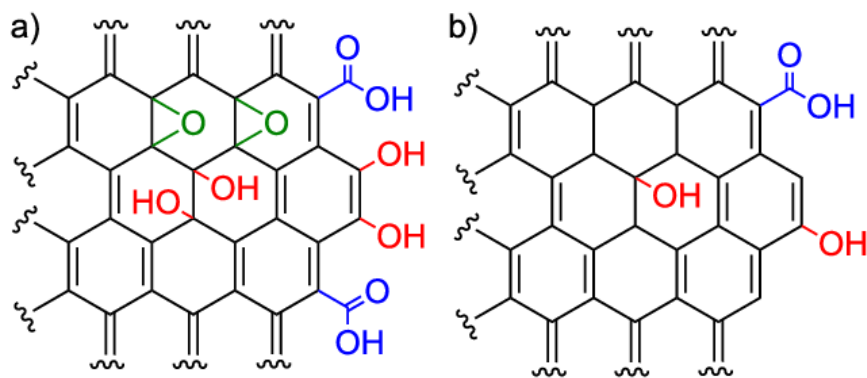
Untuk melihat pengaruh metode LSE yang digunakan pada sampel larutan limbah kopi dilakukan analisis menggunakan UV-Vis. Analisis UV-Vis yang terlihat antara sebelum sampel dipaparkan gelombang ultrasonik dan sesudah dipaparkan gelombang ultrasonik bisa dilihat dalam grafik 1. Terlihat bahwa terdapat dua puncak yang terbentuk pada hasil larutan sebelum dipaparkan gelombang, baik pada kopi arabika maupun robusta. Puncak untuk kopi arabika berada pada panjang gelombang  $284,0 \pm 0,3$  nm dan adanya puncak bahu (*shouldering peak*) pada panjang gelombang  $326,0 \pm 0,3$  nm. Begitu juga pada kopi robusta yang terdapat puncak di panjang gelombang  $279,0 \pm 0,3$  nm dan puncak bahu pada panjang gelombang  $328,5 \pm 0,3$  nm. Setelah sampel dipaparkan gelombang ultrasonik puncak bahu pada sampel arabika maupun robusta tidak terlihat lagi. Pada larutan arabika hanya menyisakan satu puncak begitu juga pada robusta. Puncak-puncak tersebut merupakan hasil dari tingginya serapan dari cahaya UV-Vis yang ditembakkan atau biasa disebut absorbansi. Absorbansi pada suatu molekul terjadi pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan energi yang dibutuhkan masing-masing atom atau molekul agar elektronnya dapat eksitasi.

Dachriyanus juga mengatakan bahwa suatu atom atau molekul menyerap cahaya maka energi tersebut akan menyebabkan tereksitasinya elektron pada kulit terluar ke tingkat energi yang lebih tinggi (Dachriyanus, 2004). Nilai absorbansi yang semakin tinggi juga mengindikasikan bahwa konsentrasi suatu senyawa pada panjang gelombang tersebut semakin banyak atau sederhananya semakin tinggi absorbansi semakin banyak senyawa yang terbentuk.



Grafik 1. Analisis UV-Vis limbah kopi sebelum dan sesudah sonikasi arabika dan robusta

Hasil UV-Vis limbah kopi sebelum disonikasi terdapat dua puncak untuk masing-masing kopi arabika dan kopi robusta. Puncak absorbansi yang pertama berada di  $284,0 \pm 0,3$  nm untuk kopi arabika dan  $279,0 \pm 0,3$  nm untuk kopi robusta yang menandakan karakteristik dari grafit dan oksida grafit yang berupa kafein. Puncak absorbansi yang kedua berada di  $326,0 \pm 0,3$  nm untuk kopi arabika dan  $328,5 \pm 0,3$  nm untuk kopi robusta yang menandakan adanya transisi elektron pada orbital  $n-\pi^*$  untuk ikatan C-O.



Gambar 11. Struktur parsial dari (a) *Graphene Oxide* dan (b) *reduced Graphene Oxide* (Kasprzak, 2018).

Limbah kopi setelah dilakukan sonikasi hasil UV-Vis menandakan hanya terdapat satu puncak. Puncak berada di  $279,5 \pm 0,3$  nm dan  $273,5 \pm 0,3$  nm untuk masing-masing kopi arabika dan robusta. Puncak absorbansi pada panjang gelombang tersebut merupakan karakteristik dari material rGO dan hilangnya puncak di orbital  $n-\pi^*$  juga menandakan tereduksinya atom pengotor seperti ikatan C-O. Terlihat juga bahwa tinggi nya absorbansi pada grafik setelah dilakukan sonikasi menandakan semakin banyaknya rGO yang terbentuk akibat proses *Liquid Sonication Exfoliation*. Hal ini menandakan bahwa adanya pengaruh metode LSE yang dilakukan pada sampel kopi tersebut. Terbentuknya

material rGO langsung dari limbah kopi terjadi karena adanya pereduksi alami yang terdapat pada kopi yaitu kafein. Kafein juga menjadi pereduksi yang ramah lingkungan pada pembuatan rGO (Vu et. al., 2014). Bentuk dari struktur *graphene oxide* terlihat pada gambar 11 dan masih banyak tersusun dari gugus-gugus oksida seperti O dan O-H, sedangkan pada rGO memiliki gugus-gugus oksida yang semakin berkurang.

