

**SINTESIS *GRAPHENE OXIDE* BERBAHAN DASAR *GRAPHITE* LIMBAH  
BATERAI *ZINC-CARBON* DALAM FASE CAIR MENGGUNAKAN  
FREKUENSI AUDIOSONIK DAN ULTRASONIK**

**SKRIPSI**

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



Disusun oleh  
**ARUM SRI CAHYANI**  
13306141012

**PROGRAM STUDI FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEEGERI YOGYAKARTA  
2018**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

**SINTESIS *GRAPHENE OXIDE* BERBAHAN DASAR *GRAPHITE* LIMBAH  
BATERAI *ZINC-CARBON* DALAM FASE CAIR MENGGUNAKAN  
FREKUENSI AUDIOSONIK DAN ULTRASONIK**

Disusun oleh:

Arum Sri Cahyani

NIM 13306141012

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

Yogyakarta, 05 Februari 2018

Disetujui,

Dosen Pembimbing,



Wipsar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D.

NIP. 19800129 200501 1 003

**HALAMAN PENGESAHAN**

Tugas Akhir Skripsi

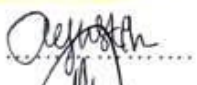

**SINTESIS GRAPHENE OXIDE BERBAHAN DASAR GRAPHITE LIMBAH  
BATERAI ZINC-CARBON DALAM FASE CAIR MENGGUNAKAN  
FREKUENSI AUDIOSONIK DAN ULTRASONIK**

Disusun oleh:

Arum Sri Cahyani  
NIM 13306141012

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta  
Pada tanggal 14 Februari 2018

**TIM PENGUJI**

Nama/Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
W.S. Brams Dwandaru, Ph.D. Ketua Penguji/Pembimbing		18-04-2018
Dyah Kurniawati A., M.Sc. Sekretaris		17-04-2018
Nur Kadarisman, M.Si. Penguji		18-04-2018

Yogyakarta, 18 April 2018

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,



Dr. Hartono, M.Si.

NIP. 19620329 198702 1 002

## SURAT PERNYATAAN

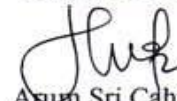
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arum Sri Cahyani  
NIM : 13306141012  
Program Studi : Fisika  
Judul TAS : Sintesis *Graphene Oxide* Berbahan Dasar *Graphite*  
Limbah Baterai *Zinc-Carbon* dalam Fase Cair  
Menggunakan Frekuensi Audiosonik dan Ultrasonik

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, 05 Februari 2018

Yang menyatakan,



Arum Sri Cahyani

NIM. 13306141012

## **MOTTO**

“No matter how difficult, and hard something is, I will always be positive and smile like an idiot. Cause happiness is grow old together with the love of my life”

“The Stars Cann’t Shine Without Darkness”

**“BERTEKAD, OPTIMIS, SEMANGAT & PASTI BISA”**

(Arum Sri Cahyani)

## PERSEMBAHAN

Karya ini penulis persembahkan untuk:

- ❖ **Ibuk tercinta, Welas**, terima kasih bidadari tak bersayapku telah mendidik dan membesarkan dengan penuh rasa kasih sayang.
- ❖ **Bapak tercinta, Panidjan**, terima kasih telah menjadi sosok pelindung, pahlawan dan membesarkan dengan penuh rasa kasih sayang.
- ❖ **Winasri, Dardi Priyanto, Sukoco dan Hariono** selaku kakak yang telah mendukung dan semangatnya.
- ❖ **Uwais Alfaridzi** selaku keponakan kecil yang kurindukan.
- ❖ **Ali Mashud** selaku calon pendamping hidupku kelak, terima kasih telah membimbing dengan penuh kesabaran dan semangatnya yang tanpa kenal lelah.

Posisi kalian dalam perjalanan hidup penulis tidak akan pernah terganti oleh siapapun. Terimakasih atas doa dan dukunganya baik moril dan materiil serta kasih sayang yang tidak terhingga, karena mereka penulis dapat bertahan melewati masa-masa sulit dalam perjalanan hidup ini.

# **SINTESIS *GRAPHENE OXIDE* BERBAHAN DASAR *GRAPHITE* LIMBAH BATERAI *ZINC-CARBON* DALAM FASE CAIR MENGGUNAKAN FREKUENSI AUDIOSONIK DAN ULTRASONIK**

Oleh:  
Arum Sri Cahyani  
NIM. 13306141012

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk i) mengkarakterisasi hasil dari sintesis GO berbahan limbah baterai Zn-C dalam fase cair menggunakan *loudspeaker* dengan frekuensi audiosonik dan ultrasonik tanpa kontak langsung dengan larutan, ii) mengetahui pengaruh variasi frekuensi audiosonik dan ultrasonik terhadap material GO yang dihasilkan menggunakan uji spektrofotometer UV-Vis, iii) mengetahui pengaruh variasi frekuensi audiosonik dan ultrasonik terhadap kristalinitas GO yang dihasilkan menggunakan uji XRD.

Penelitian ini diawali dengan mengambil bahan serbuk *graphite* yang berasal dari batang karbon pada baterai Zn-C. Pada metode sonikasi ini digunakan variasi frekuensi yaitu pada frekuensi audiosonik dan frekuensi ultrasonik sebesar 20 Hz, 70 Hz, 200 Hz, 1000 Hz, 6000 Hz, 10 KHz, 20 KHz, 30 KHz, dan 40 KHz. Uji karakterisasi yang dilakukan yaitu pada sampel sebelum dan sesudah perlakuan sonikasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan XRD.

Telah dihasilkan GO dengan metode sonikasi menggunakan frekuensi audiosonik dan ultrasonik berdasarkan hasil uji karakterisasi spektrofotometer UV-Vis. Hasil dari sintesis GO diperoleh hasil terbaik pada frekuensi audiosonik yaitu sebesar 200 Hz, pada panjang gelombang 223,00 nm dengan banyaknya energi yang diserap oleh partikel (absorbansi) sebesar 2,835. Berdasarkan hasil dari uji karakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis, menunjukkan bahwa variasi frekuensi audiosonik dan ultrasonik berpengaruh terhadap perubahan daya serap energi oleh partikel (absorbansi) material GO hasil sintesis menggunakan metode sonikasi. Sedangkan berdasarkan hasil dari uji karakterisasi dengan XRD, menunjukkan bahwa variasi frekuensi audiosonik dan ultrasonik tidak berpengaruh terhadap parameter kisi dan struktur kristalnya. Hal ini karena parameter kisi yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan data JCPDS.

**Kata Kunci:** GO, baterai Zn-C, sonikasi, frekuensi audiosonik, frekuensi ultrasonik

# **THE GRAPHENE OXIDE (GO) SYNTHESIS FROM A ZINC-CARBON BATTERY GRAPHITE WASTE IN LIQUID PHASE USING AUDIOSONIC AND ULTRASONIC AUDIO FREQUENCY**

Author:

Arum Sri Cahyani  
NIM. 13306141012

## **ABSTRACT**

This research aims i) to characterization the result of GO synthesis from Zn-C battery waste in liquid phase using loudspeaker in audiosonic and ultrasonic frequency without direct contact with the solution, ii) to determine the variation of audiosonic and ultrasonic frequency toward the GO material which is produced from spectrophotometer UV-Vis test, iii) to determine the effect of audiosonic and ultrasonic frequency toward the GO's crystallinities that is produced from XRD test.

This research begins by taking the graphite powder from the carbon tube on the Zn-C battery. In this sonication method, there are several variations of frequency on the audiosonic and ultrasonic frequency which are used: 20 Hz, 70 Hz, 200 Hz, 1000 Hz, 6000 Hz, 10 KHz, 20 KHz, 30 KHz and 40 KHz. Characterizing test was taken from the samples before and after sonication treatment using spectrophotometer UV-Vis and XRD.

The GO has been produced from the sonification method using audiosonic and ultrasonic frequency based on the result of spectrophotometer UV-Vis characterizing test. The result from GO synthesis has obtained the best one on the audiosonic frequency which is 200 Hz at the 223,00 nm of wave length with the amount of 2835 energy that is absorbed by the particle (absorbance). Based on the characterizing test using spectrophotometer UV-Vis, it shows that the variation of audiosonic and ultrasonic frequency takes an effect toward the absorption energy by the particle (absorbance) of the GO material synthesis result with sonication method. Meanwhile, the result from XRD characterizing test shows that the variation of audiosonic and ultrasonic frequency does not take any effect toward the lattice parameter and the crystal structure because the lattice parameter which is produced is same with the JCPDS's data.

**Keywords:** GO, Zn-C battery, sonication, audiosonic frequency, ultrasonic frequency

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena berkat Rahmat dan Karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi dengan judul “Sintesis *Graphene Oxide* Berbahan Dasar *Graphite* Limbah Baterai *Zinc-Carbon* dalam Fase Cair Menggunakan Frekuensi Audiosonik dan Ultrasonik”.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, tugas akhir skripsi ini tidak akan terwujud dengan baik. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Hartono, M.Si selaku Dekan FMIPA UNY beserta staf atas pemberian fasilitas dan bantuannya untuk memperlancar administrasi tugas akhir.
2. Yusman Wiyatmo, M.Si., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian skripsi.
3. Nur Kadarisman, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan skripsi ini.
4. Suparno, Ph.D., selaku Penasehat Akademik yang selalu memberikan motivasi dan arahan mulai dari awal semester hingga skripsi ini selesai.
5. Wipsar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu untuk membimbing di sela-sela kesibukan, atas saran, masukan, dan diskusi yang tiada henti sehingga skripsi ini berhasil terselesaikan dengan baik. Terimakasih untuk waktu dan semangat yang diberikan.

6. Haris Murtanto, selaku laboran fisika lantai II yang telah memberi pinjaman alat dan membantu dalam pelaksanaan penelitian.
7. Kelompok Bimbingan Elins dan Nano 2013 yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Sahabat tanpa kenal lelah (Mas Riski, Surya, Fani, Wida, dan Bucky) yang saling menyemangati dan membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Teman-teman Fisika B 2013 yang selalu memberi motivasi dan dukungan.
10. Seluruh pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung

Kami berharap tulisan ini dapat memberikan inspirasi bagi para pembaca. Jika terdapat kesalahan dalam penulisan karya ini, kami mohon maaf yang sebesar-besarnya. Atas perhatiannya kami sampaikan terima kasih.

Yogyakarta, 05 Februari 2018  
Penulis,

Arum Sri Cahyani  
NIM 13306141012

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
MOTTO.....	v
PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Kajian Teori.....	7
1. <i>Graphene</i> .....	7
2. <i>Graphene Oxide</i> .....	9
3. Bunyi.....	11
4. Frekuensi.....	13
5. <i>Loudspeaker</i> .....	14

6. Sonikasi.....	16
7. Baterai <i>Zinc-Carbon</i> (Zn-C).....	18
8. Surfaktan.....	19
9. Absorpsi.....	20
10. Spektrofotometer UV-Vis.....	21
11. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	25
B. Kerangka Berfikir.....	32
BAB III METODE PENELITIAN.....	33
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	33
B. Objek Penelitian.....	33
C. Variabel Penelitian.....	34
D. Alat dan Bahan Penelitian.....	35
E. Program Analisis.....	36
F. Langkah Kerja.....	36
G. Teknik Pengambilan Data.....	39
H. Teknik Analisis Data.....	42
I. Diagram Alir.....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
A. Hasil Sintesis Material GO.....	44
B. Hasil Karakterisasi UV-Vis.....	48
C. Hasil Uji <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	56
BAB V PENUTUP.....	63
A. Kesimpulan.....	64
B. Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA.....	66
LAMPIRAN.....	69

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Struktur <i>graphene</i> kisi sarang lebah (Geim, 2007) .....	8
<b>Gambar 2.</b> (a) <i>Graphene</i> dan (b) <i>Graphene oxide</i> .....	9
<b>Gambar 3.</b> Sebuah ilustrasi bagaimana bunyi dapat terdengar telinga manusia.....	11
<b>Gambar 4.</b> Garpu tala yang dipukul menghasilkan perubahan tekanan udara karena getarannya dan menghasilkan bunyi (Doelle, 1986).....	12
<b>Gambar 5.</b> Bagian-bagian <i>loudspeaker</i> (Newell & Holland, 2007).....	15
<b>Gambar 6.</b> Struktur baterai Zn-C.....	18
<b>Gambar 7.</b> Spektrofotometer UV-Vis.....	22
<b>Gambar 8.</b> Diagram kerja spektrofotometer UV-Vis.....	23
<b>Gambar 9.</b> (a) Spektrum absorpsi GO dengan variasi KMnO <sub>4</sub> yang didispersi dalam aquades. (b) Spektrum absorpsi GO dengan variasi konsentrasi GO.....	24
<b>Gambar 10.</b> Diagram sinar-X.....	26
<b>Gambar 11.</b> Proses bremsstrahlung (Thomas dan James, 1990).....	27
<b>Gambar 12.</b> Sinar-X bremsstrahlung (Cullity, 1956).....	28
<b>Gambar 13.</b> Spektrum sinar-X karakteristik.....	28
<b>Gambar 14.</b> Berkas sinar-X pada kristal (Ariswan, 2012).....	30
<b>Gambar 15.</b> Spektrometer sinar-X (Beisser, 1922).....	31
<b>Gambar 16.</b> Limbah baterai Zn-C.....	36
<b>Gambar 17.</b> Batang karbon dari limbah baterai Zn-C.....	36
<b>Gambar 18.</b> Proses penggilingan batang karbon.....	36
<b>Gambar 19.</b> Rangkaian <i>loudspeaker mid-range</i> dengan botol bekas aqua.....	37
<b>Gambar 20.</b> 1 set alat sonikasi.....	37
<b>Gambar 21.</b> Sinyal sinusoidal dari <i>output</i> AFG yang diperkuat dengan <i>amplifier</i> ...38	
<b>Gambar 22.</b> Diagram alir penelitian.....	42

<b>Gambar 23.</b> Mode radial getaran diafragma <i>loudspeaker</i> . a) Hasil dari penelitian dengan frekuensi 20 Hz, b) Hasil menurut Dickason (2006).....	44
<b>Gambar 24.</b> Mode konsentrik getaran diafragma <i>loudspeaker</i> . a) Hasil dari penelitian dengan frekuensi 3000 Hz, b) Hasil menurut Newell & Holland (2007).....	44
<b>Gambar 25.</b> Perbandingan larutan sebelum dan sesudah sonikasi. a) larutan <i>graphite</i> sebelum disonikasi, b) larutan <i>graphite</i> sesudah sonikasi.....	46
<b>Gambar 26.</b> Perbandingan larutan sesudah sonikasi. a) larutan <i>graphite</i> sesudah disonikasi dengan frekuensi audiosonik, b) larutan <i>graphite</i> sesudah disonikasi dengan frekuensi ultrasonik.....	46
<b>Gambar 27.</b> Grafik hasil karakterisasi UV-Vis sebelum dan sesudah sonikasi dengan variasi frekuensi (a) 20 Hz, (b) 70 Hz, (c) 200 Hz, (d) 1000 Hz, (e) 6000 Hz, (f) 10 KHz, (g) 20 KHz, (h) 30 KHz, (i) 40 KHz.....	49
<b>Gambar 28.</b> Grafik perbandingan hasil karakterisasi UV-Vis sebelum dan sesudah sonikasi dengan variasi frekuensi.....	50
<b>Gambar 29.</b> Grafik zoom perbandingan hasil karakterisasi UV-Vis sebelum dan sesudah sonikasi dengan variasi frekuensi.....	53
<b>Gambar 30.</b> Grafik hubungan variasi frekuensi 20 Hz hingga 40 KHz dan absorbansi pada larutan setelah sonikasi.....	54
<b>Gambar 31.</b> Grafik hasil zoom hubungan variasi frekuensi 20 Hz hingga 6000 Hz dan absorbansi pada larutan setelah sonikasi.....	54
<b>Gambar 32.</b> Difraktogram gabungan hasil karakterisasi XRD setelah disonikasi dengan variasi frekuensi 20 Hz, 200 Hz, dan 40 KHz.....	56
<b>Gambar 33.</b> Grafik gabungan hasil penelitian karakterisasi XRD setelah disonikasi dengan variasi frekuensi 20 Hz, 200 Hz, dan 40 KHz.....	57
<b>Gambar 34.</b> Grafik zoom gabungan hasil penelitian karakterisasi XRD setelah disonikasi dengan variasi frekuensi 20 Hz, 200 Hz, dan 40 KHz.....	58

<b>Gambar 35.</b> Grafik analisis XRD dari GO, GO-rGO dan rGO hasil penelitian menurut Satyendra dkk (2014).....	58
<b>Gambar 36.</b> Hasil pencocokan analisis data setelah sonikasi dengan frekuensi 20 Hz menggunakan <i>software match!3</i> .....	59
<b>Gambar 37.</b> Hasil pencocokan analisis data setelah sonikasi dengan frekuensi 200 Hz menggunakan <i>software match!3</i> .....	60
<b>Gambar 38.</b> Hasil pencocokan analisis data setelah sonikasi dengan frekuensi 40 KHz menggunakan <i>software match!3</i> .....	60

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Puncak-puncak absorbansi GO hasil karakterisasi UV-Vis sebelum dan sesudah sonikasi dengan variasi frekuensi.....	51
<b>Tabel 2.</b> Hasil kandungan senyawa yang terdapat dalam masing-masing frekuensi setelah dilakukan analisis menggunakan <i>software mathc!3</i> .....	61
<b>Tabel 3.</b> Parameter kisi sampel hasil sintesis GO pada frekuensi 20 Hz, 200 Hz, dan 40 KHz terhadap JCPDS Karbon.....	62

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Hasil Mode Getar Pada Frekuensi Audiosonik dan Ultrasonik.....	68
<b>Lampiran 2.</b> Hasil Karakterisasi Uji UV-Vis.....	69
<b>Lampiran 3.</b> Hasil Karakterisasi Uji XRD.....	79
<b>Lampiran 4.</b> Hasil Analisis XRD Menggunakan <i>Software Match!3</i> .....	82
<b>Lampiran 5.</b> Dokumentasi.....	91

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Akustik adalah salah satu cabang fisika yang mempelajari suara getaran dan sifat-sifatnya serta aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari (Sumoro, 2011). Akustik adalah ilmu yang berkaitan dengan studi dari semua gelombang mekanik dalam gas, cairan, dan padatan termasuk getaran (William, 2008). Ilmu akustik sangat berhubungan dengan kehidupan manusia sehari – hari. Selama masih ada sumber suara, medium rambatan, dan pendengar maka ilmu akustik akan sangat berguna bagi umat manusia dan mampu meningkatkan kualitas hidup. Seperti pada bidang *acoustics oceanografi* yang memanfaatkan gelombang suara ultrasonik untuk mendeteksi benda ataupun biota laut yang berada di dasar laut (Langevin, 1994), *medical ultrasonics* yang memanfaatkan suara ultrasonik untuk memeriksa organ atau *ultrasonography* (USG) (Dussik, 1998), dan *Bioacoustics* yang memanfaatkan suara audiosonik yaitu suara garengpung terhadap pertumbuhan dan produktivitas pada tanaman (Yeni dkk, 2011).

Pada bidang nanoteknologi, Ryko Irawan (2017) memanfaatkan ilmu akustik untuk mengeksfoliasi nanopartikel berupa grafit menjadi *graphene oxide* (GO) menggunakan metode *liquid sonication exfoliation* (LSE). Metode ini adalah proses sonikasi menggunakan *ultrasonic bath* dan *probe-type ultrasonic*

*homogenizer*. Pada proses ini gelombang ultrasonik ditransmisikan langsung ke dalam cairan yang mengakibatkan terjadinya gelembung–gelembung kecil atau *void* dalam cairan. Ketika gelembung mencapai volume maksimal hingga tidak dapat lagi menyerap energi, maka gelembung ini akan pecah atau terjadi kavitasi. Pada *ultrasonic bath* kavitasi terjadi secara tidak merata karena teknik ini menggunakan wadah yang terbuka sedangkan pada *probe-type ultrasonic homogenizer* kavitasi terjadi secara merata, karena *probe* langsung terfokus mengirimkan gelombang suara ke dalam cairan atau melakukan kontak langsung dengan larutan (Kenneth, 1999).

GO menjadi sangat menarik untuk dikaji karena memiliki sifat kelistrikan, termal dan mekanik yang luar biasa. Struktur yang unik dari GO memberikan peningkatan sifat GO. Contohnya dalam kaitannya dengan efek medan, mobilitas elektron GO yang didapatkan dari pemodelan mencapai  $80.000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  (Neto dkk, 2009). Karena perkembangannya yang luar biasa, sifat optik dan mekanik GO memiliki potensi besar untuk digunakan dalam berbagai aplikasi (Pinto, 2014).

Sejauh ini, penelitian mengenai sonikasi GO sudah banyak dilakukan dengan memanfaatkan frekuensi ultrasonik menggunakan metode LSE. Metode LSE dengan frekuensi ultrasonik ini mudah digunakan, akan tetapi alat yang digunakan membutuhkan biaya yang relatif mahal serta penyebaran gelombang ultrasonik yang belum merata. Hal inilah yang mendorong peneliti untuk mengkaji

sonikasi GO dengan metode sonikasi yang berbeda yaitu menggunakan frekuensi audiosonik. Metode sonikasi menggunakan frekuensi audiosonik ini berpotensi memiliki banyak keuntungan diantaranya yaitu gelombang suara dari alat yang mudah didapat, bisa didengar dan dideteksi oleh telinga manusia serta membutuhkan biaya yang relatif terjangkau. Oleh sebab itu, pada penelitian ini, peneliti mencoba mengembangkan sonikasi GO menggunakan frekuensi audiosonik dan ultrasonik.

Serbuk *graphite* yang akan dieksfoliasi peneliti memilih menggunakan limbah baterai *zinc-carbon* (Zn-C). Di dalam baterai, khususnya baterai Zn-C terdapat komponen penyusun diantaranya yaitu batang karbon. Komponen penyusun ini merupakan unsur kimia yang dapat membahayakan dan mencemari lingkungan. Meskipun limbah karbon baterai yang digunakan hanya sebagian kecil dari keseluruhan komponen, namun setidaknya dapat mengurangi jumlah limbah baterai. Limbah karbon baterai ini yang akan diolah kembali menjadi GO.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, dapat diidentifikasi berbagai permasalahan sebagai berikut:

1. Banyaknya manfaat ilmu akustik yang belum dikembangkan secara luas pada berbagai bidang, terutama dalam bidang nanoteknologi untuk mensintesis GO.

2. Perkembangan GO yang luar biasa memicu penggunaan GO untuk berbagai aplikasi karena memiliki sifat kelistrikan, termal dan mekanik.
3. Belum adanya penelitian yang mengembangkan sintesis GO menggunakan frekuensi audiosonik dan ultrasonik.
4. Permasalahan banyaknya limbah baterai Zn-C yang membahayakan dan mencemari lingkungan .
5. Dalam limbah baterai Zn-C terdapat batang karbon yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan GO.

### C. Batasan Masalah

Dari identifikasi masalah, perlu adanya batasan masalah untuk membatasi penelitian. Adapun batasan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada sintesis GO. Metode sintesis dan preparasi GO yang digunakan yaitu sonikasi GO dalam fase cair yang ditambah dengan surfaktan menggunakan frekuensi audiosonik dan ultrasonik.
2. Untuk serbuk *graphite* peneliti memilih menggunakan limbah baterai Zn-C.
3. Untuk menentukan tingkat keberhasilan dalam preparasi dan sintesis GO digunakan uji spektrofotometer UV-Vis dan uji XRD.

#### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil karakterisasi dari sintesis GO berbahan limbah baterai Zn-C dalam fase cair menggunakan *loudspeaker* dengan frekuensi audiosonik dan ultrasonik?
2. Bagaimana pengaruh variasi frekuensi audiosonik dan ultrasonik terhadap material GO yang dihasilkan menggunakan uji spektrofotometer UV-Vis?
3. Bagaimana pengaruh variasi frekuensi audiosonik dan ultrasonik terhadap kristalinitas GO yang dihasilkan menggunakan uji XRD?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah

1. Mengkarakterisasi hasil dari sintesis GO berbahan limbah baterai Zn-C dalam fase cair menggunakan *loudspeaker* dengan frekuensi audiosonik dan ultrasonik.
2. Mengetahui pengaruh variasi frekuensi audiosonik dan ultrasonik terhadap material GO yang dihasilkan menggunakan uji spektrofotometer UV-Vis.
3. Mengetahui pengaruh variasi frekuensi audiosonik dan ultrasonik terhadap kristalinitas GO yang dihasilkan menggunakan uji XRD.

## F. Manfaat Penelitian

Berbagai manfaat yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Bagi Mahasiswa
  - a. Memperkenalkan penelitian tentang sintesis GO di Universitas dan di Indonesia.
  - b. Mendapatkan informasi tentang hasil dari sintesis GO berbahan limbah baterai Zn-C dalam fase cair menggunakan *loudspeaker* dengan frekuensi audiosonik dan ultrasonik.
  - c. Mendapatkan informasi tentang pengaruh frekuensi audiosonik dan ultrasonik terhadap sintesis GO berdasarkan uji UV-Vis.
  - d. Mendapatkan informasi tentang pengaruh frekuensi audiosonik dan ultrasonik terhadap kristalinitas GO berdasarkan uji XRD.
  - e. Sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut tentang material GO.
2. Bagi Universitas

Sebagai referensi bagi mahasiswa dalam meneliti tentang sintesis GO yang kemudian dapat dikembangkan lebih lanjut.
3. Bagi Masyarakat
  - a. Sebagai pengetahuan baru tentang sintesis GO dalam dunia nanosains dan nanoteknologi yang dapat dimanfaatkan dan diaplikasikan pada berbagai bidang dalam kehidupan masyarakat.
  - b. Ikut berperan dalam kegiatan daur ulang limbah berbahaya menjadi material yang berdaya guna tinggi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

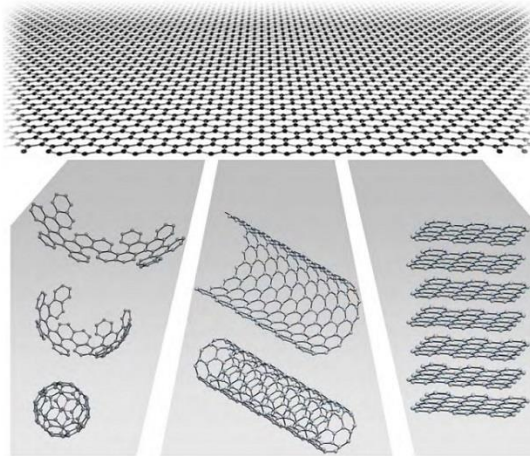
#### A. Kajian Teori

##### 1. *Graphene*

*Graphene* merupakan susunan atom-atom karbon yang membentuk struktur kristal heksagonal yang menyerupai sarang lebah dan diperkirakan sebagai bahan semikonduktor tertipis di dunia. *Graphene* merupakan *allotropi* karbon yang menjadi struktur dasar dari material berbasis karbon seperti *graphite*, *carbon nano tube* dan *fullerene*. Lembaran-lembaran *graphene* yang ditumpuk akan membentuk material berbasis karbon seperti *graphite*. Lembaran-lembaran tersebut diikat oleh ikatan *van der Waals* dengan jarak antar lembarnya 0,335 nm. *Graphene* memiliki jarak antar atom 0,142 nm dan diikat oleh ikatan kovalen (Septiana, 2017).

Material *graphene* pertama kali berhasil disintesis oleh Andre K. Geim dan Konstantin Novoselov pada tahun 2004. Geim dan Novoselov mensintesis *graphene* dengan cara mengelupas lapisan-lapisan kristalin *graphite* hingga skala nanometer menggunakan selotip. Lapisan-lapisan *graphene* yang diikat oleh ikatan *van der Walls* terkelupas menjadi satu lembar *graphene* yang teramati menggantung pada substrat silikon oksida. Metode sintesis yang dilakukan oleh Andre K. Geim dan Konstantin Novoselov ini dinamakan

metode *mechanical exfoliation*. Berkat penemuannya tersebut Geim dan Novoselov mendapatkan penghargaan Nobel pada tahun 2010.



**Gambar 1.** Struktur *graphene* kisi sarang lebah (Geim, 2007).

*Graphene* telah menarik banyak ilmuwan untuk menelitinya. Hal ini dikarenakan adanya sifat-sifat unik pada material tersebut, diantaranya yaitu:

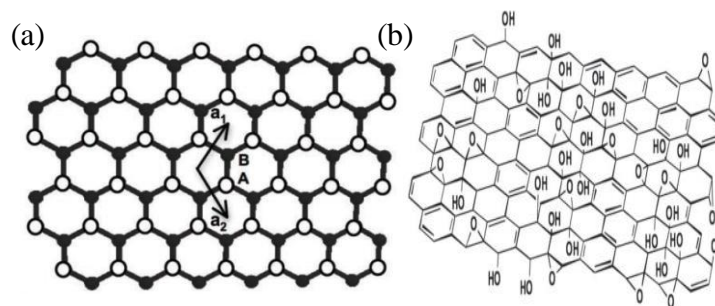
- a. Konduktivitas optik *graphene* yang tersusun 2D dengan kisi hexsagonal, menampilkan sifat optik yang luar biasa. Konduktivitas optik universal *graphene* pada rentang energi infra merah sampai cahaya tampak adalah  $\sigma_0 = \frac{\pi e^2}{2h}$  (Peres, 2010.Santoso dkk, 2011.Gogoi dkk, 2012. Oktiana, 2016).
- b. Mobilitas pembawa muatan yang tinggi mencapai  $15.000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1}\text{s}^{-1}$  pada suhu 300K dan  $\sim 60.000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1}\text{s}^{-1}$  pada suhu 4K (Novoselov, 2004).
- c. Dalam kaitannya dengan efek medan, mobilitas elektron *graphene* yang didapatkan dari pemodelan mencapai  $80.000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  (Neto dkk, 2009).

- d. Bersifat konduktor listrik dan konduktor panas. *Graphene* memiliki konduktivitas listrik sebesar  $0,96 \times 10^6 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$  dan konduktivitas termal yang tinggi yaitu 5000 W/mK (Oktiana, 2016).

*Graphene* memiliki sifat unik dan memiliki banyak keunggulan, sehingga hal tersebut banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pembuatan kapasitor, transistor, *LED* dan perangkat optoelektronik lain (Oktiana, 2016).

## 2. *Graphene Oxide*

*Graphene oxide* (GO) merupakan senyawa turunan *graphene* yang memiliki karakteristik serupa dengan *graphene* yang memiliki struktur yang mirip pula. Bedanya pada *graphene* struktur yang terbentuk planar, sedangkan pada GO terdapat lengkungan karena hadirnya gugus oksigen dalam bentuk karboksil dan karbonil di dalamnya. Perbedaan struktur *graphene* dan GO ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** (a) *Graphene* dan (b) *Graphene oxide*

GO memiliki sifat mekanik, ketahanan termal dan elektrik yang baik (Ma dkk, 2011). Diantaranya yaitu:

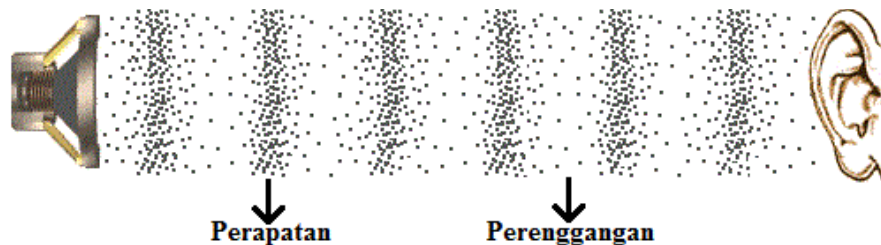
- a. GO meningkatkan konduktivitas listrik sebesar  $550 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$  dari *graphene* yang memiliki konduktivitas listrik sebesar  $0,96 \times 10^6 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$  (Giya dkk, 2015).
- b. Kurva dispersi energi GO tidak memiliki energi gap, dan kedua pita tidak saling berimpit. Disekitar energi Fermi, kurva dispersinya berbentuk linier. Bentuk pita demikian membuat GO bersifat semimetal dan sangat konduktif. GO bersifat semikonduktor tipe-p atau tipe-n, sehingga potensial dalam proses pabrikasi transistor yang berukuran lebih kecil (Haris dkk, 2016).
- c. GO juga memiliki sifat optik yang unik yang bersifat transparan hingga 98%. Sifat transparan dan konduktif ini membuat GO berpotensi digunakan sebagai pengganti elektroda transparan *Indium Tin Oxide* (ITO) untuk membuat display optik yang lebih baik dan murah seperti LCD dan LED (Hogan, 2008).

Lapisan GO memiliki ketebalan sekitar  $1.1 \pm 0.2$  nm. (Schniepp dkk, 2006). *Scanning tunneling microscopy* (STM) menunjukkan bahwa bentuk oksigen yang terikat di dalamnya adalah berpola segi empat dengan konstanta kisi  $27 \text{ nm} \times 0.41 \text{ nm}$  (Chhowalla dkk, 2009). Ujung-ujungnya diakhiri dengan gugus karboksil dan karbonil (Schniepp dkk, 2006).

GO biasanya disintesis dari grafit dengan tiga metode dasar seperti metode *Staudenmaier*, *Brodie*, dan *Hummers*. Metode *Staudenmaier* dan *Brodie* mengkombinasikan kalium klorat dan asam nitrat sebagai oksidatornya, sedangkan metode *Hummer* menggunakan kombinasi kalium permanganat dan asam sulfat sebagai oksidatornya.

### 3. Bunyi

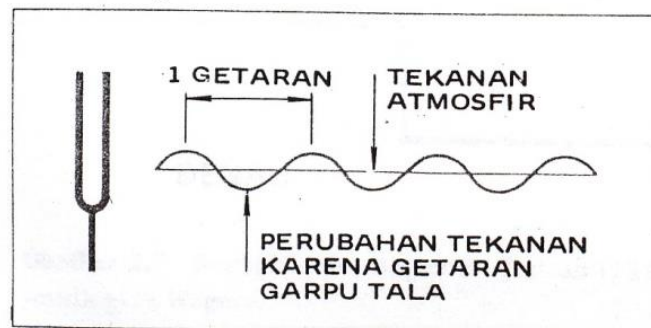
Sumber bunyi adalah semua benda yang bergetar dan menghasilkan bunyi yang merambat melalui medium atau zat perantara. Gelombang bunyi terdiri dari molekul-molekul yang bergetar merambat ke segala arah. Molekul-molekul tersebut berdesakan di beberapa tempat, sehingga menghasilkan wilayah tekanan tinggi atau perapatan, tetapi di tempat lain merenggang, sehingga menghasilkan wilayah tekanan rendah. Gelombang bertekanan tinggi dan rendah secara bergantian bergerak melalui medium atau zat penghantar berupa udara, gas, zat cair dan zat padat. Dengan prinsip tersebut, gelombang ini termasuk gelombang longitudinal, (Tipler, 1998).



**Gambar 3.** Sebuah ilustrasi bagaimana bunyi dapat terdengar telinga manusia

Gambar 3 merupakan ilustrasi dari proses perambatan gelombang bunyi melalui medium udara. Sumber bunyi dihasilkan oleh sumber suara yaitu *speaker* yang berfungsi sebagai osilator (penghasil getaran). Pada medium udara tersebut, terjadi proses peregangan dan perapatan pada partikel-partikel di media udara. Proses ini terjadi dengan sangat cepat dan semakin lama bunyi dari sumber akan diterima oleh pendengar dengan menggetarkan membrane pada telinga manusia.

Doelle (1997) juga menyatakan bahwa bunyi mempunyai dua defenisi. Secara fisis, bunyi adalah penyimpangan tekanan pergeseran partikel dalam medium elastik seperti udara yang disebut dengan bunyi obyektif. Sedangkan secara fisiologis, bunyi adalah sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan fisis yang digambarkan, sehingga hal ini disebut dengan bunyi subyektif.



**Gambar 4.** Garpu tala yang dipukul menghasilkan perubahan tekanan udara karena getarannya dan menghasilkan bunyi (Doelle, 1997)

Bunyi adalah perubahan tekanan yang dapat dideteksi oleh telinga atau gelombang longitudinal yang merambat melalui medium. Medium atau zat perantara tersebut dapat berupa zat cair, padat atau gas. Kebanyakan suara merupakan gabungan berbagai sinyal, tetapi suara murni secara teoritis dapat dijelaskan dengan kecepatan frekuensi yang diukur dalam *Hertz* (Hz) dan *amplitude* kenyaringan bunyi yang diukur dalam desibel.

#### **4. Frekuensi**

Menurut Wardhana (2001), frekuensi diartikan sebagai jumlah perubahan tekanan dalam setiap detiknya dalam satuan *cycles per second* (cps) atau *Hertz* (Hz). Sifat dari bunyi ditentukan oleh frekuensi dan intensitasnya. Medium dan suhu mempengaruhi kecepatan rambatan suara yang bervariasi, untuk kecepatan perambatan suara pada medium udara pada suhu 20°C berkisar 344 m/s. Pada kondisi tersebut, maka panjang gelombang suara berkisar 13 inch (0,344 m) pada frekuensi 1000 Hz.

Menurut Gabriel (1996) berdasarkan jenis frekuensinya, bunyi dibedakan menjadi 3 daerah frekuensi, yaitu:

##### **a. Daerah Infrasonik**

Gelombang infrasonik merupakan suara dengan frekuensi yang terlalu rendah untuk dapat didengar oleh telinga manusia. Bunyi infrasonik memiliki frekuensi kurang dari 20 Hertz, sehingga bunyi ini hanya bisa didengar oleh hewan tertentu. Hewan yang bisa mendengar bunyi gelombang

infrasonik tersebut yaitu jangkrik dan anjing. Bunyi infrasonik berada dalam rentang 17 Hertz sampai 0,001 Hertz. Rentang frekuensi ini sama dengan seismometer untuk mendeteksi gempa bumi. Gelombang infrasonik dapat menjangkau jarak yang jauh serta mampu melewati halangan tanpa kehilangan kekuatannya.

b. Daerah Audiosonik

Gelombang audiosonik merupakan bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia dengan frekuensi antara 20 sampai 20.000 Hertz.

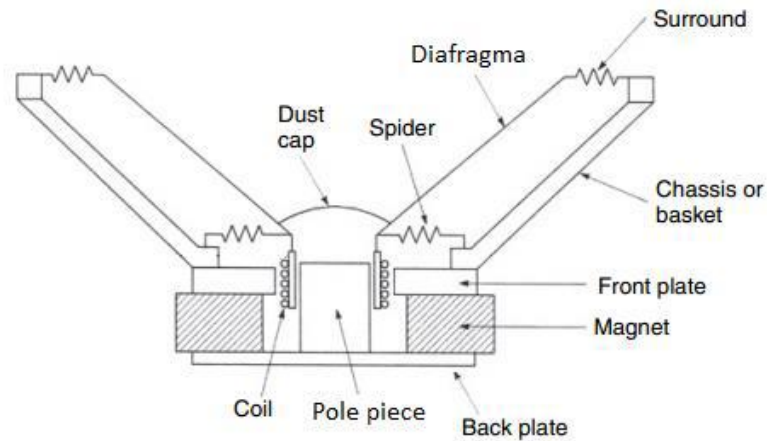
c. Daerah Ultrasonik

Gelombang ultrasonik memiliki frekuensi diatas 20.000 Hertz. Gelombang ini dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas. Hal tersebut disebabkan karena gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik, sehingga mampu merambat sebagai interaksi dengan molekul dan sifat enersia medium yang dilaluinya.

## 5. *Loudspeaker*

*Loudspeaker* atau sering disebut dengan penguat suara merupakan transduser untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal bunyi (Isaacs, 1997). *Loudspeaker* merupakan suatu komponen elektroakustik yang sering digunakan untuk mendistribusikan sinyal suara untuk daerah yang luas dengan cara menyesuaikan jenis *loudspeaker* yang digunakan. Pada umumnya, *loudspeaker* digunakan pada alat-alat seperti radio *receivers*, *phonographs*,

sistem komunikasi, dan *sound system*. *Loudspeaker* mempunyai bagian-bagian penyusunnya, seperti tampak pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Bagian-bagian *loudspeaker* (Newell & Holland, 2007)

*Loudspeaker* bekerja dengan cara menggetarkan diafragma. Diafragma tersebut biasanya terbuat dari plastik, kertas, maupun logam. Diafragma berbentuk kerucut terpancung. Pada bagian tengah diafragma terdapat *dust cap*. *Dust cap* berfungsi sebagai pengaman agar partikel debu tidak dapat masuk ke bagian dalam *loudspeaker* yakni *voice coil* dan *gap*.

Dalam perakitan sebuah *loudspeaker* dengan *chasis* atau *basket*, bagian luar diafragma dihubungkan dengan sistem suspensi yaitu *surround* dan bagian kerangka *loudspeaker* (*basket*). *Surround* merupakan material yang fleksibel sehingga dapat mengikuti getaran diafragma. Sedangkan pada bagian bawah belakang, diafragma dirakit bersama dengan *spider* dan *voice coil*. *Voice coil* akan mengalami gerakan maju-mundur ketika ada arus yang berfluktuasi dan berinteraksi dengan medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen yang

ada pada *loudspeaker* tersebut. Pergerakan maju-mundur *voice coil* ini mengakibatkan diafragma bergerak maju-mundur (bergetar). Getaran *voice coil* dan diafragma terjadi sangat cepat, sehingga untuk menjaga getaran *voice coil* dan diafragma tetap stabil, maka *voice coil* dan diafragma dipasang bersama *spider*. *Spider* tersebut juga dirakit bersama kerangka *loudspeaker* (*basket*). Seperti halnya *surround*, *spider* juga terbentuk dari material yang fleksibel sehingga *spider* dapat mengikuti gerakan *voice coil* dan diafragma. Bergetarnya diafragma ini akan mengakibatkan bergetarnya udara yang ada di sekitar diafragma sehingga terbentuklah gelombang bunyi (Imam, 2016).

Berdasarkan sinyal bunyi yang dihasilkan *loudspeaker* dibagi menjadi tiga jenis yaitu *woofer*, *medium range* (*midrange*), dan *tweeter*. *Woofer* merupakan *loudspeaker* berukuran besar yang dirancang untuk mendistribusikan interval frekuensi rendah (*bass*), *medium range* (*midrange*) merupakan *loudspeaker* berukuran sedang yang dirancang untuk mendistribusikan interval frekuensi medium, dan *tweeter* merupakan *loudspeaker* berukuran kecil yang dirancang untuk mendistribusikan interval frekuensi tinggi (*treble*) (Kinsler dkk,1982).

## 6. Sonikasi

Sonikasi merupakan salah satu teknik paling efektif dalam pencampuran, proses reaksi, dan pemecahan bahan dengan bantuan energi tinggi menggunakan gelombang ultrasonik (Pirrung, 2007). Ultrasonik merupakan vibrasi suara dengan frekuensi melebihi batas pendengaran

manusia yaitu diatas 20 KHz (Tipler, 1998). Batas atas rentang ultrasonik mencapai 5 MHz untuk gas dan 500 MHz untuk cairan dan padatan (Mason & Lorimer, 2002). Penggunaan gelombang ultrasonik berdasarkan rentangnya yang luas ini dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama adalah gelombang yang beramplitudo rendah. Gelombang beramplitudo rendah ini secara umum digunakan untuk analisis pengukuran kecepatan dan koefisien penyerapan gelombang. Bagian kedua adalah gelombang yang beramplitudo tinggi. Gelombang ini dapat digunakan untuk pembersihan, pembentukan plastik, dan modifikasi bahan-bahan organik maupun anorganik (Mason & Lorimer, 2002).

Ultrasonikasi dengan amplitudo tinggi dapat menginduksi secara fisik dan kimia. Efek fisik dari ultrasonikasi amplitudo tinggi salah satunya adalah emulsifikasi. Beberapa aplikasi ultrasonikasi ini adalah dispersi bahan pengisi dalam polimer dasar, emulsifikasi partikel anorganik pada polimer dasar, serta pembentukan dan pemotongan plastik (Suslick & Price, 1999).

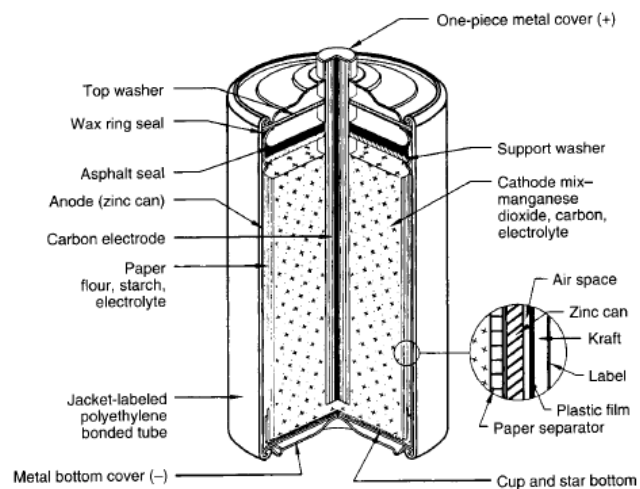
Efek kimia pada ultrasonikasi ini menyebabkan molekul-molekul berinteraksi sehingga terjadi perubahan kimia. Interaksi tersebut disebabkan panjang gelombang ultrasonik lebih tinggi dibandingkan panjang gelombang molekul-molekul. Interaksi gelombang ultrasonik dengan molekul molekul terjadi melalui media cairan. Gelombang yang dihasilkan oleh tenaga listrik diteruskan oleh media cair ke medan yang dituju melalui fenomena kavitasi

akustik yang menyebabkan kenaikan suhu dan tekanan lokal dalam cairan (Wardiyati dkk, 2004).

Ultrasonikasi pada cairan memiliki berbagai parameter seperti frekuensi, tekanan, suhu, viskositas, dan konsentrasi suatu sampel. Aplikasi ultrasonikasi pada polimer berpengaruh terhadap degradasi polimer tersebut (Wardiyati dkk, 2004).

## 7. Baterai *Zinc – Carbon (Zn-C)*

Baterai Zn-C merupakan jenis baterai primer yang terbuat dari bahan *zinc* sebagai anoda dan karbon sebagai katodanya. Baterai jenis ini telah dikenal lebih dari berabad-abad yang lalu. Ada 2 jenis baterai Zn-C yang dikenal baik dipasaran yaitu *Leclanché* dan *zinc chloride*. Kedua jenis baterai ini banyak digunakan pada peralatan-peralatan elektronik portabel diseluruh dunia. Hal ini dikarenakan harganya yang murah dan ukurannya yang praktis.



**Gambar 6.** Struktur baterai Zn-C

Batang karbon pada baterai Zn-C berbentuk silinder yang dimasukkan pada campuran *bobbin* yang berfungsi sebagai kolektor arus. Batang karbon dibuat dengan memadatkan karbon, *graphite*, dan bahan pengikat, kemudian dibentuk dengan ekstrusi (pembuatan bahan dengan penampang tetap) dan pemanasan. Batang karbon ini dirancang untuk memiliki hambatan yang kecil (Linden, 2001).

## 8. Surfaktan

Surfaktan merupakan molekul yang terdiri dari dua bagian yang satu dengan yang lain bertentangan. Kedua bagian itu adalah kepala (*head*) yang bersifat *hydrophilic* atau suka air karena terbuat dari bahan garam-garaman. Sedangkan bagian lainnya adalah ekor (*tail*) yang bersifat *hydrophobic* atau suka minyak karena terbuat dari rantai *hydrocarbon* (Suparno, 2012).

Menurut Suparno (2012), berdasarkan sifatnya surfaktan diklasifikasikan menjadi empat kelompok, yakni:

- a. Surfaktan yang bersifat anionik, yakni surfaktan yang grup hidrofiliknya bermuatan negatif. Grup sulfonat sulfat dan karboksil termasuk ke dalam kelompok ini.
- b. Surfaktan yang bersifat kationik, yakni surfaktan yang grup hidrofiliknya bermuatan positif. Sebagai contoh adalah grup *quaternary ammonium halides*.

- c. Surfaktan yang bersifat nonionik, yakni surfaktan yang grup hidrofiliknya tidak bermuatan. Solubilitasnya muncul karena sifatnya yang sangat polar. Sebagai contoh grup *polyoxyethelene*.
- d. Surfaktan yang bersifat amfoterik, yakni surfaktan yang pada rantai utamanya terdapat muatan positif atau negatif sebagai lawan dari counter-ion yang sudah ada. Sebagai contoh grup sulfobetaine.

Penggunaan molekul organik seperti surfaktan, dapat meningkatkan eksfoliasi *graphite* menjadi *graphene*, terutama ketika sebuah molekul memilih energi adsorpsi yang tinggi pada bidang basal *graphene* serta menjadi lebih tinggi daripada salah satu pelarut molekul yang berinteraksi dengan *graphene*. Penggunaan surfaktan juga mampu menstabilkan *graphene* terexfoliasi didalam air dan pelarut organic. Hal ini dikarenakan  $\zeta$  potensial dari surfaktan terlapisi *nano-graphene* dengan kendali konsentrasi terdispersi (Ciesielski, 2013).

## 9. Adsorpsi

Adsorpsi secara umum dapat didefinisikan sebagai proses penempelan partikel gas atau cairan pada permukaan zat padat yang membentuk suatu lapisan tipis partikel-partikel. Proses adsorpsi terjadi pada dinding berpori dan pada tempat tertentu di dalam partikel yang terakumulasi pada permukaan padatan. Zat yang terakumulasi ini disebut sebagai adsorbat, sedangkan material penyerap disebut adsorben. Gaya tarik molekul di permukaan adsorben menyebabkan adanya proses adsorpsi. Molekul di permukaan zat

cair atau zat padat memiliki gaya tarik ke arah dalam karena tidak ada gaya yang mengimbangi sehingga menyebabkan zat padat atau zat cair mempunyai daya adsorpsi (Alberty & Cornowel, 1992).

Berdasarkan interaksi molekular antara permukaan adsorben dengan adsorbat, mekanisme adsorpsi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu adsorpsi fisik (fisorpsi) dan adsorpsi kimia (kemisorpsi). Pada adsorpsi fisik, gaya yang mengikat adsorbat oleh adsorben adalah gaya Van Der Waals. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisik relatif rendah sekitar 20 kJ/mol. Pada proses adsorpsi kimia, interaksi adsorbat dengan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia. Adsorpsi kimia terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya Van Der Waals atau melalui ikatan hydrogen. Adsorpsi kimia bersifat spesifik dan melibatkan gaya yang lebih besar daripada adsorpsi fisik. Adanya ikatan kimia pada adsorpsi kimia membentuk lapisan yang akan menghambat proses penyerapan selanjutnya, sehingga efektifitas menjadi berkurang (Atkins, 1999).

## **10. Spektrofotometer UV-Vis**

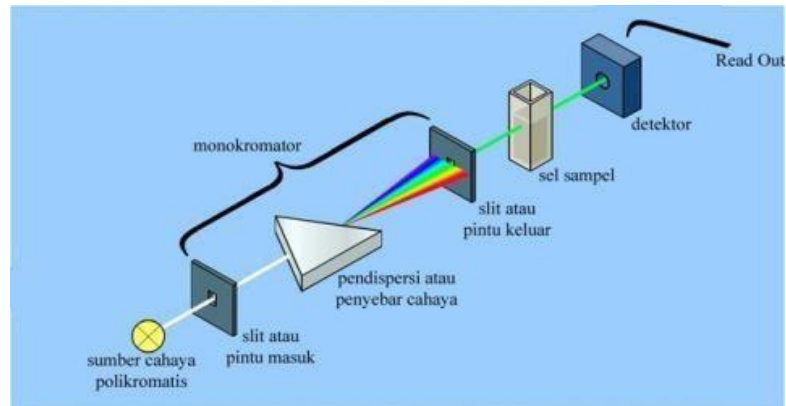
Spektrofotometer UV-Vis adalah alat yang menunjukkan absorbansi maksimal pada panjang gelombang tertentu. Absorbansi di panjang gelombang tertentu menunjukkan karakter tertentu dari suatu senyawa atau partikel (Yulianti, 2010). Spektrofotometer UV-Vis menggunakan

gelombang elektromagnetik pada daerah ultraviolet (UV) dan sinar tampak (*Visible*). Sinar UV mempunyai panjang gelombang 200 nm – 400 nm dan sinar tampak mempunyai panjang gelombang 400 nm-750 nm. Spektrum UV-Vis sangat berguna untuk karakterisasi sebuah sampel secara kuantitatif.



**Gambar 7.** Spektrofotometer UV-Vis

Diagram kerja spektrofotometer terdiri dari sumber cahaya polikromatis, monokromator, sampel, dan detektor. Sumber radiasi berupa sinar UV dan sinar tampak. Monokromator merupakan alat optik yang mengubah radiasi polikromatik menjadi monokromatik. Detektor yang digunakan adalah detektor fotolistrik (Owen, 2010). Sampel menggunakan kuvet sebagai tempat sampel. Kuvet biasanya terbuat dari kuarsa atau gelas, namun yang menggunakan kuarsa berasal dari silika memiliki kualitas lebih baik. Hal ini disebabkan oleh kaca dan plastik dapat menyerap UV.



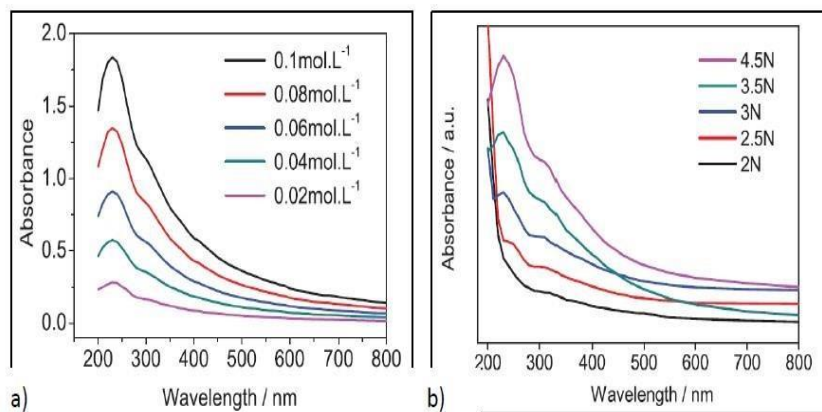
**Gambar 8.** Diagram kerja spektrofotometer UV-Vis

Prinsip dari spektrofotometer UV-VIS dapat dijelaskan sebagai berikut, sumber radiasi yang berasal dari sinar polikromatik didispersikan menjadi sinar monokromatik kemudian dikenakan pada sampel yang kemudian sinar transmisinya terdeteksi oleh detektor. Hasil dari detektor berupa data absorbansi cahaya yang diserap oleh sampel pada panjang gelombang tertentu. Absorbansi panjang gelombang tertentu menunjukkan karakter dari suatu partikel atau senyawa (Octavia, 2014). Nilai absorbansi menunjukkan jumlah partikel yang terbentuk. Semakin besar ukuran partikel maka semakin besar panjang gelombang yang terserap karena partikel lebih besar memiliki atom yang lebih banyak untuk menyerap panjang gelombang dari sumber cahaya (Octavia, 2014).

Hasil dari karakteristik menggunakan UV-VIS adalah grafik hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang. Grafik tersebut berupa puncak-puncak absorbansi pada panjang gelombang tertentu. Radiasi

UV-Vis yang memiliki frekuensi sama dengan partikel sampel akan beresonansi, sehingga radiasi mengalami absorpsi oleh sampel tersebut. Absorpsi 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 itu terdeteksi sebagai puncak absorpsi. (Vita, 2015).

Beberapa karakterisasi GO telah banyak dilakukan oleh ilmuwan atau akademisi menggunakan UV-Vis dengan metode yang berbeda-beda. Seperti yang dilakukan Lai (2012), hasil karakterisasi sintesis material *graphene* dengan melakukan uji spektrum UV-Vis menggunakan metode GO, dapat dilihat pada gambar berikut:

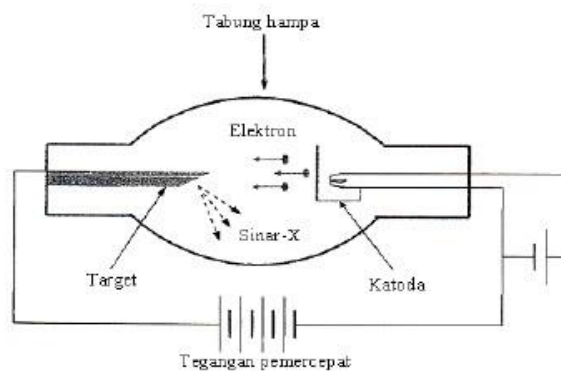


**Gambar 9.** (a) Spektrum absorpsi GO dengan variasi KMnO4 yang didispersi dalam aquades. (b) Spektrum absorpsi GO dengan variasi konsentrasi GO.