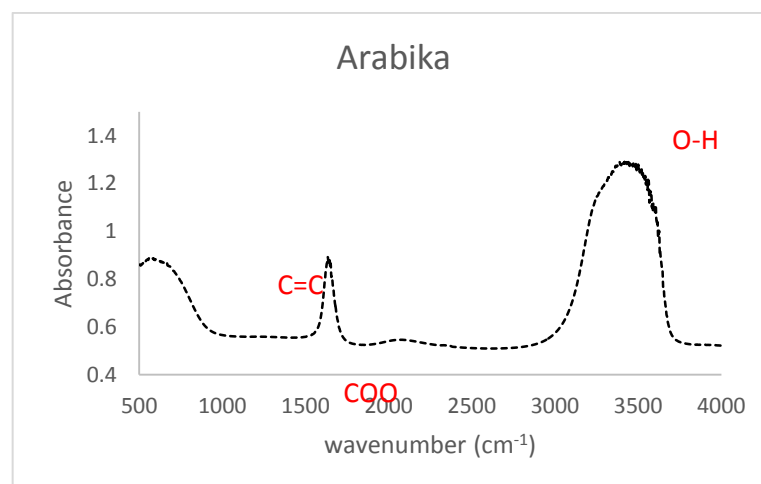
Puncak absorbansi mengalami pergeseran ke kiri dari sebelum ke sesudah disonikasi atau disebut *blueshift*. Puncak pada limbah kopi arabika bergeser dari  $284,0 \pm 0,3$  nm menjadi  $279,5 \pm 0,3$  nm dan puncak pada limbah kopi robusta bergeser dari  $279,0 \pm 0,3$  nm menjadi  $273,5 \pm 0,3$  nm. Puncak absorbansi yang bergeser kekiri atau ke panjang gelombang yang lebih kecil menandakan hilangnya pengotor pada ikatan C=C yang berada pada panjang gelombang 270nm. Ikatan tersebut juga menunjukkan karakteristik adanya rGO. Terdapat kenaikan absorbansi juga pada grafik kopi robusta dan arabika, untuk kopi arabika sebelum disonikasi pada puncak  $284,0 \pm 0,3$  nm memiliki nilai absorbansi  $0,649 \pm 0,004$  lalu mengalami kenaikan sehingga memiliki nilai absorbansi  $0,823 \pm 0,004$  pada puncak  $279,5 \pm 0,3$  nm , begitu juga pada kopi robusta sebelum disonikasi pada puncak  $279 \pm 0,3$  nm memiliki nilai absorbansi  $0,534 \pm 0,004$  lalu mengalami kenaikan sehingga memiliki nilai absorbansi  $0,654 \pm 0,004$  pada puncak  $273,5 \pm 0,3$  nm. Kenaikan absorbansi biasa disebut efek hiperkromik yaitu merupakan peningkatan intensitas absorban.

Besar absorbansi yang terletak pada puncak hasil UV-Vis sebelum dan sesudah mengalami kenaikan. Grafik 1 menunjukkan bahwa ada kenaikan

absorbansi pada puncak yang identik, dibandingkan pada puncak sebelum dan sesudah disonikasi. Kenaikan absorbansi terjadi disebabkan oleh semakin banyaknya atom yang menyerap energi pada saat cahaya UV-Vis melewati sampel.

### C. Hasil FTIR rGO dari limbah kopi

Pengujian FTIR berfungsi untuk mengetahui gugus fungsi dan ikatan yang terbentuk pada hasil sintesis rGO (Refitasari, 2016: 2). Pada penelitian ini dilakukan pengujian pada dua sampel kopi arabika dan dua sampel kopi robusta. Pengujian FTIR menggunakan sampel limbah kopi yang sudah disonikasi. Pengujian dilakukan pada rentang bilangan gelombang 500-4000  $\text{cm}^{-1}$ . Analisis dikhususkan pada daerah 1500-4000  $\text{cm}^{-1}$  dikarenakan akan sangat sulit menganalisa pada daerah 500-1500  $\text{cm}^{-1}$ . Hal ini disebabkan pada daerah 500-1500  $\text{cm}^{-1}$  biasanya mengandung bentuk absorban yang sangat kompleks, karena seluruh jenis vibrasi bending molekul menyerap pada daerah ini. Daerah ini disebut dengan daerah sidik jari (Dachriyanus, 2004: 35).



Grafik 2. Hasil pengujian FTIR pada limbah kopi arabika

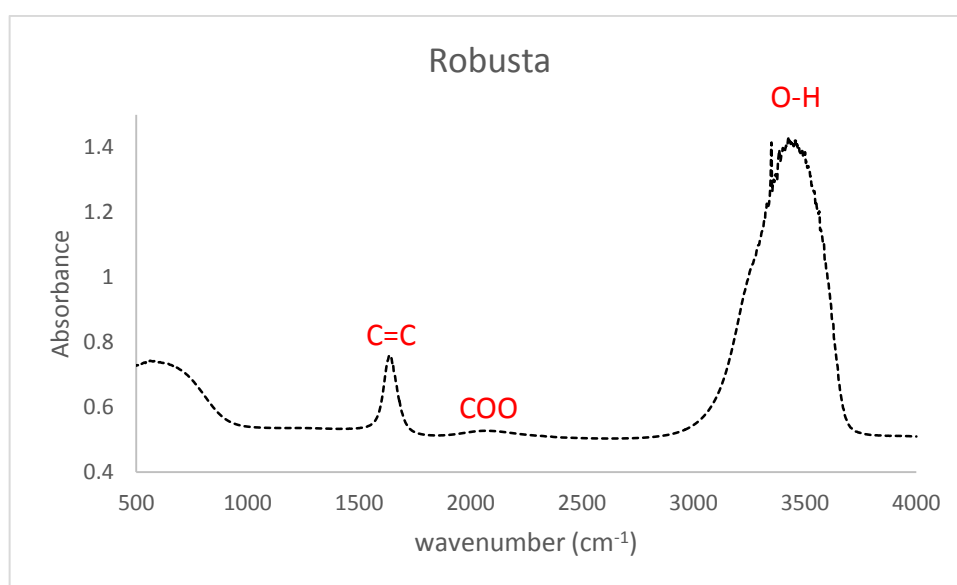
Jika suatu senyawa (sampel) dilewati inframerah, pada frekuensi inframerah tertentu akan terjadi penyerapan energi oleh sampel tersebut. Banyaknya frekuensi yang tidak diserap setelah melewati senyawa akan diukur sebagai persen transmittan (Dachriyanus, 2004: 23). Semakin kecil transmittansi maka semakin banyak cahaya yang diserap atau diabsorpsi. Tingginya absorpsi dapat mengindikasikan adanya gugus fungsi dan ikatan yang ada pada sampel. Serapan yang sangat tinggi akan memberikan informasi penting tentang ikatan dalam senyawa yang diuji (Dachriyanus, 2004: 23). Hasil dari FTIR limbah kopi arabika setelah dilakukan analisis terhadap puncak-puncak yang terbentuk sebagai indikasi adanya gugus fungsi dan ikatan tertentu sebagai ciri dari material rGO dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji FTIR dari limbah kopi arabika

<b>Piezoelektrik ukuran sedang</b>	
<b>Bilangan gelombang (<math>k \pm 1</math>) <math>\text{cm}^{-1}</math></b>	<b>Jenis ikatan</b>
3280-3550	Regangan O-H
2360	$\text{C}\equiv\text{N}$
2339	$-\text{C}\equiv\text{C}-$
2036	COO
1637	C=C Alkena

Hasil FTIR pada Grafik 3 untuk kopi arabika menunjukkan tingginya serapan pada  $(3280 \pm 1)-(3550 \pm 1) \text{ cm}^{-1}$  pada piezoelektrik sedang lalu terdapat juga puncak absorbansi tajam pada  $1637 \pm 1 \text{ cm}^{-1}$ , hal tersebut menandakan karakteristik rGO. Karakteristik rGO dibuktikan adanya gugus fungsi C=C pada bilangan gelombang 1500-1675  $\text{cm}^{-1}$ .

Tingginya absorbansi pada gugus fungsi O-H dan C=C menandakan semakin banyaknya lapisan rGO yang terbentuk. Semakin banyaknya serapan gugus fungsi C=C yang mengakibatkan naiknya nilai absorbansi. Nilai absorbansi kopi arabika untuk gugus fungsi O-H pada  $(3280 \pm 1)$ - $(3550 \pm 1) \text{ cm}^{-1}$  sebesar 1,255 dan untuk gugus fungsi C=C pada  $1637 \pm 1 \text{ cm}^{-1}$  sebesar 0,867.



Grafik 3. Hasil pengujian FTIR pada limbah kopi robusta

Hasil dari FTIR limbah kopi robusta setelah dilakukan analisis terhadap puncak-puncak yang terbentuk. Indikasi adanya gugus fungsi dan ikatan tertentu sebagai ciri dari material rGO dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji FTIR dari limbah kopi robusta

Piezoelektrik ukuran sedang	
Bilangan gelombang ( $k \pm 1$ ) $\text{cm}^{-1}$	Jenis ikatan
3614-3214	Regangan O-H
2073	COO
1637	C=C Alkena



Hasil FTIR pada Grafik 4 untuk kopi robusta menunjukkan adanya absorpsi tinggi pada  $(3614 \pm 1)-(3214 \pm 1) \text{ cm}^{-1}$  lalu terdapat juga puncak absorpsi tajam pada  $1637 \pm 1 \text{ cm}^{-1}$ , hal tersebut menandakan karakteristik rGO. Karakteristik rGO dibuktikan adanya gugus fungsi C=C pada bilangan gelombang 1500-1675  $\text{cm}^{-1}$ .

Kenaikan absorpsi pada gugus fungsi O-H dan C=C menandakan semakin banyaknya lapisan rGO yang terbentuk. Semakin banyaknya serapan gugus fungsi C=C yang mengakibatkan naiknya nilai serapan atau absorbansi. Nilai absorbansi kopi arabika untuk gugus fungsi O-H pada  $(3614 \pm 1)-(3214 \pm 1) \text{ cm}^{-1}$  sebesar 1,225 dan untuk gugus fungsi C=C pada  $1637 \pm 1 \text{ cm}^{-1}$  sebesar 0,752.

Hasil uji FTIR menunjukkan bahwa gugus-gugus fungsi yang terdapat pada kopi arabika yaitu C=C dan O-H begitu juga dengan kopi robusta. Gugus-gugus fungsi tersebut merupakan karakteristik dari rGO. Menandakan bahwa terdapat material rGO pada hasil sintesis pada penelitian ini. Hasil pengujian UV-Vis juga menunjukkan bahwa kedua limbah kopi arabika dan robusta memiliki puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang rGO yaitu sekitar 270-280 nm, untuk biji kopi arabika memiliki puncak absorbansi di panjang gelombang  $279,5 \pm 0,3 \text{ nm}$  dan absorbansinya  $0,823 \pm 0,004$ , sedangkan pada biji kopi robusta memiliki puncak absorbansi di panjang gelombang  $273,5 \pm 0,3 \text{ nm}$  dan absorbansinya  $0,654 \pm 0,004$ . Semakin tingginya nilai absorbansi pada maka semakin banyak material rGO yang terbentuk. Kopi arabika memiliki puncak absorbansi yang lebih tinggi dari kopi robusta.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian terkait sintesis dan karakterisasi *Reduce Graphene Oxide* dari limbah biji kopi dengan metode *Liquid Sonication Exfolitation* maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Telah dilakukan sintesis rGO dalam fase cair dengan metode LSE dan didapatkan karakteristik rGO berdasarkan hasil uji UV-Vis yang ditandai dengan puncak absorpsi pada rentang panjang gelombang rGO yang mengindikasikan terjadinya eksfoliasi pada sampel.
2. Hasil karakterisasi dari pengujian UV-Vis untuk biji kopi arabika diperoleh hasil terbaik dengan puncak  $279,5 \pm 0,3$  nm dengan nilai absorpsi  $0,823 \pm 0,004$  dan untuk biji kopi robusta  $273,5 \pm 0,3$  nm dengan nilai absorpsi  $0,654 \pm 0,004$ .
3. Hasil karakterisasi dari pengujian FTIR untuk biji kopi arabika diperoleh hasil terbaik dengan puncak  $(3280 \pm 1) - (3550 \pm 1) \text{ cm}^{-1}$  dengan nilai absorpsi 1,255 untuk regangan O-H dan  $1637 \pm 1 \text{ cm}^{-1}$  dengan nilai absorpsi 0,867 untuk C=C, lalu untuk biji kopi robusta memiliki puncak  $(3614 \pm 1) - (3214 \pm 1) \text{ cm}^{-1}$  dengan nilai absorpsi 1,225 untuk regangan O-H dan  $1637 \pm 1 \text{ cm}^{-1}$  dengan nilai absorpsi 0,752 untuk C=C.
4. Hasil uji FTIR menunjukkan bahwa terdapat karakteristik gugus-gugus fungsi dari material rGO baik arabika maupun robusta dilihat dari adanya gugus fungsi C=C dan O-H. Hasil uji UV-Vis menunjukkan bahwa kopi arabika dan

robusta memiliki puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang dari material rGO, untuk kopi arabika berada di  $279,5 \pm 0,3$  nm dan memiliki absorbansi  $0,823 \pm 0,004$ , sedangkan untuk kopi robusta berada di  $273,5 \pm 0,3$  nm dan memiliki absorbansi  $0,645 \pm 0,004$ . Biji kopi arabika memiliki material rGO yang lebih banyak dari biji kopi robusta dengan nilai absorbansi  $0,823 \pm 0,004$ .

## **B. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka bagi penelitian selanjutnya, peneliti menyarankan beberapa hal sebagai berikut.