Hasil puncak dapat diamati pada panjang gelombang sekitar 230 nm dan 310 nm yang merupakan karakterisasi dari GO (Efelina, 2015). Dari beberapa penelitian, karakterisasi yang telah diuraikan menunjukkan bahwa GO memiliki karakteristik puncak UV-Vis rata-rata pada panjang gelombang antara 200 nm sampai 400 nm (Murat dkk, 2011).

#### **11. *X-Ray Diffraction (XRD)***

*X-Ray Diffraction (XRD)* yaitu metode karakterisasi lapisan tipis yang digunakan untuk mengetahui struktur kristal dan parameter kisi kristal. Tidak hanya itu, XRD juga dapat digunakan untuk mengetahui susunan berbagai jenis atom dan orientasi kristal. Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang ( $\lambda = 0,1 \text{ nm}$ ) yang lebih pendek dari pada gelombang cahaya ( $\lambda = 400\text{-}800 \text{ nm}$ ) (Smallman, 2000). Panjang gelombang sinar-X ini merupakan dasar digunakannya teknik difraksi sinar-X untuk mengetahui struktur mikroskopis suatu bahan, karena sinar-X mampu menembus zat padat sehingga dapat digunakan untuk menentukan struktur kristal. Radiasi sinar-X dihasilkan ketika elektron penembak bergerak dengan dipercepat. Hal tersebut mengakibatkan beda tegangan (potensial) anoda yang tinggi, kemudian menumbuk permukaan suatu bahan dalam tabung hampa udara.



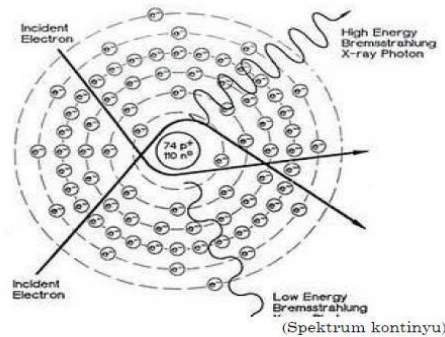
**Gambar 10.** Diagram Sinar-X (Cullity,1956)

Pada Gambar 10, berkas elektron dihasilkan oleh katoda yang dipanaskan dengan filamen, kemudian elektron bermuatan negatif tertarik menuju muatan positif anoda pada target, hal ini terjadi karena adanya beda potensial antara katoda dan anoda. Apabila beda potensial antara katoda dan anoda diberi lambang  $V_0$  (volt), maka saat elektron mengenai permukaan anoda dapat dihitung besar energinya sebagai berikut:

$$E_k = eV_0 \quad (1)$$

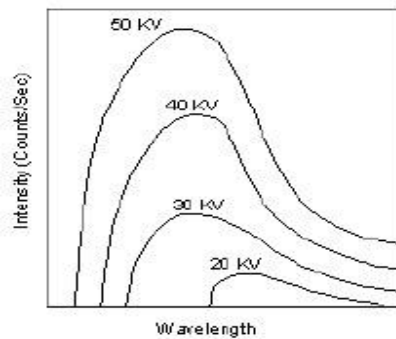
Karena adanya interaksi antara elektron berenergi  $E_k$  dengan logam anoda maka terjadilah pancaran sinar-X. Pancaran radiasi dari sinar-X yang dihasilkan dapat dibedakan menjadi dua komponen yaitu spektrum kontinyu dan spektrum garis atau karakteristik. Spektrum kontinyu mempunyai rentang panjang gelombang yang lebar sedangkan spektrum garis merupakan karakteristik dari logam yang ditembak (Smallman, 2000). Spektrum sinar-X

kontinyu dihasilkan dari peristiwa *bremstrahlung*. Pada saat elektron menumbuk logam, elektron dari katoda (elektron datang) menembus kulit atom dan mendekati kulit inti atom. Pada saat mendekati inti atom elektron berbelok dan kecepatan elektron berkurang atau diperlambat. Karena perlambatan ini, maka energi elektron berkurang. Energi yang hilang ini dipancarkan dalam bentuk sinar-X. Proses inilah yang dikenal proses *bremstrahlung*. Energi radiasi pada spektrum kontinyu meningkat dengan bertambahnya nomor atomik target dan berbanding lurus dengan kuadrat tegangan. Proses *bremstrahlung* disajikan pada Gambar 11.



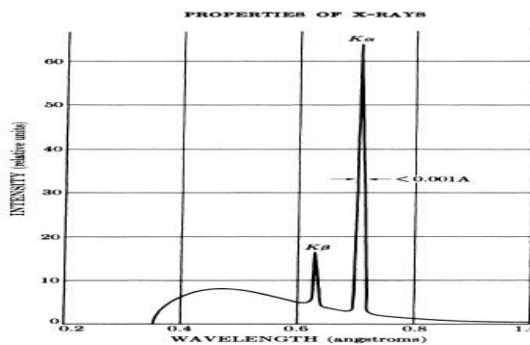
**Gambar 11.** Proses *bremstrahlung* (Thomas dan James, 1990)

Proses *bremstrahlung* akan menghasilkan radiasi dengan spektrum kontinyu yang memiliki frekuensi atau panjang gelombang yang tergantung pada tegangan akselerasi. Spektrum dari sinar-X *bremstrahlung* disajikan pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Sinar-X bremsstrahlung (Cullity, 1956)

Sedangkan spektrum karakteristik terjadi apabila elektron terakselerasi mempunyai cukup energi untuk mengeluarkan satu elektron dalam dari kulitnya. Peristiwa ini menyebabkan terjadinya transisi elektron dan pelepasan energi yang dikenal sebagai foton sinar-X karakteristik.



**Gambar 13.** Spektrum sinar-X karakteristik (Cullity, 1956)

Pada Gambar 13, spektrum radiasi terlihat jelas bahwa terdapat lebih dari satu sinar-X karakteristik, berarti sinar-X masih bersifat polikromatik. Hal ini terjadi karena adanya transisi antara tingkat energi yang berbeda. Untuk menganalisis struktur kristal dari bahan paduan dibutuhkan sinar-X

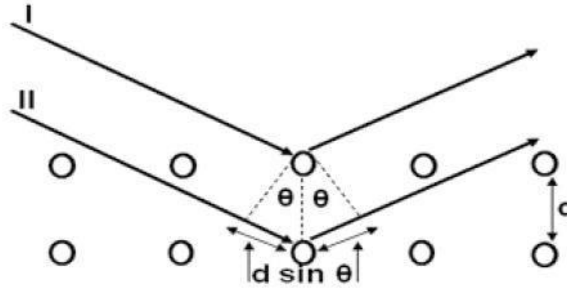
yang monokromatik atau hanya memiliki satu panjang gelombang saja, maka dilakukan proses penyaringan menggunakan bahan penyaring (*filter*) yang sesuai, yaitu dengan menggunakan logam bernomor atom lebih kecil dari target.

Berkas sinar-X monokromatik yang jatuh pada sebuah kristal akan dihamburkan ke segala arah, tetapi karena keteraturan letak atom-atom, pada arah tertentu gelombang hambar itu akan berinterferensi konstruktif sedangkan yang lain akan berinterferensi destruktif. Atom-atom dalam kristal dapat dipandang sebagai unsur pembentuk keluarga bidang datar dengan masing-masing keluarga mempunyai jarak karakteristik antara bidang-bidang komponen. Analisis ini dilakukan oleh W.L Bragg pada tahun 1913, sehingga bidang-bidang ini dinamakan bidang Bragg (Beisser, 1992).

Bila sinar-X monokromatis dikenakan pada kristal, akan diperoleh pola difraksi. Pola difraksi ini tergantung pada jarak antar titik kisi yang menentukan gelombang akan berinterferensi konstruktif (saling menguatkan) atau berinterferensi destruktif (saling menghilangkan). Difraksi cahaya terjadi dalam zat bila jarak antar partikel-partikelnya tersusun teratur dan panjang gelombang terdifraksi akan saling menguatkan bila gelombangnya sefasa, tetapi akan saling meniadakan bila tidak sefasa.

Difraksi sinar-X berasal dari susunan atom-atom yang tersusun teratur secara periodik sesuai dengan posisi-posisi tertentu di dalam kristal. Atom-

atom didalam kristal dapat dipandang berada pada bidang-bidang yang sejajar satu sama lain yang dipisahkan oleh jarak  $d$ , seperti pada Gambar 14.



**Gambar 14.** Berkas sinar-X pada kristal (Ariswan, 2012)

Bila selisih antara lintasan optik sinar-X yang direfleksikan oleh atom dilapisan pertama dan oleh atom yang ada di lapisan kedua adalah  $2d\sin\theta$ , gelombang-gelombang itu akan saling menguatkan atau menghilangkan dan menghasilkan pola difraksi. Intensitas pola difraksi akan bernilai maksimum apabila:

$$2d\sin\theta = n\lambda \quad (2)$$

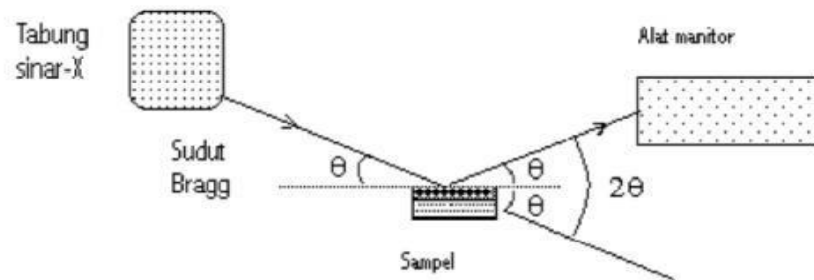
Dengan  $\lambda$  = panjang gelombang sinar-X

$d$  = jarak antar bidang

$\theta$  = sudut difraksi

Persamaan ini disebut dengan persamaan *Bragg*, menurut *Bragg* berkas terdifraksi oleh kristal terjadi jika pemantulan oleh bidang sejajar atom

menghasilkan interferensi konstruktif. Rancangan skematik spektrometer sinar-X yang didasarkan analisis *Bragg* dapat digambarkan pada Gambar 15.



**Gambar 15.** Spektrometer sinar-X (Beisser, 1922)

Dapat dilihat bahwa seberkas sinar-X yang terarah jatuh pada kristal dengan sudut  $\theta$  dan sebuah detektor diletakkan untuk mencatat sinar yang sudut hamburnya juga  $\theta$ . Setiap sinar-X yang sampai ke detektor memenuhi syarat pertama *Bragg*. Ketika sudut diubah, detektor akan mencatat puncak intensitas yang bersesuaian dengan orde yang dituliskan dalam persamaan 2, jika jarak antar bidang *Bragg* yang berdekatan dalam kristal diketahui, maka panjang gelombang sinar-X akan diketahui (Beisser, 1992).

## **B. Kerangka Berfikir**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil dari sintesis GO berbahan limbah baterai Zn-C dalam fase cair menggunakan *loudspeaker* dengan frekuensi audiosonik dan ultrasonik tanpa kontak langsung dengan larutan, mengetahui pengaruh variasi frekuensi audiosonik dan ultrasonik terhadap material GO yang dihasilkan menggunakan uji spektrofotometer UV-Vis, serta mengetahui pengaruh variasi frekuensi audiosonik dan ultrasonik terhadap kristalinitas GO yang dihasilkan menggunakan uji XRD.

Pada metode ini, sintesis GO dilakukan dengan menggunakan serbuk grafit dengan berat 1.0 gr yang dilarutkan kedalam aquades sebanyak 100 ml dan 0,5 gr deterjen yang dilarutkan kedalam aquades sebanyak 100 ml yang selanjutnya dari kedua larutan tersebut, diambil 25 ml larutan grafit dengan ditambah 3 tetes larutan deterjen. Dari hal tersebut, lalu dilakukan sonikasi pada masing-masing larutan grafit selama 5 jam pada frekuensi audiosonik dan frekuensi ultrasonik. Uji karakterisasi untuk metode ini menggunakan uji spektrofotometer UV-Vis dan uji XRD. Hasil uji UV-Vis terhadap material ini akan menunjukkan seberapa besar nilai absorbansi dan panjang gelombang yang ditunjukkan dari larutan GO. Sedangkan untuk hasil dari uji XRD, akan didapatkan kandungan unsur yang ada di dalam material yang akan dianalisis menggunakan aplikasi pencocokan grafik XRD Match!3.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

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

##### 1. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus sampai Desember 2017.

##### 2. Tempat penelitian

- a. Sintesis GO berbahan limbah baterai Zn-C dalam fase cair menggunakan frekuensi audiosonik dan ultrasonik dilakukan di Laboratorium Koloid serta Laboratorium Gelombang, Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta (FMIPA UNY).
- b. Pengujian hasil sonikasi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia lantai 2, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta (FMIPA UNY).
- c. Pengujian hasil sonikasi dengan XRD dilakukan di Laboratorium Kimia lantai 1, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta (FMIPA UNY).

#### **B. Objek Penelitian**

Objek penelitian ini adalah serbuk baterai Zn-C yang disintesis menggunakan metode sonikasi dengan frekuensi audiosonik dan ultrasonik. Dalam sintesis ini

surfaktan yang digunakan adalah deterjen. Sedangkan, sumber suara audiosonik dan ultrasonik berasal dari *loudspeaker* yang disambungkan dengan *audio frequency generator* (AFG) dan *amplifier*.

### C. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

#### 1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab berubahnya variabel lain. Dalam penelitian ini, yang menjadi variabel bebas adalah frekuensi pada saat melakukan sonikasi.

#### 2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi akibat adanya variabel lain, yaitu variabel bebas. Dalam penelitian ini, yang menjadi variabel terikat adalah panjang gelombang yang terdapat puncak absorbansi UV-Vis dan kristalinitas dari bahan yang terdapat pada hasil sonikasi.

#### 3. Variabel kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dibuat tetap sehingga tidak akan mempengaruhi variabel terikat. Dalam penelitian ini, yang menjadi variabel kontrol yaitu:

- a. Lama sonikasi 5 jam

- b. Larutan aquades dan serbuk *graphite* 25 ml yang diambil dari 100 ml aquades ditambah 1 gr serbuk *graphite*
- c. Larutan aquades dan deterjen 3 tetes yang diambil dari 100 ml aquades ditambah 0,5 gr deterjen
- d. Volume *amplifier* setengah maksimal
- e. Mixing min pada *amplifier*
- f. Jenis *loudspeaker* yang digunakan
- g. Posisi penempatan *loudspeaker* dengan wadah larutan

#### **D. Alat dan Bahan Penelitian**

1. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
  - a. 1 buah timbangan digital
  - b. 2 buah gelas beker 100 ml
  - c. 2 buah gelas ukur
  - d. 11 buah botol sampel
  - e. 1 buah spatula kaca
  - f. 1 buah *audio frequency generator* (AFG)
  - g. 1 buah *amplifier*
  - h. 1 buah *cathode-ray oscilloscope* (CRO)
  - i. 1 buah pipet
  - j. 1 buah *loudspeaker* jenis *mid-range* dan *tweeter*
  - k. 1 buah botol aqua

- l. 1 buah oven
  - m. 4 kaca preparat
  - n. kabel penghubung
  - o. Alumunium foil secukupnya
  - p. Label secukupnya
2. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
- a. Aquades 1 liter
  - b. Limbah baterai Zn-C
  - c. Deterjen

#### **E. Program Analisis**

Untuk mengetahui sinyal *output* dari AFG yang telah diperkuat dengan *amplifier* digunakan alat CRO. Sedangkan untuk menganalisis dan mengolah grafik dari hasil uji UV-Vis digunakan *software ORIGIN PRO9*. Selain itu juga digunakan *software match!3* untuk menganalisis kristalinitas GO dari hasil uji XRD.

#### **F. Langkah Kerja**

1. Tahap Pembuatan Bahan Dasar Graphite
  - a. Mempersiapkan limbah baterai Zn-C.
  - b. Membuka limbah baterai Zn-C dan mengambil batang karbon yang berada ditengah – tengah limbah baterai Zn-C.



**Gambar 16.** Limbah baterai Zn-C



**Gambar 17.** Batang karbon dari Limbah baterai Zn-C

- c. Menghaluskan batang karbon sampai menjadi serbuk menggunakan penggiling.



**Gambar 18.** Proses penggilingan batang karbon

d. Setelah batang karbon menjadi serbuk, karbon siap digunakan untuk proses selanjutnya.

## 2. Tahap Pembuatan Alat Sonikasi

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
- b. Menempelkan *loudspeaker mid-range* dan *tweeter* dengan botol bekas aqua yang sudah dipotong menggunakan selotip.



**Gambar 19.** Rangkaian *loudspeaker mid-range* dengan botol bekas aqua

- c. Merangkai *loudspeaker mid-range* dan *tweeter* yang sudah di modifikasi tadi dengan AFG, *amplifier*, CRO dan kabel penghubung menjadi alat sonikasi seperti pada gambar 20.



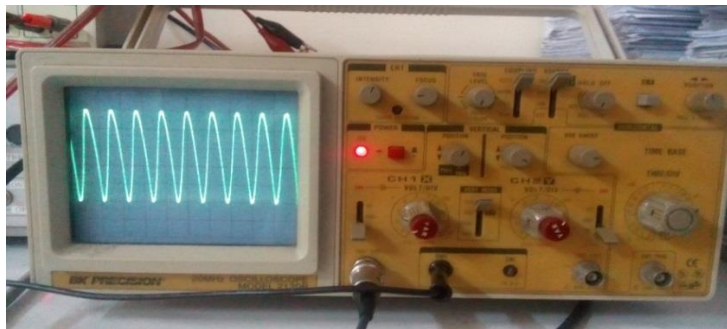
**Gambar 20.** 1 set alat sonikasi

## G. Teknik Pengambilan Data

Sintesis GO dilakukan menggunakan metode sonikasi dalam fase cair menggunakan frekuensi audio dan ultra tanpa kontak langsung dengan larutan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

### 1. Tahap Awal

Tahap awal merupakan proses yang dilakukan sebelum pengambilan data dimulai yaitu mengkondisikan sinyal *output* AFG yang telah diperkuat dengan *amplifier* agar diperoleh sinyal *output* sinusoidal. Proses ini diawali dengan mengatur frekuensi pada AFG dari 20 Hz – 40 KHz, setelah itu menghubungkan *output* AFG dengan *input amplifier*. Lalu keluaran dari *amplifier* ini di hubungkan ke CRO. Diamati gelombang yang muncul pada layar CRO sampai memperoleh sinyal sinusoidal (seperti pada gambar 21) dengan cara diubah – ubah volume pada *amplifier* dan posisi tombol *attenuator* AFG.



**Gambar 21.** Sinyal sinusoidal dari *output* AFG yang diperkuat dengan *amplifier*

## 2. Tahap uji pendahuluan

Setelah semua alat selesai dirangkai dan siap dijalankan dilakukan langkah selanjutnya yaitu uji pendahuluan. Uji ini dilakukan untuk menemukan pada frekuensi berapa getaran maksimal yang terjadi pada *loudspeaker mid-range* dan *tweeter*. Dengan mengatur frekuensi input pada AFG dari 20 Hz – 40 KHz dan diamati getaran maksimal yang terjadi, diperoleh hasil paling baik yaitu pada 20 Hz, 70 Hz, 200 Hz, 1000 Hz, 6000 Hz, 10 KHz, 20 KHz, 30 KHz dan 40 KHz (lihat lampiran 1 untuk tampilan mode getaran yang teramati pada frekuensi tersebut).

## 3. Tahap Akhir

Tahap akhir merupakan proses yang dilakukan secara eksperimen untuk mensintesis grafit menjadi GO dengan frekuensi yang telah dipilih pada tahap uji pendahuluan.

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan
- b. Menimbang serbuk karbon baterai dengan massa 1 gr menggunakan timbangan digital.
- c. Mencampurkan serbuk karbon baterai yang telah ditimbang sedikit demi sedikit, dengan aquades sebanyak 100 ml ke dalam gelas beker (larutan A).
- d. Aduk larutan A menggunakan spatula kaca.
- e. Menimbang deterjen dengan massa 0,5 gr menggunakan timbangan digital

- f. Mencampurkan deterjen yang telah ditimbang dengan aquades sebanyak 100ml ke dalam gelas beker lain (larutan B).
- g. Guncang-guncang larutan B.
- h. Mengambil 25 ml larutan A dan memasukkanya ke dalam *loudspeaker* yang telah dimodifikasi dengan ditambahkan 3 tetes larutan B.
- i. Melakukan sonikasi dengan frekuensi 20 Hz selama 5 jam.
- j. Mengambil larutan hasil sonikasi menggunakan pipet tetes dan dimasukkan ke dalam botol sampel berukuran 5 ml.
- k. Mengulangi langkah yang sama yaitu langkah a -j untuk frekuensi 70 Hz, 200 Hz, 1000 Hz, 6000 Hz, 10 KHz, 20 KHz, 30 KHz dan 40 KHz.

#### 4. Pengujian spektrofotometer UV-Vis

Sampel larutan hasil sintesis diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pada uji ini, diperoleh hasil grafik antara panjang gelombang serapan dan puncak absorbansi dari setiap larutan yang diuji. Total ada 10 larutan yang diujikan, yaitu tanpa sonikasi, frekuensi 20 Hz, 70 Hz, 200 Hz, 1000 Hz, 6000 Hz, 10 KHz, 20 KHz, 30 KHz dan 40 KHz. Rentang panjang gelombang yang digunakan untuk uji ini berkisar pada 200-800 nm.

#### 5. Pengujian XRD

Pada uji ini, digunakan 4 sampel larutan hasil sintesis yaitu tanpa sonikasi, 20 Hz, 200 Hz, 40 KHz. Sampel ini dipilih karena berdasarkan hasil terbaik dari total 10 sampel yang sudah diujikan dengan spektrofotometer UV-Vis. 4 sampel ini kemudian di panaskan pada wadah, dengan kaca preparat

menggunakan oven pada suhu 200°C selama 20 menit, untuk selanjutnya diuji menggunakan XRD. Pada uji ini diperoleh difraktogram yang menyatakan hubungan antara sudut difraksi  $2\theta$  dan intensitas.

## H. Teknik Analisis Data

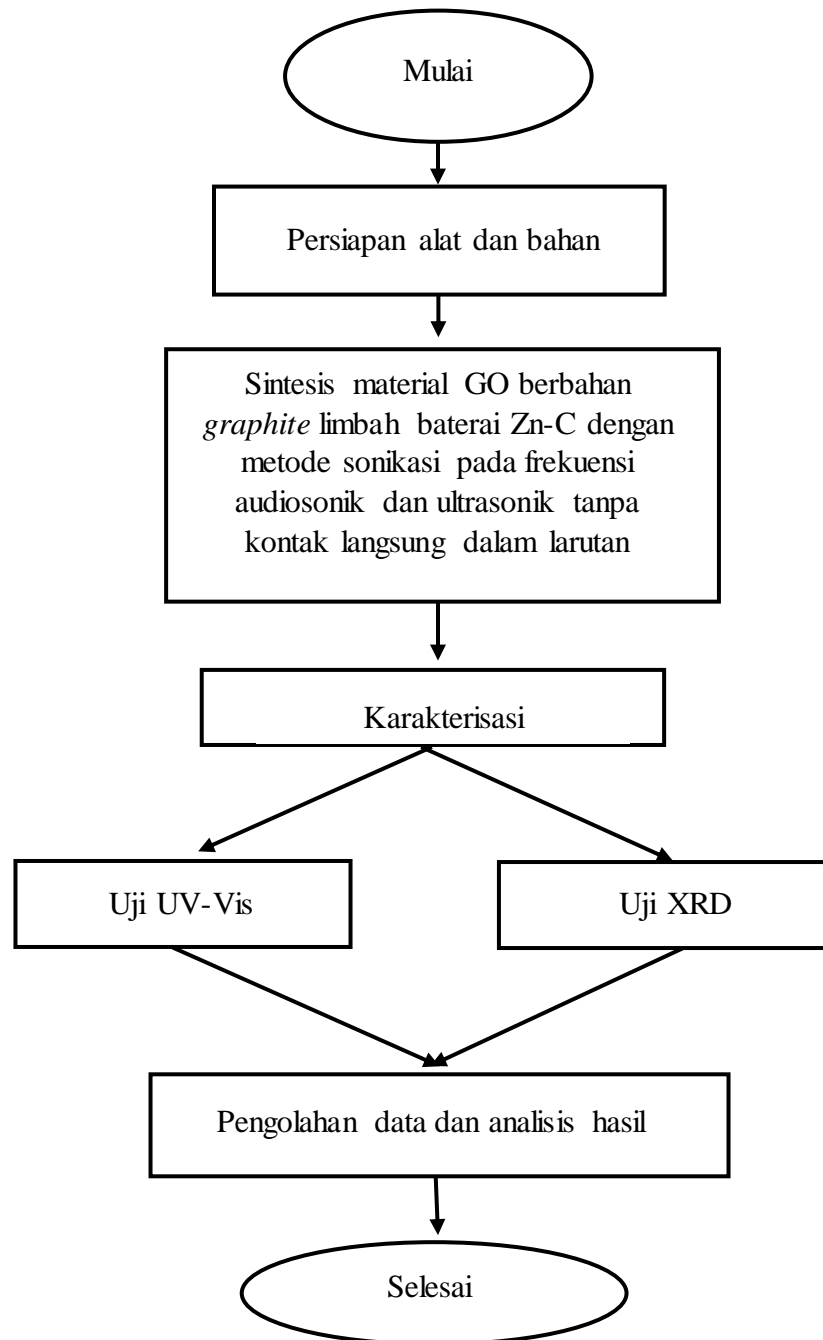
### 1. Uji karakterisasi UV-Vis

Hasil dari uji sampel menggunakan spektrofotometer UV-Vis berupa grafik, yang menyatakan hubungan antara panjang gelombang serapan dan puncak absorbansi. Hasil ini kemudian dibandingkan dengan rentang panjang gelombang menurut teori untuk GO. Selanjutnya masing-masing hasil dari variasi frekuensi dengan sampel yang tanpa sonikasi dibandingkan ke dalam satu grafik menggunakan *software Origin Pro9*.

### 2. Uji karakterisasi XRD

Hasil dari uji sampel menggunakan XRD berupa difraktogram, yang menyatakan hubungan antara intensitas dengan sudut difraksi  $2\theta$ . Hasil tersebut kemudian di analisis menggunakan *software match!3* untuk memperoleh nilai parameter kisi. Selanjutnya masing – masing hasil ini berupa difraktogram dibandingkan ke dalam satu grafik menggunakan *software Origin Pro9*.