1. Dilakukannya pengontrolan terhadap penggorengan (*roasting*) biji kopi.
2. Dipastikan saat melakukan pengendapan larutan untuk menjaga larutan homogen saat dilakukan uji karakteristik.
3. Dapat dilakukan pengujian FTIR untuk sampel sebelum sonikasi sehingga hasil dari metode LSE terlihat lebih jelas untuk gugus fungsi yang terbentuk.
4. Dapat dilakukan pengolahan rGO yang dihasilkan dalam bentuk padatan.
5. Dapat dilakukan pengujian karakterisasi lebih lanjut untuk membuktikan adanya rGO dengan lebih jelas.
6. Dapat dilakukan sintesis dengan metode lain dalam pembuatan rGO dari biji kopi arabika dan robusta.

## DAFTAR PUSTAKA

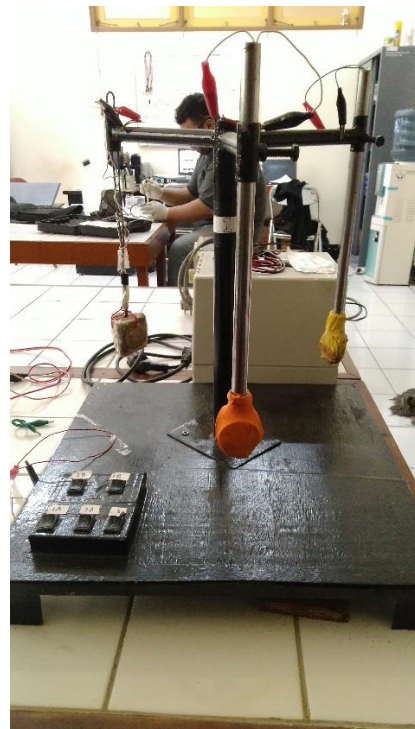
- Abdullah, M. & Khaerurijjal. 2009. *Karakterisasi nanopartikel: teori, penerapan, dan pengolahan data*. Bandung: Rezeki Putra.
- Aminah Nur Aisyah. 2016. *Pengaruh Variasi Frekuensi dan Jumlah Tweeter Piezoelektrik Sebagai Sumber Gelombang Ultrasonik Terhadap Sintesis Material Graphene dengan Metode Liquid Sonification Exfoliation*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Azizah, Lita Nur & Susanti Diah. 2014. *Pengaruh Variasi Kadar Zn dan Temperatur Hydrothermal Terhadap Struktur Dan Nilai Konduktivitas Elektrik Material Graphene*. ITS: Teknik Pomits.
- Brownson, Dale A.C. dan Craig E. Banks. 2014. *The Handbook of Graphene Electrochemistry*. United Kigdom: Manchester Metropolitan Unversity.
- Budianto. 2015. *Pengaruh Penambahan Nanopartikel Perak Pada Setiap Sel Elemen Basah (ACCU) Terhadap Tegangan Keluaran Elemen Basah (ACCU)*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Chemat F., Z. Huma, and M. K. Khan. 2011. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*.18 : 813–835.
- Ciesielski Artur, dan Samori Paolo. 2013. *Graphene via Sonication assisted liquid-phase exfoliation*. -: RSC Publishing.
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Padang: LPTIK Universitas Andalas.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2017. *STATISTIK PERKEBUNAN INDONESIA 2015-2017*. <http://ditjenbun.pertanian.go.id/statistik/2017>.
- Elsevier. 2013. All in the graphene family - A recommended nomenclature for two-dimensional carbon materials. *Elsevier CARBON* 65 : 1-6.
- 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.
- Geim A.K. da K.S. Novoselov. 2004. *The Rise of Graphene*. United Kingdom: University of Manchester.

- Giwangkara SEG. (2006). *Aplikasi logika syaraf fuzzy pada analisis sidik jari minyak bumi menggunakan spektrofotometer 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-SiO<sub>2</sub> 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*. Skripsi. Universitas Lampung, Lampung.
- Hosokawa, M., et al (eds.). (2007). *Nanoparticle Technology Handbook*. Amsterdam: Elsevier.
- 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*.
- John, F. 2002. *Ultrasonic Cleaning : Fundamental Theory and Application*. Unpublished article.
- Kasprzak, Artur. 2018. *Functionalization of graphene: does the organic chemistry matter?* [https://www.researchgate.net/Functionalization\\_of\\_graphene\\_does\\_theorganicchemistrymatter](https://www.researchgate.net/Functionalization_of_graphene_does_theorganicchemistrymatter)
- Kementrian Perindustrian. 2016. *Peluang Usaha IKM Kopi*. [www.kemenperin.go.id/download/.../Peluang-Usaha-Industri-Kecil-Menengah-Kopi](http://www.kemenperin.go.id/download/.../Peluang-Usaha-Industri-Kecil-Menengah-Kopi).
- Muthhari, dkk. 2013. *Sejarah Penemuan Sifat dan Karakteristik, Metode Sintesis, serta Aplikasi Graphene*, <http://dokumen.tips/documents/makalahgraphene-1-2.html>.
- Nanoinnova Technologies SL. -. *Reduced Graphene Oxide: Characterization sheet*. [www.nanoinnova.com](http://www.nanoinnova.com)
- Rafitasari, Yeti, dkk. 2016. Sintesis Graphene Oxide dan Reduced Graphene Oxide. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016* <http://snf-unj.ac.id/kumpulan-prosiding/snf2016/>.