## I. Diagram Alir



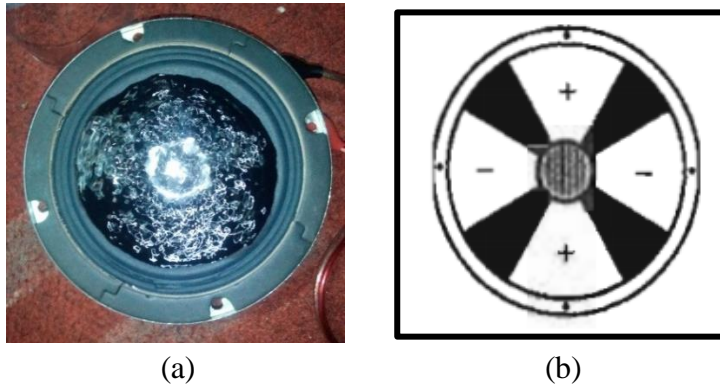
**Gambar 22.** Diagram alir penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

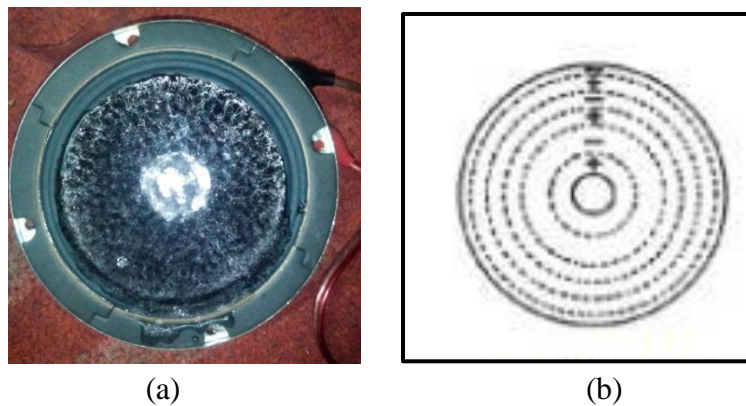
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil dari karakterisasi dari sintesis GO dalam fase cair dengan frekuensi audiosonik dan ultrasonik, serta mengetahui pengaruh variasi frekuensi audiosonik dan ultrasonik terhadap material GO menggunakan uji spektrofotometer UV-Vis serta terhadap kristalinitas GO menggunakan uji XRD. Cara yang dilakukan untuk mensintesis material GO yaitu dengan metode sonikasi pada frekuensi audiosonik dan ultrasonik, yaitu 20 Hz, 70 Hz, 200 Hz, 1000 Hz, 6000 Hz, 10 KHz, 20 KHz, 30 KHz dan 40 KHz. Serbuk *graphite* yang digunakan berasal dari batang karbon yang berada di tengah – tengah limbah baterai Zn-C. Pada metode ini, sebelum melakukan sonikasi, serbuk *graphite* yang akan disintesis ditambahkan dengan larutan aquades. Hal ini karena aquades merupakan unsur murni atau tidak terkandung mineral lain yang akan mempengaruhi *graphite*.

Pada penelitian ini digunakan *loudspeaker* untuk menghasilkan bunyi. Sebuah *loudspeaker* bekerja dengan cara menggetarkan diafragma. Diafragma *loudspeaker* mempunyai dua klasifikasi mode getaran, yaitu mode radial dan mode konsentrik. Mode radial digambarkan berupa perluasan daerah getar dari pusat diafragma menuju tepi diafragma. Mode radial ini biasanya terjadi pada frekuensi rendah. Berikut perbandingan gambar mode radial yang dihasilkan dari penelitian dengan gambar mode radial menurut Dickason (2006).



**Gambar 23.** Mode radial getaran diafragma *loudspeaker*. a) Hasil dari penelitian dengan frekuensi 20 Hz, b) Hasil menurut Dickason (2006)

Sedangkan mode konsentrik digambarkan berupa daerah getar yang melingkar dengan radius yang sama dan saling bergantian. Mode konsentrik pada getaran diafragma ini biasanya terjadi pada frekuensi menengah. Berikut perbandingan gambar mode konsentrik yang dihasilkan dari penelitian dengan mode konsentrik menurut Newell & Holland (2007).



**Gambar 24.** Mode konsentrik getaran diafragma *loudspeaker*. a) Hasil dari penelitian dengan frekuensi 3000 Hz, b) Hasil menurut Newell & Holland (2007)

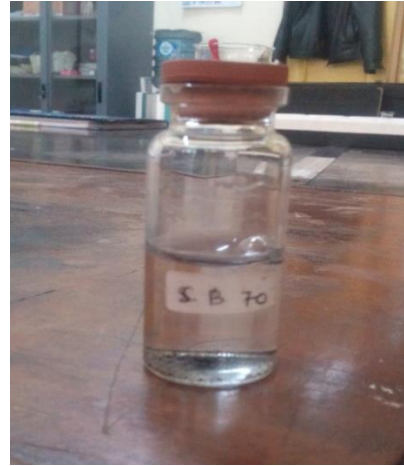
## A. Hasil Sintesis Material GO

Proses sintesis GO pada penelitian ini menggunakan metode sonikasi dengan dibantu oleh surfaktan. Fungsi dari surfaktan ini adalah mendukung exfoliasi *graphite* menjadi *graphene* dengan cara melemahkan ikatan van der Waals antar lapisan *graphene* pada material *graphite* serta menstabilkan *graphene* terexfoliasi didalam pelarut. Pada saat proses sintesis *graphene*, ekor surfaktan akan menempel pada lapisan-lapisan *graphene* dan kepalanya menutupi permukaan lapisan. Kepala surfaktan yang menutupi lapisan *graphene* satu dengan lapisan *graphene* lainnya akan saling berhadapan. Hal tersebut menyebabkan ikatan van der Waals antar lapisan menjadi melemah. Ketika ikatan van der Waals antar lapisan melemah sonikasi bekerja untuk memisahkan lapisan *graphene* satu dengan lainnya.

Pada setiap proses sintesis, larutan sampel yang digunakan sebesar 25 ml yang selanjutnya disonikasi selama 5 jam. Fungsi dari sonikasi ini sebagai pemecah atau pemisah lapisan *graphene* satu dengan lapisan *graphene* yang lain. Lapisan *graphene* yang lebih tipis akan terpisah dari lapisan *graphene* tebal yang masih dalam bentuk gumpalan *graphite*. Berikut hasil larutan sampel sebelum dan sesudah dilakukan sonikasi serta hasil dari larutan sampel sesudah disonikasi dengan frekuensi audiosonik dan ultrasonik.

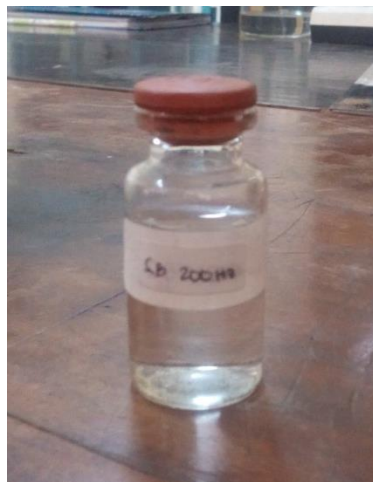


(a)

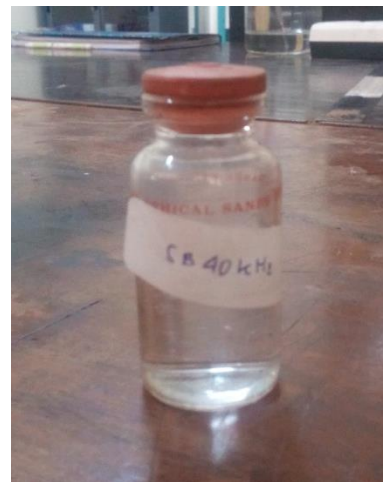


(b)

**Gambar 25.** Perbandingan larutan sebelum dan sesudah sonikasi. a) larutan *graphite* sebelum disonikasi, b) larutan *graphite* sesudah sonikasi.



(a)



(b)

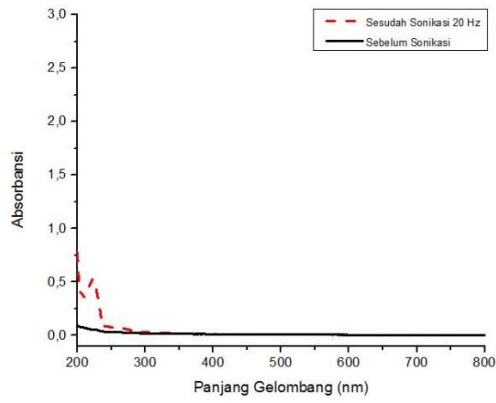
**Gambar 26.** Perbandingan larutan sesudah sonikasi. a) larutan *graphite* sesudah disonikasi dengan frekuensi audiosonik, b) larutan *graphite* sesudah disonikasi dengan frekuensi ultrasonik.

Berdasarkan hasil yang terlihat pada Gambar 25, perlakuan sonikasi menyebabkan larutan pada Gambar 25.b menjadi lebih jernih dibandingkan dengan larutan sebelum dilakukan perlakuan sonikasi pada Gambar 25.a. Larutan *graphite* tersebut lebih jernih disebabkan oleh semakin kecilnya partikel *graphite* pada larutan karena pengikisan oleh gelombang suara. Sedangkan pada hasil yang terlihat pada Gambar 26, jika keduanya dibandingkan terlihat tidak ada perbedaan yang signifikan. Larutan *graphite* yang sudah disonikasi dengan frekuensi audiosonik dan ultrasonik sama-sama terlihat jernih.

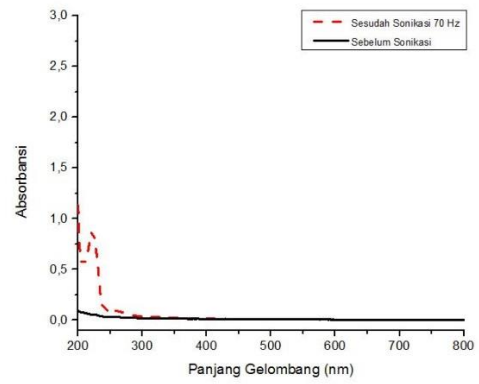
## **B. Hasil Karakterisasi UV-Vis**

Karakterisasi UV-Vis dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, untuk mengetahui adanya GO pada larutan sampel yang telah disintesis menggunakan metode sonikasi. Hasil yang diperoleh dari karakterisasi akan ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara panjang gelombang dan absorbansi dengan panjang gelombang 200 nm hingga 800 nm. Kemudian, dari hasil ini akan dicocokkan dengan literatur berdasarkan penelitian-penelitian tentang GO yang menyebutkan bahwa rentang panjang gelombang GO berada pada 223 nm hingga 270 nm.

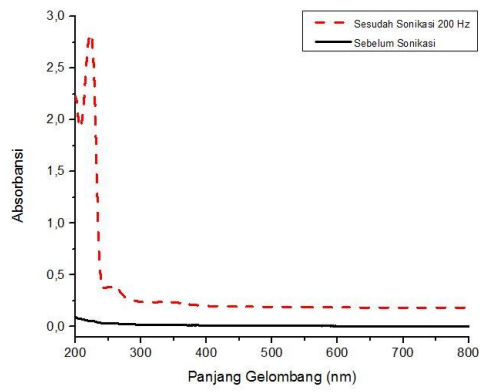
Pada penelitian ini, peneliti melakukan uji UV-Vis terhadap sampel hasil sintesis GO dengan variasi frekuensi audiosonik dan ultrasonik yaitu 20 Hz, 70 Hz, 200 Hz, 1000 Hz, 6000 Hz, 10 KHz, 20 KHz, 30 KHz dan 40 KHz. Berikut ini gambar hasil karakterisasi UV-Vis.



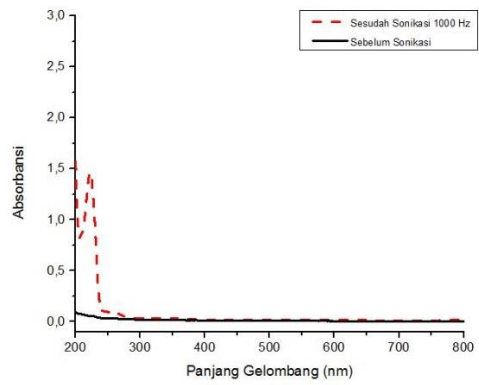
(a)



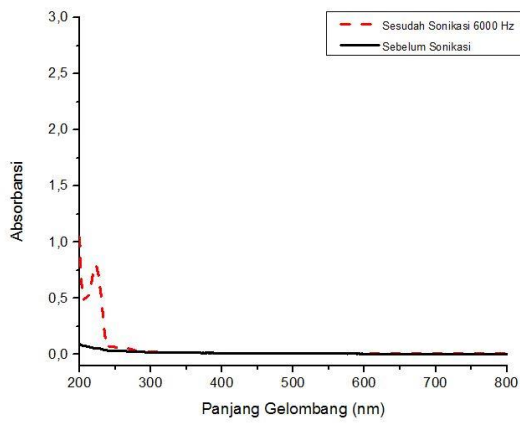
(b)



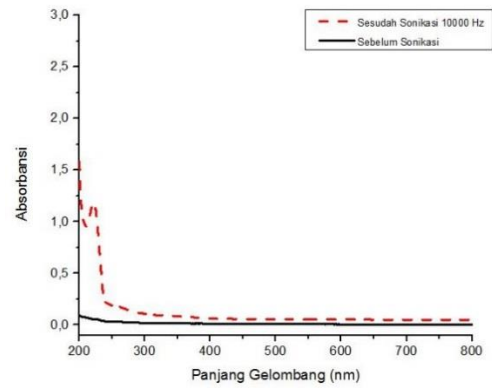
(c)



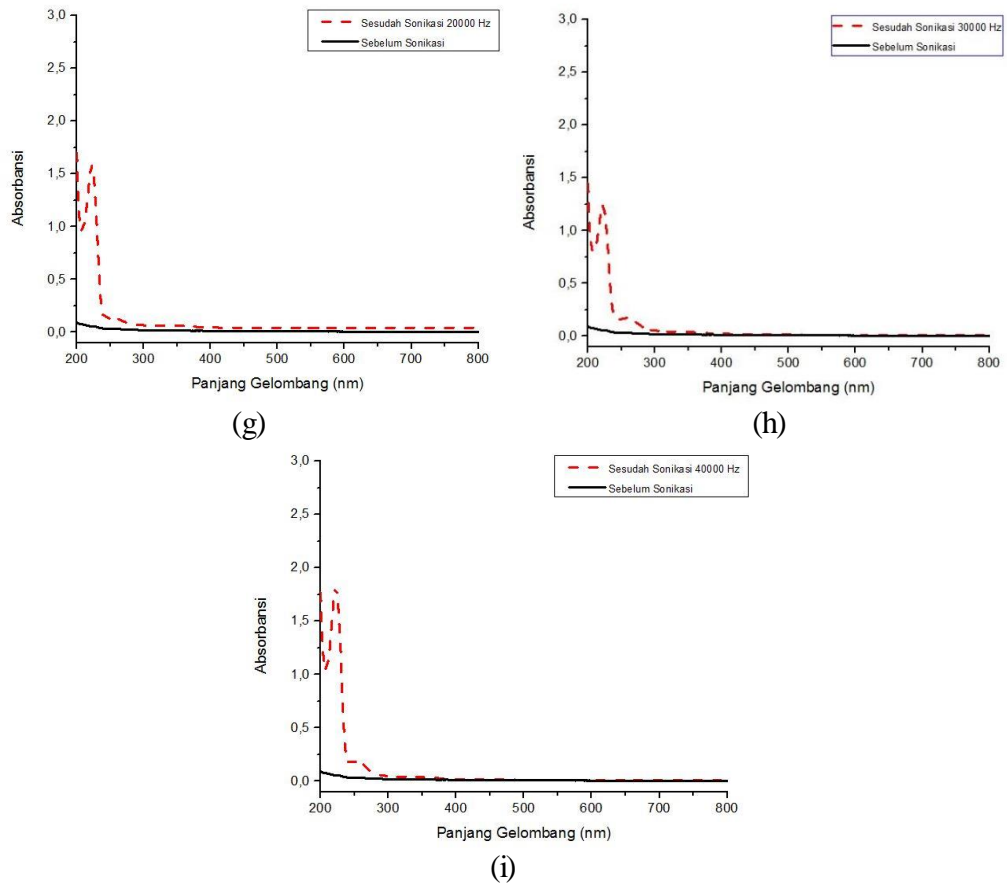
(d)



(e)



(f)

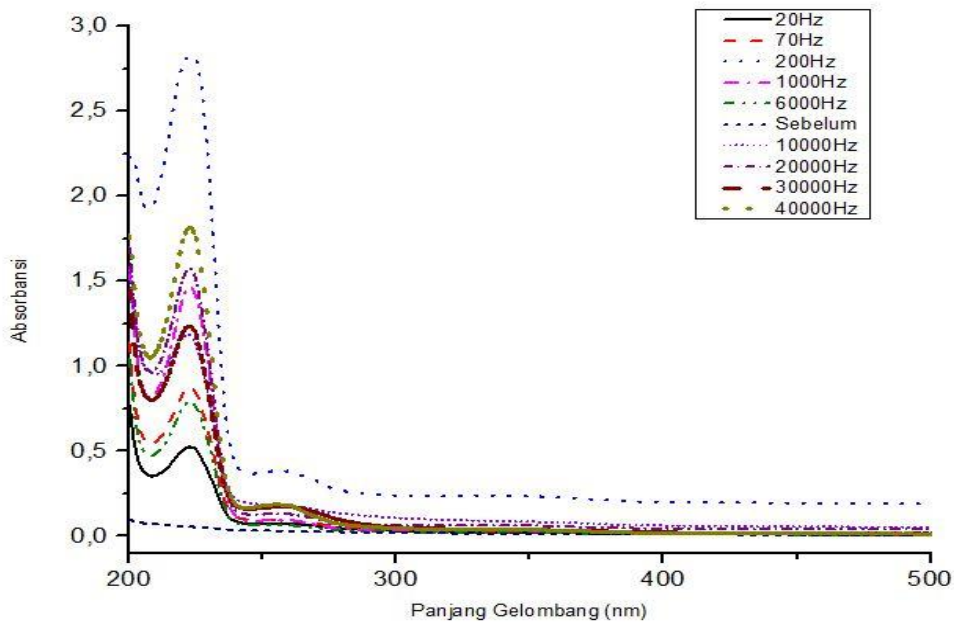


**Gambar 27.** Grafik hasil karakterisasi UV-Vis sebelum dan sesudah sonikasi dengan variasi frekuensi (a) 20 Hz, (b) 70 Hz, (c) 200 Hz, (d) 1000 Hz, (e) 6000 Hz, (f) 10 KHz, (g) 20 KHz, (h) 30 KHz, (i) 40 KHz.

Gambar 27 adalah grafik karakterisasi UV-Vis larutan serbuk *graphite* berbahan karbon limbah baterai Zn-C dengan variasi frekuensi, yang menunjukkan hubungan antara panjang gelombang dan absorbansi. Pada Gambar 27, masing-masing grafik dibandingkan dengan sebelum dan sesudah dilakukan sonikasi. Jika dilihat pada Gambar 27, garis grafik warna hitam merupakan grafik dari bahan

sebelum dilakukan sonikasi. Sedangkan garis grafik berwarna merah merupakan grafik dari bahan setelah dilakukan sonikasi.

Pada masing-masing grafik dapat dilihat bahwa larutan sebelum perlakuan sonikasi terdapat nilai kecil yang muncul pada puncak absorbansi yaitu 0,015. Hal ini mengindikasikan bahwa pencampuran serbuk *graphite* dengan surfaktan belum mampu untuk mengeksfoliasi *graphite* dengan maksimal. Setelah dilakukan perlakuan sonikasi, terdapat pergeseran ke kanan (*red shift*) pada semua sampel yang diuji. Pergeseran ini menimbulkan adanya puncak-puncak absorbansi yang mengindikasikan pengaruh dari perlakuan sonikasi. Nilai puncak absorbansi dan panjang gelombang untuk masing-masing sampel larutan dapat dilihat pada grafik dan tabel berikut.



**Gambar 28.** Grafik perbandingan hasil karakterisasi UV-Vis sebelum dan sesudah sonikasi dengan variasi frekuensi.

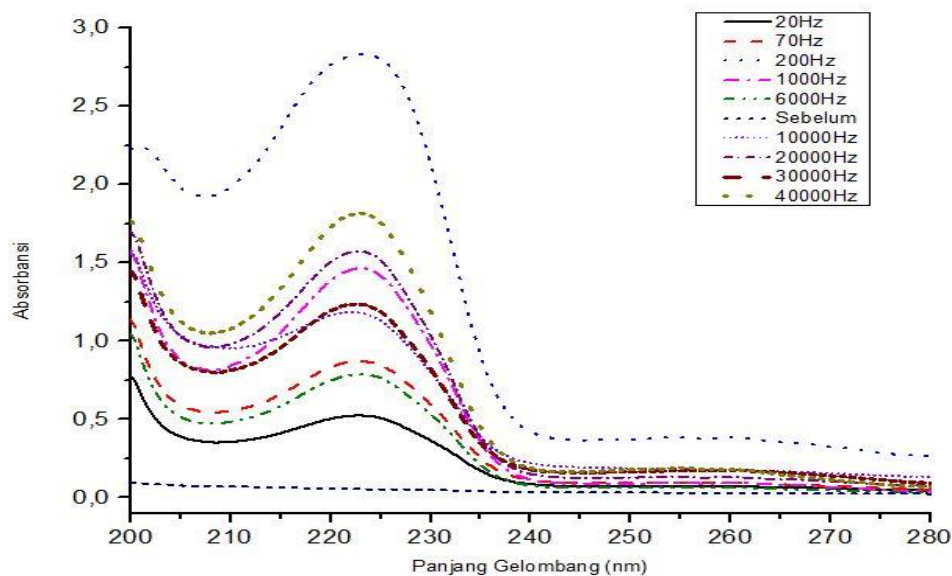
**Tabel 1.** Puncak-puncak absorbansi GO hasil karakterisasi UV-Vis sebelum dan sesudah sonikasi dengan variasi frekuensi.

Puncak	Sebelum		20 Hz		70 Hz		200 Hz	
	Panjang Gelombang (nm)	Abs.	Panjang Gelombang (nm)	Abs.	Panjang Gelombang (nm)	Abs.	Panjang Gelombang (nm)	Abs.
1	351,50	0,015	349,50	0,022	260,00	0,094	433,50	0,197
2			260,50	0,074	253,50	0,095	395,50	0,202
3			253,50	0,075	222,50	0,874	336,00	0,238
4			222,50	0,525			260,00	0,386
5							254,50	0,383
6							223,00	2,835
Puncak	1000 Hz		6000 Hz		10 KHz		20 KHz	
	Panjang Gelombang (nm)	Abs.	Panjang Gelombang (nm)	Abs.	Panjang Gelombang (nm)	Abs.	Panjang Gelombang (nm)	Abs.
1	339,00	0,034	260,00	0,064	222,00	1,186	338,00	0,063
2	260,50	0,095	253,50	0,064			260,00	0,132
3	254,00	0,095	223,00	0,788			254,00	0,133
4	223,00	1,467					222,50	1,574
Puncak	30 KHz		40 KHz					
	Panjang Gelombang (nm)	Abs.	Panjang Gelombang (nm)	Abs.				
1	260,00	0,174	342,00	0,042				
2	254,50	0,172	255,50	0,189				
3	222,50	1,237	223,00	1,818				

Dari Gambar 28 dan Tabel 1, dapat dilihat bahwa untuk setiap frekuensi yang telah disonikasi terjadi perbedaan panjang gelombang dan absorbansi dengan sebelum dilakukan sonikasi. Pada frekuensi 20 Hz, 70 Hz, 20 KHz dan 30 KHz mempunyai puncak pada panjang gelombang yang sama yaitu 222,50 nm

dengan nilai absorbansi yang berbeda. Untuk absorbansi pada 20 Hz diperoleh hasil 0,525. Sedangkan pada 70 Hz mempunyai nilai absorbansi sebesar 0,874 dan pada 20 KHz sebesar 1,574 serta pada 30 KHz sebesar 1,237. Pada frekuensi 10 KHz mempunyai puncak nilai absorbansi sebesar 1,186 pada panjang gelombang 220,00 nm. Posisi panjang gelombang untuk kelima variasi frekuensi ini mendekati nilai dari rentang panjang gelombang untuk GO yaitu 230 nm, namun masih belum memenuhi rentang tersebut sehingga belum dapat dikategorikan sebagai GO. Hal ini kemungkinan dapat disebabkan oleh kurangnya kemampuan getaran yang dihasilkan dari alat sonikasi untuk mengeksfoliasi larutan *graphite*.

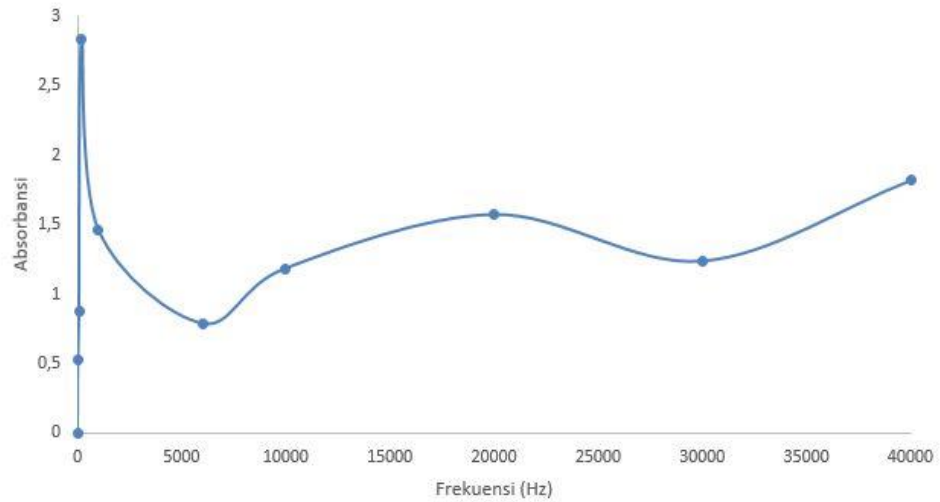
Dari Tabel 1 dapat dilihat juga, pada frekuensi 200 Hz, 1000 Hz, 6000 Hz, dan 40 KHz mempunyai puncak pada panjang gelombang yang sama yaitu 223,00 nm dengan nilai absorbansi yang berbeda. Yaitu, pada frekuensi 200 Hz mempunyai nilai absorbansi sebesar 2,835. Pada frekuensi 1000 Hz mempunyai nilai absorbansi sebesar 1,467. Pada frekuensi 6000 Hz mempunyai nilai absorbansi sebesar 0,788 dan pada frekuensi 40 KHz sebesar 1,818. Keempat variasi frekuensi ini telah mencapai rentang panjang gelombang GO, sehingga dapat dikatakan bahwa variasi frekuensi pada 200 Hz, 1000 Hz, 6000 Hz dan 40 KHz merupakan GO.



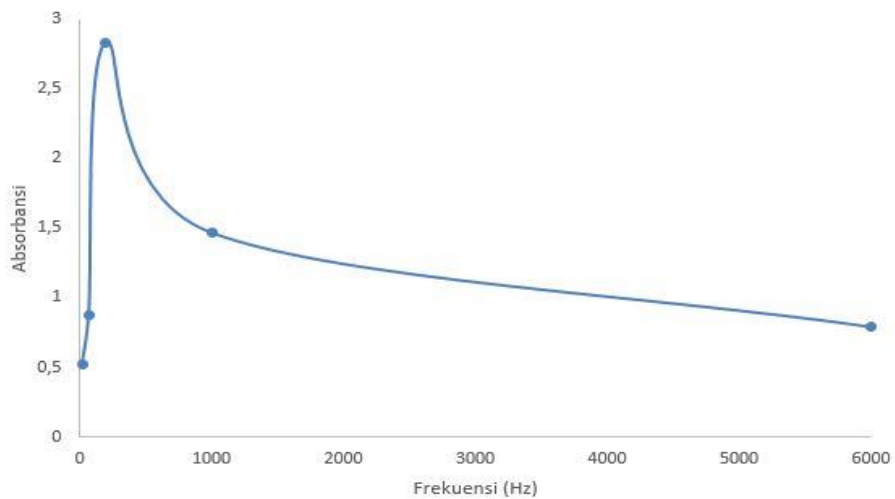
**Gambar 29.** Grafik zoom perbandingan hasil karakterisasi UV-Vis sebelum dan sesudah sonikasi dengan variasi frekuensi.

Dapat diamati pada Gambar 29 grafik perbandingan hasil uji UV-Vis setelah perlakuan sonikasi tersebut bahwa puncak absorbansi mulai dari variasi frekuensi 20 Hz mengalami peningkatan paling tinggi hingga variasi pada frekuensi 200 Hz. Namun pada frekuensi 1000 Hz dan 6000 Hz mengalami penurunan, dan naik lagi pada frekuensi 10 KHz dan 20 KHz. Setelah itu mengalami penurunan lagi pada frekuensi 30 KHz dan naik kembali pada frekuensi 40 KHz. Perubahan absorbansi tersebut diakibatkan oleh meningkatnya jumlah material yang terkandung dalam cairan karena eksfoliasi atau pengelupasan lapisan karbon pada larutan setelah dilakukan sonikasi. Jika dibuat grafik absorbansi dengan dengan titik acuan puncak absorbansi pada variasi frekuensi

dapat semakin terlihat pola puncak absorbansi dari variasi terendah hingga variasi tertinggi.



**Gambar 30.** Grafik hubungan variasi frekuensi 20 Hz hingga 40 KHz dan absorbansi pada larutan setelah sonikasi.



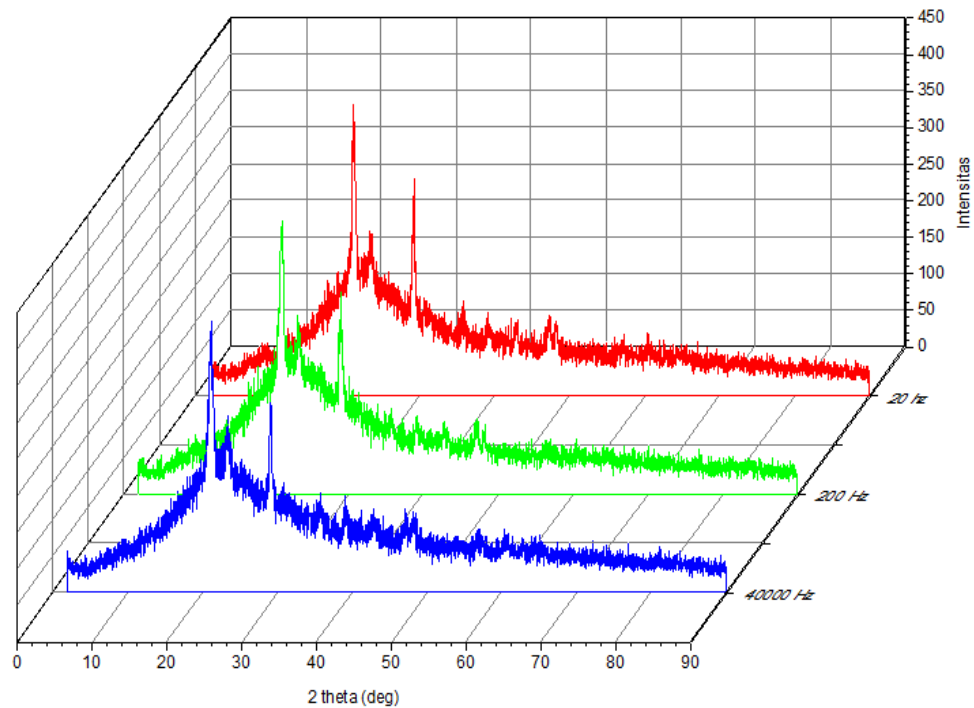
**Gambar 31.** Grafik hasil zoom hubungan variasi frekuensi 20 Hz hingga 6000 Hz dan absorbansi pada larutan setelah sonikasi.

Dari grafik pada Gambar 30 dan 31 terlihat perbedaan tingkat absorbansi. Semakin tinggi absorbansinya, maka semakin banyak bahan yang tereksfoliasi. Terlihat bahwa titik puncak absorbansi berada pada variasi frekuensi sebesar 200 Hz. Hal ini dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode sonikasi hasil GO yang paling efektif berada pada variasi frekuensi 200 Hz, yaitu frekuensi yang tergolong dalam rentang audiosonik.

### C. Hasil Uji *X-Ray Diffraction* (XRD)

Karakterisasi XRD dilakukan untuk mengetahui struktur dan parameter kisi yang dihasilkan. Data yang diperoleh dari XRD berupa difraktogram, yaitu grafik hubungan antara sudut difraksi ( $2\theta$ ) dengan intensitas (I) puncak spektrum. Prinsip kerja XRD yaitu sinar-X dikenakan pada sampel dengan panjang gelombang tertentu sehingga akan terjadi difraksi gelombang untuk bidang yang berjarak  $d$  dan sudut  $2\theta$  yang akan memenuhi *difraksi bragg*. Sumber yang digunakan saat karakterisasi XRD yaitu sumber Cu, yang memiliki panjang gelombang ( $\lambda$ ) sebesar  $1,54056 \text{ \AA}$ , tegangan operasi 40 kV, dan arus operasi 15 mA.

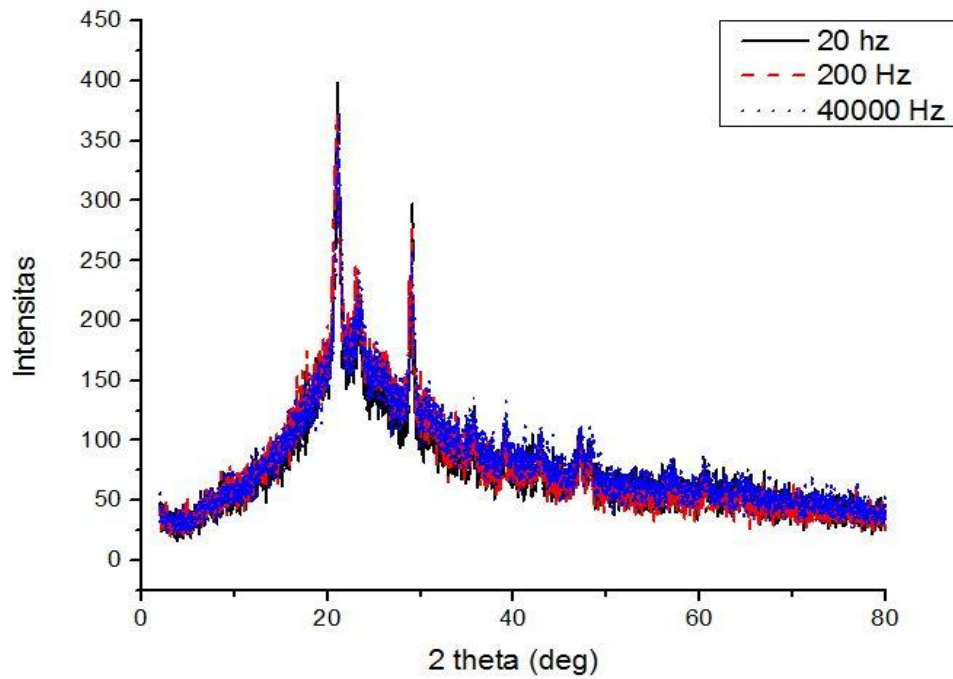
Pada penelitian ini, peneliti melakukan uji XRD terhadap sampel hasil sintesis GO dengan variasi frekuensi audiosonik dan ultrasonik yaitu 20 Hz, 200 Hz, 40 KHz. Berikut ini hasil karakterisasi larutan *graphite* setelah disonikasi dengan XRD.



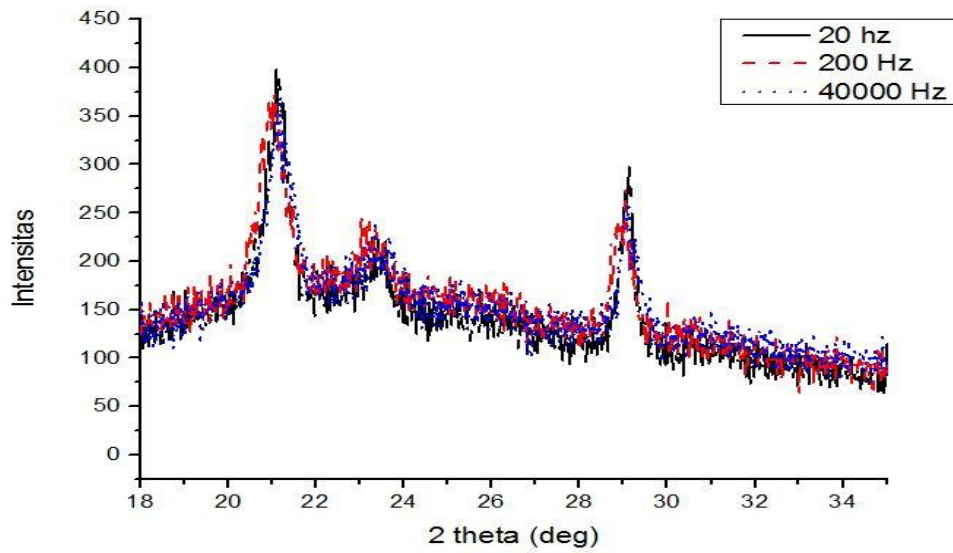
**Gambar 32.** Difraktogram gabungan hasil karakterisasi XRD setelah disonikasi dengan variasi frekuensi 20 Hz, 200 Hz, dan 40 KHz

Gambar 32 merupakan gabungan difraktogram dari ketiga sampel. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam membandingkan ketiga sampel tersebut. Pada Gambar 32 menunjukkan perbedaan puncak-puncak spektrum intensitas yang muncul. Intensitas ini menunjukkan tingkat keteraturan atom pada kristal yang terbentuk. Puncak intensitas tergantung pada sudut hamburan sinar-X pada kristal. Pada frekuensi 20 Hz intensitas terukur lebih tinggi dibandingkan dengan frekuensi pada 200 Hz dan 40 KHz. Hal tersebut dikarenakan pengaruh variasi frekuensi terhadap bahan. Semakin tinggi intensitas, maka semakin baik pula

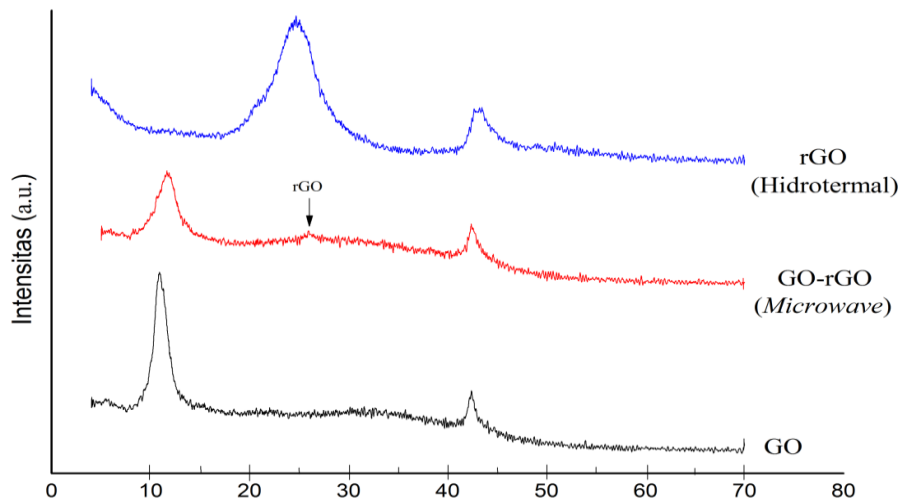
kualitas kristalnya. Selanjutnya yaitu membandingkan hasil karakterisasi XRD dari penelitian dengan referensi penelitian menurut Satyendra dkk (2014) seperti pada gambar dibawah ini.



**Gambar 33.** Grafik gabungan hasil penelitian karakterisasi XRD setelah disonikasi dengan variasi frekuensi 20 Hz, 200 Hz, dan 40 KHz



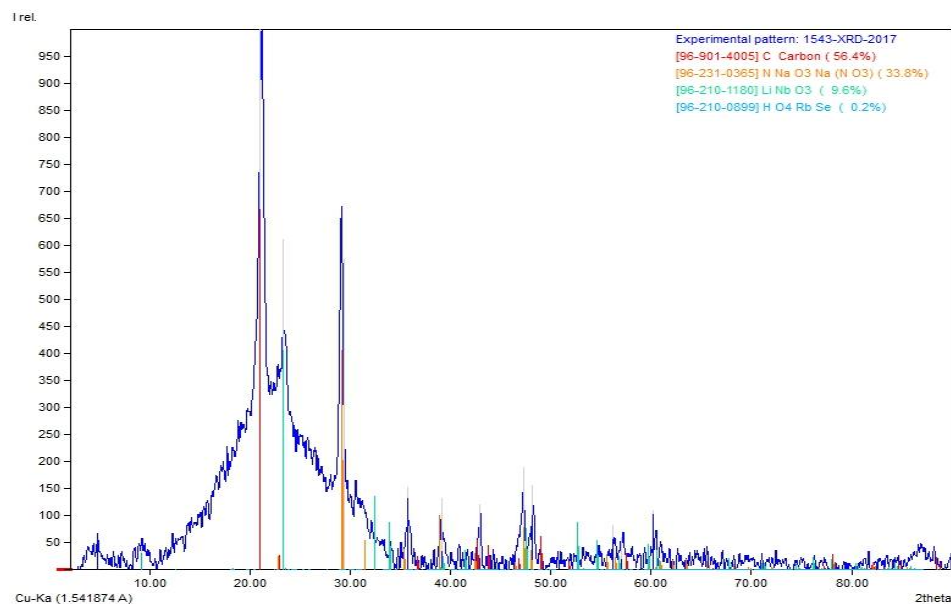
**Gambar 34.** Grafik zoom gabungan hasil penelitian karakterisasi XRD setelah disonikasi dengan variasi frekuensi 20 Hz, 200 Hz, dan 40 KHz



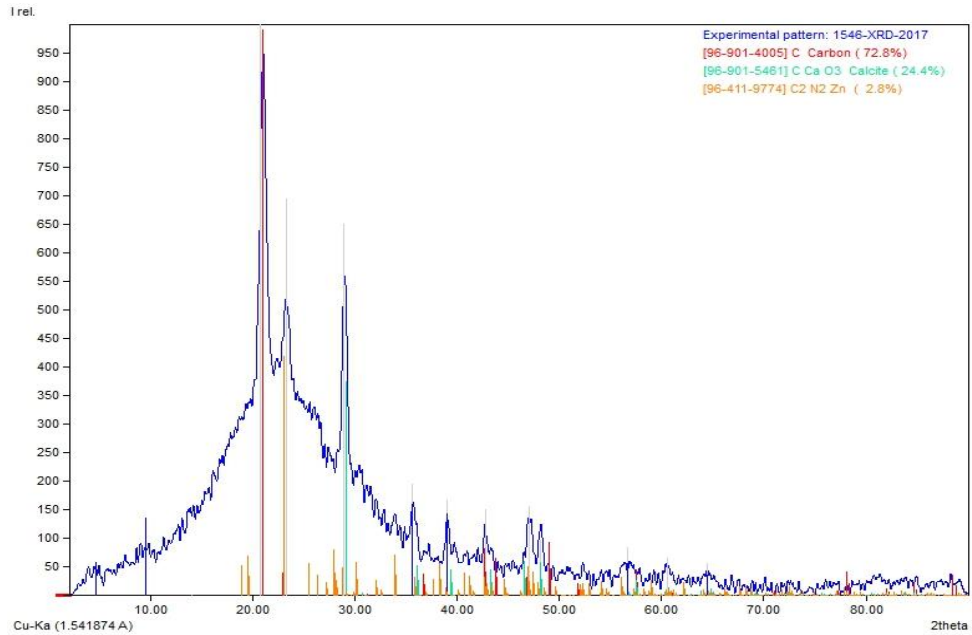
**Gambar 35.** Grafik analisis XRD dari GO, GO-rGO dan rGO hasil penelitian menurut Satyendra dkk (2014)

Dari grafik gabungan pada Gambar 33, dapat dilihat bahwa pada frekuensi 20 Hz, 200 Hz dan 40 KHz hampir tidak mengalami pergeseran fasa pada sudut yang terbentuk. Jika dilihat pada gambar yang lebih jelas (Gambar 34), terdapat juga adanya puncak- puncak tertinggi yang jika dibandingkan dengan penelitian menurut Satyenda dkk (2014) pada Gambar 35 menghasilkan puncak rGO bukan GO.

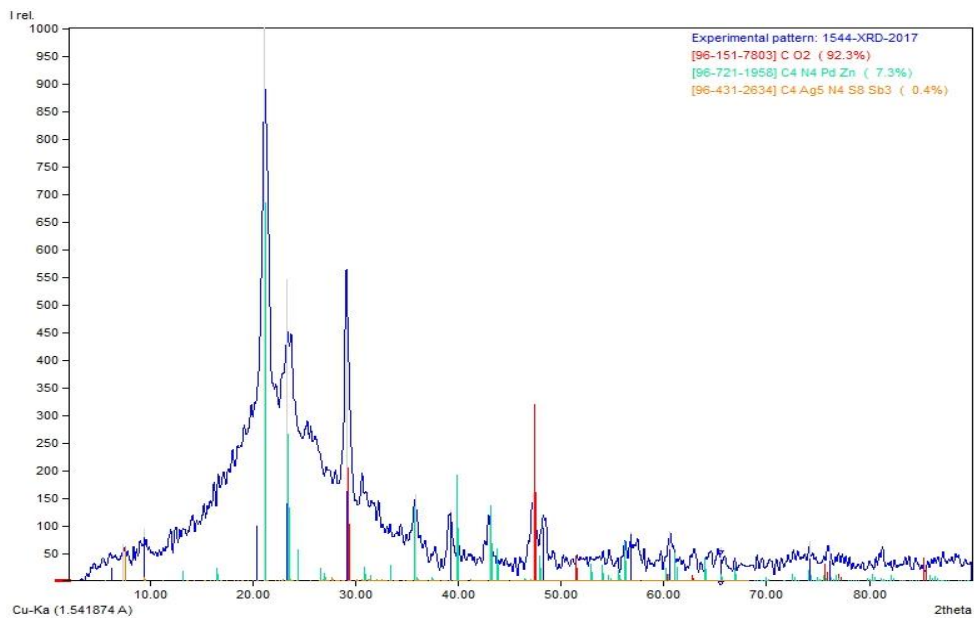
Analisis selanjutnya yaitu untuk mengetahui kandungan apa saja yang ada didalam sampel yang telah dikarakteristik dengan uji XRD menggunakan *software match!3*. Berikut grafik hasil dari pencocokan analisis larutan *graphite* setelah disonikasi.



**Gambar 36.** Hasil pencocokan analisis data setelah sonikasi dengan frekuensi 20 Hz menggunakan *software match!3*



**Gambar 37.** Hasil pencocokan analisis data setelah sonikasi dengan frekuensi 200 Hz menggunakan *software match!3*



**Gambar 38.** Hasil pencocokan analisis data setelah sonikasi dengan frekuensi 40 KHz menggunakan *software match!3*

**Tabel 2.** Hasil kandungan senyawa yang terdapat dalam masing-masing frekuensi setelah dilakukan analisis menggunakan *software mathc!3*

Frekuensi	Senyawa	Jumlah Senyawa dalam Sampel	Posisi Senyawa dalam Sudut ( $2\theta$ )
20 Hz	C	55,4 %	20,99 °
	Na O <sub>3</sub>	33,6 %	29,31 °
	Li O <sub>3</sub>	9,6 %	23,33 °
	H O <sub>4</sub>	0,2 %	39,13 °
200 Hz	C	72,8 %	21,23 °
	Ca O <sub>3</sub>	24,4 %	28,89 °
	N <sub>2</sub> Zn	2,8 %	23,56 °
40 KHz	C O <sub>2</sub>	92,3 %	29,09 ° dan 47,23 °
	Na Pd Zn	7,3 %	21,09 °
	Ag <sub>5</sub> Sb	0,4 %	42,97 °

Dari Tabel 2 dapat dilihat, bahwa pada frekuensi 20 Hz dan 200 Hz mempunyai senyawa yang sama yaitu Karbon. Namun dari kedua frekuensi ini, mempunyai perbedaan dalam komposisi jumlah yaitu sebesar 55,4 % pada 20 Hz, sedangkan pada 200 Hz mempunyai komposisi jumlah lebih banyak yaitu 72,8 %. Carbon adalah penyusun utama dalam GO. Pada frekuensi 40 KHz juga terdapat senyawa Karbon sebesar 92,3 %, namun senyawa ini bercampur dengan Oksigen. Hal ini dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan uji XRD metode sonikasi hasil GO yang paling baik berada pada variasi frekuensi 200 Hz, walaupun hasil yang terbentuk merupakan rGO bukan GO. Hal ini kemungkinan dapat disebabkan oleh kurang telitinya dalam proses preparasi larutan ke dalam oven dengan kaca preparat.

Selanjutnya, jika dilihat pada data standar JCPDS (*Joint Commite on Powder Diffraction Standard*), kristal karbon memiliki struktur kristal hexagonal. Sistem kristal hexagonal memiliki parameter kisi  $a=b\neq c$  dan  $\alpha=\beta=90^\circ$  serta  $\gamma=120^\circ$ . Data yang telah dihasilkan dari analisis karaterisasi XRD menggunakan *software match!3* (lihat lampiran 4), kemudian dicocokkan dengan data standar JCPDS. Berikut parameter kisi pada ketiga sampel yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

**Tabel 3.** Parameter kisi sampel hasil sintesis GO pada frekuensi 20 Hz, 200 Hz, dan 40 KHz terhadap JCPDS Karbon

Parameter Kisi	Sampel			JCPDS Karbon
	Frekuensi 20 Hz	Frekuensi 200 Hz	Frekuensi 40 KHz	
a (Å)	4,8900	4,8900	4,6518	4,4700
c (Å)	3,8800	3,8800	3,9184	3,7900

Berdasarkan Tabel 3, hasil analisis parameter kisi menggunakan *software match!3* untuk frekuensi 20 Hz, 200 Hz, dan 40 KHz tidak jauh beda dengan data JCPDS. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan frekuensi tidak mempengaruhi nilai parameter kisi kristal yang terbentuk.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah dihasilkan GO dengan metode sonikasi menggunakan frekuensi audiosonik dan ultrasonik berdasarkan hasil dari uji karakterisasi spektrofotometer UV-Vis. Hasil dari sintesis GO diperoleh hasil terbaik pada frekuensi audiosonik yaitu sebesar 200 Hz, pada panjang gelombang 223,00 nm dengan nilai absorbansi sebesar 2,835.
2. Berdasarkan hasil dari uji karakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis, menunjukkan bahwa variasi frekuensi audiosonik dan ultrasonik berpengaruh terhadap perubahan daya serap energi oleh partikel (absorbansi) material GO hasil sintesis menggunakan metode sonikasi. Semakin tinggi perubahan daya serap energi oleh partikel pada bahan maka semakin banyak pula GO yang tereksfoliasi sehingga kualitas GO semakin baik.
3. Berdasarkan hasil dari uji karakterisasi dengan XRD, menunjukkan bahwa variasi frekuensi audiosonik dan ultrasonik hampir tidak berpengaruh terhadap fasa puncak sudut yang terbentuk yaitu pada  $2\theta$  sebesar  $20,99^\circ$  -  $29,31^\circ$ . Jika dilihat pada komposisi senyawa dalam fase yang terbentuk hasil yang paling baik berada pada variasi frekuensi 200 Hz yaitu terdapat Karbon sebesar 72,8% pada sudut  $21,23^\circ$  walaupun hasil sudut yang terbentuk merupakan rGO.

## **B. Saran**

Setelah terselesaikannya penelitian ini, terdapat saran yang perlu diperhatikan bagi penelitian selanjutnya. Beberapa saran tersebut antara lain:

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memvariasi amplitudo pada frekuensi audiosonik maupun ultrasonik.
2. Dapat dilakukan uji dalam penelitian lebih lanjut yaitu dengan menggunakan uji SEM EDAX dan FTIR.
3. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengembangkan alat sonikasi sehingga gelombang audiosonik dan ultrasonik dapat menyebar lebih merata.

## DAFTAR PUSTAKA

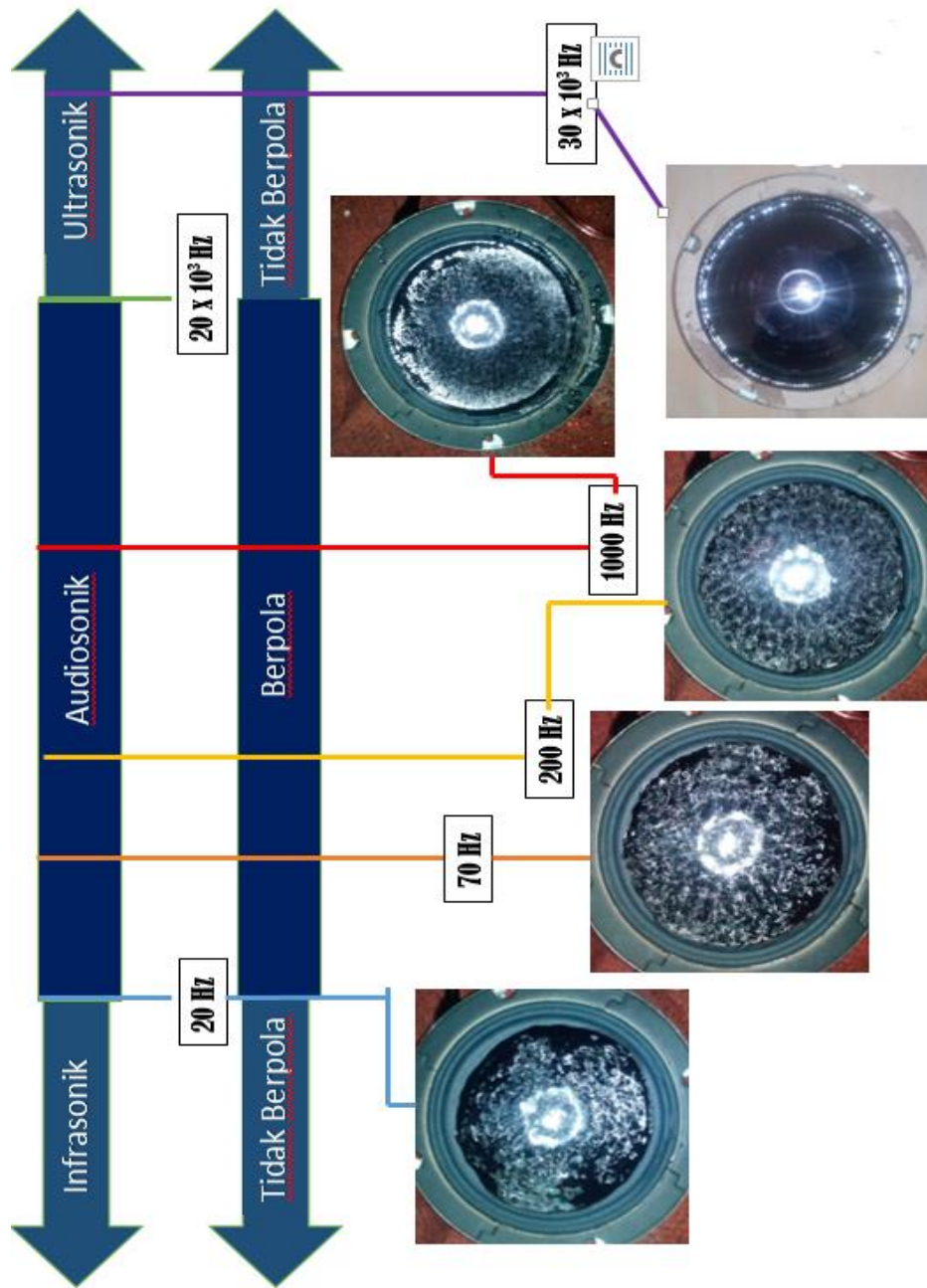
- A. Tipler, Paul. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Alberty, R.A. & Cornowel. (1992). *Physical Chemistry, 5ed. SI Version*: John Wiley and Sons Inc. New York.
- Ariswan. (2012). *Semikonduktor, Handout Kuliah*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Atkins, P. W. (1999). *Kimia Fisika Edisi Ke-2*. Penerjemah Indarto Purnomo Wahyu. Jakarta: Erlangga.
- Baig, S., Farooq, R. and Rehman, F. (2010). *Sonochemistry and Its Industrial Applications*. World Applied Sciences Journal 10 (8): 936 – 944
- Beiser, Arthur. (1992). *Konsep Fisika Modern Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Beranek, L. L. (1993). *Acoustics*. Massachusetts Institute of Technology: Bold Beranek and Newman, Inc.
- Buky, W.P. (2016). *Uji Karakteristik Morfologi, Fisis, dan Kimia Butiran Sub Mikron Nanomaterial Dengan Variasi Sumber Karbon Sebagai Alat Filtrasi Sederhana*. 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
- Chhowalla, dkk. (2009). *Blue Photoluminescence from Chemically Derived Graphene Oxide*. The Journal of Physical Chemistry 22.4.505.
- Ciesielski Artur, samori Paolo. (2013). *Graphene via Sonication assisted liquid-phase exfoliation*. RSC Publishing.
- Cullity, B.D. (1959). *Elements of X-Ray Diffraction*. Massachusets: Addison Wesley Publishing Company.
- Doelle, L. L. (1986). *Akustik Lingkungan*. Jakarta: Erlangga.