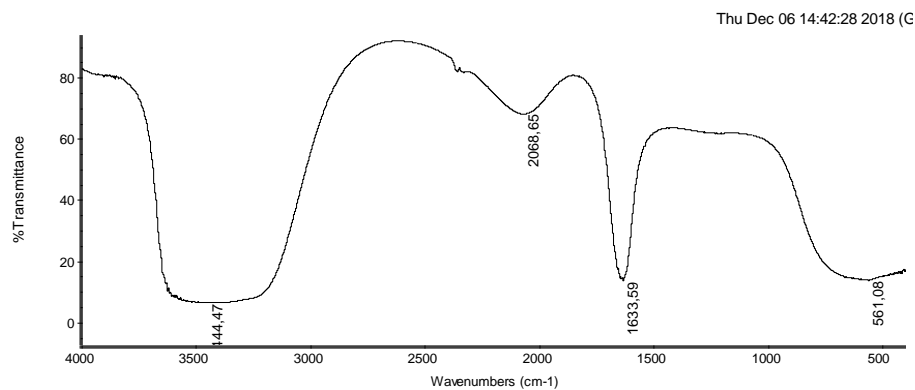
- Razi. 2012. *Prinsip FTIR*. <http://little-Razi.blogspot.com/2016/03-04-2013/PrinsipFTIR>.
- Rhyko Irawan Wisnuwijaya. 2017. *Preparasi dan Sintesis Graphene Oxide dengan Metode Liquid Sonication Exfoliation dan Random Collision Marbles Shaking dengan Bahan Dasar Graphite Limbah Baterai Zinc-Carbon Berdasarkan Uji Spektrofotometer Uv-Vis*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Specialty Coffee. 2014. *Specialty Coffee – Supplier Kopi Indonesia Specialty Grade*. [www.specialtycoffee.co.id](http://www.specialtycoffee.co.id)
- Suhartati, Tati. 2017. *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-VIS dan Spektrometri Masa ntuk Penentuan Struktur Senyawa Oranik*. Lampug: CV.AURA.
- Suslick, S. 1995. *Applications of Ultrasound to Materials Chemistry*. MRS Bulletin : 2934.
- Thermo, N. 2001. *Introduction to FTIR Spectrometry*. Thermo Nicolet Inc., Madison, USA. [www.thermonicolet.com](http://www.thermonicolet.com).
- Truong & Lee. 2013. *Graphene From Fundamental to Future Application*. South Korea: Chonbuk National University.
- U.S. Department of Health and Human Service. *The Chemistry of Health*. 2009. <https://www.nigms.nih.gov/education/Booklets/the-chemistry-of-health/Documents/Booklet-the-chemistry-of-health.pdf>
- Vilkhu K., R. Mawson, L. Simons, and D. Bates. 2008. Applications and Opportunities for Ultrasound assisted Extraction in The Food Industry – A Review. *ScienceDirect : Innovative Food Science and Emerging Technologies* 9 : 161 -169.
- Vu, Thu Ha Thi, dkk. 2015. A new green approach for the reduction of graphene oxide nanosheets using caffeine. *Bull. Mater. Sci., Vol. 38, No. 3, June 2015, pp. 667–671*.

## LAMPIRAN

### 1. Dokumentasi Penelitian



## 2. Hasil Uji FTIR



Collection time: Thu Dec 06 13:39:28 2018 (GMT+0)

Thu Dec 06 14:42:26 2018 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2369-1 ARB 4

Region: 4000,00 400,00

Absolute threshold: 94,308

Sensitivity: 50

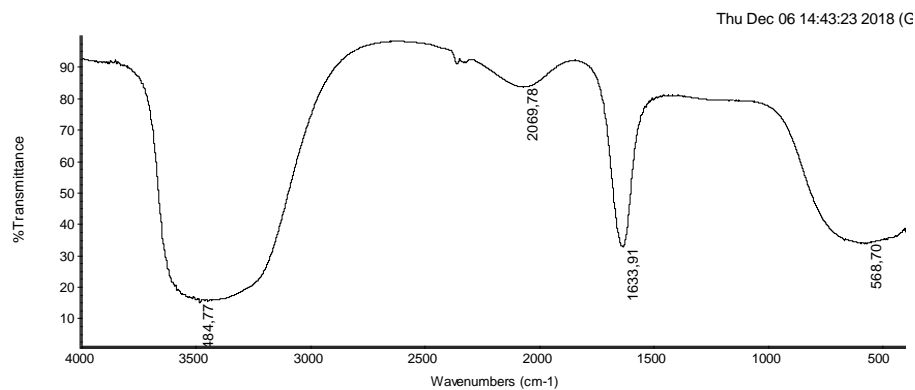
Peak list:

Position: 3444,47 Intensity: 5,899

Position: 1633,59 Intensity: 13,207

Position: 561,08 Intensity: 13,316

Position: 2068,65 Intensity: 67,819



Collection time: Thu Dec 06 13:43:30 2018 (GMT+0)

Thu Dec 06 14:43:09 2018 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2369-2 ARB 5

Region: 4000,00 400,00

Absolute threshold: 100,589

Sensitivity: 50

Peak list:

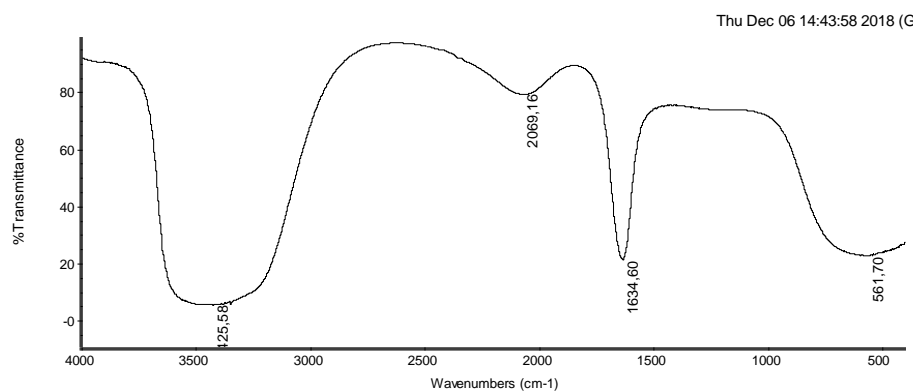
Position: 3484,77 Intensity: 14,318

Position: 1633,91 Intensity: 32,145

Position: 568,70 Intensity: 33,372

Position: 2069,78 Intensity: 83,313





Collection time: Thu Dec 06 13:50:55 2018 (GMT+0)

Thu Dec 06 14:43:56 2018 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2369-3 RBS 4

Region: 4000,00 400,00

Absolute threshold: 99,750

Sensitivity: 50

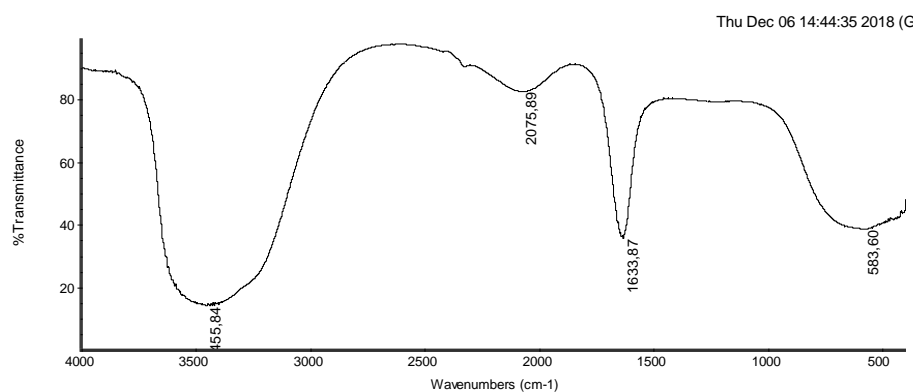
Peak list:

Position: 3425,58 Intensity: 5,017

Position: 1634,60 Intensity: 20,818

Position: 561,70 Intensity: 22,193

Position: 2069,16 Intensity: 78,913



Collection time: Thu Dec 06 13:47:12 2018 (GMT+0)