- Efelina Vita. (2015). *Kajian Pengaruh Konsentrasi Urea Dalam Sifat Optik Nanofiber Graphene Oxide/PVA (Polyvinyl Alcohol) yang Difabrikasi Menggunakan Teknik Electrospinning*. Yogyakarta: UGM.
- Fani Zakiati. (2016). *Pengaruh Variasi Spacer Terhadap Kualitas Kristal Lapisan Tipis Sn(Se<sub>0,6</sub>Te<sub>0,4</sub>) dengan Teknik Evaporasi Vakum*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Geim A.K, Novoselov. (2007). *The Rise of Graphene*. Manchester:University of Manchester.
- Imam, T.W. (2016). *Rancang Bangun Loudspeaker Enclosure untuk Mengefisienkan Kinerja Loudspeaker*. Yogyakarta: Program Studi Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta.
- John, F. (2002). *Ultrasonic Cleaning:Fundamental Theory and Application*. Unpublished article.
- Linden, David. Reddy, Thomas B. (2002). *Handbook of Batteries 3rd Edition*. USA: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Murat, dkk. (2011). *The Synthesis of Graphene Sheets With Controlled Thickness and Order Using Surfactant-Assisted Electrochemical Processes*. Spanyol: Elsevier.
- Novoselov, K.S. (2010). *Graphene: Materials In The Flatland*. Nobel Lecture. School of Physics and Astronomy, The University of Manchester, Oxford Road, Manchester.
- Novoselov, K.S., Geim, A.K., dkk. (2004). *Electric Field Effect in Atomically thin Carbon Films*. Science Vol.306, 666.
- Octavia, R. (2014). *Pengaruh Konsentrasi Larutan Nanopartikel Perak Terhadap Tegangan Keluaran Sel volta yang Berisi larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Oktiana, L. P. (2016). *Pengaruh Jumlah Lilitan Solenoida Elektrolisator Terhadap Absorbansi Optik Graphene Oxide (GO) yang Disintesis dari Bahan Pensil 2B*. Yogyakarta: Program Studi Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Owen, T. (2010). *Fundamentals of Modern UV-Visible spectroscopy*. Agilent Technology.

- Peres, N. M. R. (2010). *The Transport Properties of Graphene*, review modern. Physics .82.2673.
- Ryhko, I. W. (2016). *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.
- Santoso, I., Gogoi, K., dkk. (2011). *Observation of Room-Temperature High-Energy Resonant excitonic Effects in Graphene*. Physics review B.24.081403R.
- Satyendra K, dkk. (2014). *SPR Based Fibre Optic Ammonia Gas Sensor Utilizing Nanocomposite Film of PMMA/Reduce Graphene Oxide Prepared by in situ Polymerization*. The Journal of Physical Chemistry 34.212.14.
- Schniepp, dkk. (2006). *Functionalized Singel Graphene Sheets Derived from Splitting Graphene Oxide*. The Journal of Physical Chemistry 4.110.06.
- Septiana R. (2017). *Sintesis dan Karakterisasi Material Graphene Oxide Berbahan Dasar Limbah Karbon Baterai ZnC Menggunakan Kombinasi Metode Liquid Phase Exfoliation dan Radiasi Sinar-X dengan Variasi Waktu Radiasi Berdasarkan Uji UV-Vis Spektrofotometer*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Smallman, R.E & Bishop, J.R. (2000). *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.
- Suparno. 2012. *Dinamika Partikel Koloid*. Yogyakarta: UNY Press.
- Suslick, S. (1995). *Applications of Ultrasound to Materials Chemistry*. MRS Bulletin:29-34.
- Vilkhu K., R. Mawson, L. dkk. (2008) *Applications and Opportunities for Ultrasound Assisted Extraction in The Food Industry – A Review*. ScienceDirect: Innovative Food Science and Emerging Technologies 9 : 161 -169
- Vita, E. (2015). *Kajian Pengaruh Konsentrasi Urea Dalam Sifat Optik Nanofiber Graphene Oxide/ Pva (Polyvinyl Alcohol) Yang Difabrikasi Menggunakan Teknik Electrospinning*. Yogyakarta: UGM.
- Yulianti, E. (2010). *Petunjuk Praktikum Bioselmol*. Yogyakarta: Fisika UNY.

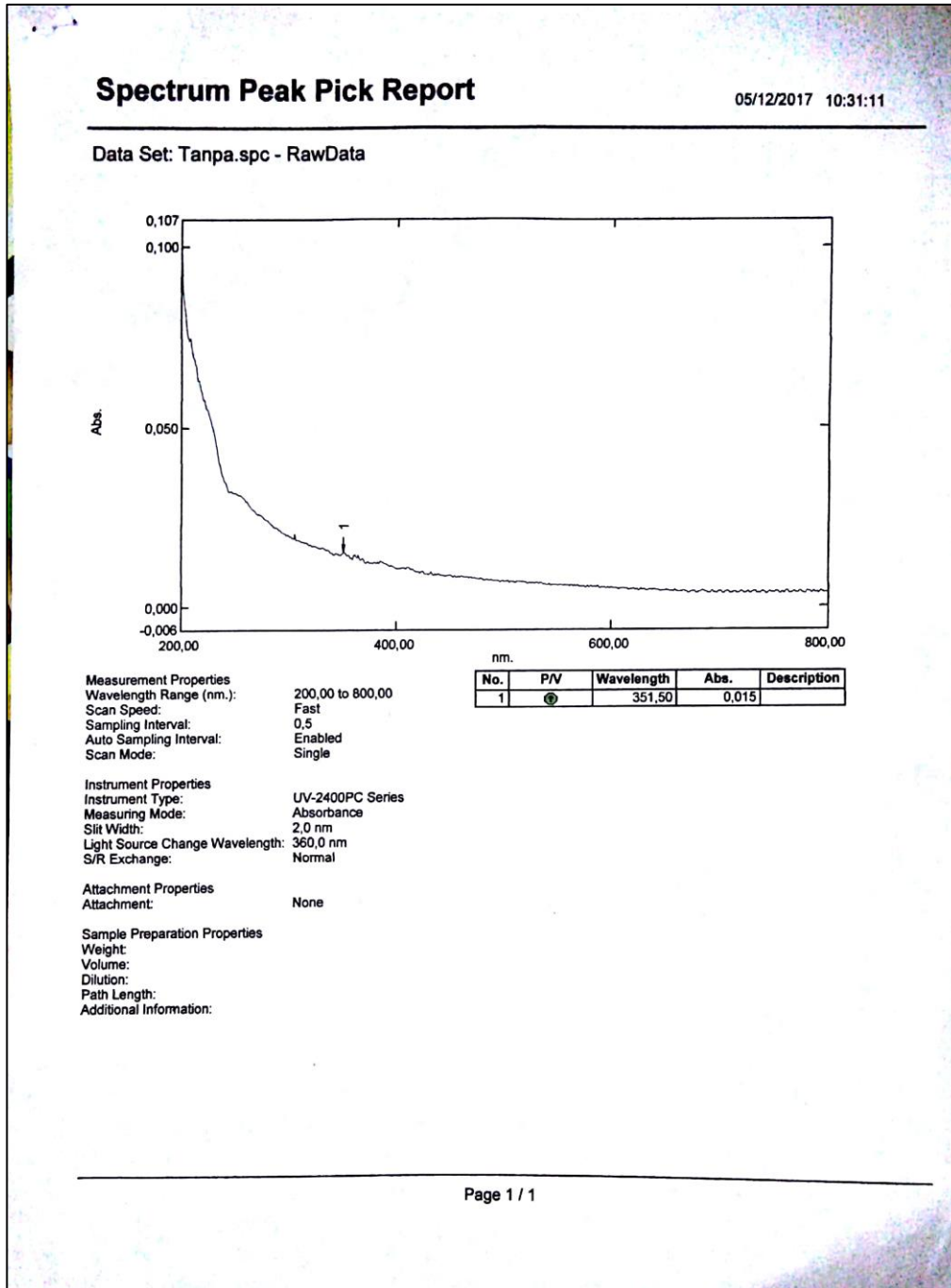
## LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Mode Getar Pada Frekuensi Audiosonik dan Ultrasonik

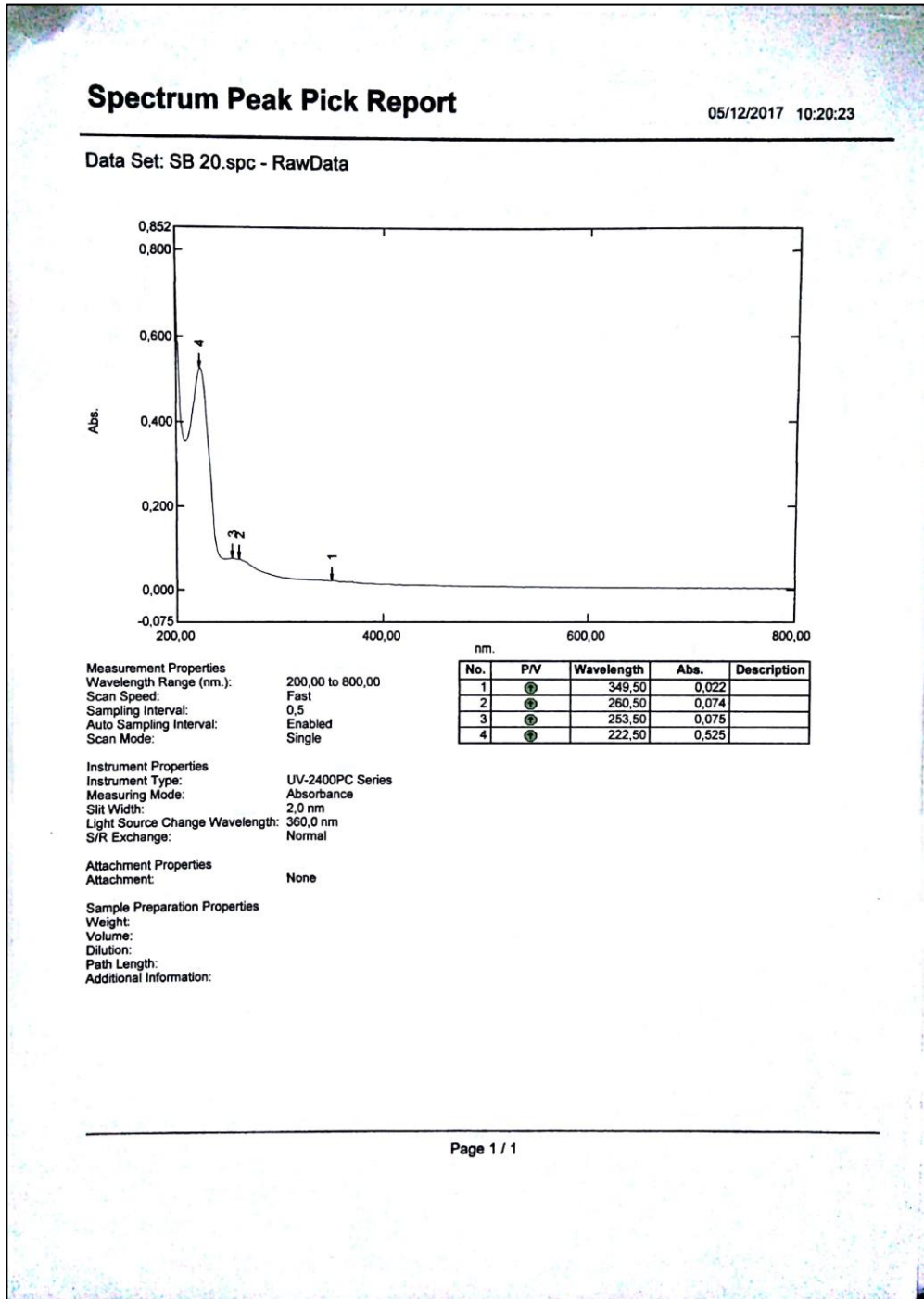


## Lampiran 2. Hasil Karakterisasi Uji UV-Vis

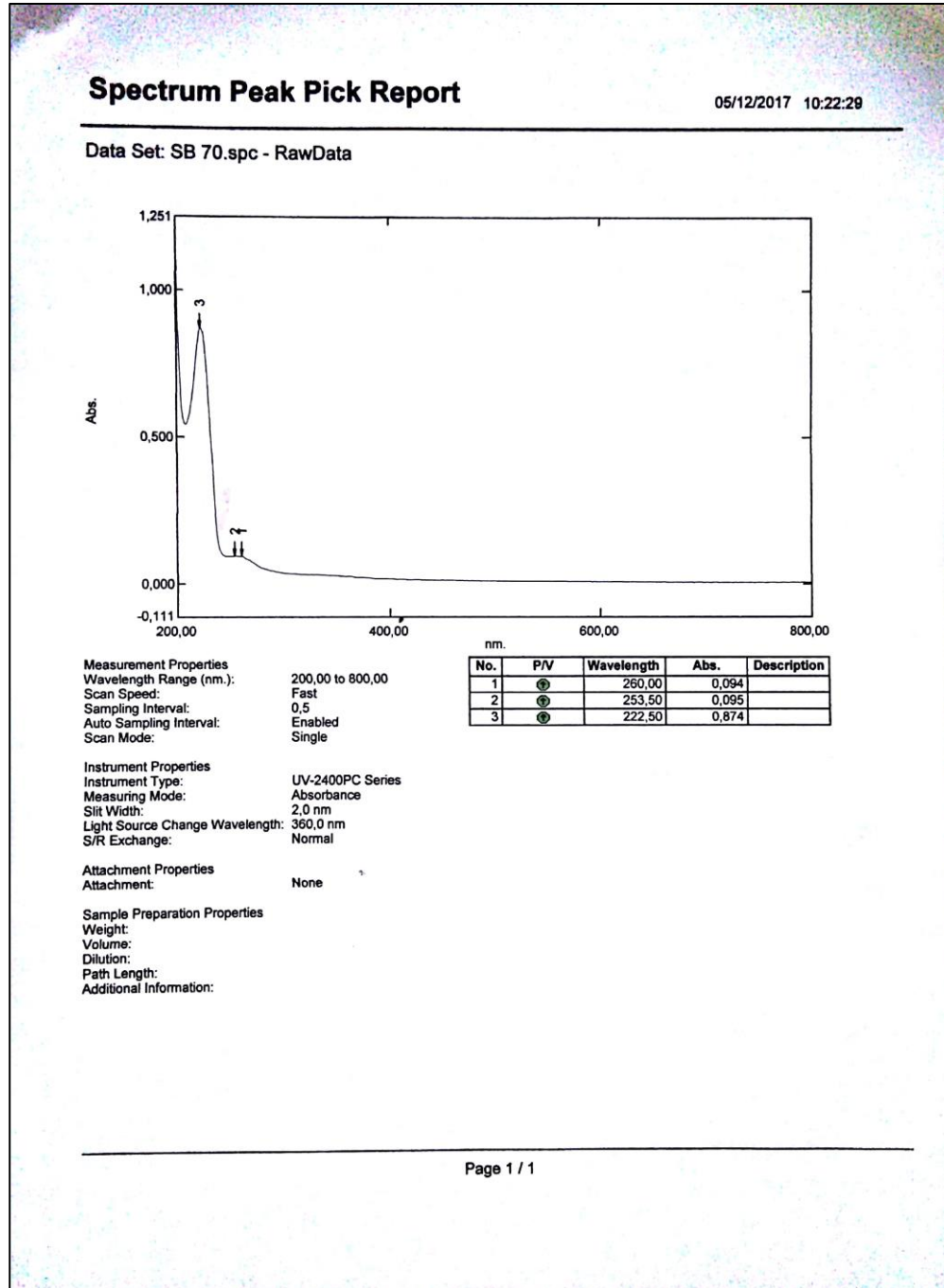
### 1. Sampel hasil sebelum disonikasi



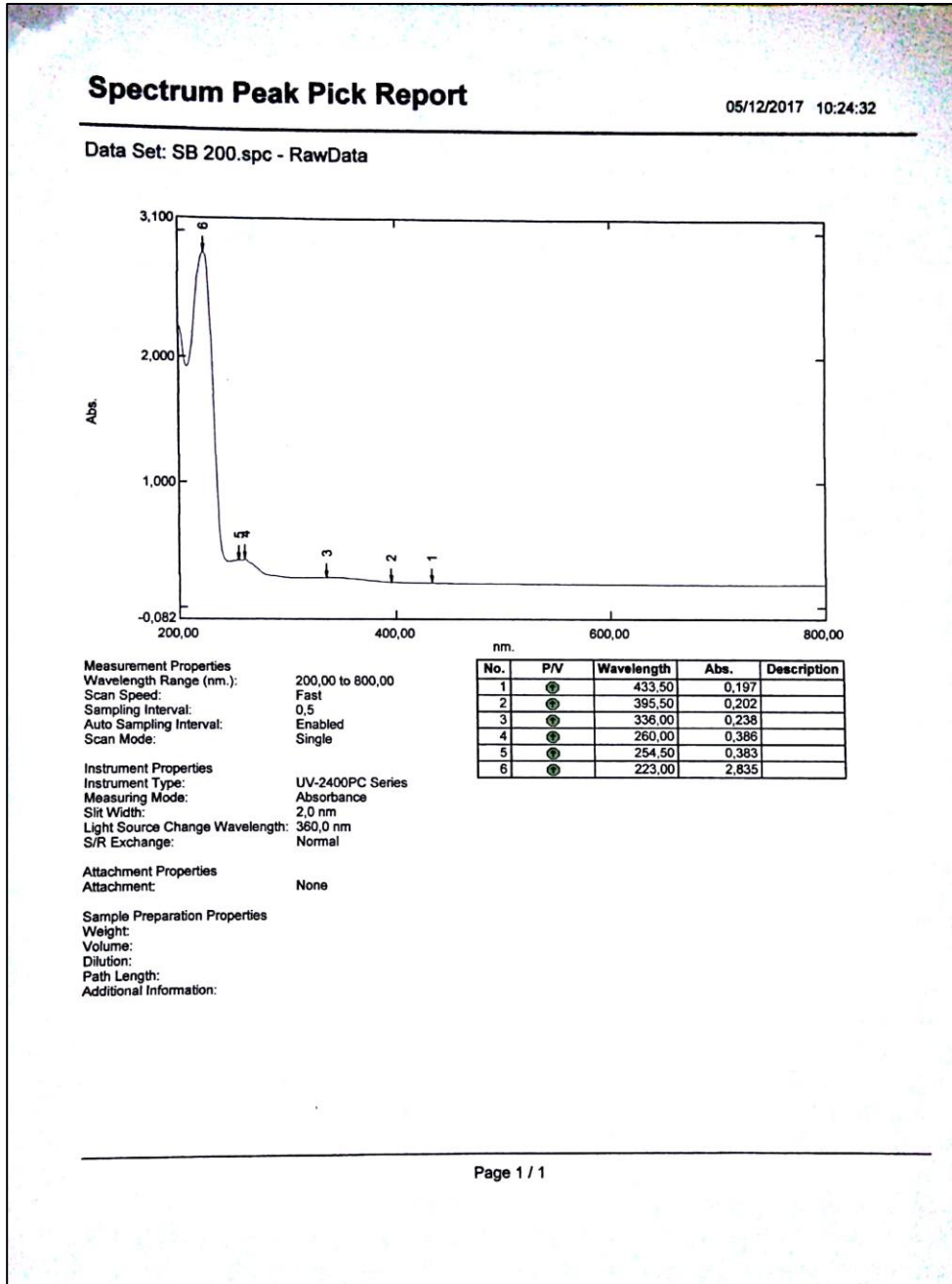
2. Sampel hasil setelah disonikasi dengan frekuensi 20 Hz



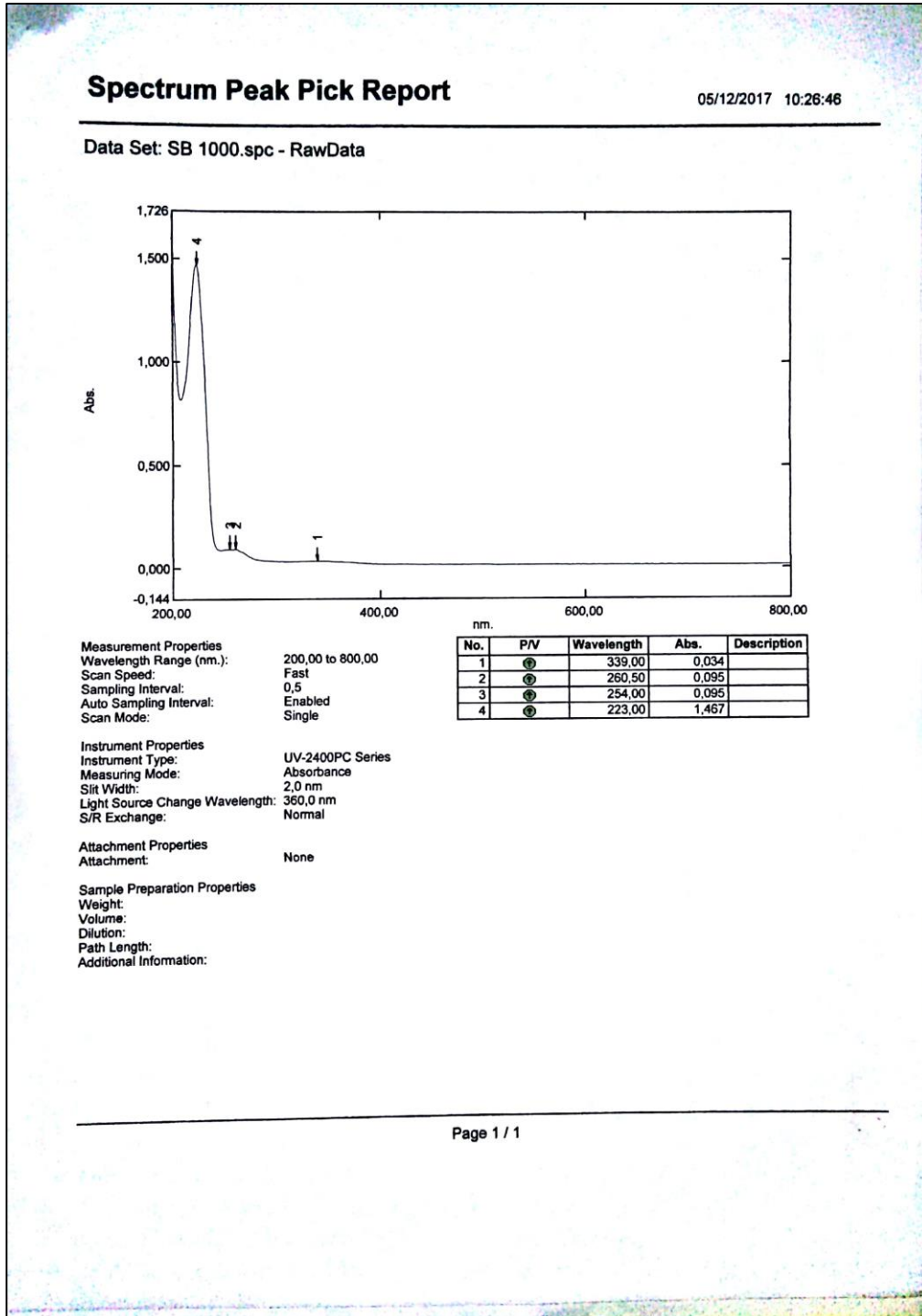
3. Sampel hasil setelah disonikasi dengan frekuensi 70 Hz



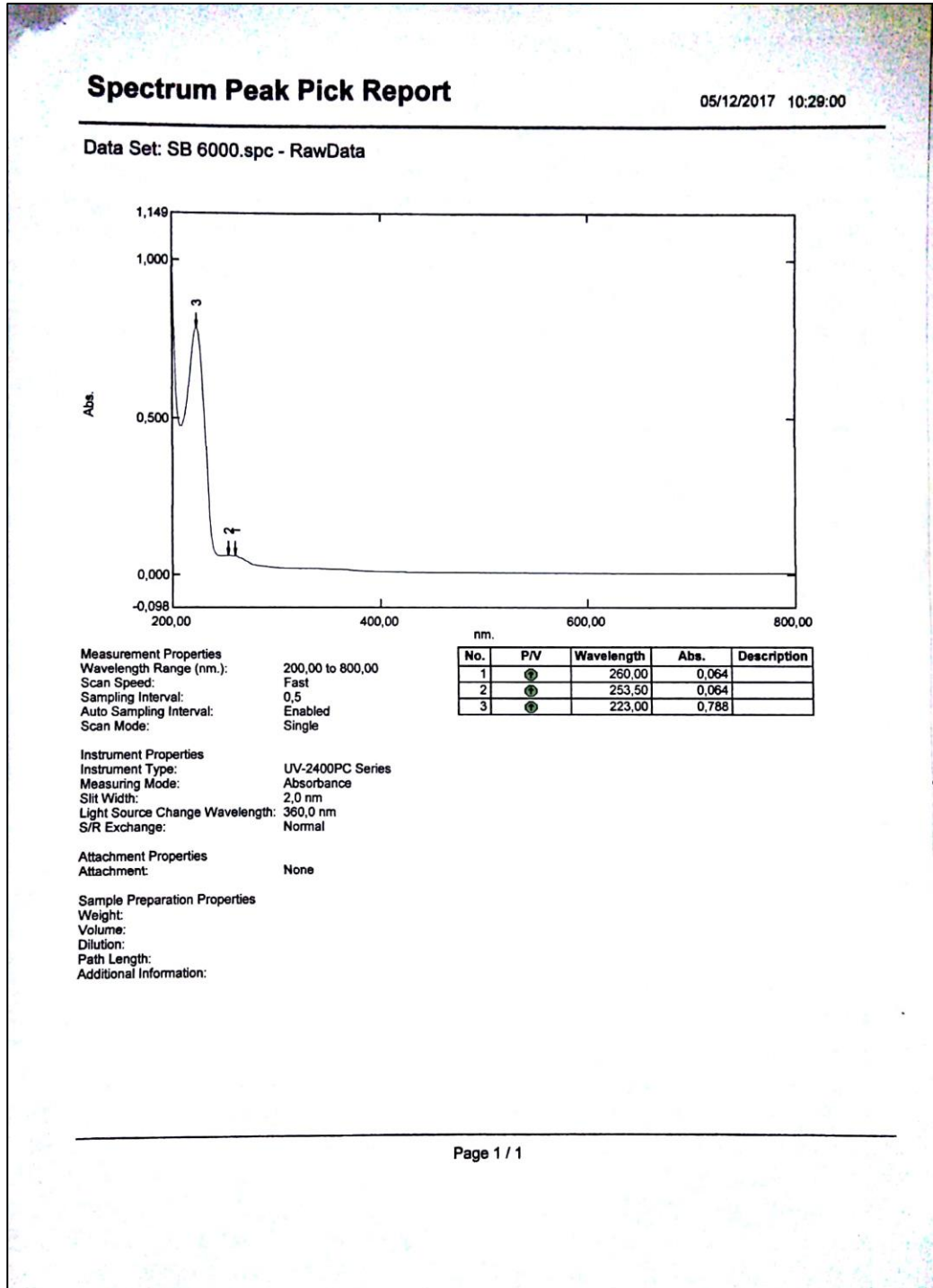
4. Sampel hasil setelah disonikasi dengan frekuensi 200 Hz



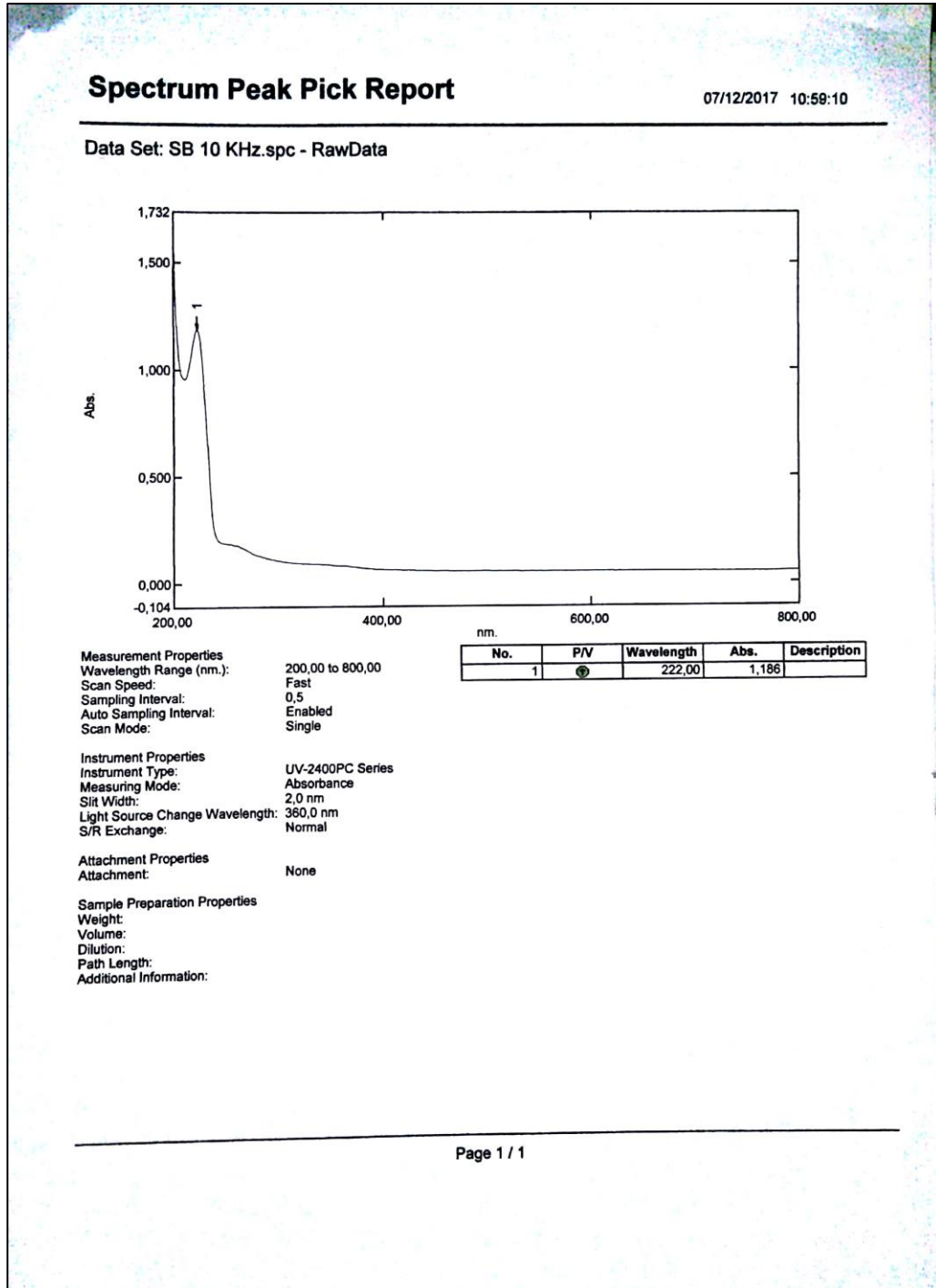
5. Sampel hasil setelah disonikasi dengan frekuensi 1000 Hz



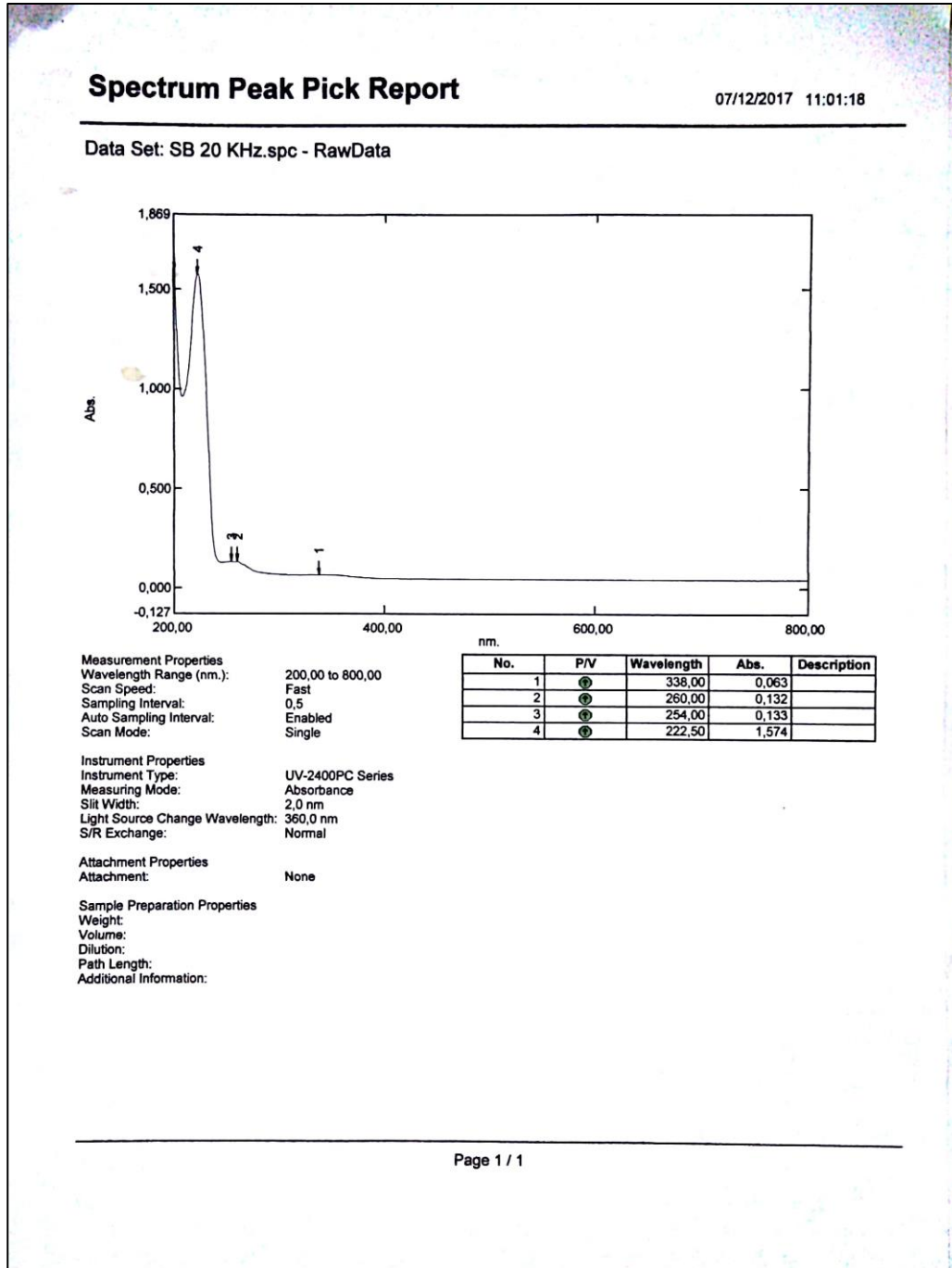
6. Sampel hasil setelah disonikasi dengan frekuensi 6000 Hz



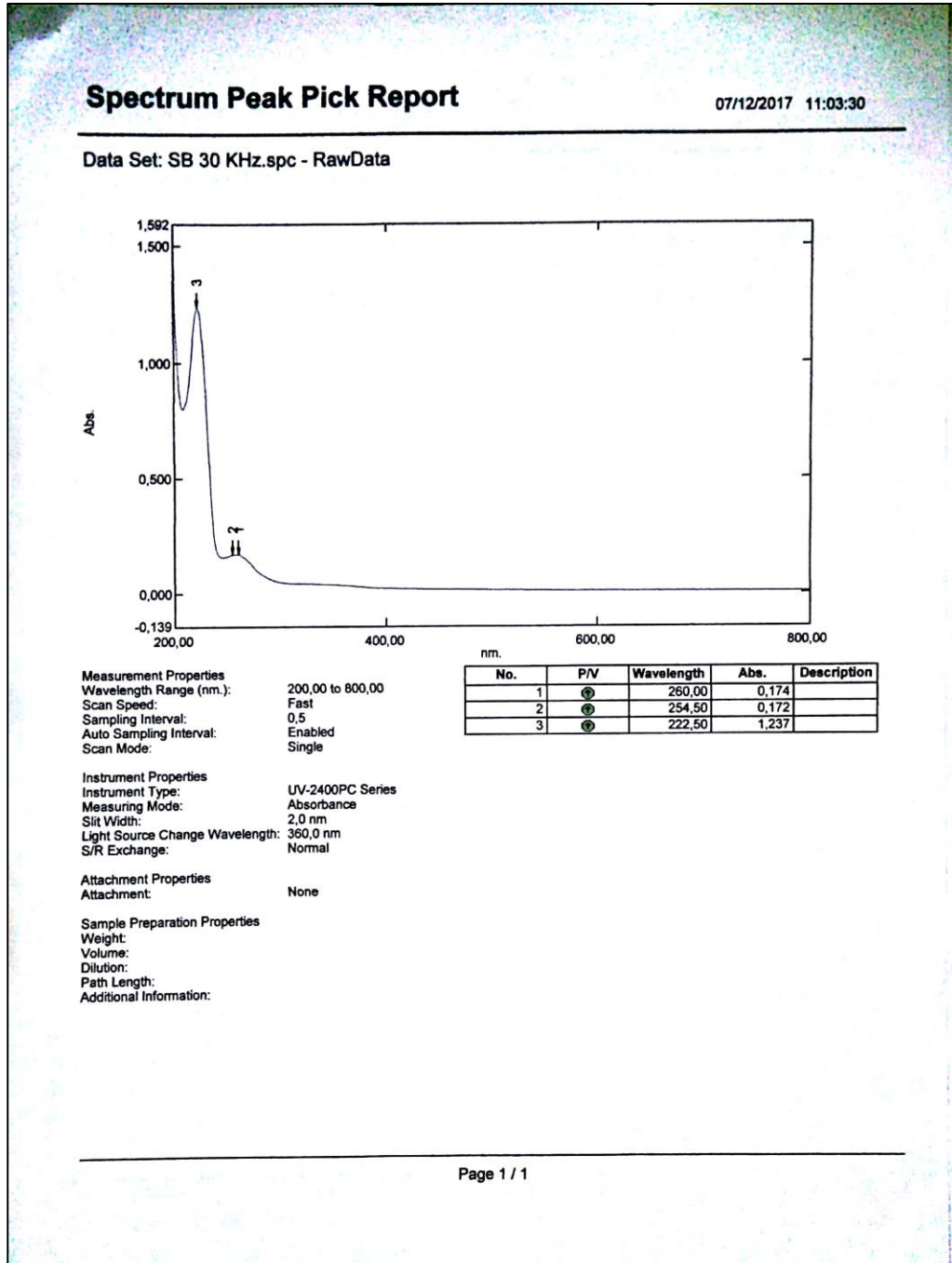
7. Sampel hasil setelah disonikasi dengan frekuensi 10 KHz



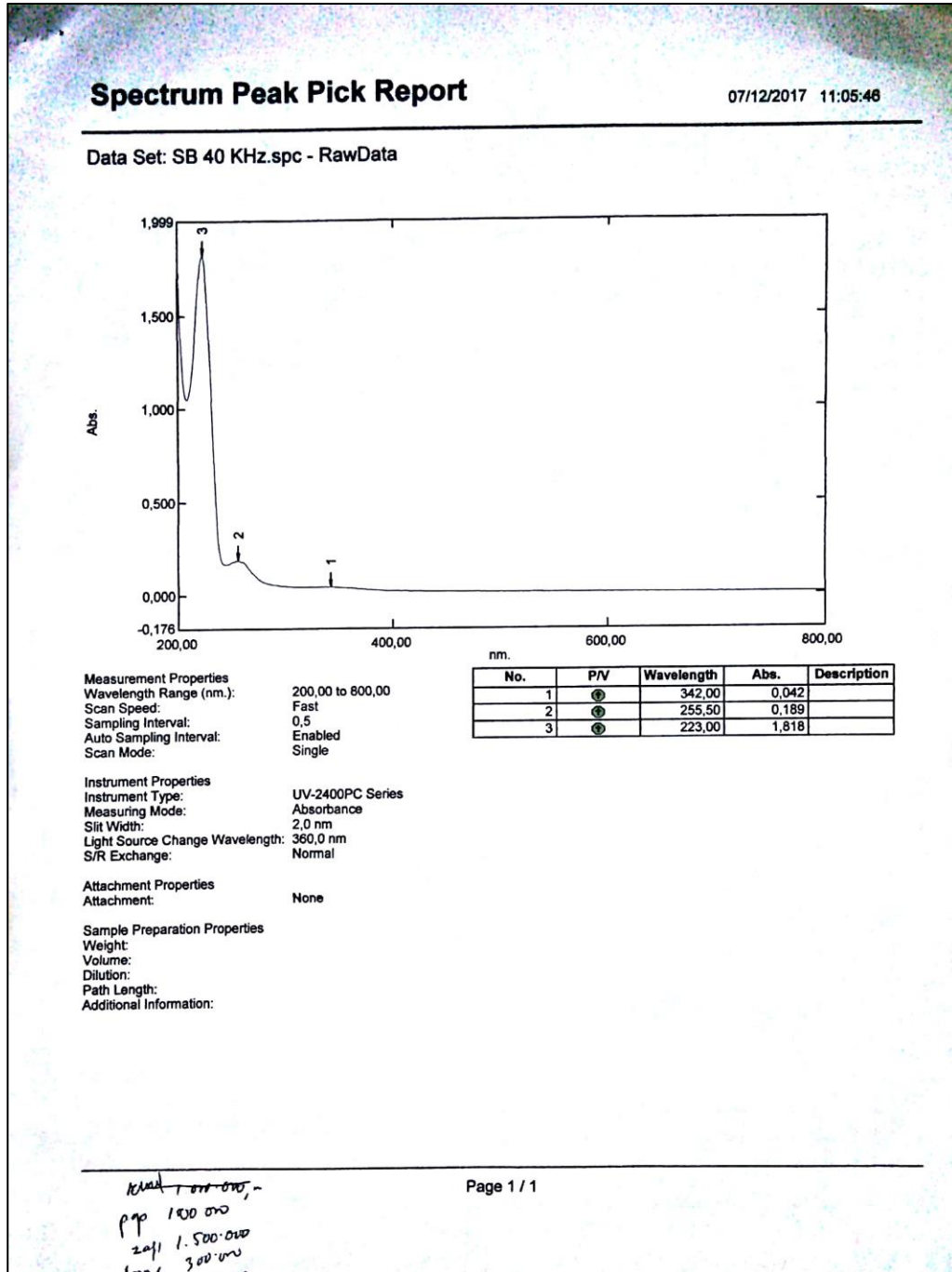
8. Sampel hasil setelah disonikasi dengan frekuensi 20 KHz



9. Sampel hasil setelah disonikasi dengan frekuensi 30 KHz

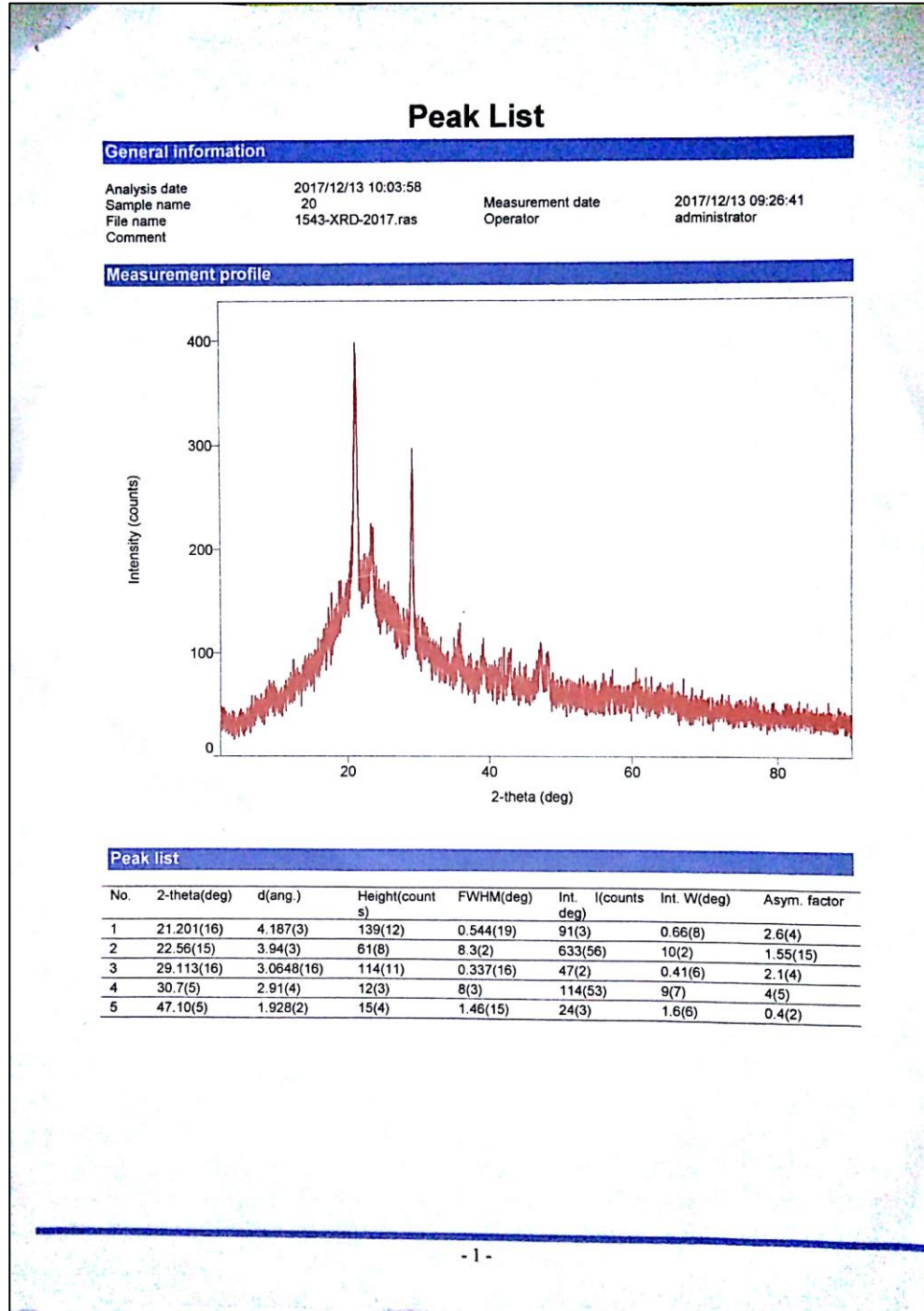


10. Sampel hasil setelah disonikasi dengan frekuensi 40 KHz

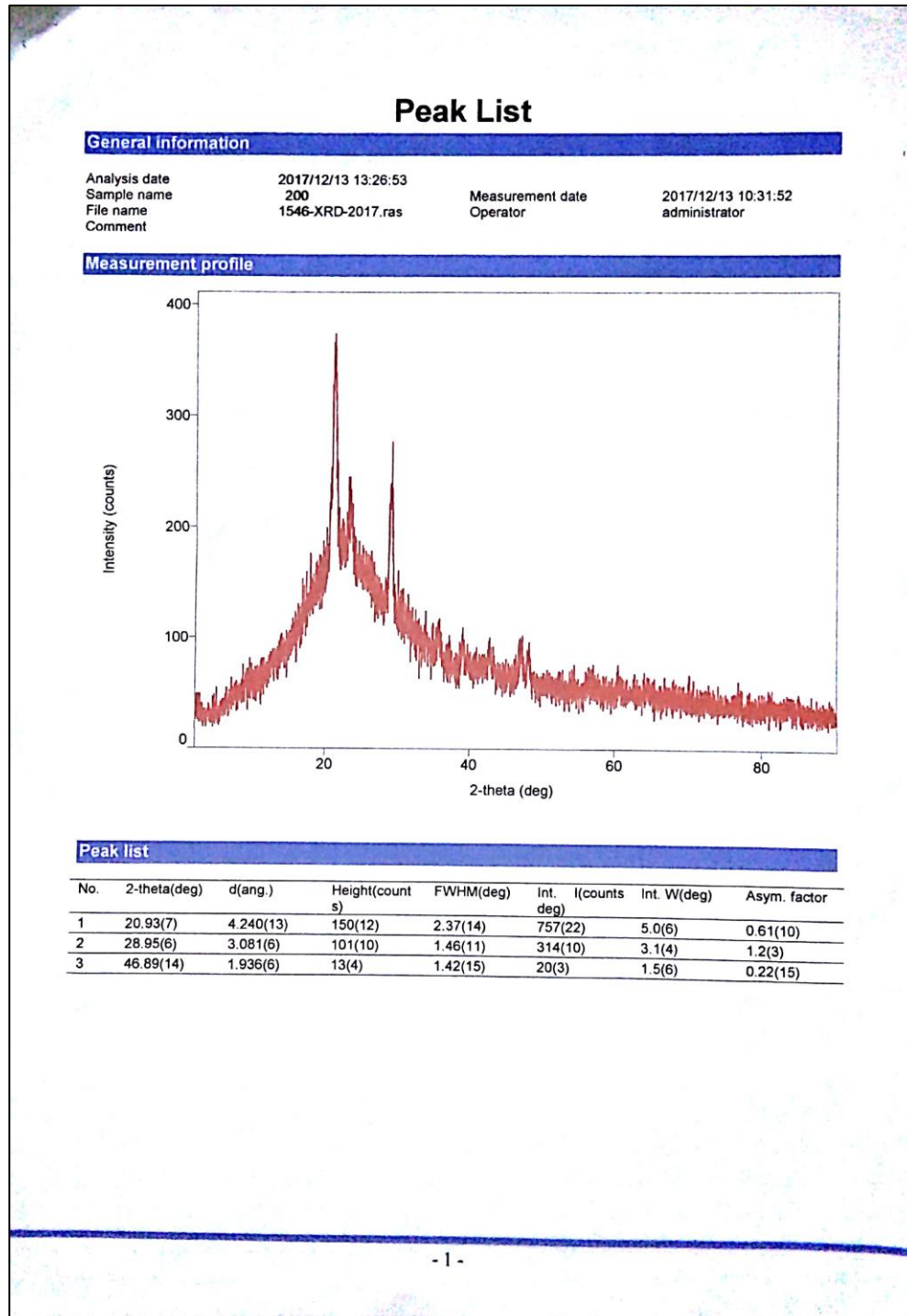


### Lampiran 3. Hasil Karakterisasi Uji XRD

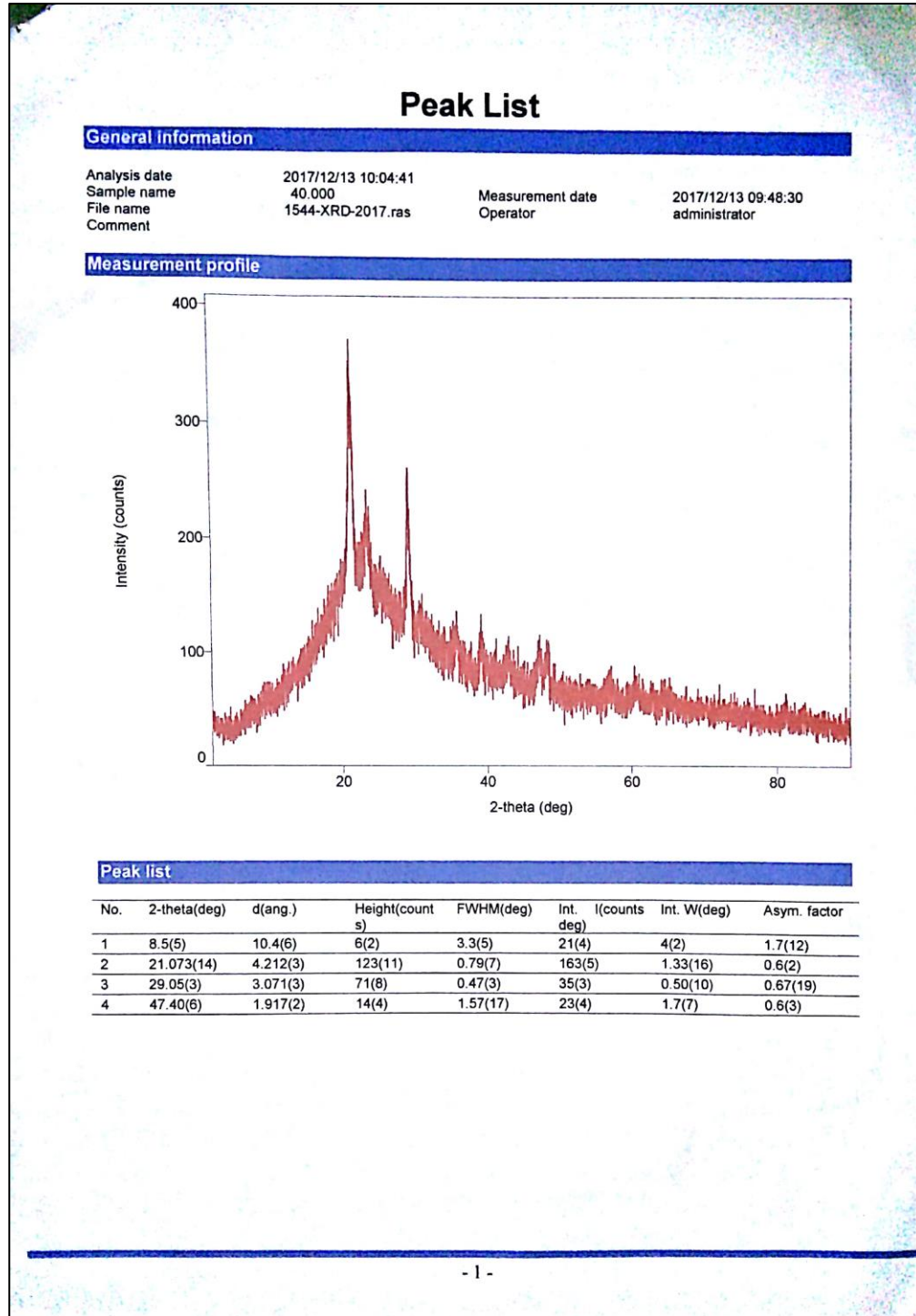
1. Sampel hasil setelah disonikasi dengan frekuensi 20 Hz



2. Sampel hasil setelah disonikasi dengan frekuensi 200 Hz



3. Sampel hasil setelah disonikasi dengan frekuensi 40 KHz



## Lampiran 4. Hasil Analisis XRD Menggunakan *Software Match!*3

1. Sampel hasil analisis setelah disonikasi dengan frekuensi 20 Hz

**Match! Phase Analysis Report**

**Sample: 1543-XRD-2017**

**Sample Data**

File name	1543-XRD-2017.ras
File path	D:/PENTING/XRD
Data collected	Jan 4, 2018 21:17:01
Data range	2.010° - 89.990°
Number of points	4400
Step size	0.020
Rietveld refinement converged	No
Alpha2 subtracted	No
Background subtr.	Yes
Data smoothed	Yes
Radiation	X-rays
Wavelength	1.541874 Å

**Matched Phases**

Index	Amount (%)	Name	Formula sum
A	56.4	Carbon	C
B	33.8	Na (N O3)	N Na O3
C	9.6		Li Nb O3
D	0.2		H O4 Rb Se
	48.8	Unidentified peak area	

**A: Carbon (56.4 %)**

Formula sum	C
Entry number	96-901-4005
Figure-of-Merit (FoM)	0.815875
Total number of peaks	56
Peaks in range	56
Peaks matched	4
Intensity scale factor	0.67
Space group	P 6/m m m
Crystal system	hexagonal
Unit cell	a = 4.8900 Å c = 3.8800 Å
I/c	2.76
Calc. density	2.482 g/cm <sup>3</sup>
Reference	Bucknum M. J., Castro E. A., "The carbon allotrope hexagonite and its potential synthesis from cold compression of carbon nanotubes: hypothetical structure", Journal of Chemical Theory and Computation 2, 775-781 (2006)

**B: Na (N O3) (33.8 %)**

Formula sum	N Na O3
Entry number	96-231-0365
Figure-of-Merit (FoM)	0.748853
Total number of peaks	88
Peaks in range	88
Peaks matched	11
Intensity scale factor	0.41
Space group	R -3 c
Crystal system	trigonal (hexagonal axes)
Unit cell	a = 5.0750 Å c = 17.0700 Å
I/c	2.80
Calc. density	2.224 g/cm <sup>3</sup>
Reference	Chenn P., Hamilton W.C., Post B., "Position and thermal parameters of oxygen atoms in sodium nitrate", Acta Crystallographica (1, 1948-23, 1967) 23, 455-460 (1967)

**C: Li Nb O3 (9.6 %)**

Formula sum	Li Nb O3
Entry number	96-210-1180
Figure-of-Merit (FoM)	0.642630
Total number of peaks	100
Peaks in range	100
Peaks matched	8
Intensity scale factor	0.41
Space group	R -3 c
Crystal system	trigonal (hexagonal axes)
Unit cell	a = 5.2898 Å c = 13.8485 Å
I/c	9.89
Calc. density	4.389 g/cm <sup>3</sup>
Reference	Boysen H., Altorfer F., "A neutron powder investigation of the high-temperature structure and phase transition in LiNbO <sub>3</sub> ", Acta Crystallographica Section B 50(4), 405-414 (1994)

**D: H O4 Rb Se (0.2 %)**

Formula sum	H O4 Rb Se
-------------	------------

**Entry number** 06-210-0899  
**Figure-of-Merit (FoM)** 0.708556  
**Total number of peaks** 1000  
**Peaks in range** 1000  
**Peaks matched** 33  
**Intensity scale factor** 0.03  
**Space group** P 1  
**Crystal system** triclinic (anorthic)  
**Unit cell** a= 10.6220 Å b= 4.6220 Å c= 7.5750 Å α= 89.350° β= 110.840° γ= 102.130°  
**I/c** 42.65  
**Calc. density** 2.091 g/cm<sup>3</sup>  
**Reference** Makarova I. P., "Thermal vibrations of atoms and phase transition in RbHSeO-4- and NH-4-HSeO-4- single crystals", Acta Crystallographica Section B 49(1), 11-18 (1993)

#### Search-Match

**Settings**  
**Reference database used** COD-Inorg REV198327 2017.07.03  
**Automatic zero-point adaptation** Yes  
**Minimum figure-of-merit (FoM)** 0.60  
**2theta window for peak corr.** 0.30 deg.  
**Minimum rel. int. for peak corr.** 1  
**Parameter/influence 2theta** 0.50  
**Parameter/influence intensities** 0.50  
**Parameter multiple/single phase(s)** 0.50

#### Selection Criteria

##### Elements:

**Elements of which at least one must be present:** O, Zn  
**Elements that may be present:** All elements not mentioned above

#### Peak List

No.	2theta [°]	d [Å]	I/I0	FWHM	Matched
1	4.79	18.4486	67.71	0.5200	
2	9.15	9.6652	44.35	1.6701	D
3	20.99	4.2324	1000.00	0.9200	A
4	23.33	3.8130	612.81	0.7600	C,D
5	29.31	3.0472	574.80	0.7600	B,D
6	35.71	2.5144	153.04	0.8400	B,D
7	39.13	2.3022	132.19	0.8900	B,C,D
8	42.85	2.1105	120.94	0.5600	A,B,D
9	47.23	1.9245	189.84	0.4400	B,D
10	48.19	1.8884	156.65	0.5200	B,D
11	56.19	1.6370	82.89	1.4000	B,D
12	57.03	1.6149	59.27	0.4800	C,D
13	60.23	1.5365	110.23	0.4800	B,D

#### Rietveld Refinement using FullProf

Calculation was not run or did not converge.

#### Crystallite Size Estimation using Scherrer Formula

Calculation was not run.

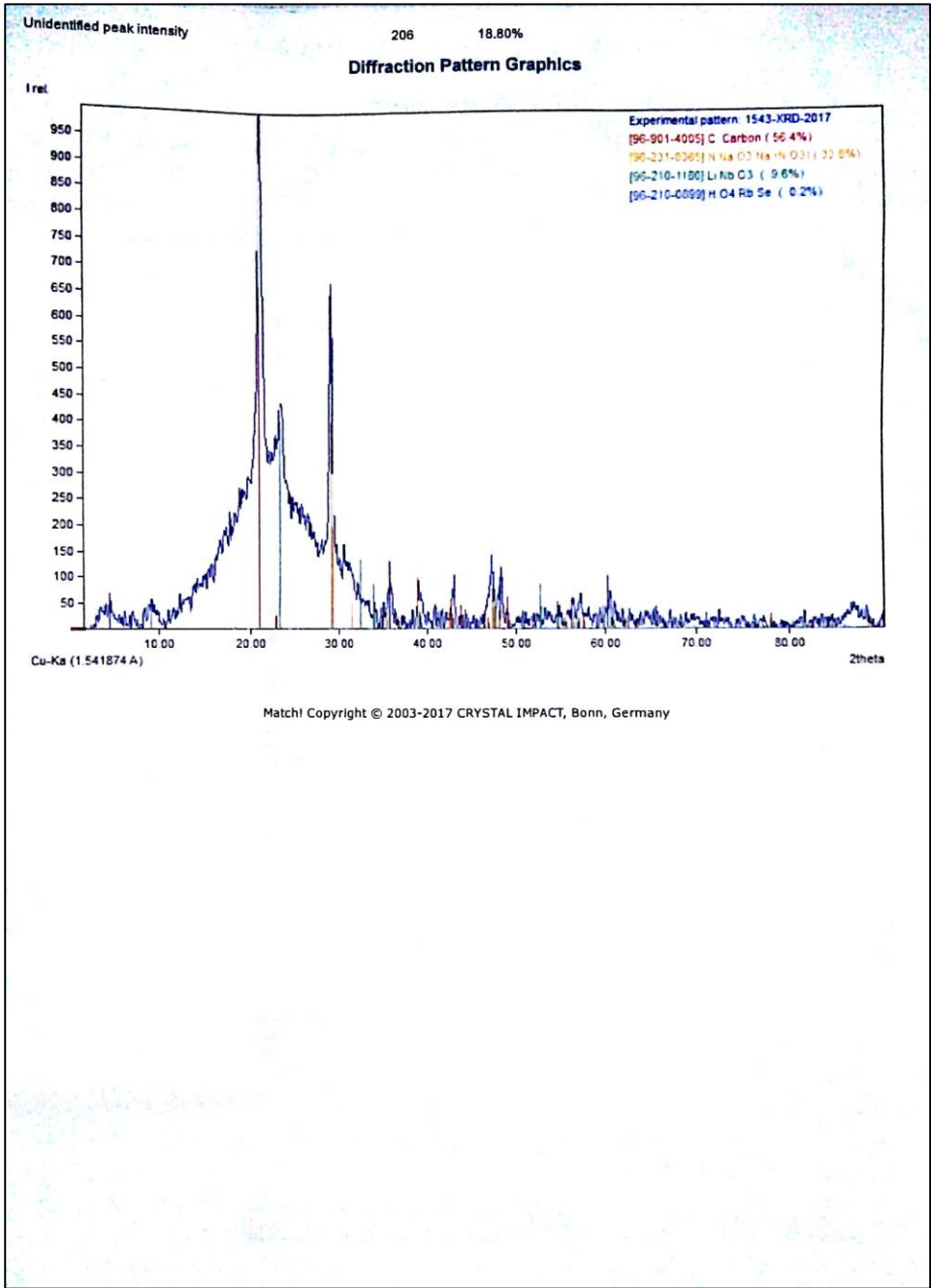
#### Integrated Profile Areas

##### Based on calculated profile

	Counts	Amount
<b>Profile area</b>	95289	100.00%
Overall diffraction profile	0	0.00%
Background radiation	95289	100.00%
Diffraction peaks	48760	51.17%
Peak area belonging to selected phases	20647	21.67%
Peak area of phase A (Carbon)	15440	16.20%
Peak area of phase B (Na (N O3))	13918	14.61%
Peak area of phase C (Li Nb O3)	1763	1.85%
Peak area of phase D (H O4 Rb Se)	46529	48.83%
Unidentified peak area		

#### Peak Residuals

	Counts	Amount
<b>Peak data</b>		
Overall peak intensity	1094	100.00%
Peak intensity belonging to selected phases	888	81.20%



2. Sampel hasil analisis setelah disonikasi dengan frekuensi 200 Hz

Match! Phase Analysis Report			
Sample: 1544-XRD-2017			
<b>Sample Data</b>			
File name	1544-XRD-2017.ras		
File path	D:\PENTING\XRD		
Data collected	Jan 4, 2018 21:17:01		
Data range	2.010° - 89.990°		
Number of points	4400		
Step size	0.020		
Rietveld refinement converged	No		
Alpha2 subtracted	No		
Background subtr.	Yes		
Data smoothed	Yes		
Radiation	X-rays		
Wavelength	1.541874 Å		
<b>Matched Phases</b>			
<b>Index</b>	<b>Amount (%)</b>	<b>Name</b>	<b>Formula sum</b>
A	92.3		C O2
B	7.3		C4 N4 Pd Zn
C	0.4		C4 Ag5 N4 S8 Sb3
	n.a.	Unidentified peak area	
<b>A: C O2 (92.3 %)</b>			
Formula sum	C O2		
Entry number	96-151-7803		
Figure-of-Merit (FoM)	0.616954		
Total number of peaks	30		
Peaks in range	30		
Peaks matched	6		
Intensity scale factor	0.32		
Space group	I-4 2 d		
Crystal system	tetragonal		
Unit cell	a= 3.5518 Å c= 5.9184 Å		
V/c	1.62		
Calc. density	3.915 g/cm <sup>3</sup>		
Reference	Datchi F., Mallick B., Salamat A., Ninet S., "Structure of CO <sub>2</sub> -V at 40.8 GPa, 295 K", Physical Review Letters 108, 125701 (2012)		
<b>B: C4 N4 Pd Zn (7.3 %)</b>			
Formula sum	C4 N4 Pd Zn		
Entry number	96-721-1958		
Figure-of-Merit (FoM)	0.746269		
Total number of peaks	518		
Peaks in range	518		
Peaks matched	20		
Intensity scale factor	0.68		
Space group	P 42/m c m		
Crystal system	tetragonal		
Unit cell	a= 5.3718 Å c= 13.4271 Å		
V/c	43.62		
Calc. density	2.362 g/cm <sup>3</sup>		
Color	colorless		
Reference	Yuan Ai-Hua, Lu Run-Qin, Zhou Hu, Chen Ying-Ying, Li Yi-Zhi, "Three unique two-fold interpenetrated three-dimensional networks with PIS-type topology constructed from [M(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup> and [Ag <sub>2</sub> Sb <sub>3</sub> ]", CrystEngComm 12(5), 1382 (2010)		
<b>C: C4 Ag5 N4 S8 Sb3 (0.4 %)</b>			
Formula sum	C4 Ag5 N4 S8 Sb3		
Entry number	96-431-2634		
Figure-of-Merit (FoM)	0.684929		
Total number of peaks	992		
Peaks in range	992		
Peaks matched	69		
Intensity scale factor	0.06		
Space group	P 1 m 1		
Crystal system	monoclinic		
Unit cell	a= 6.2215 Å b= 15.7707 Å c= 11.6478 Å β= 92.645 °		
V/c	77.74		
Calc. density	3.681 g/cm <sup>3</sup>		
Color	orange		
Reference	Paz Vaqueiro, Ann M. Chippindale, Andrew R. Cowley, Anthony V. Powell, "Templated Synthesis of the Novel Layered Silver-Antimony Sulfides [H <sub>3</sub> NCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub> ][Ag <sub>2</sub> Sb <sub>3</sub> S <sub>3</sub> ] and [H <sub>3</sub> NCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub> ][Ag <sub>5</sub> Sb <sub>3</sub> S <sub>8</sub> ]", Inorganic Chemistry 42, 7846-7851 (2003)		

### Candidates

Name	Formula	Entry No.	FoM
Calcite	C Ca O3	96-901-6465	0.7109
Calcite	C Ca O3	96-901-4612	0.7086
Calcite	C Ca O3	96-901-6021	0.7086
Calcite	C Ca O3	96-901-5482	0.7053
Calcite	C Ca O3	96-901-5067	0.7044
Calcite	C Ca O3	96-901-4745	0.7038
Calcite	C Ca O3	96-901-4525	0.7022
Calcite	C Ca O3	96-901-5692	0.7010
Calcite	C Ca O3	96-901-4416	0.7002
Calcite	C Ca O3	96-901-6201	0.6987
Calcite	C Ca O3	96-901-4346	0.6956
Calcite	C Ca O3	96-901-5762	0.6922
Calcite	C Ca O3	96-901-5836	0.6915
Calcite	C Ca O3	96-901-4217	0.6903
Calcite	C Ca O3	96-901-4773	0.6893
Calcite	C Ca O3	96-900-0968	0.6892
Calcite	C Ca O3	96-900-0969	0.6885
Calcite	C Ca O3	96-901-5074	0.6874
Calcite	C Ca O3	96-901-4878	0.6862
Calcite	C Ca O3	96-901-5461	0.6817
Calcite	C Ca O3	96-901-6180	0.6810
Be (C N)2	C2 Be N2	96-152-6945	0.6804
Calcite	C Ca O3	96-901-4892	0.6785
Calcite	C Ca O3	96-901-6706	0.6758
Calcite	C Ca O3	96-900-0970	0.6729
Calcite	C Ca O3	96-900-0971	0.6606
Calcite	C Ca O3	96-900-7287	0.6436
Calcium Carbonate	C Ca O3	96-702-2028	0.6267
Calcite	C Ca O3	96-900-9668	0.6246
Calcite	C Ca O3	96-900-9669	0.6229
Ca1.979 Al3.8 Si8.2 O24 (C O)1.828	C1.828 Al3.8 Ca1.979 O25.828 Si8.296-153-8910		0.6209
Calcite	C Ca O3	96-900-0967	0.6186
	C9 K5 N9 Se3 Te W3	96-430-9878	0.6136

### Search-Match

**Settings**

Reference database used	COD-Inorg REV198327 2017.07.03
Automatic zeropoint adaptation	Yes
Minimum figure-of-merit (FoM)	0.60
2theta window for peak corr.	0.30 deg.
Minimum rel. int. for peak corr.	1
Parameter/influence 2theta	0.50
Parameter/influence intensities	0.50
Parameter multiple/single phase(s)	0.50

### Selection Criteria

#### Elements:

Elements that must be present:	C
Elements that may be present:	All elements not mentioned above

### Peak List

No.	2theta [°]	d [Å]	I/I0	FWHM	Matched
1	6.17	14.3251	22.98	0.9600	
2	7.35	12.0277	65.08	1.6000	C
3	9.37	9.4388	93.86	0.9600	C
4	20.35	4.3641	100.91	0.9600	C
5	20.57	4.3179	0.00	0.1297	
6	20.67	4.2972	0.00	0.0960	
7	21.09	4.2126	1000.00	0.8400	B,C
8	23.33	3.8130	545.48	0.9600	B,C
9	29.09	3.0697	475.58	0.9600	A,C
10	35.81	2.5076	155.86	0.6400	B,C
11	39.23	2.2965	129.31	0.7600	C
12	42.97	2.1049	100.64	0.9600	B,C
13	47.23	1.9245	158.75	0.5600	A,B,C
14	48.29	1.8847	99.49	0.9600	C
15	56.83	1.6201	88.10	0.9600	C
16	60.55	1.5292	90.57	0.9200	A,B,C
17	65.57	1.4237	59.81	0.9600	B,C
18	74.21	1.2779	70.78	0.9600	B
19	76.13	1.2504	60.13	0.9600	A,B

### Rietveld Refinement using FullProf

Calculation was not run or did not converge.

### Crystallite Size Estimation using Scherrer Formula

Calculation was not run.

### Integrated Profile Areas

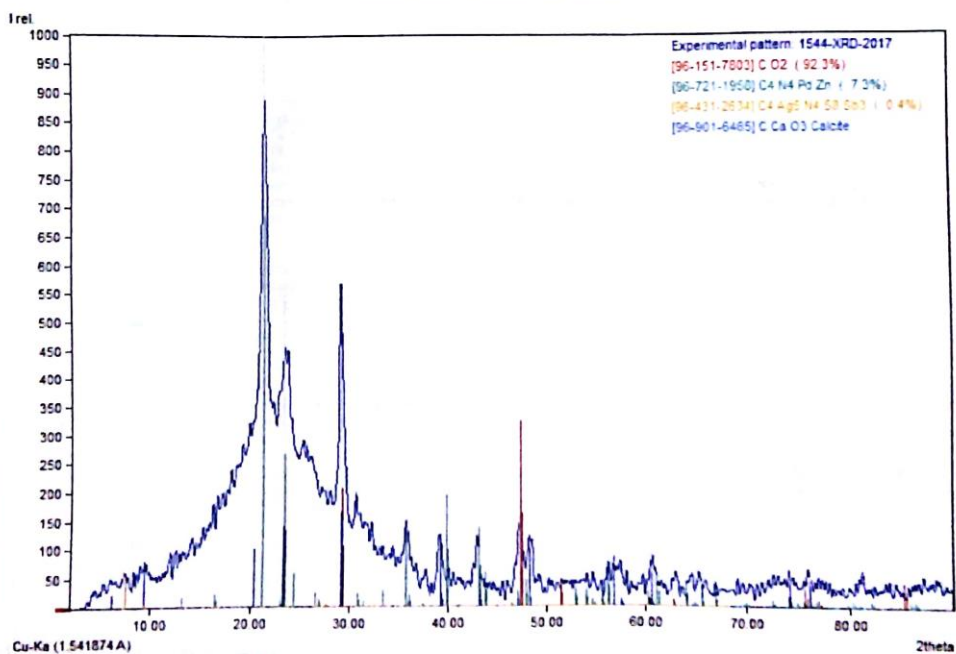
Based on calculated profile

Profile area	Counts	Amount
Overall diffraction profile	120623	100.00%
Background radiation	37753	31.30%
Diffraction peaks	82869	68.70%
Peak area belonging to selected phases	50306	41.71%
Peak area of phase A (C O2)	9914	8.22%
Peak area of phase B (C4 N4 Pd Zn)	41952	34.78%
Peak area of phase C (C4 Ag5 N4 Sb3)	4621	3.83%
Unidentified peak area	70317	58.29%

### Peak Residuals

Peak data	Counts	Amount
Overall peak intensity	1282	100.00%
Peak intensity belonging to selected phases	849	66.22%
Unidentified peak intensity	433	33.78%

### Diffraction Pattern Graphics



Match! Copyright © 2003-2017 CRYSTAL IMPACT, Bonn, Germany

### 3. Sampel hasil analisis setelah disonikasi dengan frekuensi 40 KHz

Match Phase Analysis Report			
Sample: 1546-XRD-2017			
<b>Sample Data</b>			
File name	1546-XRD-2017.ras		
File path	D:/PENTING/XRD		
Data collected	Jan 4, 2018 21:17:02		
Data range	2.010° - 89.990°		
Number of points	4400		
Step size	0.020		
Rietveld refinement converged	No		
Alpha2 subtracted	No		
Background subtr.	Yes		
Data smoothed	Yes		
Radiation	X-rays		
Wavelength	1.541874 Å		
<b>Matched Phases</b>			
<b>Index</b>	<b>Amount (%)</b>	<b>Name</b>	<b>Formula sum</b>
A	72.8	Carbon	C
B	24.4	Calcite	C Ca O3
C	2.8		C2 N2 Zn
	52.1	Unidentified peak area	
<b>A: Carbon (72.8 %)</b>			
Formula sum	C		
Entry number	96-901-4005		
Figure-of-Merit (FoM)	0.628136		
Total number of peaks	56		
Peaks in range	56		
Peaks matched	6		
Intensity scale factor	0.99		
Space group	P 6/m m m		
Crystal system	hexagonal		
Unit cell	a = 4.8900 Å c = 3.8800 Å		
I/c	2.76		
Calc. density	2.482 g/cm <sup>3</sup>		
Reference	Bucknum M. J., Castro E. A., "The carbon allotrope hexagonite and its potentialsynthesis from cold compression of carbon nanotubes.Locality: hypothetical structure", Journal of Chemical Theory and Computation 2, 775-781 (2006)		
<b>B: Calcite (24.4 %)</b>			
Formula sum	C Ca O3		
Entry number	96-901-5461		
Figure-of-Merit (FoM)	0.735265		
Total number of peaks	86		
Peaks in range	86		
Peaks matched	18		
Intensity scale factor	0.38		
Space group	R -3 c		
Crystal system	trigonal (hexagonal axes)		
Unit cell	a = 4.9742 Å c = 17.4676 Å		
I/c	3.11		
Calc. density	2.664 g/cm <sup>3</sup>		
Reference	Antao S. M., Hassan I., "Temperature dependence of the structural parameters in the transformation of aragonite to calcite, as determined from in situ synchrotron powder X-ray-diffraction data>Note: T = 702 K Note: P = 101 kPa", The Canadian Mineralogist 48, 1225-1236 (2010)		
<b>C: C2 N2 Zn (2.8 %)</b>			
Formula sum	C2 N2 Zn		
Entry number	96-411-9774		
Figure-of-Merit (FoM)	0.705113		
Total number of peaks	998		
Peaks in range	998		
Peaks matched	32		
Intensity scale factor	0.42		
Space group	P b c a		
Crystal system	orthorhombic		
Unit cell	a = 12.6716 Å b = 6.9932 Å c = 6.7744 Å		
I/c	30.79		
Calc. density	2.508 g/cm <sup>3</sup>		
Reference	Saul H. Lapidus, Gregory J. Halder, Peter J. Chupas, Karena W. Chapman, "Exploiting High Pressures to Generate Porosity, Polymorphism, And Lattice Expansion in the Nonporous Molecular Framework Zn(CN)2", Journal of the American Chemical Society 135, 7621-7628 (2013)		
<b>Candidates</b>			

Name	Formula	Entry No.	FoM
COF-8	C14 B O2	96-411-0102	0.6642
	C8 Gd N O9 P2	96-703-6847	0.6544
	C24 Br6 Cu6.577 N8	96-434-2019	0.6170

### Search-Match

#### Settings

Reference database used COD-Inorg REV198327 2017.07.03  
Automatic zeropoint adaptation Yes  
Minimum figure-of-merit (FoM) 0.60  
2theta window for peak corr. 0.30 deg.  
Minimum rel. int. for peak corr. 1  
Parameter/Influence 2theta 0.50  
Parameter/Influence intensities 0.50  
Parameter multiple/single phase(s) 0.50

### Selection Criteria

#### Elements:

Elements that must be present: C  
Elements that may be present: All elements not mentioned above

### Peak List

No.	2theta [°]	d [Å]	I/I0	FWHM	Matched
1	4.57	19.3362	57.59	1.4400	
2	9.47	9.3393	136.78	1.1600	
3	20.67	4.2972	1000.00	1.1600	A
4	23.23	3.8291	695.48	1.1600	A,B,C
5	28.89	3.0905	650.02	0.7200	B,C
6	35.61	2.5212	195.53	1.2400	C
7	39.01	2.3090	167.10	0.8000	C
8	42.75	2.1152	151.53	0.7200	A,C
9	47.01	1.9330	156.12	1.1600	A,B,C
10	48.19	1.8884	97.10	0.6745	B,C
11	56.61	1.6259	84.11	1.1600	B,C
12	60.55	1.5292	65.41	1.1600	B,C
13	64.51	1.4445	55.86	1.4000	C

### Rietveld Refinement using FullProf

Calculation was not run or did not converge.

### Crystallite Size Estimation using Scherrer Formula

Calculation was not run.

### Integrated Profile Areas

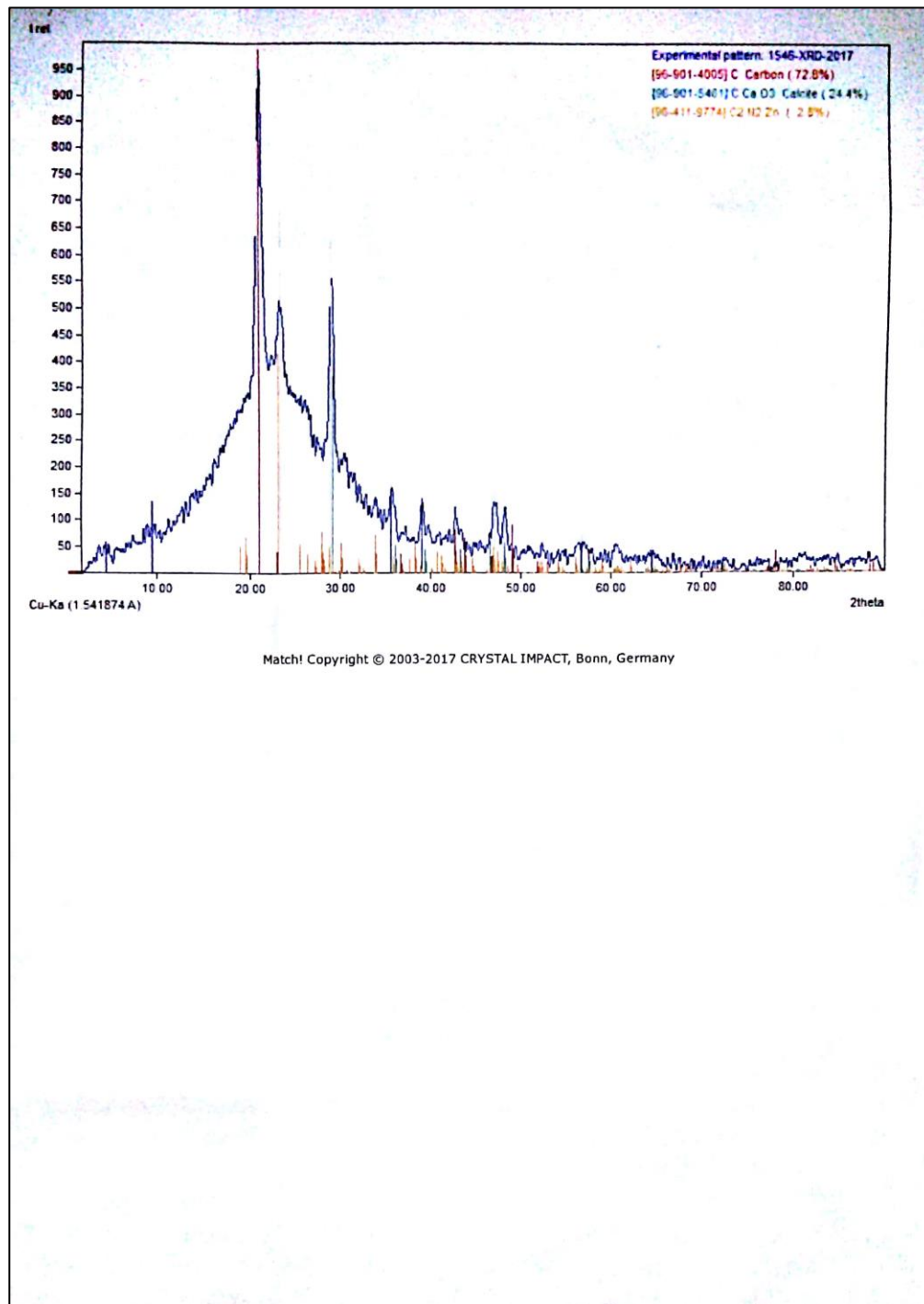
#### Based on calculated profile

Profile area	Counts	Amount
Overall diffraction profile	145581	100.00%
Background radiation	49990	34.34%
Diffraction peaks	95591	65.66%
Peak area belonging to selected phases	69674	47.86%
Peak area of phase A (Carbon)	25794	17.72%
Peak area of phase B (Calcite)	14682	10.09%
Peak area of phase C (C2 N2 Zn)	38757	26.62%
Unidentified peak area	75907	52.14%

### Peak Residuals

Peak data	Counts	Amount
Overall peak intensity	1482	100.00%
Peak intensity belonging to selected phases	1173	79.16%
Unidentified peak intensity	309	20.84%

### Diffraction Pattern Graphics



Lampiran 5. Dokumentasi