Thu Dec 06 14:44:32 2018 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2369-4 RBS 5

Region: 4000,00 400,00

Absolute threshold: 99,894

Sensitivity: 50

Peak list:

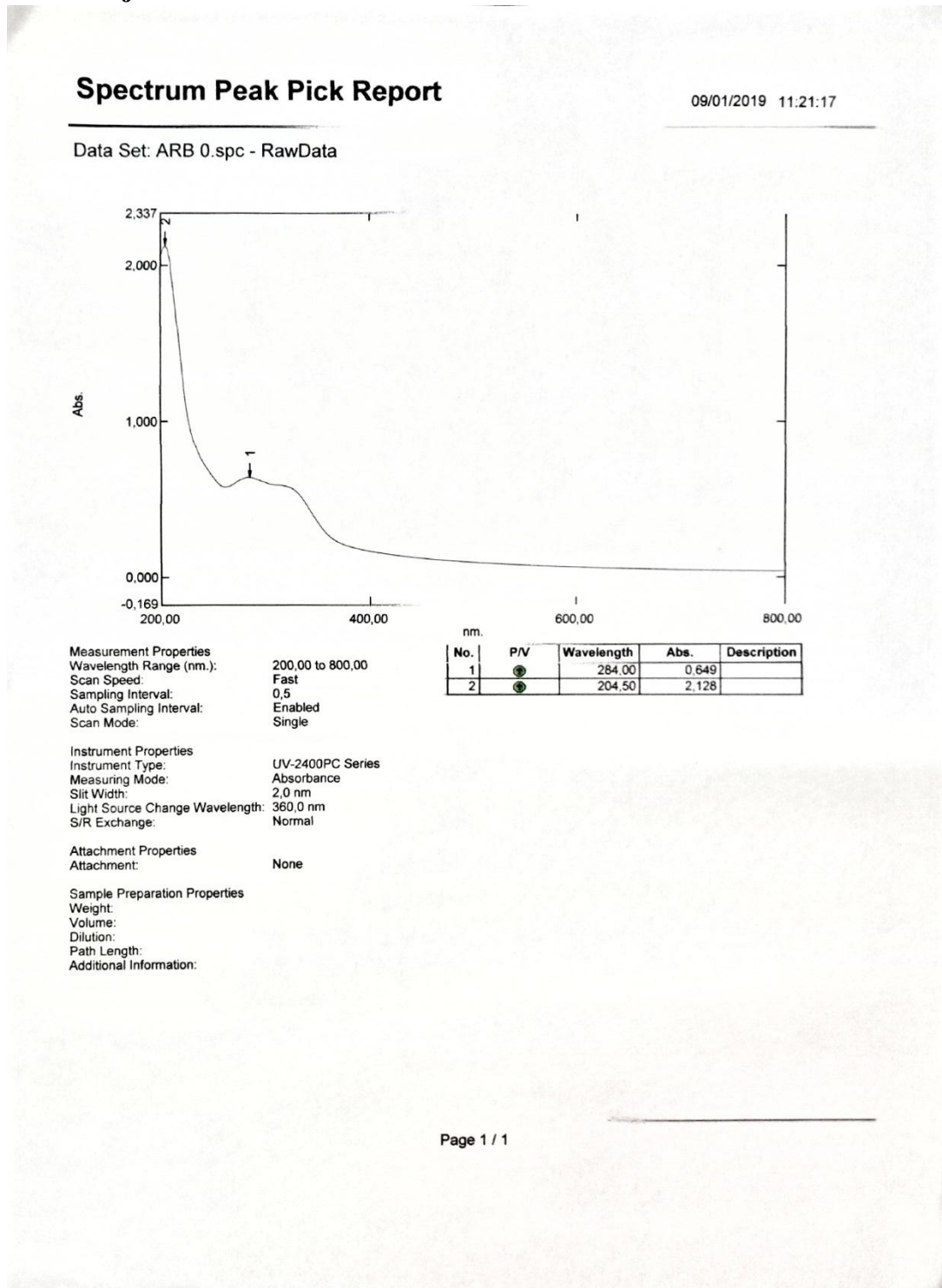
Position: 3455,84 Intensity: 13,564

Position: 1633,87 Intensity: 35,238

Position: 583,60 Intensity: 38,155

Position: 2075,89 Intensity: 82,215

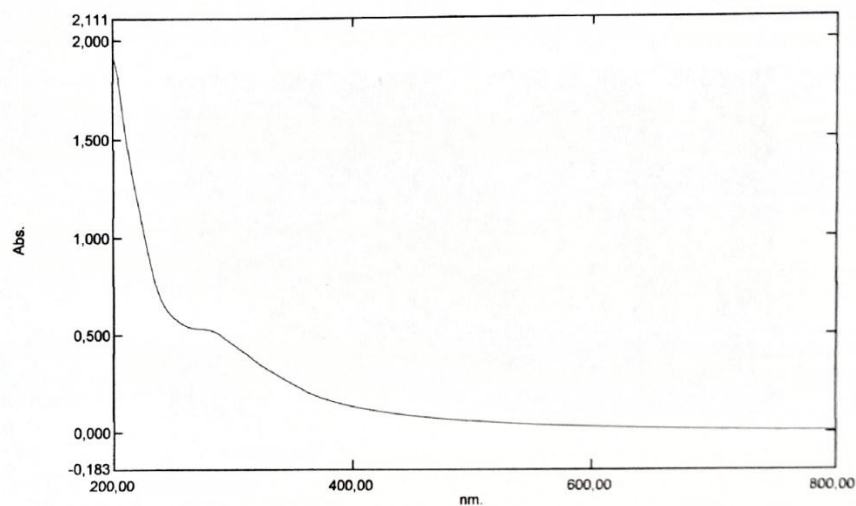
### 3. Hasil Uji UV-Vis



## Spectrum Peak Pick Report

26/11/2018 10:18:43

Data Set: ARB 2.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:

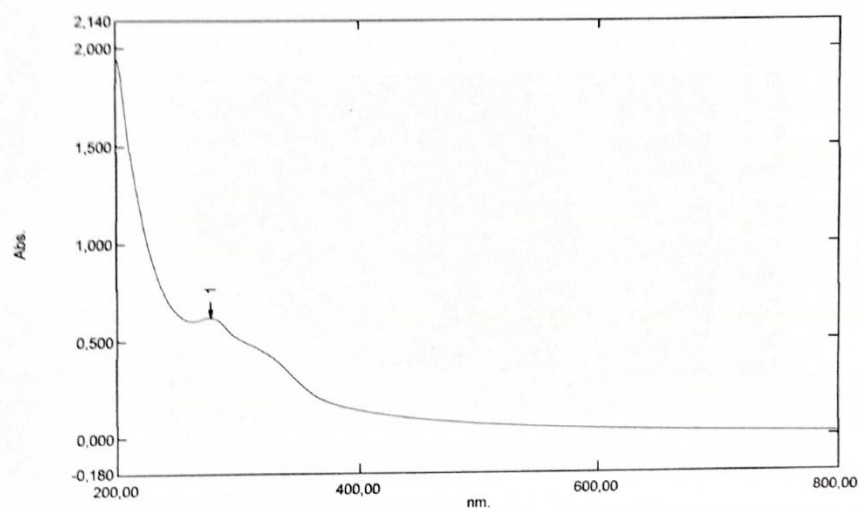
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
-----	-----	------------	------	-------------

*x halo rem*

## Spectrum Peak Pick Report

26/11/2018 10:21:18

Data Set: ARB 3.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		276.50	0.623	

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

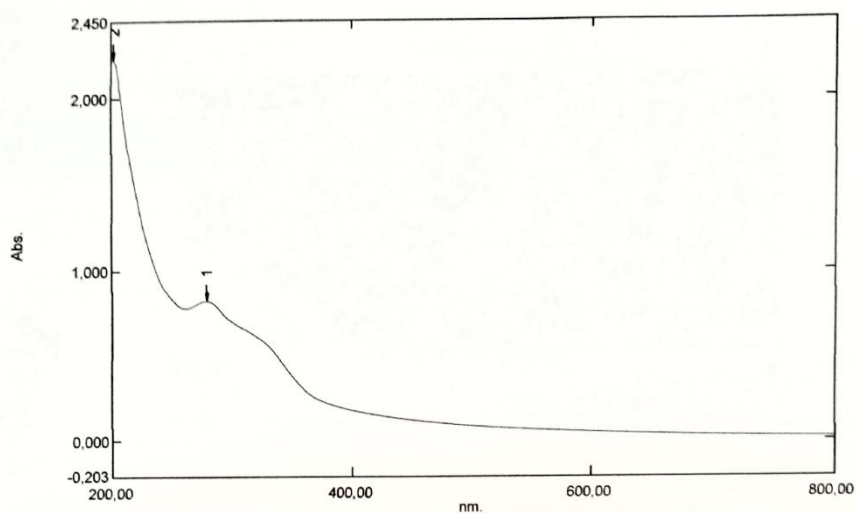
Sample Preparation Properties  
Weight:  
Volume:  
Dilution:  
Path Length:  
Additional Information:

*Handwritten note:* \*bukan reaktif

## Spectrum Peak Pick Report

26/11/2018 10:23:51

Data Set: ARB 4.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	●	278.50	0.823	
2	●	202.00	2.229	

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

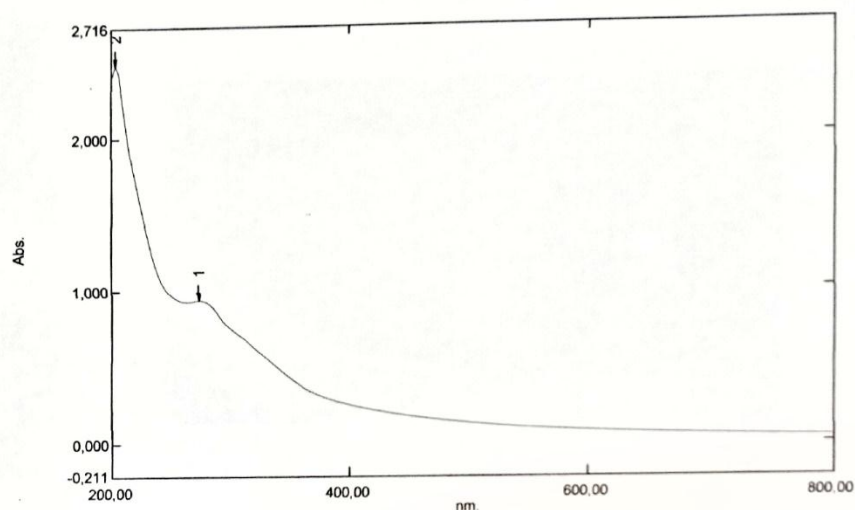
Sample Preparation Properties  
Weight:  
Volume:  
Dilution:  
Path Length:  
Additional Information:

*\* bahan warna kuning*

# Spectrum Peak Pick Report

26/11/2018 10:26:28

Data Set: ARB 5.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		273.00	0.939	
2		203.50	2.472	

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:

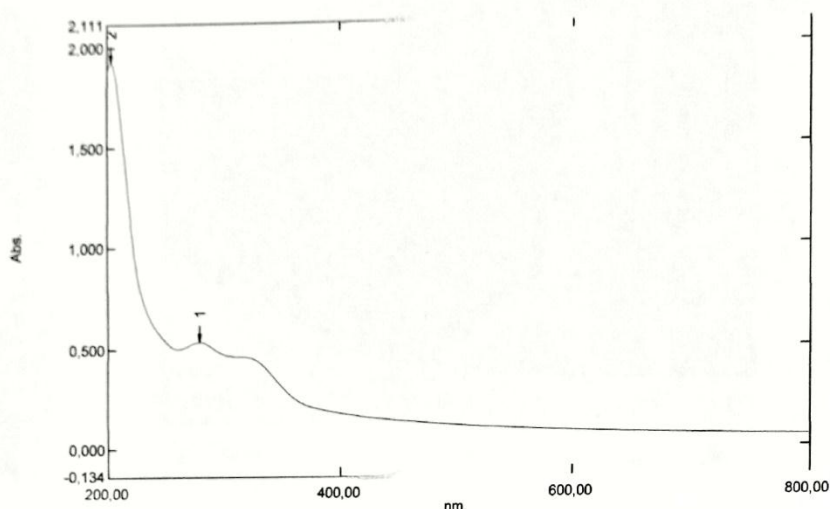
\* Gasket besar



## Spectrum Peak Pick Report

09/01/2019 11:25:04

Data Set: RBS 0.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

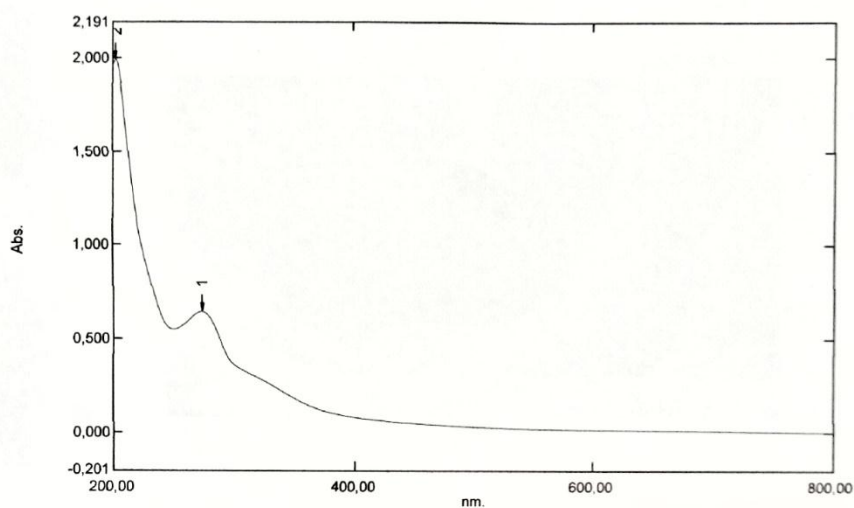
Sample Preparation Properties  
Weight:  
Volume:  
Dilution:  
Path Length:  
Additional Information:

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⊕	278.50	0.534	
2	⊕	203.00	1.924	

## Spectrum Peak Pick Report

26/11/2018 10:29:02

Data Set: RBS 2.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	●	273,00	0,645	
2	●	202,50	1,992	

### 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

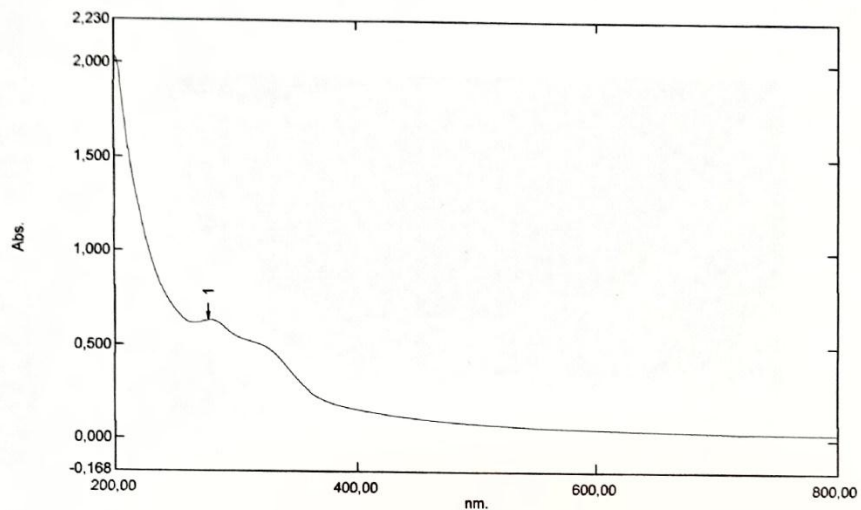
Weight:  
Volume:  
Dilution:  
Path Length:  
Additional Information:



## Spectrum Peak Pick Report

26/11/2018 10:31:30

Data Set: RBS 3.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	●	277,00	0,633	

### 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

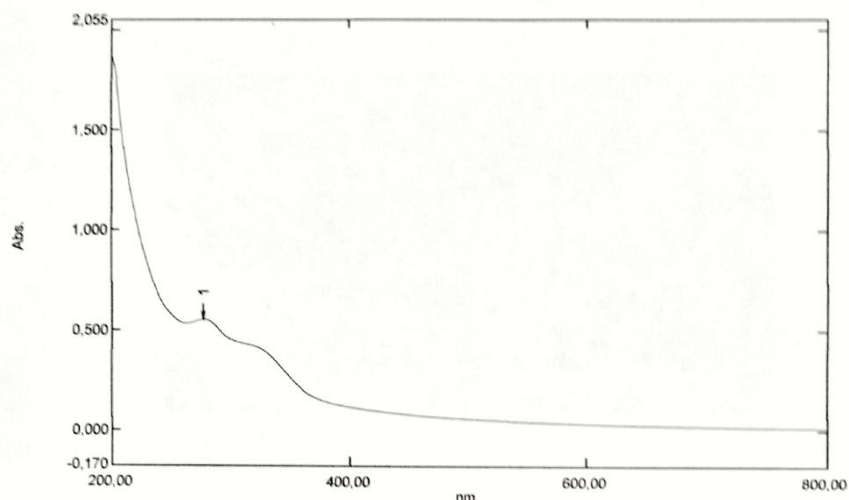
### Sample Preparation Properties

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

## Spectrum Peak Pick Report

26/11/2018 10:33:44

Data Set: RBS 4.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

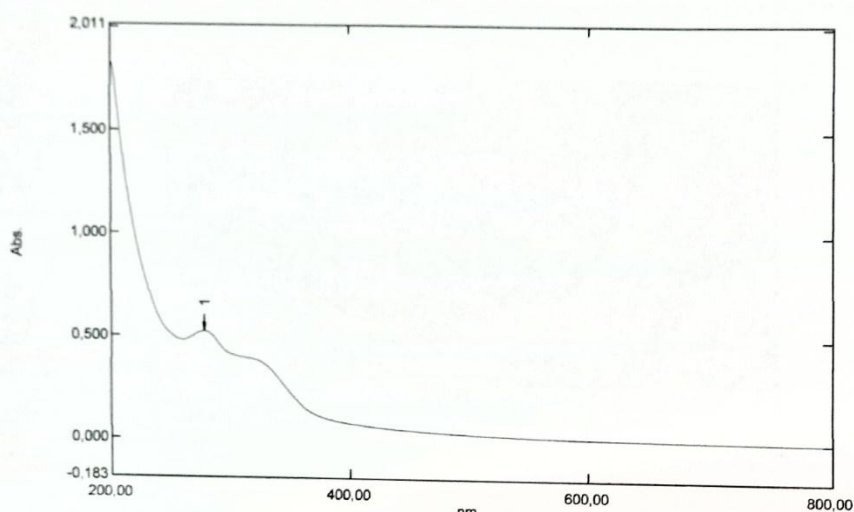
Sample Preparation Properties  
Weight:  
Volume:  
Dilution:  
Path Length:  
Additional Information:

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1		276.50	0.557	

## Spectrum Peak Pick Report

26/11/2018 10:37:04

Data Set: RBS 5.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	●	277,50	0,523	

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: