

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *GRAPHENE OXIDE* TERKOMBINASI  
NANOPARTIKEL PERAK DALAM FASE CAIR**

**SKRIPSI**

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



**Disusun oleh  
AZKA FATHIA  
14306144001**

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

**LEMBAR PERSETUJUAN**

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *GRAPHENE OXIDE* TERKOMBINASI  
NANOPARTIKEL PERAK DALAM FASE CAIR**

Disusun oleh:

Azka Fathia

NIM 14306144001

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

Yogyakarta, 12 Maret 2018

Disetujui,  
Dosen Pembimbing,



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

**HALAMAN PENGESAHAN**

Tugas Akhir Skripsi

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *GRAPHENE OXIDE* TERKOMBINASI  
NANOPARTIKEL PERAK DALAM FASE CAIR**

Disusun oleh:

Azka Fathia  
NIM 14306144001

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri  
Yogyakarta  
Pada tanggal 21 Maret 2018

**TIM PENGUJI**

Nama/Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
<u>W.S. Brams Dwandaru, Ph.D</u> Ketua Penguji/Pembimbing		12-04-2018
<u>Dr. Restu Widiatmono</u> Sekretaris Penguji		12-04-2018
<u>Dr. Ariswan</u> Penguji Utama		3-04-2018

Yogyakarta, 13 April 2018  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Dekan,



Dr. Hartono  
NIP. 19620329 198702 1 002

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Azka Fathia

NIM : 14306144001

Program Studi : Fisika

Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi *Graphene Oxide* Terkombinasi Nanopartikel Perak dalam Fase Cair.

menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar hasil 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. Apabila terbukti pernyataan saya tidak benar, sepenuhnya merupakan tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 12 Maret 2018

Yang menyatakan,



Azka Fathia

NIM. 14306144001

## **MOTTO**

“Barangsiapa yang (menjadikan) dunia tujuan utamanya maka Allah akan menceraikan-beraikan urusannya dan menjadikan kemiskinan/tidak pernah cukup di hadapannya, padahal dia tidak akan mendapatkan (harta benda) duniawi melebihi dari apa yang Allah tetapkan baginya.

Dan barangsiapa yang (menjadikan) akhirat tujuan utamanya maka Allah akan menghimpunkan urusannya, menjadikan kekayaan/selalu merasa cukup dalam hatinya dan (harta benda) duniawi datang kepadanya dalam keadaan rendah” (HR. Ibnu Majah & Ahmad).

“Yakinlah kau bisa dan kau sudah separuh jalan menuju ke sana..”  
(Theodore Roosevelt)

## **PERSEMBAHAN**

Karya ini saya persembahkan untuk:

- ♥ Kedua orang tua tercinta, Ayah, Ibu, beserta adik-adik tersayang yang membuat saya terus semangat untuk mengerjakan karya ini. Terima kasih atas doa dan dukungannya, perhatian dan pengertiannya yang tulus dan begitu sempurna
- ♥ seluruh sahabat-sahabat, teman-teman, serta orang terdekat yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan untuk saya.

# Sintesis dan Karakterisasi *Graphene Oxide* Terkombinasi Nanopartikel Perak dalam Fase Cair

Oleh  
Azka Fathia  
14306144001

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil sintesis larutan GO terkomposisi AgNP yang divariasikan konsentrasinya serta pengaruh dari interaksi antara lembaran GO yang dikombinasikan AgNP berdasarkan hasil karakterisasi UV-Vis, SEM-EDX, XRD, dan spektrofotometer FTIR. Pengaruh dari penambahan AgNP pada larutan GO dapat ditunjukkan melalui adanya perubahan struktur material GO menjadi material rGO yang ditunjukkan dengan pergeseran nilai puncak absorpsi pada hasil uji spektrofotometer UV-Vis, perubahan morfologi dan unsur kandungan sampel pada hasil uji SEM-EDX, perubahan struktur kristal sampel pada hasil uji XRD, serta perubahan nilai transmittansi dan pergeseran bilangan gelombang pada hasil uji spektrofotometer FTIR.

Penelitian ini dimulai dengan membuat dua jenis larutan. Larutan pertama adalah larutan AgNP dengan konsentrasi 1 mM, 2 mM, 3 mM, dan 4 mM, sedangkan larutan kedua adalah larutan GO-AgNP. Pembuatan larutan AgNP dilakukan dengan metode reduksi kimia yaitu mereaksikan larutan  $\text{AgNO}_3$  tiap konsentrasi dengan agen pereduksi sehingga terbentuklah larutan AgNP. Sedangkan pembuatan larutan GO-AgNP dilakukan dengan metode LSE yaitu mencampurkan larutan AgNP dan larutan grafit dengan perlakuan sonikasi sehingga larutan akan tereksfoliasi menghasilkan lembaran GO yang terdeposisi AgNP.

Hasil uji sampel GO-AgNP menggunakan spektrofotometer UV-Vis diperoleh hasil terbaik pada konsentrasi 4 mM yang menunjukkan dua puncak absorpsi dengan nilai panjang gelombang 265 nm dan 416,5 nm. Hal ini juga menyebabkan pergeseran *redshift* GO dengan panjang gelombang 252 nm sampai 265 nm yang merupakan rentang panjang gelombang material rGO. Hasil uji XRD menunjukkan terjadinya perubahan struktur kristal heksagonal menjadi struktur kristal rhombohedral yang mengindikasikan telah terbentuknya material rGO. Pada hasil uji FTIR menunjukkan sampel GO-AgNP memiliki puncak bilangan gelombang pada  $1634,71 \text{ cm}^{-1}$  yang juga berada pada rentang bilangan gelombang terbentuknya material rGO (Goldsheikh *et al.*, 2014; Mishra *et al.*, 2015). Berdasarkan hasil karakterisasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa telah dihasilkan nanomaterial rGO dari hasil sintesis larutan GO-AgNP menggunakan metode LSE dan reduksi kimia yang memiliki tingkat kestabilan nanopartikel cukup baik.

**Kata Kunci :** GO, GO-AgNP, LSE, reduksi kimia, spektrofotometer UV-Vis, SEM-EDX, XRD, dan spektrofotometer FTIR

## Synthesis and Characterization of Graphene Oxide Combined with Silver Nanoparticles in Liquid Phases

By  
Azka Fathia  
14306144001

### ABSTRACT

The objective of this study is to know the synthesis result of GO solution in combination with AgNP which varied concentration of the solution and the influence of interaction between the GO sheets combined with AgNP based on UV-Vis, SEM-EDX, XRD, and FTIR spectrophotometer. The influence of the AgNP's addition to the GO's solution can be indicated by the change of the GO material's structure into the rGO material that was indicated by the shift of the absorbance peak value on the result of UV-Vis spectrophotometer test, the change of the morphological structure and the sample content's element on the result of SEM-EDX test, the change of the sample crystal's structure on the result of XRD test, as well as the change of the transmittance's value and the shift of the wavenumber on the result of FTIR's spectrophotometer test.

This study was begun by making two types of solutions. The first solution was the AgNP's solution with the concentration of 1 mM, 2 mM, 3 Mm, and 4 mM, whereas the second solution was GO-AgNP's solution. The preparation of AgNP's solution was conducted by the chemical reduction method by reacting each concentration of the AgNO<sub>3</sub>'s solution with the reducing agent. Whereas the preparation of the GO-AgNP's solution was conducted by LSE method by mixing the AgNP's solution and the graphite's solution with the sonication treatment so the solution would be exfoliated to produce the GO's sheets that was deposited of the AgNP.

The result of the GO-AgNP sample used UV-Vis spectrophotometer was obtained the best result on the concentration of 4 mM that indicated two of the absorbance peaks with the wavelength value of 265 nm and 416.5 nm. It caused the shift of the GO redshift with the wavelength value of 252 nm up to 265 nm which is the wavelength range of rGO material. The result of XRD test indicated the change of the hexagonal crystal structure into the rhombohedral crystal structure that indicated it had formed the rGO material. The result of FTIR test indicated the GO-AgNP sample had the peak of wavenumbers at 1634.71 cm<sup>-1</sup> which is also in the range of wavenumbers by rGO material (Goldsheikh *et al.*, 2014; Mishra *et al.*, 2015). Based on these characterization results, it can be concluded that rGO nanomaterials have been produced from the synthesis of GO-AgNP solution using LSE method and chemical reduction which has good nanoparticle stability.

**Keywords:** GO, GO-AgNP, LSE, chemical reduction, UV-Vis spectrophotometer, SEM-EDX, XRD, and FTIR spectrophotometer

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur hanya terpanjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, beserta para keluarga dan sahabat-sahabatnya yang tak pernah lelah mensyiarkan agama Islam. Suatu kebahagiaan serta kebanggaan yang luar biasa bagi penulis yang telah menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Sintesis dan Karakterisasi *Graphene Oxide* Terkombinasi Nanopartikel Perak dalam Fase Cair”**.

Berhasilnya usaha penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih atas terselesaikannya penulisan skripsi ini kepada:

1. Dr. Hartono, selaku Dekan FMIPA UNY atas pemberian fasilitas dan bantuannya untuk memperlancar administrasi tugas akhir.
2. Yusman Wiyatmo, M.Si., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian skripsi ini.
3. Nur Kadarisman, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan skripsi ini.
4. Wipsar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan, solusi, dan kesabarannya dari penelitian berlangsung hingga terselesaikannya skripsi ini.

5. Sumarna, M.Si., M.Eng., selaku Penasehat Akademik yang telah memberikan arahan dan motivasi.
6. Haris Murtanto, selaku laboran pada laboratorium Fisika Koloid Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang telah bersedia membantu menyediakan tempat dan alat untuk melaksanakan penelitian.
7. Seluruh Dosen Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan naskah skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharap saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak untuk penyempurnaan lebih lanjut. Semoga naskah skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Yogyakarta, 12 Maret 2018  
Penulis,

Azka Fathia

## DAFTAR ISI

	Halaman
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 Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah .....	5
C. Batasan Masalah .....	5
D. Rumusan Masalah .....	6
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	8
A. Deskripsi Teori .....	8
1. Sekilas tentang Perkembangan Nanoteknologi .....	8
2. Graphene (Grafena).....	11
3. <i>Graphene Oxide</i> (GO).....	12
4. Reduksi GO (rGO).....	14
5. Nanopartikel Perak (AgNP) .....	15
6. Metode <i>Liquid Sonication Exfoliation</i> (LSE).....	17
7. Metode Reduksi Kimia.....	18

8. Spektrofotometer UV-Visibel.....	20
9. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	24
10. <i>Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (EDX).....	27
11. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	29
12. Spektrofotometer FTIR .....	30
B. Kerangka Berpikir .....	34
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>36</b>
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	36
B. Variabel Penelitian .....	36
C. Alat dan Bahan .....	37
D. Langkah Pengambilan Data.....	39
E. Teknik Pengumpulan Data .....	48
F. Diagram Alur Penelitian.....	49
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>50</b>
A. Hasil Sintesis GO-AgNP.....	50
B. Pengaruh GO Terkombinasi AgNP Berdasarkan Hasil Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis, SEM-EDX, XRD, dan FTIR .....	53
1. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis .....	53
2. Hasil Karakterisasi SEM-EDX .....	60
3. Hasil Karakterisasi XRD .....	67
4. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer FTIR .....	72
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>76</b>
A. Kesimpulan .....	76
B. Saran .....	77
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>78</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>85</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Contoh-contoh matrial nano (a) <i>Fullrene</i> , (b) <i>Carbon Nanotube</i> , (c) <i>Nanowire</i> , (d) QDs, dan (e) <i>Graphene</i> (Young, 2012).....	10
<b>Gambar 2.</b> Struktur Grafena (Lasky, 2015).....	12
<b>Gambar 3.</b> Struktur GO (Tokyo Chemical Industry, 2015).....	13
<b>Gambar 4.</b> Preparasi GO (Jimenez, 2016) .....	14
<b>Gambar 5.</b> Preparasi rGO (Jianchang, 2014) .....	14
<b>Gambar 6.</b> Warna nanopartikel perak bergantung pada ukuran dan konsentrasi larutan (Oldenburg, 2011).....	16
<b>Gambar 7.</b> Metode LSE (Bonaccorso <i>et al.</i> , 2014) .....	18
<b>Gambar 8.</b> Skema kerja spektrofotometer UV-Vis (Sharma, 2015).....	20
<b>Gambar 9.</b> Diagram transisi yang mungkin terjadi (Pavia <i>et al.</i> , 2014).....	22
<b>Gambar 10.</b> Spektrum UV-Vis GO, AgNP, dan AgGO (Chook <i>et al.</i> , 2012) .....	23
<b>Gambar 11.</b> Spektrum serapan UV-Vis larutan GO dan AgNP-rGO (Golsheikh, 2014) .....	24
<b>Gambar 12.</b> Sinyal karakteristik yang dihasilkan SEM (Goldstein <i>et al.</i> , 2007) .	25
<b>Gambar 13.</b> Skema dasar SEM (Havancsak, 2016) .....	26
<b>Gambar 14.</b> Hasil SEM dari morfologi dan mikrostruktur AgNP- rGO (Yoon <i>et al.</i> , 2015).....	27
<b>Gambar 15.</b> Hamburan dari elektron yang jatuh pada lembaran tipis (Havancsak, 2016) .....	28
<b>Gambar 16.</b> Spektrum XRD pada AgNP dan AgGO (Chook <i>et al.</i> , 2012).....	30
<b>Gambar 17.</b> Spektrum FTIR GO dan GO-Ag nanocomposite (Shao <i>et al.</i> , 2015).....	33
<b>Gambar 18.</b> Larutan AgNO <sub>3</sub> 1 mM, 2 mM, 3 mM, dan 4 mM .....	42
<b>Gambar 19.</b> Pemanasan larutan AgNO <sub>3</sub> menggunakan heater .....	43
<b>Gambar 20.</b> Nanopartikel perak yang telah selesai dibuat .....	44
<b>Gambar 21.</b> Larutan grafit hasil pencampuran menggunakan blender .....	45
<b>Gambar 22.</b> Larutan yang telah didiamkan semalam: (a) larutan GO-AgNP variasi konsentrasi, (b) larutan GO .....	46

<b>Gambar 23.</b> Diagram alur tahap penelitian .....	49
<b>Gambar 24.</b> Larutan dengan variasi konsentrasi: a) larutan AgNO <sub>3</sub> dan b) larutan AgNP .....	50
<b>Gambar 25.</b> Larutan grafit: (a) proses pencampuran menggunakan blender, (b) larutan grafit yang telah diblender .....	51
<b>Gambar 26.</b> Perbandingan larutan hasil ultrasonikasi: (a) larutan GO, (b) larutan GO-AgNP 1 mM, (c) larutan GO-AgNP 2 mM, (d) larutan GO-AgNP 3 mM, (e) larutan GO-AgNP 4 mM .....	52
<b>Gambar 27.</b> Spektrum absorbansi AgNP dengan variasi konsentrasi larutan .....	53
<b>Gambar 28.</b> Spektrum absorbansi UV-Vis larutan GO-AgNP sebelum dan sesudah perlakuan sonikasi dengan variasi konsentrasi larutan: a) GO-AgNP 1 mM, b) GO-AgNP 2 mM, c) GO-AgNP 3 mM, dan d) GO-AgNP 4 mM .....	55
<b>Gambar 29.</b> Spektrum absorbansi perbandingan antara GO dan GO-AgNP 4 mM dengan ultrasonikasi selama 6 jam.....	58
<b>Gambar 30.</b> Stabilitas nanopartikel perak pada larutan GO-AgNP dengan konsentrasi 4 mM. ....	59
<b>Gambar 31.</b> Hasil uji SEM-EDX untuk sampel GO tersonikasi: (a) sampel GO dengan perbesaran 100x, (b) sampel GO dengan perbesaran 1000x, (c) sampel GO dengan perbesaran 3000x, (d) sampel GO dengan perbesaran 10000x .....	60
<b>Gambar 32.</b> Hasil pengolahan gambar SEM menggunakan Image-J: (a) cuplikan asli, (b) sampel setelah threshold, dan (c) gambar outline sampel.....	62
<b>Gambar 33.</b> Grafik hasil uji SEM-EDX pada sampel GO yang menunjukkan kandungan unsur dalam sampel .....	63
<b>Gambar 34.</b> Hasil uji SEM-EDX untuk sampel GO-AgNP 4 mM tersonikasi: (a) sampel GO-AgNP dengan perbesaran 1000x, (b) sampel GO-AgNP dengan perbesaran 5000x, (c) sampel GO-AgNP dengan perbesaran 10000x.....	65

<b>Gambar 35.</b> Grafik hasil uji SEM-EDX pada sampel GO-AgNP yang menunjukkan kandungan unsur dalam sampel .....	66
<b>Gambar 36.</b> Grafik pola XRD dan <i>analysis report</i> hasil pengolahan MATCH!3 pada sampel GO .....	68
<b>Gambar 37.</b> Grafik pola XRD dan <i>analysis report</i> : (a) hasil pengolahan MATCH!3 pada sampel GO-AgNP, (b) lapisan nano rGO (Fu, 2013).....	70
<b>Gambar 38.</b> Grafik pola XRD dengan perbandingan hasil sampel GO dan GO-AgNP. ....	71
<b>Gambar 39.</b> Grafik FTIR pada sampel GO dan sampel GO-AgNP .....	73

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Beberapa aplikasi nanoteknologi (Wijaya, 2012) .....	11
<b>Tabel 2.</b> Korelasi bilangan gelombang dengan jenis ikatan (Nugraha, 2008).....	32
<b>Tabel 3.</b> Puncak absorbansi AgNP dengan variasi konsentrasi larutan.....	54
<b>Tabel 4.</b> Puncak absorbansi GO-AgNP dengan variasi konsentrasi larutan .....	56
<b>Tabel 5.</b> Hasil penghitungan ukuran partikel rata-rata sampel GO dengan perbesaran 10000x. ....	62
<b>Tabel 6.</b> Perbandingan hasil XRD dengan data JCPDS atom C.....	68

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Dokumentasi Pengambilan Data .....	85
<b>Lampiran 2.</b> Hasil Karakterisasi UV-Vis .....	87
<b>Lampiran 3.</b> Hasil Karakterisasi SEM-EDX .....	104
<b>Lampiran 4.</b> Hasil Karakterisasi XRD .....	106
<b>Lampiran 5.</b> JCPDS Atom C .....	108
<b>Lampiran 6.</b> Match!3 <i>Analysis Report</i> pada sampel GO .....	110
<b>Lampiran 7.</b> Match!3 <i>Analysis Report</i> pada sampel GO-AgNP .....	113
<b>Lampiran 8.</b> Hasil Karakterisasi FTIR .....	117

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

*Graphene* merupakan salah satu material baru dalam bidang nanoteknologi yang sedang giat dikembangkan saat ini. Material baru ini memiliki sifat-sifat yang luar biasa, diantaranya adalah mobilitas elektron yang tinggi mencapai  $200.000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , konduktivitas listrik yang tinggi ( $0,96 \times 10^6 \Omega^{-1}$ ), konduktivitas termal yang tinggi ( $5000\text{W/mK}$ ), transparansi optik yang baik (97,7%), serta memiliki kekuatan tarik 1 Tpa atau 200 kali lebih keras dari baja dan 20 kali lebih keras dari berlian. Satu lembar *graphene* dengan luas  $1 \text{ cm}^2$  beratnya hanya 0,77 miligram. Lapisan *graphene* yang sangat tipis ini merupakan salah satu contoh dari material berdimensi dua (Naufal *et al.*, 2013). *Graphene* memiliki satu lapis atom karbon yang tersusun rapat dan membentuk struktur kisi hexagonal dua dimensi. Struktur dua dimensi dan ikatan kovalen pada *graphene* membuatnya memiliki sifat-sifat fisika yang menarik seperti sifat elektronik, optik, dan mekanik. Keunikan sifat-sifat *graphene* inilah yang menyebabkan *graphene* sangat berpotensi untuk diaplikasikan pada berbagai bidang seperti fabrikasi perangkat elektronik (Taufantri, 2016), *photovoltaic* (Wang *et al.*, 2008), sensor (Ang *et al.*, 2008), *transparent conducting electrode* (Lasmana, 2016), *supercapacitor* (Stoller *et al.*, 2008) dan lain lain.

Lembaran tipis *graphene oxide* (GO) baru-baru ini muncul sebagai senyawa turunan dari *graphene* yang tidak hanya mengandung karbon, tetapi juga oksigen dan hidrogen. GO juga telah dikaji pemanfaatannya dalam berbagai bidang seperti cat ramah lingkungan yang menggunakan konduktivitas super dari GO sehingga mampu memperlambat konduksi panas melalui dinding dan keluar dari bangunan (Ramadhiani, 2017), kemudian penggunaan GO sebagai elektroda transparan untuk LED dan alat sel surya (Bo *et al.*, 2014), serta GO yang digunakan pada ranah biomedis khususnya pada pendistribusian obat kanker sebagai sumber larutan air dan larutan serum dari obat (Sun *et al.*, 2008), serta pencitraan biologis untuk mendeteksi dini penyakit dan mendeteksi molekul-molekul yang bersangkutan secara biologis (Ray, 2015).

Salah satu aplikasi GO yang ramai diteliti saat ini adalah kemampuan material tersebut untuk menghambat pertumbuhan bakteri dengan membentuk nanokomposit AgNP/GO (Huang *et al.*, 2016). Cara tersebut dilakukan dengan menggunakan GO sebagai substrat atau penstabil dari nanopartikel perak (AgNP) yang diyakini mampu mencegah aglomerasi/penggumpalan partikel AgNP. Nanopartikel perak memiliki luas permukaan yang relatif besar sehingga meningkatkan kontak mereka dengan bakteri atau jamur, dan mampu meningkatkan efektivitas bakterisida dan fungisidanya (Montazer *et al.*, 2012). Sintesis nanokomposit AgNP/GO atau AgNP/rGO telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Chook *et al.* (2012) melakukan preparasi nanokomposit AgGO menggunakan metode sintesis yang dibantu dengan iradiasi *microwave*

secara cepat. Taufantri *et al.* (2016) melaporkan bahwa *graphene* dapat disintesis melalui metode hummers termodifikasi secara hidrotermal menggunakan pereduksi Zn. Sharma *et al.* (2015) menyiapkan metode sonikasi yang dikombinasikan dengan larutan Ortho Di-Chloro Benzena (ODCB) untuk menghasilkan *graphene*. Lasmana *et al.* (2016) melakukan sintesis rGO yang dibuat dengan metode reduksi termal GO melalui pemanasan oven dan dialiri gas nitrogen. Namun, sebagian besar sintesis GO-AgNP yang dilakukan dengan metode hummers termodifikasi dengan mengoksidasi grafit murni dan larutan asam serta pencampuran dengan AgNP telah menghasilkan material GO yang mampu menghambat aglomerasi dari AgNP (Bao, 2011; Golsheikh, 2014; Shao, 2015; Huang, 2016; Vi, 2017).

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan, belum ada informasi yang menunjukkan terbentuknya material GO/rGO atau material lainnya dari hasil sintesis GO terkombinasi AgNP. Mengetahui fakta tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk menyelidiki pengaruh dari interaksi lembaran GO terkombinasi AgNP terhadap hasil pembentukan GO/rGO yang belum pernah diteliti sebelumnya. Pada penelitian ini, sintesis GO terkombinasi AgNP dilakukan dengan preparasi dan metode yang berbeda yaitu mendeposisikan AgNP pada lembaran GO.

Salah satu metode yang digunakan untuk mensintesis GO terkombinasi dengan AgNP adalah metode *liquid sonication exfoliation* (LSE). Metode LSE merupakan metode sintesis GO dalam fase cair menggunakan gelombang ultrasonik untuk mengupas (*peeling*), mengikis atau memecah permukaan

grafit menjadi lembaran-lembaran grafena (Aisyah, 2016). Metode ini dipilih karena caranya yang mudah, murah, dan efisien namun dapat menghasilkan lembaran GO dengan kualitas yang baik (Wang *et al.*, 2014). Sedangkan untuk sintesis AgNP digunakan metode reduksi kimia. Metode reduksi kimia ini menggunakan agen pereduksi dan agen stabilisator untuk menstabilkan nanopartikel. Metode ini dipilih sebagai metode yang paling efektif untuk menghasilkan nanopartikel perak, karena langkah kerja yang mudah, cepat, murah, dan menggunakan suhu rendah (Mailu *et al.*, 2010).

GO yang telah dibuat dengan mengkombinasikan AgNP akan dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui keberadaan GO dan AgNP pada larutan, kemudian hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM) digunakan untuk mengetahui struktur morfologi material yang terbentuk, lalu *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDX) digunakan untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam sampel, serta *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur kristal yang terbentuk, dan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsional yang dimiliki oleh sampel. Karakterisasi tersebut dilakukan untuk mengetahui hasil dari pengaruh AgNP terhadap pembentukan GO serta menentukan tingkat keberhasilan dalam sintesis GO-AgNP.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan di atas dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Perlunya penelitian tentang GO terkombinasi AgNP sebagai salah satu kombinasi material baru di bidang nanoteknologi yang memiliki potensi pengaplikasian sangat luas di berbagai bidang.
2. Perlunya pengembangan sintesis material GO terkombinasi AgNP untuk mengetahui interaksi antara GO dan AgNP yang berpengaruh terhadap sifat keduanya maupun dalam pembentukan lembaran GO.
3. Belum adanya penelitian/informasi tentang sintesis GO terkombinasi AgNP yang menunjukkan terbentuknya material GO/rGO.

## **C. Batasan Masalah**

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk grafit dari batang karbon baterai bekas sebanyak 1 gram dan serbuk perak nitrat sebagai bahan dasar pembuatan nanopartikel perak.
2. Agen pereduksi dan agen penstabil yang digunakan dalam metode reduksi kimia adalah larutan trisodium sitrat mengacu pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Putri (2016) dengan konsentrasi sebesar 1% yang mengacu pada pengukuran konsentrasi optimum sebesar 1-3% mampu menghasilkan nanopartikel perak dengan panjang gelombang yang stabil (Oktaviani, 2015).

3. Pada proses sintesis larutan GO-AgNP digunakan volume pencampuran larutan grafit sebanyak 50 ml.
4. Pengambilan data dengan perlakuan sonikasi dilakukan pada frekuensi gelombang sebesar 30 kHz selama 6 jam.

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

Berdasarkan identifikasi dan batasan masalah yang sudah dijelaskan sebelumnya, maka dapat ditentukan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil sintesis nanomaterial GO terkombinasi AgNP menggunakan metode LSE dan reduksi kimia dengan memvariasi konsentrasi larutan?
2. Bagaimana pengaruh dari interaksi antara lembaran GO yang dikombinasikan AgNP berdasarkan hasil karakterisasi spektrofotometer UV-Vis, SEM-EDX, XRD, dan FTIR?

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

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Memperoleh hasil sintesis nanomaterial GO terkombinasi AgNP menggunakan metode LSE dan reduksi kimia dengan variasi konsentrasi larutan.
2. Mengetahui pengaruh dari interaksi antara lembaran GO dengan AgNP yang dikombinasikan dengan metode LSE dan reduksi kimia berdasarkan hasil karakterisasi spektrofotometer UV-Vis, SEM-EDX, XRD, dan FTIR.

## **F. Manfaat Penelitian**

Beberapa manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah

1. Bagi Mahasiswa
  - a. Memberikan informasi tentang cara mensintesis GO yang dikombinasikan dengan AgNP menggunakan metode LSE.
  - b. Memberikan informasi tentang pengaruh AgNP terhadap pembentukan GO dan sifat-sifatnya.
  - c. Memberikan informasi hasil pengujian spektrofotometer UV-Vis, SEM-EDX, FTIR, dan XRD pada sampel yang telah disintesis.
  - d. Sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut mengenai sintesis nanomaterial yang dapat menghasilkan GO.

2. Bagi Masyarakat

Penelitian ini dapat menjadi sumber referensi di bidang nanoteknologi yang kemudian dapat dikembangkan lebih lanjut dalam berbagai konsentrasi ilmu fisika.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Deskripsi Teori**

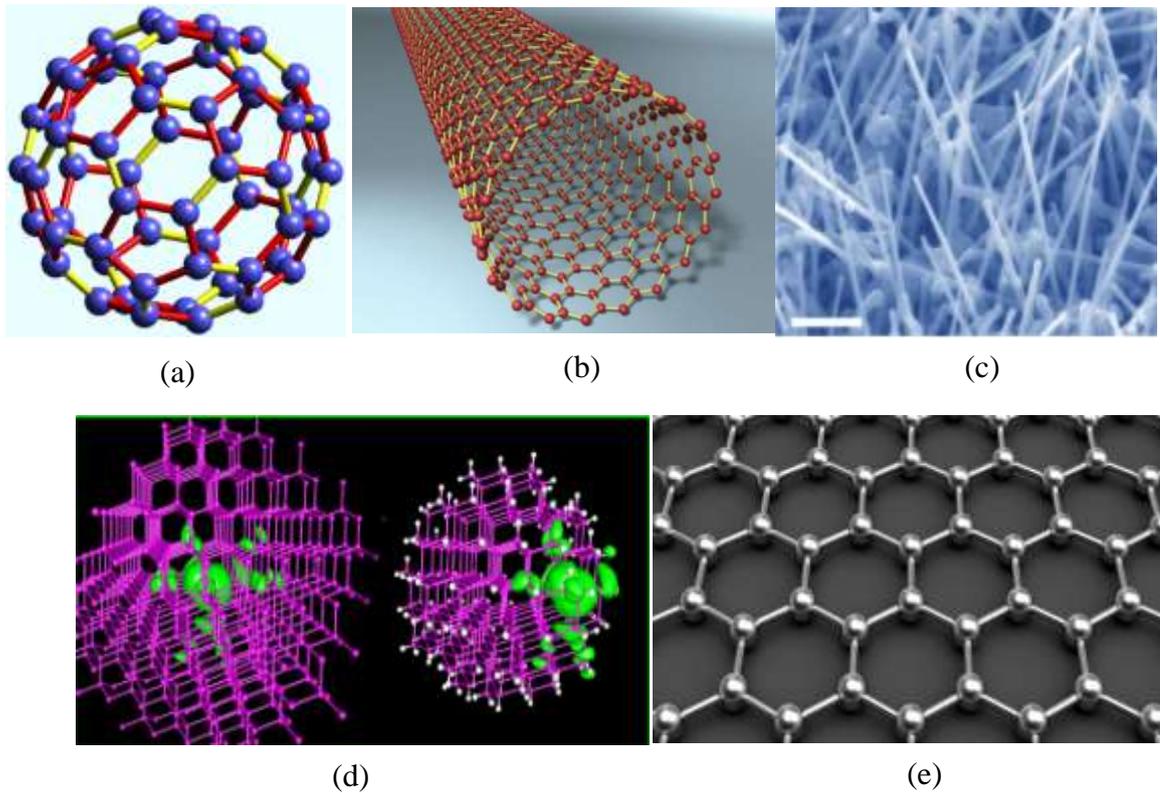
##### **1. Sekilas tentang Perkembangan Nanoteknologi**

Dewasa ini, salah satu pendekatan yang sedang dikembangkan para ahli terkait rekayasa material adalah nanoteknologi. Nanoteknologi merupakan ilmu dan rekayasa dalam penciptaan material, struktur fungsional, maupun piranti dalam skala nanometer ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ). Definisi lain mengatakan bahwa nanoteknologi adalah pemahaman dan kontrol materi pada ukuran 1 sampai dengan 100 nm dimana fenomena-fenomena unik yang timbul dapat digunakan untuk aplikasi-aplikasi baru (Wijaya, 2012). Secara fundamental, objek dalam skala nanometer memiliki sifat dan fungsi baru yang sama sekali berbeda dengan sifat dan fungsinya dalam ukuran yang lebih besar. Ada dua alasan utama yang menentukan perubahan sifat ini. Pertama, adanya peningkatan luas permukaan material yang dapat meningkatkan reaktivitas kimia dan meningkatkan kekuatan sifat elektronik, yang kedua adalah terjadinya efek ukuran kuantum yang mendominasi bahan dari skala nano terutama pada pengaruh optikal dan sifat magnetik material (Budianto, 2016).

Istilah material nano digunakan untuk menunjukkan struktur nano yang hanya tersusun dari material selain karbon, atau jika terdapat unsur atom karbon (C) maka atom-atom karbonnya tidak dikombinasikan dengan unsur lain.

Menurut Pokropivny *et al.* (2007) yang termasuk dalam material nano tersebut adalah *fullerene*, *carbon nanotube*, *nanowire*, dan nanopartikel.

*Fullerene* merupakan struktur nano yang tersusun dari 60 buah atom karbon ( $C_{60}$ ) dan memiliki simetri seperti bola. *Fullerene* secara formal dikenal sebagai *buckyballs*. Penemuan terhadap *fullerene* ini memberikan harapan baru untuk diterapkan dalam bidang elektronika dan kedokteran. *Nanotube* adalah material berbentuk silinder dengan ketebalan kulit silinder kurang dari 100 nm. Contoh yang terkenal adalah *carbon nanotube* dengan kulit silinder berupa satu atau beberapa lapis atom carbon. Struktur material *nanotube* dapat dipandang sebagai jalinan selapis carbon yang bergulung membentuk tabung berukuran nano. *Nanowire* atau dikenal juga sebagai *nanorods* (batang nano) merupakan material padatan anorganik berbentuk seperti kabel yang dapat dibuat dari silikon, oksida seng (ZnO), dan berbagai logam lain. Nanopartikel atau dikenal juga dengan *nanodots* atau *quantum dots* (QDs) merupakan material semikonduktor berukuran nanometer (nm). Biasanya ukuran QDs berkisar antara 3 hingga 25 nm (Young, 2012). Contoh lain dari material nano yang baru adalah selapis karbon yang ditemukan pada tahun 2007 oleh Geim dan Novoselov disebut grafena atau *graphene*. Contoh-contoh material nano tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Contoh-contoh material nano (a) *Fullrene*, (b) *Carbon Nanotube*, (c) *Nanowire*, (d) QDs, dan (e) *Graphene* (Young, 2012).

Perkembangan nanoteknologi sampai saat ini memiliki dampak aplikasi yang luas mulai dari bidang material maju, transportasi, ruang angkasa, kedokteran, lingkungan, informatika, hingga energi. Beberapa aplikasi nanoteknologi dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Beberapa aplikasi nanoteknologi (Wijaya, 2012)

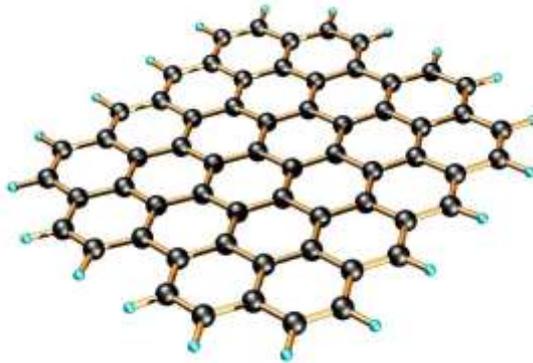
Jenis Bidang	Contoh Aplikasi
Material maju	cat, pelapis, tinta, keramik, komposit, cairan kompleks
Kimia berkelanjutan	katalis, membrane nano-poros, pelarut nano-struktur
Produksi dan penyimpanan energi	sel surya, bahan bakar, penyimpanan hydrogen
Informatika	nanokomputer, fotonika, alat spintronic
Elektronika	komponen, sensor, analisa kebutuhan mobile, <i>spacecraft</i>
Kesehatan	obat-obatan, terapi, implan, biosensor, diagnose medis, cancer <i>treatment</i>
Lingkungan	perbaikan dan pemeliharaan lingkungan

## 2. *Graphene* (Grafena)

*Graphene* atau grafena merupakan alotrop karbon yang berbentuk lembaran datar tipis di mana setiap atom karbon memiliki ikatan  $sp^2$  dan dikemas rapat dalam bentuk kisi kristal seperti sarang lebah. Ia dapat dilihat sebagai sebuah jaring-jaring berskala atom yang terdiri dari atom karbon beserta ikatannya. *Graphene* merupakan unsur struktur dasar dari alotrop karbon, meliputi grafit, tabung nano karbon, dan *fullrene*. *Graphene* juga dapat dianggap sebagai molekul aromatik sangat besar yang merupakan kelompok senyawa hidrokarbon polisiklik aromatik datar.

*Graphene* dapat diperoleh dengan mensintesis material grafit. Menurut Geim (2007), grafit merupakan material yang terdiri dari banyak lembaran grafena yang ditumpuk secara bersama. Lembaran *graphene* satu dengan lainnya diikat oleh ikatan *Van der Waals*. Jarak antara lembar *graphene* satu dengan yang lainnya adalah 0,335 nm dan jarak antar lembar *graphene* yang sejajar

adalah 0,67 nm. Panjang ikatan kovalen rangkap antar atom C pada lembar *graphene* adalah 0,142 nm.



**Gambar 2.** Struktur *graphene* (Lasky, 2015)

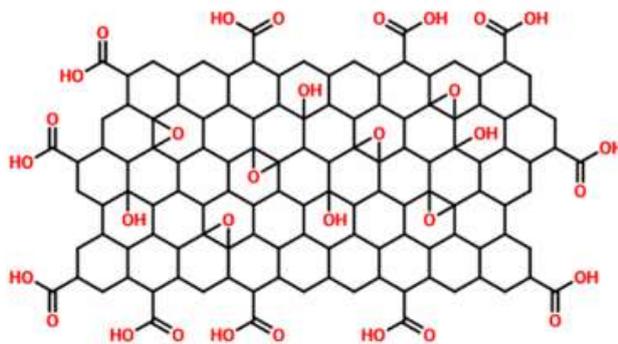
*Graphene* dengan struktur kimia yang unik mempunyai sifat-sifat yang luar biasa, diantaranya adalah karena ikatannya yang kovalen, menjadikan material ini lebih kuat daripada logam. Kemudian, karena hanya berbentuk 2D memungkinkan transport elektron yang cepat sehingga konduktivitas listrik dan konduktivitas termalnya sangat tinggi. *Graphene* yang memiliki tebal hanya berkisar diameter atom karbon, membuat material tersebut menjadi material yang tipis dan fleksibel serta mempunyai transparansi yang tinggi (Lasky, 2015).

### **3. *Graphene Oxide* (GO)**

Menurut Li *et al.* (2014), terdapat dua masalah utama dalam memperoleh grafena. Masalah pertama adalah tentang bagaimana dapat menghasilkan lembaran grafena pada skala yang cukup. Seperti telah diketahui bahwa grafit, meskipun harganya murah dan tersedia dalam jumlah banyak, grafit tidak mudah terkelupas untuk menghasilkan lembaran grafena satu lapis. Masalah kedua

adalah bahwa lembaran grafena sulit digabungkan dan didistribusikan secara homogen ke berbagai matriks untuk aplikasi. Sebagai solusi, GO yang mengandung banyak kelompok berbasis oksigen dapat diperoleh dengan mudah dari oksidasi grafit. GO merupakan senyawa turunan dari grafena yang tidak hanya mengandung karbon, tetapi juga oksigen dan hidrogen.

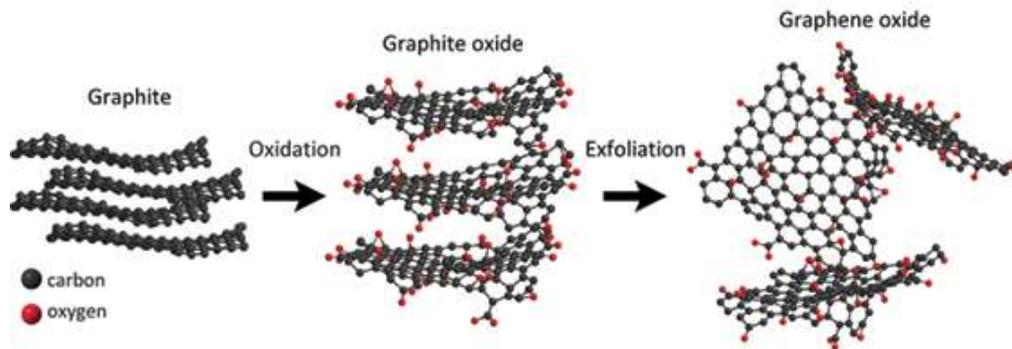
GO adalah grafena yang teroksidasi, yang mempunyai ikatan dengan gugus fungsi. Struktur GO bersifat hidrofilik, dan pada bagian basal dan tepi-tepinya mengandung gugus-gugus fungsional oksigen yaitu gugus karboksil, alkoksil dan epoksil. Oleh karena itu, GO mengandung atom karbon hibrid  $sp^2$  dan  $sp^3$ , dan bersifat isolator. Kandungan oksigen pada GO juga mengurangi sifat-sifat unggul yang lain dari grafena. Gambaran dari struktur GO dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Struktur GO (Ossila, 2013)

Sintesis GO dapat dilakukan dengan membentuk *graphite oxide* terlebih dahulu. Secara sederhana grafit dioksidasi menjadi oksida grafit, kemudian lembaran-lembaran oksida grafit tersebut dapat dikelupas (*exfoliated*) dalam air hingga terbentuk GO. Konsentrasi oksigen dalam GO dapat direduksi hingga kadar oksigen berkurang dan terbentuk lapisan grafena. GO diyakini dapat

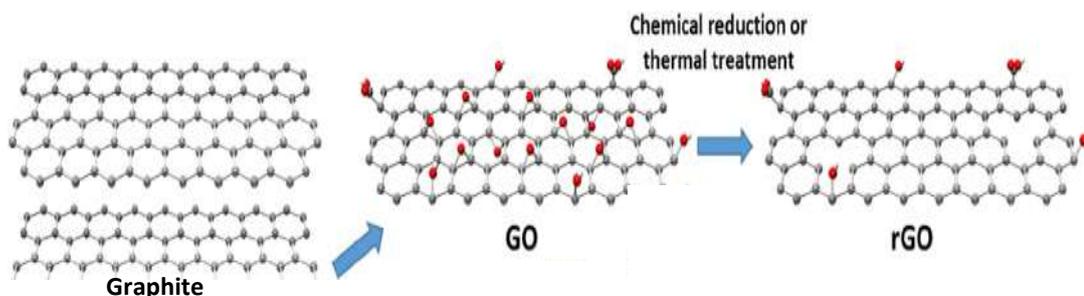
menjadi material awal yang menjanjikan untuk produksi grafena dalam skala besar (Syakir, 2015).



**Gambar 4.** Preparasi GO (Jimenez, 2016)

#### 4. Reduksi GO (rGO)

Proses perubahan GO dapat merusak lapisan grafena dan memiliki konsekuensi lebih lanjut saat pengurangan senyawa (oksigen dan hidrogen). GO mengandung beberapa lapisan grafena tunggal yang di dalam ikatan heksagonalnya terdapat ikatan antara karbon dengan oksigen dan hidrogen (tergantung dari media dasar). Pengurangan oksigen dan hidrogen yang dilakukan untuk menghasilkan rGO adalah proses yang sangat penting karena memiliki dampak besar pada kualitas GO yang dihasilkan sehingga mempengaruhi sifat fisika dari rGO. Preparasi rGO dapat ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Preparasi rGO (Toda *et al.*, 2015)

GO digunakan sebagai bahan dasar dalam pembentukan rGO dengan cara reduksi kimia dan reduksi termal. Proses preparasi rGO ditunjukkan pada Gambar 6 (Jianchang, 2014). Lapisan oksida karbon tersebut dapat dikelupas dalam media air dengan ultrasonik (Kim, 2010). Pengelupasan ultrasonik pada umumnya dilakukan selama 2 jam (Loryuenyong, 2013). Lapisan dari rGO biasanya mengandung lebih sedikit ikatan oksigen akibat reduksi yang dapat dilakukan dengan pengelupasan menggunakan ultrasonik (Fu, 2013). Reduksi GO menggunakan reduksi kimia adalah metode yang sangat terukur, namun sayangnya rGO yang diproduksi seringkali menghasilkan hasil yang relatif buruk dalam hal luas permukaan dan konduktivitas elektronik. Reduksi GO pada suhu 1000 °C atau lebih dapat menciptakan rGO yang telah terbukti memiliki luas permukaan yang sangat tinggi, mendekati grafena murni.

## **5. Nanopartikel Perak (AgNP)**

Nanopartikel adalah partikel dengan ukuran nanometer, yaitu sekitar 1-100 nm. Material nanopartikel memiliki sifat-sifat atau karakteristik yang berbeda dari ukuran besarnya (*bulk*). Karakteristik spesifik dari nanopartikel tersebut bergantung pada ukuran, distribusi dan morfologi partikel (Willems, 2005). Emas, perak, dan tembaga telah banyak disintesis menjadi nanopartikel yang berguna dalam bidang fotografi, pelabelan, katalis, fotonika dan optoelektronik (Naheed *et al.*, 2011; Guangquan *et al.*, 2012).

Nanopartikel dapat berupa logam, oksida logam, semikonduktor, polimer, material karbon, dan senyawa organik. Perak adalah logam transisi yang dapat

melakukan beberapa proses oksidasi dan dapat mengoksidasi zat lain. Perak umumnya digunakan karena salah satu sifatnya yang bertoksik rendah. Ion perak bersifat netral di dalam air, tahan asam, garam, dan berbasa lemah. Stabilitas perak sangat baik terhadap panas dan cahaya (Bakir, 2011).

Nanopartikel perak merupakan salah satu produk berbasis nanoteknologi. Pada saat ini, nanopartikel perak telah banyak diproduksi dan sedang dilakukan berbagai pengujian. Salah satu keunggulan dari nanopartikel perak ini yaitu harga produksi relatif murah dan juga mudah untuk produksi. Salah satu bentuk nanopartikel perak adalah koloid. Nanopartikel perak memiliki serapan dan sebaran cahaya yang sangat efisien serta memiliki warna yang bergantung dari ukuran dan konsentrasi larutan (Dwandaru *et al.*, 2016). Hal ini dapat diamati pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Warna nanopartikel perak bergantung pada ukuran dan konsentrasi larutan (Oldenburg, 2011).

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi ukuran partikel dalam sintesis nanopartikel yaitu suhu larutan, konsentrasi garam, agen pereduksi, dan waktu reaksi (Sileikaite *et al.*, 2006). Nanopartikel perak memiliki sifat yang stabil dan aplikasi yang potensial dalam berbagai bidang antara lain sebagai katalis,

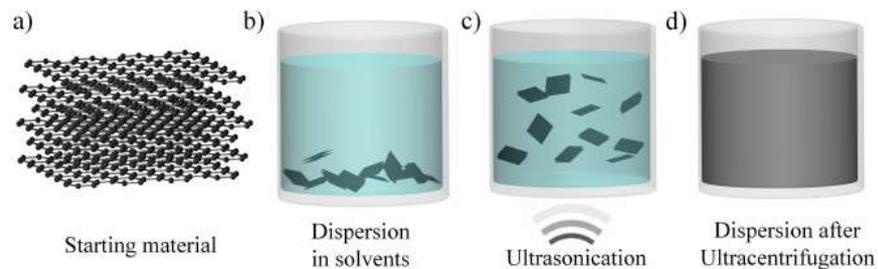
detektor sensor optik, dan agen antimikroba. Sebagian besar pemanfaatannya adalah sebagai agen antimikroba (Haryono *et al.*, 2008). Nanopartikel perak memiliki luas permukaan yang relatif besar sehingga meningkatkan kontak mereka dengan bakteri atau jamur, dan mampu meningkatkan efektivitas bakterisida dan fungisidanya (Montazer *et al.*, 2012).

## **6. Metode *Liquid Sonication Exfoliation* (LSE)**

Metode LSE adalah metode sintesis GO dalam fase cair menggunakan gelombang ultrasonik. Metode ini merupakan salah satu jenis dari metode *liquid phase exfoliation* (LPE) yang menggunakan proses sonikasi yaitu terdapat gaya pengikisan dan kavitasi yang menyebabkan kemunculan dan pemecahan gelembung berukuran mikrometer. Hal ini mengakibatkan eksfoliasi pada material yang berukuran besar (*bulk*). Proses sonikasi langsung tanpa bantuan surfaktan pada larutan grafit dapat disebut juga dengan metode LSE (Ciesielski, 2013).

Sonikasi adalah suatu teknologi yang memanfaatkan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi dengan frekuensi yang lebih besar daripada batas frekuensi tertinggi yang dapat didengar oleh telinga manusia yaitu lebih besar dari 20 kHz. Penggunaan sonikasi dengan frekuensi 20-100 kHz diketahui mempunyai efek signifikan dalam mempercepat berbagai proses kimia dan fisika. Efek penggunaan ultrasonik dalam proses pembersihan (*cleaning*), ekstraksi atau pemurnian suatu senyawa adalah waktu proses lebih singkat dan peningkatan kualitas produk (Chemat *et al.*, 2011; John, 2002).

Gelombang ultrasonik kekuatan tinggi diketahui mampu merusak atau mengikis dinding sel atau permukaan bahan padat (John, 2002).



**Gambar 7.** Metode LSE (Bonaccorso *et al.*, 2014)

Dengan demikian, dalam metode ini sonikasi berfungsi untuk melemahkan ikatan *Van der Waals* antar lembaran GO pada sebuah material grafit. Pelemahan ikatan *Van der Waals* tersebut menyebabkan lembaran-lembaran GO saling terlepas. Material grafit yang terdiri dari banyak lembaran grafena dapat disintesis menjadi beberapa lembar GO berkat peran dari sonikasi. Metode LSE menjadi metode yang efisien karena caranya yang mudah dan murah, namun dapat menghasilkan lembaran GO dengan kualitas yang baik (Wang *et al.*, 2014).

## 7. Metode Reduksi Kimia

Nanopartikel perak telah banyak dibuat dengan beberapa metode dan kondisi yang berbeda seperti metode reduksi kimia, fotokimia, sonokimia, radiasi ultrasonik, sintesis solvotermal, dan lain-lain (Guzman, 2008). Diantara banyak metode yang dapat dilakukan, metode reduksi kimia dipilih sebagai metode yang paling efektif untuk menghasilkan nanopartikel perak. Hal ini dikarenakan langkah kerja yang mudah, cepat, murah, dan menggunakan suhu

rendah. Metode reduksi kimia merupakan proses reaksi reduksi pada garam-garam perak seperti perak nitrat, perak sulfat, perak perflorat, dan garam-garam yang mengandung perak lainnya. Zat-zat lain yang digunakan untuk pembuatan nanopartikel perak yaitu stabilisator, zat pengikat, zat pereduksi, aquades dan katalis untuk mempercepat reaksi (Chou *et al.*, 2008). Mailu (2010) melakukan sintesis nanopartikel perak dengan metode reduksi kimia karena prosesnya mudah dan sederhana. Garam perak yang digunakan yaitu perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ )  $1 \times 10^{-3}$  M dan zat pereduksinya adalah natrium sitrat ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ). Reaksi pembuatan nanopartikel perak dari  $\text{AgNO}_3$  dengan agen pereduksi natrium sitrat adalah sebagai berikut:



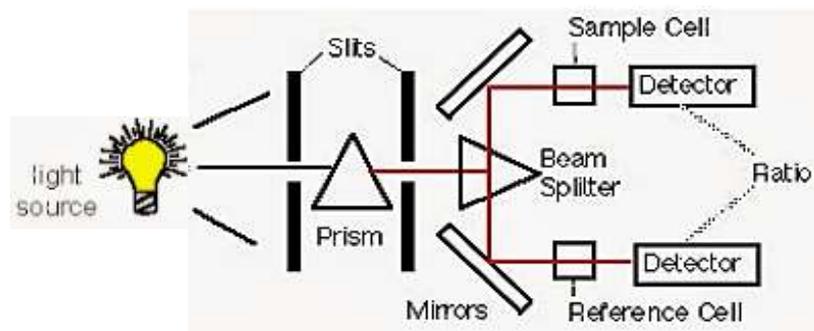
Keuntungan metode reduksi dibandingkan dengan metode lainnya menurut Chou *et al* (2008) diantaranya adalah mudah dilakukan, biaya murah, peralatan yang digunakan sederhana, dan cocok digunakan untuk skala kecil.

Pada umumnya ketika melakukan preparasi nanopartikel perak dengan metode reduksi kimia, ion logam direduksi oleh agen pereduksi dengan penambahan agen protektif untuk menstabilkan nanopartikel. Stabilitas nanopartikel memegang peranan yang sangat penting terutama ketika nanopartikel tersebut dikarakterisasi dan diaplikasikan ke dalam sebuah produk (Haryono *et al.*, 2008). Metode reduksi ini pernah dilakukan beberapa kali oleh para peneliti, diantaranya Guzman (2008) dan Mailu (2010). Guzman (2008) menggunakan perak nitrat sebagai *bulk*, hidrasin hidrat sebagai agen pereduksi dan dua agen stabilisator yaitu natrium sitrat dan SDS. Begitu pula dengan Mailu

(2010) yang juga menggunakan perak nitrat dan natrium sitrat. Namun, natrium sitrat disini digunakan sebagai agen pereduksi sekaligus sebagai agen stabilisator.

## 8. Spektrofotometer UV-Visibel

Spektrofotometri merupakan salah satu metode dalam kimia analisis yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Peralatan yang digunakan dalam spektrofotometri disebut spektrofotometer. Cahaya yang dimaksud tidak hanya UV, cahaya tampak, dan inframerah, tetapi juga bentuk lain dari radiasi elektromagnetik seperti sinar X, gelombang mikro, dan gelombang radio. Prinsip dan cara kerja dari spektrofotometer UV-Visibel dapat dijelaskan pada gambar berikut.



**Gambar 8.** Skema kerja spektrofotometer UV-Vis (Sharma, 2015)

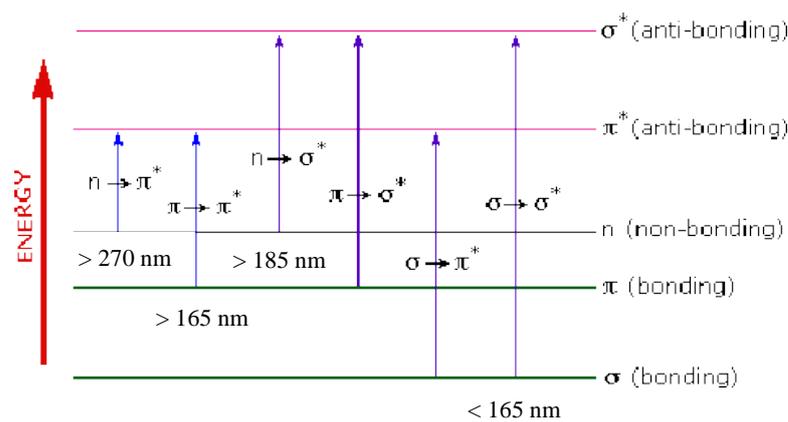
Gambar 8 menunjukkan seberkas cahaya polikromatis dari sumber radiasi dilewatkan pada sebuah celah dan diteruskan menuju prisma/monokromator untuk memecahkan cahaya dengan berbagai panjang gelombang. Cahaya dari monokromator akan melewati sebuah celah dengan melewati panjang

gelombang tertentu. Kemudian berkas cahaya tersebut akan terbagi menjadi dua arah karena adanya *beam splitter* yang akan membagi cahaya menjadi dua bagian. Masing-masing berkas cahaya yang dipantulkan akan melewati kuvet berisi larutan referensi (berisi pelarut dari larutan uji) dan kuvet berisi larutan uji, kemudian berkas cahaya yang melewati kedua kuvet ini dideteksi oleh detektor. Detektor akan menangkap cahaya tersebut dan mengubahnya menjadi spektrum yang diwujudkan dalam bentuk puncak pada panjang gelombang tertentu. Rentang panjang gelombang yang digunakan pada spektrofotometer UV-Vis yaitu 200-800 nm. (Sastrohamidjojo, 2013).

Proses terjadinya absorbansi cahaya pada spektrofotometer mengacu pada Hukum Lambert Beer yaitu ketika cahaya monokromatis ( $I_0$ ) mengenai suatu media (larutan) maka sebagian cahaya tersebut akan diserap ( $I_a$ ), sebagian akan dipantulkan ( $I_r$ ), dan sebagian akan diteruskan ( $I_t$ ). Jika suatu molekul dalam larutan tertentu menyerap energi dari cahaya UV dan cahaya tampak maka besarnya energi yang terserap menyebabkan terjadinya perpindahan elektron dari keadaan dasar menuju keadaan tereksitasi. Perpindahan elektron ini disebut transisi elektronik.

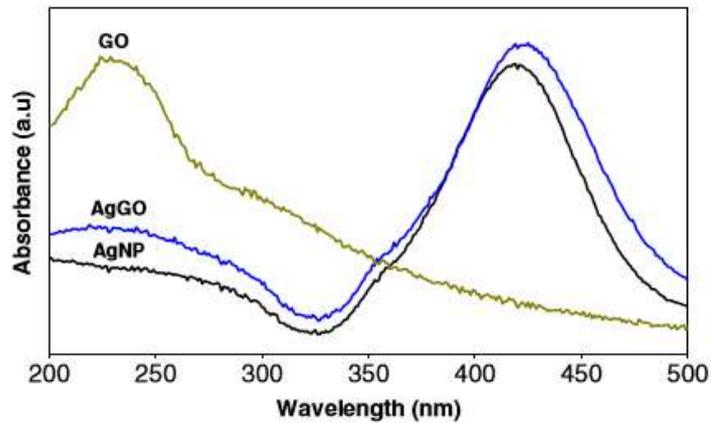
Jenis-jenis transisi elektron terbagi dalam tiga jenis utama orbital/tingkat energi molekul, yaitu orbital sigma ( $\sigma$ ); orbital pi ( $\pi$ ); dan orbital elektron bebas ( $n$ ). Masing-masing orbital molekul ini mempunyai suatu orbital  $\sigma^*$  atau  $\pi^*$  anti-ikatan yang berkaitan dengannya. Transisi-transisi elektron tersebut terjadi dari orbital ikatan ke orbital anti-ikatan. Transisi  $\pi \rightarrow \pi^*$  keadaan tereksitasi lebih

terkutub (polar) daripada keadaan dasar. Akibatnya, pada transisi  $\pi \rightarrow \pi^*$  dalam pelarut polar, absorpsi akan bergeser ke panjang gelombang lebih besar atau disebut efek batokromik (*red shift*). Sedangkan molekul yang mempunyai elektron bebas dapat berinteraksi dengan pelarut berikatan hidrogen dengan lebih baik dalam keadaan dasar daripada dalam keadaan tereksitasi. Akibatnya, absorpsi transisi  $n \rightarrow \pi^*$  akan bergerak ke panjang gelombang yang lebih kecil dalam pelarut polar atau disebut dengan pergeseran hipsokrom (*blue shift*) (Pavia *et al.*, 2014).



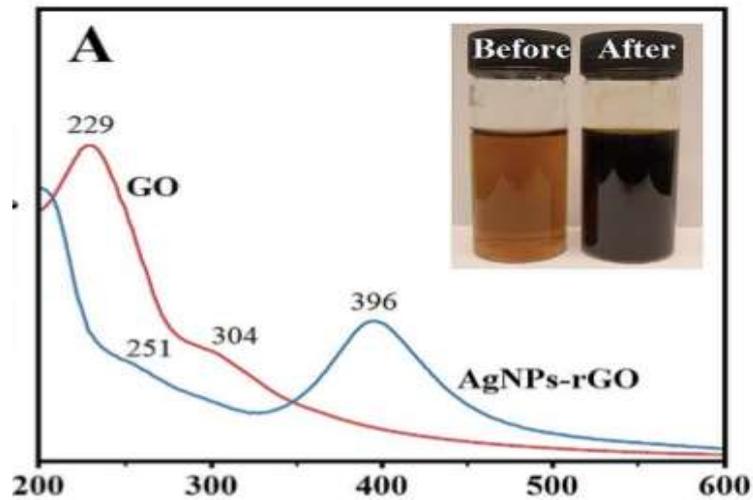
**Gambar 9.** Diagram transisi yang mungkin terjadi (Pavia *et al.*, 2014).

Sampel GO yang dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan puncak absorpsi yang kuat pada 230 nm yang disebabkan oleh transisi  $\pi \rightarrow \pi^*$  dari ikatan C-C aromatik, sementara transisi  $n \rightarrow \pi^*$  dari ikatan C = O diperoleh dari tepi dengan panjang gelombang 300 nm. AgNP dan AgGO masing-masing menunjukkan puncak absorpsi yang kuat pada 418 nm dan 420 nm, karena resonansi plasmon permukaan AgNP. Terdapat rentang absorpsi yang luas untuk sampel AgGO pada 210 nm sampai 240 nm, yang dapat dikaitkan dengan keberadaan GO (Chook *et al.*, 2012).



**Gambar 10.** Spektrum UV-Vis GO, AgNP, dan AgGO (Chook *et al.*, 2012)

Hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis yang dilakukan oleh Golsheikh *et al* (2014) dalam mensintesis komposit AgNP-rGO menunjukkan spektrum absorbansi UV-Vis dari GO dan AgNP-rGO. Pada spektrum UV-Vis GO, dua puncak karakteristik dapat diamati pada 229 nm dan 304 nm yang masing-masing dikaitkan dengan transisi  $\pi \rightarrow \pi^*$  dari transisi C=C aromatik dan transisi  $n \rightarrow \pi^*$  dari ikatan C=O. Setelah diberi perlakuan sonikasi pada larutan AgNP dan GO, puncak tersebut hilang dan dua puncak baru muncul pada 251 nm dan 396 nm yang menyerupai dengan reduksi GO dan resonansi plasmon permukaan masing-masing AgNP.

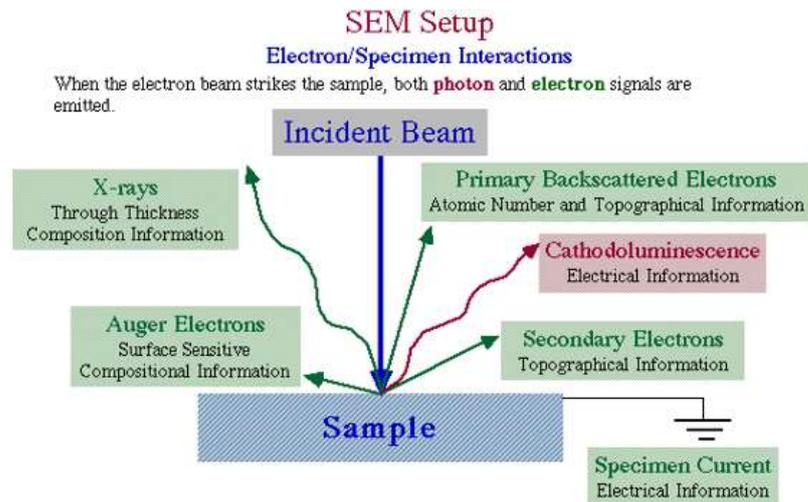


**Gambar 11.** Spektrum serapan UV-Vis larutan GO dan AgNP-rGO (Golsheikh *et al*, 2014)

### 9. *Scanning Electron Microscope* (SEM)

SEM digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan suatu bahan. Karakteristik bahan menggunakan SEM dimanfaatkan untuk melihat struktur topografi permukaan, ukuran butir, cacat struktural, dan komposisi pencemaran suatu bahan. Hasil yang diperoleh berupa *scanning electron macrograph* yang menyajikan bentuk tiga dimensi berupa gambar atau foto. Ada beberapa sinyal penting yang dihasilkan oleh SEM. Dari pantulan inelastis didapatkan sinyal elektron sekunder dan karakteristik sinar X sedangkan dari pantulan elastis

didapatkan sinyal *backscattered electron*. Sinyal -sinyal tersebut dijelaskan pada gambar di bawah ini.

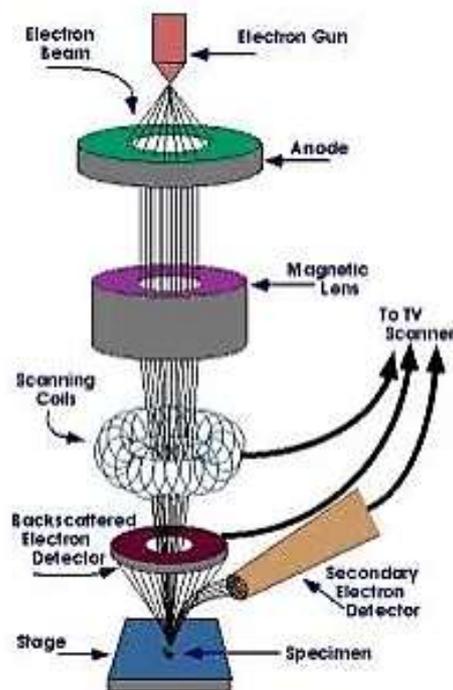


**Gambar 12.** Sinyal karakteristik yang dihasilkan SEM (Goldstein *et al*, 2007).

Gambar 12 menunjukkan bahwa elektron sekunder menghasilkan topografi dari benda yang dianalisa dengan permukaan yang tinggi berwarna lebih cerah dari permukaan rendah. Sedangkan *primary backscattered elektron* memberikan perbedaan berat molekul dari atom-atom yang menyusun permukaan. Atom dengan berat molekul tinggi akan berwarna lebih cerah daripada atom dengan berat molekul rendah (Goldstein *et al*, 2007).

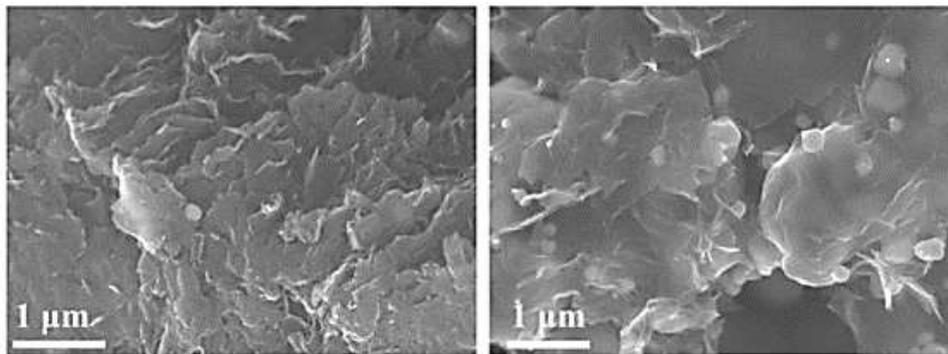
Pada sebuah alat SEM terdapat beberapa peralatan utama antara lain: pistol elektron, biasanya berupa filamen yang terbuat dari unsur yang mudah melepas elektron misal tungsten, lensa untuk elektron, berupa lensa magnetis karena elektron yang bermuatan negatif dapat dibelokkan oleh medan magnet., dan sistem vakum untuk menghilangkan molekul udara. Prinsip kerja dari SEM berupa suatu sumber elektron dari filamen yang terbuat dari tungsten

memancarkan berkas elektron. Tungsten biasanya digunakan pada elektron *gun* karena memiliki titik lebur tertinggi dan tekanan uap terendah dari semua logam sehingga memungkinkan dipanaskan untuk emisi elektron. Berkas elektron difokuskan oleh satu atau dua lensa kondensor ke titik yang diameternya sekitar 0,4 nm sampai 5 nm. Permukaan bahan yang dikenai berkas elektron akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. *Scanning* pada permukaan bahan yang dikehendaki dapat dilakukan dengan mengatur *scanning generator* dan *scanning coils*. Elektron sekunder hasil interaksi antara elektron dengan permukaan spesimen ditangkap oleh detektor *secondary electron* (SE) yang kemudian diolah dan diperkuat oleh amplifier dan kemudian divisualisasikan dalam monitor sinar katoda (Havancsak, 2016). Skema dasar SEM disajikan pada gambar 13.



**Gambar 13.** Skema dasar SEM (Havancsak, 2016)

SEM juga digunakan untuk menggambarkan posisi AgNP pada rGO dan untuk menghitung ukuran partikel nanopartikel yang tertanam pada rGO. Morfologi SEM dari sampel yang diunakan seperti ditunjukkan pada Gambar 14 bahwa partikel nano perak diendapkan dan disematkan pada rGO selama proses reaksi (Yoon *et al.*, 2015).

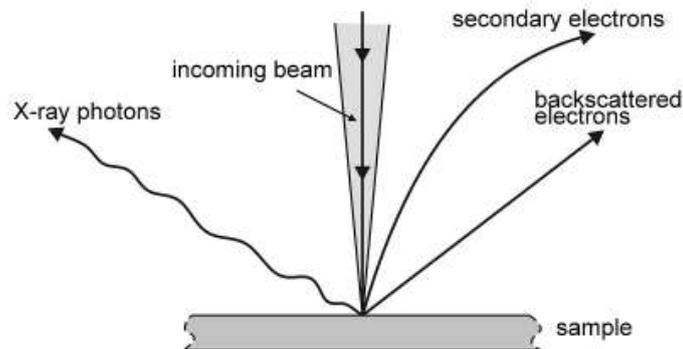


**Gambar 14.** Hasil SEM dari morfologi dan mikrostruktur AgNP- rGO (Yoon *et al.*, 2015).

#### **10. Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDX)**

EDX digunakan untuk menentukan komposisi kimia suatu bahan. EDX bekerja sebagai fitur yang terintegrasi dengan SEM dan tidak dapat bekerja tanpa SEM. Prinsip kerja dari EDX adalah menangkap dan mengolah sinyal fluoresensi sinar-X yang keluar apabila berkas elektron mengenai daerah tertentu pada bahan. Sinar-X tersebut dapat dideteksi dengan detektor zat padat yang dapat menghasilkan pulsa intensitas sebanding dengan panjang gelombang sinar-X. Gambar 15 memperlihatkan hamburan elektron-elektron apabila mengenai spesimen. Interaksi antara elektron dengan atom pada sampel akan menghasilkan pelepasan elektron energi rendah, foton sinar-X, dan elektron

Auger yang semuanya dapat digunakan untuk mengkarakterisasi material (Havancsak, 2016).



**Gambar 15.** Hamburan dari elektron yang jatuh pada lembaran tipis (Havancsak, 2016).

Elektron sekunder adalah elektron yang dipancarkan dari permukaan kulit atom terluar yang dihasilkan dari interaksi berkas elektron jatuh dengan padatan sehingga mengakibatkan terjadinya loncatan elektron yang terikat lemah dari pita konduksi. Elektron Auger adalah elektron dari kulit orbit terluar yang dikeluarkan dari atom ketika elektron tersebut menyerap energi yang dilepaskan oleh elektron lain yang jatuh ke tingkat energi yang lebih rendah.

Apabila berkas elektron mengenai sampel padat maka sebagian berkas yang jatuh tersebut akan dihamburkan kembali dan sebagian lagi akan menembus sampel. Untuk sampel yang tipis maka sebagian besar elektron akan diteruskan, beberapa elektron akan dihamburkan secara elastis tanpa kehilangan energi dan sebagian lagi akan dihamburkan secara tak elastis. Teknik ini juga dapat dimanfaatkan untuk mengamati unsur-unsur pada daerah kecil permukaan bahan secara kualitatif dan semi kuantitatif. Hal ini karena masing-masing unsur menyebar pada panjang gelombang spesifik.

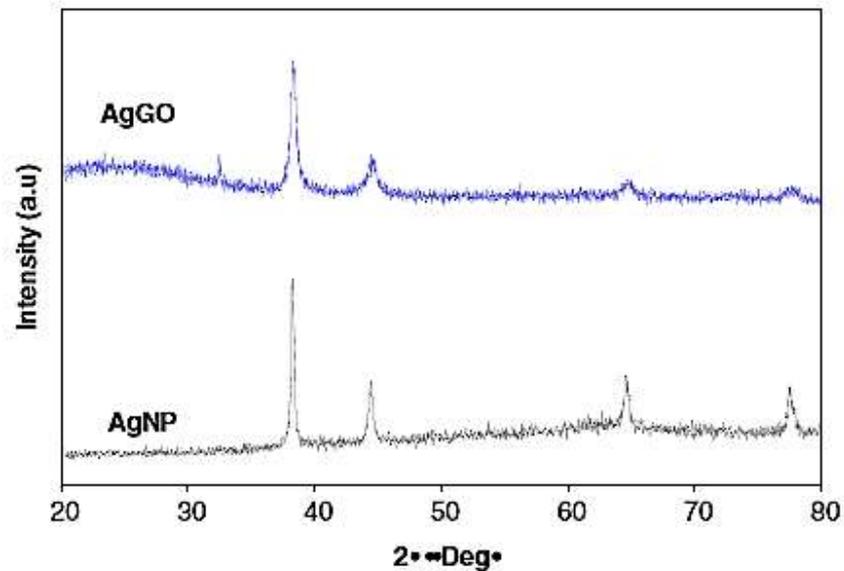
## 11. X-Ray Diffraction (XRD)

XRD pertama kali ditemukan oleh Max von Laue tahun 1913 dan pengembangannya dilakukan oleh Bragg. Difraksi sinar-X merupakan salah satu metode baku yang penting untuk mengkarakterisasi material. Sampai saat ini, metode difraksi sinar-X digunakan untuk mendapatkan informasi struktur kristal material logam maupun paduan, mineral, polimer, material organik, dan superkonduktor (Suharyana, 2012). XRD memberikan data-data difraksi dan kuantisasi intensitas difraksi pada sudut-sudut dari suatu bahan. Data yang diperoleh dari XRD berupa intensitas difraksi sinar-X yang terdifraksi dan sudut-sudut  $2\theta$ . Tiap pola yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu (Widyawati, 2012).

Pola difraktogram yang dihasilkan berupa deretan puncak-puncak difraksi dengan intensitas relatif bervariasi sepanjang nilai  $2\theta$  tertentu. Besarnya intensitas relatif dari deretan puncak-puncak tersebut bergantung pada jumlah atom atau ion yang ada, dan distribusinya di dalam sel satuan material tersebut. Pola difraksi setiap padatan kristalin sangat khas, yang bergantung pada kisi kristal, unit parameter, dan panjang gelombang sinar X yang digunakan. Dengan demikian, sangat kecil kemungkinan dihasilkan pola difraksi yang sama untuk suatu padatan kristalin yang berbeda.

Gambar 16 menunjukkan spektrum XRD pada sampel AgNP dan AgGO. Pembentukan AgNP dipastikan dengan adanya pola difraksi struktur kristal perak, yang sesuai dengan pola XRD menggunakan standar JCPDS. Puncak difraksi untuk kedua sampel yaitu pada  $38.1^\circ$ ,  $44.3^\circ$ ,  $64.5^\circ$  dan  $77.4^\circ$  mewakili

bidang kristalografi dari (111), (200), (220), dan (311) untuk jenis FCC kristal perak (Chook *et al.*, 2012).



**Gambar 16.** Spektrum XRD pada AgNP dan AgGO (Chook *et al.*, 2012)

## 12. Spektrofotometer FTIR

Spektrofotometer FTIR merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk identifikasi senyawa, khususnya senyawa organik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan dengan melihat bentuk spektrumnya yaitu dengan melihat puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa tersebut. Sedangkan analisis kuantitatif dapat dilakukan dengan menggunakan senyawa standar yang dibuat spektrumnya pada berbagai variasi konsentrasi.

Bila radiasi inframerah dilewatkan melalui suatu cuplikan, maka molekul-molekulnya dapat menyerap (mengabsorpsi) energi dan terjadilah transisi diantara tingkat vibrasi (ground state) dan tingkat vibrasi tereksitasi (excited state). Sebagian radiasi sinar infra merah tersebut diserap (diadsorpsi) oleh

molekul dan sebagian lagi diteruskan (ditransmisikan) melalui molekul tersebut. Pengabsorpsian energi pada berbagai frekuensi dapat dideteksi oleh spektrofotometer inframerah yang memplot jumlah radiasi inframerah yang diteruskan melalui cuplikan sebagai fungsi frekuensi (atau panjang gelombang) radiasi. Plot tersebut adalah spektrum inframerah yang memberikan informasi penting tentang gugus fungsional suatu molekul (Kristianingrum, 2014).

Sinar inframerah memiliki rentang panjang gelombang dari 2.5  $\mu\text{m}$  sampai 25  $\mu\text{m}$ . Adapun frekuensi sinar IR memiliki rentang dari 400  $\text{cm}^{-1}$  sampai 4000  $\text{cm}^{-1}$ . Pada alat spektrofotometri IR, satuan bilangan gelombang merupakan satuan yang umum digunakan. Bilangan gelombang adalah jumlah gelombang per 1 cm, yang merupakan kebalikan dari panjang gelombang. Nilai bilangan gelombang berbanding terbalik terhadap frekuensi atau energinya. Bilangan gelombang dan panjang gelombang dapat dikonversi satu sama lain menggunakan persamaan di bawah (Nugraha, 2016):

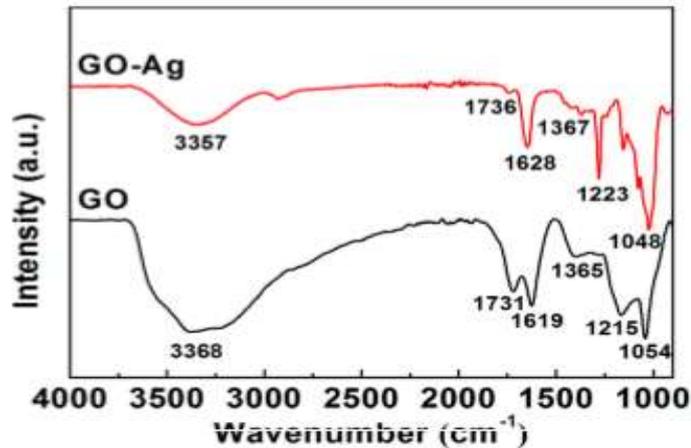
$$\nu (\text{cm}^{-1}) = 1/\lambda (\mu\text{m}) \times 10^4$$

Informasi absorpsi inframerah pada umumnya diberikan dalam bentuk spektrum dengan panjang gelombang ( $\mu\text{m}$ ) atau bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) sebagai absis x dan intensitas absorpsi atau persen transmittan sebagai ordinat y. Untuk memperoleh interpretasi lebih jelas dibutuhkan tabel korelasi dari inframerah yang dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Korelasi bilangan gelombang dengan jenis ikatan (Nugraha, 2016).

Gugus	Jenis Senyawa	Daerah Serapan( $\text{cm}^{-1}$ )
C-H	alkana	2850-2960, 1350-1470
C-H	alkena	3020-3080, 675-870
C-H	aromatik	3000-3100, 675-870
C-H	alkuna	3300
C=C	alkena	1640-1680
C=C	aromatik(cincin)	1500-1600
C-O	alkohol, eter ,asam karboksilat, ester	1080-1300
C=O	aldehida, keton, asam karboksilat, ester	1690-1760
O-H	alkohol, fenol(monomer)	3610-3640
O-H	alkohol, fenol(ikatanH)	2000-3600(lebar)
O-H	asamkarboksilat	3000-3600(lebar)
N-H	amina	3310-3500
C-N	amina	1180-1360
NO <sub>2</sub>	nitro	1515-1560, 1345-1385

Pengukuran FTIR dapat dilakukan untuk menyelidiki interaksi antara GO dan AgNP. Gambar 18 menunjukkan spektrum FTIR nanokomposit GO dan GO-Ag.



**Gambar 17.** Spektrum FTIR GO dan GO-Ag *nanocomposite* (Shao *et al.*, 2015)

Dalam kasus GO, puncak dengan intensitas yang tinggi berpusat pada 3416  $\text{cm}^{-1}$  sesuai dengan kelompok gugus O-H, dan puncak kuat pada 1728  $\text{cm}^{-1}$  sesuai dengan vibrasi regangan (*stretching*) dari gugus karboksilat C=O. Puncak pada 1621  $\text{cm}^{-1}$  dikaitkan dengan vibrasi skeletal dari ikatan C=C aromatik atau ikatan hidrogen intramolekuler. Puncak lain berada pada 1365, 1215, dan 1054  $\text{cm}^{-1}$  sesuai dengan deformasi C-O-H, regangan C-H (kelompok epoksi), dan vibrasi regangan C-O (masing-masing kelompok alkoksi). Oleh karena itu, hal ini membuktikan adanya kelimpahan gugus hidroksil dan kelompok oksigen di permukaan GO, yang membuat GO lebih mudah untuk modifikasi lebih lanjut seperti dengan AgNP.

Untuk nanokomposit GO-Ag, posisi puncak gugus fungsional di GO tetap ada, dan bentuknya serupa. Secara khusus, intensitas peregangan karbonil C=O (1736  $\text{cm}^{-1}$ ) menurun, sedangkan getaran C=C aromatik (1628  $\text{cm}^{-1}$ ) *nanosheets* GO meningkat.

Perubahan ini dapat membuktikan bahwa ada interaksi antara AgNP dan kelompok fungsional yang mengandung oksigen (yaitu, -COOH) dari nanosheets GO dengan membentuk ikatan kimia (Shao *et al.*, 2015).

## **B. Kerangka Berpikir**

Penelitian ini berfokus pada sintesis GO yang dikombinasikan dengan AgNP dalam fasa cair. Sintesis GO-AgNP tersebut divariasikan konsentrasi larutannya sebesar 1 mM, 2 mM, 3 mM, dan 4 mM. Hal ini dilakukan untuk menyelidiki interaksi antara lembaran GO dan AgNP, serta pengaruh AgNP terhadap sifat-sifat pembentukan grafena. Sintesis GO-AgNP dimulai dengan membuat dua jenis larutan, yaitu larutan AgNP dan larutan grafit. Sintesis larutan AgNP dilakukan dengan metode reduksi kimia menggunakan serbuk perak nitrat sebagai bahan dasar dan serbuk trisodium sitrat sebagai agen pereduksi dan agen stabilisator. Metode reduksi kimia dipilih karena langkah kerja yang mudah, cepat, dan murah untuk menghasilkan nanopartikel perak. Sintesis larutan grafit dilakukan dengan cara mencampurkan antara larutan aquades dan serbuk grafit menggunakan blender. Setelah didapatkan dua jenis larutan tersebut maka sintesis GO-AgNP dilakukan dengan metode LSE yaitu mencampurkan larutan AgNP dan larutan grafit yang akan diberi perlakuan sonikasi selama 6 jam. Metode LSE digunakan karena caranya yang mudah, murah, dan efisien namun dapat menghasilkan lembaran GO dengan kualitas yang baik (Wang *et al.*, 2014).

Sampel yang telah diberi perlakuan sonikasi akan dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, SEM-EDX, XRD, dan FTIR. Karakterisasi spektrofotometer UV-Vis dilakukan untuk mengetahui keberadaan GO dan AgNP pada larutan. Karakterisasi SEM-EDX untuk mengetahui gambar struktur morfologi yang terbentuk dan mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam sampel. Karakterisasi XRD untuk mengetahui perubahan struktur kristal yang terbentuk, dan spektrofotometer FTIR untuk mengetahui gugus fungsional penyusun yang dimiliki oleh sampel. Beberapa karakterisasi tersebut dilakukan untuk mengetahui hasil dari pengaruh AgNP terhadap pembentukan GO serta menentukan tingkat keberhasilan dalam sintesis GO-AgNP.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

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

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

- a. Sintesis GO-AgNP dilakukan di Laboratorium Koloid lantai 2 Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.
- b. Pengujian bahan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan XRD dilakukan di laboratorium Kimia Analitik lantai 2 Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.
- c. Pengujian bahan menggunakan SEM-EDX dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT), Universitas Gadjah Mada.
- d. Pengujian bahan menggunakan FTIR dilakukan di Laboratorium Pengujian Terpadu, Fakultas MIPA, Universitas Islam Indonesia.

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

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2017 sampai bulan Januari 2018.

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

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

Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah konsentrasi larutan nanopartikel perak (AgNP) pada proses sintesis larutan GO-AgNP.

## **2. Variabel Terikat**

Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah

- a. panjang gelombang pada puncak absorbansi hasil uji UV-Vis,
- b. gambar morfologi dan komposisi kimia hasil uji SEM-EDX untuk memperoleh parameter ukuran diameter partikel dan kandungan unsur dalam sampel,
- c. parameter kisi struktur kristal hasil uji XRD, dan
- d. angka gelombang pada sampel hasil uji FTIR untuk memperoleh parameter gugus fungsional.

## **3. Variabel Kontrol**

Variabel kontrol yang digunakan pada penelitian ini adalah

- a. massa serbuk grafit,
- b. volume larutan GO,
- c. frekuensi sonikasi, dan
- d. lama waktu sonikasi.

## **C. Alat dan Bahan**

### **1. Alat-alat penelitian**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a. blender merk Miyako BL102PL dengan kapasitas 1 liter, daya 200 watt, dan voltase 220 V, frekuensi 50 Hz (1 set),
- b. gelas kimia 200 ml (4 buah),
- c. gelas ukur 25 ml (1 buah),

- d. neraca ohaus digital merk Scout Pro dengan batas ukur 2000 mg(1 buah),
- e. oven merk Mitseda *Electric Oven* dengan batas ukur 250°C (1 buah),
- f. botol sampel (20 buah),
- g. wadah sampel (10 buah),
- h. tabung reaksi (5 buah),
- i. pengaduk (1 buah),
- j. heater (1 set),
- k. termometer alkohol merk Nikida panjang 30 cm dan rentang suhu -10°C sampai 110°C (1 buah),
- l. penjepit kayu (5 buah),
- m. kaca preparat (5 buah),
- n. pemotong kaca (1 buah),
- o. *tweeter piezoelectric* model P234 dengan diameter 27 mm (6 buah),
- p. pipet tetes (2 buah),
- q. plastik klip (1 bungkus),
- r. AFG sebagai pembangkit sinyal frekuensi merk Speco dengan batas ukur 2 MHz (1 buah),
- s. ampliflier sebagai penguat sinyal dari AFG merk Uchida TA-2MS(1 buah),
- t. spektrofotometer UV-Vis merk Shimadzu UV-4250 (1 unit),
- u. SEM-EDX merk JEOL, tipe JSM-6510LA (1 unit),
- v. XRD merk Rigaku Miniflex600 (1 unit),
- w. spektrofotometer FTIR merk Nicolet Avatar (1 unit).

## **2. Bahan-bahan penelitian**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a. perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) (1 gram),
- b. trisodium sitrat ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ) (1 gram),
- c. aquades (1 liter),
- d. grafit dari limbah baterai Zn-C (20 buah),
- e. alkohol 70% (secukupnya).

## **D. Langkah Pengambilan Data**

Penelitian yang dilakukan dibagi dalam dua tahap. Tahap pertama adalah tahap preparasi dan sintesis larutan GO-AgNP. Tahap kedua adalah tahap karakterisasi sampel GO-AgNP.

### **1. Tahap preparasi dan sintesis larutan GO-AgNP**

- a. Pembuatan larutan  $\text{AgNO}_3$  (perak nitrat)

Penggunaan  $\text{AgNO}_3$  merupakan bahan utama yang digunakan untuk mensintesis larutan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi 1 mM, 2 mM, 3 mM, dan 4 mM. Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
- 2) Membuat larutan perak nitrat dengan variasi konsentrasi yaitu dilakukan dengan pengenceran dimulai dari konsentrasi 4 mM.

3) Menghitung massa  $\text{AgNO}_3$  yang akan digunakan untuk konsentrasi

4 mM, dapat digunakan rumus:  $M = \frac{\text{massa}}{\text{mr}} \times \frac{1000}{v}$

$$M = \frac{\text{massa}}{\text{mr}} \times \frac{1000}{v} \rightarrow 0,004 = \frac{\text{massa}}{170} \times \frac{1000}{300} \rightarrow \text{massa} = 0,204 \text{ gr}$$

sehingga diperoleh massa  $\text{AgNO}_3$  sebesar 0,204 gram.

4) Menimbang  $\text{AgNO}_3$  sebanyak 0,204 gram kemudian mencampurkannya dengan 300 ml aquades ke dalam gelas kimia secara bersamaan sedikit demi sedikit.

5) Campuran  $\text{AgNO}_3$  dan aquades diaduk sampe merata.

6) Memisahkan setengah dari larutan tersebut sebanyak 150 ml ke dalam wadah untuk konsentrasi 4 mM dan 150 ml sisanya untuk dilakukan pengenceran pada konsentrasi 3 mM dan berlaku seterusnya.

7) Membuat larutan  $\text{AgNO}_3$  1 mM, 2 mM, dan 3 mM dilakukan dengan pengenceran, yaitu dengan rumus  $M_1 \times v_1 = M_2 \times v_2$

untuk konsentrasi 3 mM

$$\begin{aligned} M_1 \times v_1 &= M_2 \times v_2 \\ 4 \text{ mM} \times 150 \text{ ml} &= 3 \text{ mM} \times v_2 \\ v_2 &= 200 \text{ ml} \end{aligned}$$

untuk konsentrasi 2 mM

$$\begin{aligned} M_1 \times v_1 &= M_2 \times v_2 \\ 3 \text{ mM} \times 100 \text{ ml} &= 2 \text{ mM} \times v_2 \\ v_2 &= 150 \text{ ml} \end{aligned}$$

untuk konsentrasi 1 mM

$$\begin{aligned}M_1 \times v_1 &= M_2 \times v_2 \\2 \text{ mM} \times 50 \text{ ml} &= 1 \text{ mM} \times v_2 \\v_2 &= 100 \text{ ml}\end{aligned}$$

- 8) Proses pengenceran dilakukan setelah mengetahui besar volume yang dibutuhkan tiap konsentrasi. Pada konsentrasi 3 mM dibuat dengan menambahkan 50 ml aquades ke dalam 150 ml  $\text{AgNO}_3$  4 mM sambil diaduk merata sehingga diperoleh volume akhir sebesar 200 ml. Kemudian 100 ml dari larutan tersebut diambil dan dimasukkan ke dalam wadah untuk konsentrasi 3 mM.
- 9) Untuk konsentrasi 2 mM dibuat dengan menambahkan 50 ml aquades ke dalam 100 ml  $\text{AgNO}_3$  3 mM sambil diaduk merata sehingga diperoleh volume akhir sebesar 150 ml. Kemudian 100 ml dari larutan tersebut diambil dan dimasukkan ke dalam wadah untuk konsentrasi 2 mM.
- 10) Untuk konsentrasi 1 mM dibuat dengan menambahkan 50 ml aquades ke dalam 50 ml  $\text{AgNO}_3$  2 mM sambil diaduk merata sehingga diperoleh volume akhir sebesar 100 ml. Larutan tersebut dimasukkan ke dalam wadah untuk konsentrasi 1 mM.



**Gambar 18.** Larutan AgNO<sub>3</sub> 1 mM, 2 mM, 3 mM, dan 4 mM

b. Pembuatan larutan trisodium sitrat (Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>) 1%

Pembuatan larutan trisodium sitrat 1% diawali dengan perhitungan persentase Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub> 1% menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\text{massa zat terlarut}}{\text{volume pelarut}} \times 100\% = \frac{0,5 \text{ gram}}{50 \text{ ml}} \times 100\% = 1 \%$$

Setelah mendapatkan hasil perhitungan persentase, kemudian menimbang Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub> sebanyak 0,5 gram dan mencampurkannya dengan 50 ml aquades ke dalam gelas kimia secara bersamaan sedikit demi sedikit. Campuran tersebut diaduk sampai merata.

c. Pembuatan nanopartikel perak 1 mM, 2 mM, 3 mM, dan 4 mM

Sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan metode reduksi kimia yaitu mereaksikan larutan AgNO<sub>3</sub> tiap konsentrasi dengan larutan trisodium sitrat sebagai agen pereduksi dan stabiliator. Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan 2 ml larutan AgNO<sub>3</sub> 1 mM, 2 mM, 3 mM, dan 4 mM ke dalam tabung reaksi.
- 2) Memanaskan masing-masing konsentrasi larutan AgNO<sub>3</sub> tersebut menggunakan *heater* selama 10 menit (Putri, 2015) untuk menguraikan perak nitrat membentuk oksidanya. Sesuai dengan reaksi kimia sebagai berikut.



**Gambar 19.** Pemanasan larutan AgNO<sub>3</sub> menggunakan *heater*.

- 3) Kemudian mengangkat tabung-tabung tersebut dan menambahkan 5 tetes Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub> 1% ke dalam masing-masing tabung reaksi.
- 4) Memanaskan kembali larutan hingga warna larutan berubah menjadi kekuning-kuningan. Warna kekuningan merupakan salah satu indikasi terbentuknya nanopartikel perak.



**Gambar 20.** Nanopartikel perak yang telah selesai dibuat.

- 5) Melakukan uji UV-Vis dari keempat variasi konsentrasi nanopartikel perak untuk mendapatkan hasil puncak terbaik yang akan digunakan pada campuran selanjutnya (hasil uji terlampir).

d. Pembuatan larutan grafit

Larutan grafit dibuat dengan proses pencampuran mekanik yaitu memblender serbuk grafit dengan aquades agar diperoleh campuran yang merata. Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
- 2) Menimbang serbuk grafit yang telah dihaluskan dari batang karbon Zn-C sebanyak 1 gram.
- 3) Mencampurkan serbuk graphite dengan 100 ml aquades menggunakan blender dengan kecepatan rotasi  $\pm 12.000$  rpm selama 3 menit.
- 4) Memasukkan dan menyimpan larutan tersebut ke dalam wadah.



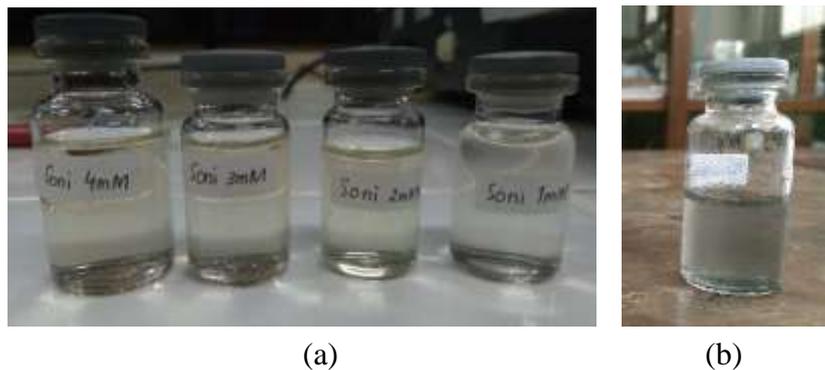
**Gambar 21.** Larutan grafit hasil pencampuran menggunakan blender.

e. Sintesis larutan GO terkombinasi AgNP (GO-AgNP)

Larutan GO-AgNP disintesis menggunakan metode LSE yang sebelumnya dilakukan pencampuran antara larutan AgNP dengan larutan grafit. Campuran tersebut kemudian disonikasi selama 6 jam. Langkah-langkah pembuatan dapat dilihat sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan larutan grafit dan nanopartikel perak tiap konsentrasi yang telah dibuat.
- 2) Mengencerkan 2 ml nanopartikel perak masing-masing konsentrasi ke dalam 50 ml aquades, lalu menyiapkan larutan grafit sebanyak 50 ml.
- 3) Mencampurkan kedua larutan tersebut secara bersamaan dan sedikit demi sedikit sambil diaduk hingga merata.
- 4) Menyiapkan 50 ml larutan grafit untuk dilakukan sonikasi tanpa campuran.

5) Melakukan sonikasi dengan cara eksfoliasi sampel dalam fasa cair menggunakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 30 kHz selama 6 jam untuk memperoleh lembaran GO yang tipis. Hal ini mengacu pada penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa semakin tinggi frekuensi dan waktu sonikasi akan menghasilkan lembaran GO yang lebih tipis (Wisnuwijaya, 2017; Aisyah 2016). Larutan yang telah disonikasi lalu didiamkan selama semalam untuk memisahkan endapan berupa kumpulan lapisan *graphene* yang masih tebal dalam larutan.



**Gambar 22.** Larutan yang telah didiamkan semalam: (a) larutan GO-AgNP variasi konsentrasi, (b) larutan GO

## 2. Tahap karakterisasi sampel GO-AgNP

### a. Karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis

Karakterisasi sampel UV-Vis dilakukan dalam bentuk larutan, yaitu pada sampel larutan AgNP dengan variasi konsentrasi, larutan grafit, larutan GO dengan dan tanpa sonikasi, serta larutan GO-AgNP dengan variasi konsentrasi.

b. Karakterisasi menggunakan SEM-EDX

Karakterisasi sampel menggunakan SEM-EDX dilakukan dengan menempelkan sampel larutan GO-AgNP pada kaca preparat berukuran  $1 \times 1 \text{ cm}^2$ . Menempelkan sampel larutan tersebut dilakukan dengan cara mencelupkan kaca preparat ke dalam loyang yang berisi sampel larutan. Selanjutnya sampel yang menempel pada kaca preparat tersebut dioven pada suhu  $250^\circ\text{C}$  selama 10 menit supaya larutan pada sampel mengering dan menempel dengan baik pada kaca preparat kemudian didinginkan. Sedangkan untuk sampel larutan GO digunakan serbuk dari larutan GO yang telah dipanaskan untuk diuji menggunakan SEM-EDX. Sampel GO dan GO-AgNP yang telah dingin kemudian diuji menggunakan SEM-EDX.

c. Karakterisasi menggunakan XRD

Karakterisasi sampel menggunakan XRD juga dilakukan dalam bentuk lapisan tipis yang menempel pada kaca preparat berukuran  $1 \times 1 \text{ cm}^2$ . Sampel yang diujikan adalah sampel larutan GO dan GO-AgNP 4 mM.

d. Karakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR

Karakterisasi sampel FTIR dilakukan dalam bentuk larutan dengan 2 variasi sampel yaitu sampel larutan GO dan larutan GO-AgNP 4 mM yang telah dipilih berdasarkan hasil uji sebelumnya.

## **E. Teknik Pengumpulan Data**

### **1. Hasil pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis**

Pengujian dengan spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui panjang gelombang serapan dan puncak absorbansi. Rentang panjang gelombang yang digunakan untuk uji UV-Vis berkisar pada 200-800 nm. Rentang panjang gelombang ini dipilih karena pengujian sampel menggunakan sinar UV yang berada pada rentang 200-400 nm dan sinar tampak (*visible*) pada rentang 400-800 nm.

### **2. Hasil pengujian menggunakan SEM-EDX**

Pengujian SEM-EDX dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan dari sampel GO dan GO-AgNP 4 mM serta untuk mengetahui komposisi kimia yang terdapat pada kedua sampel.

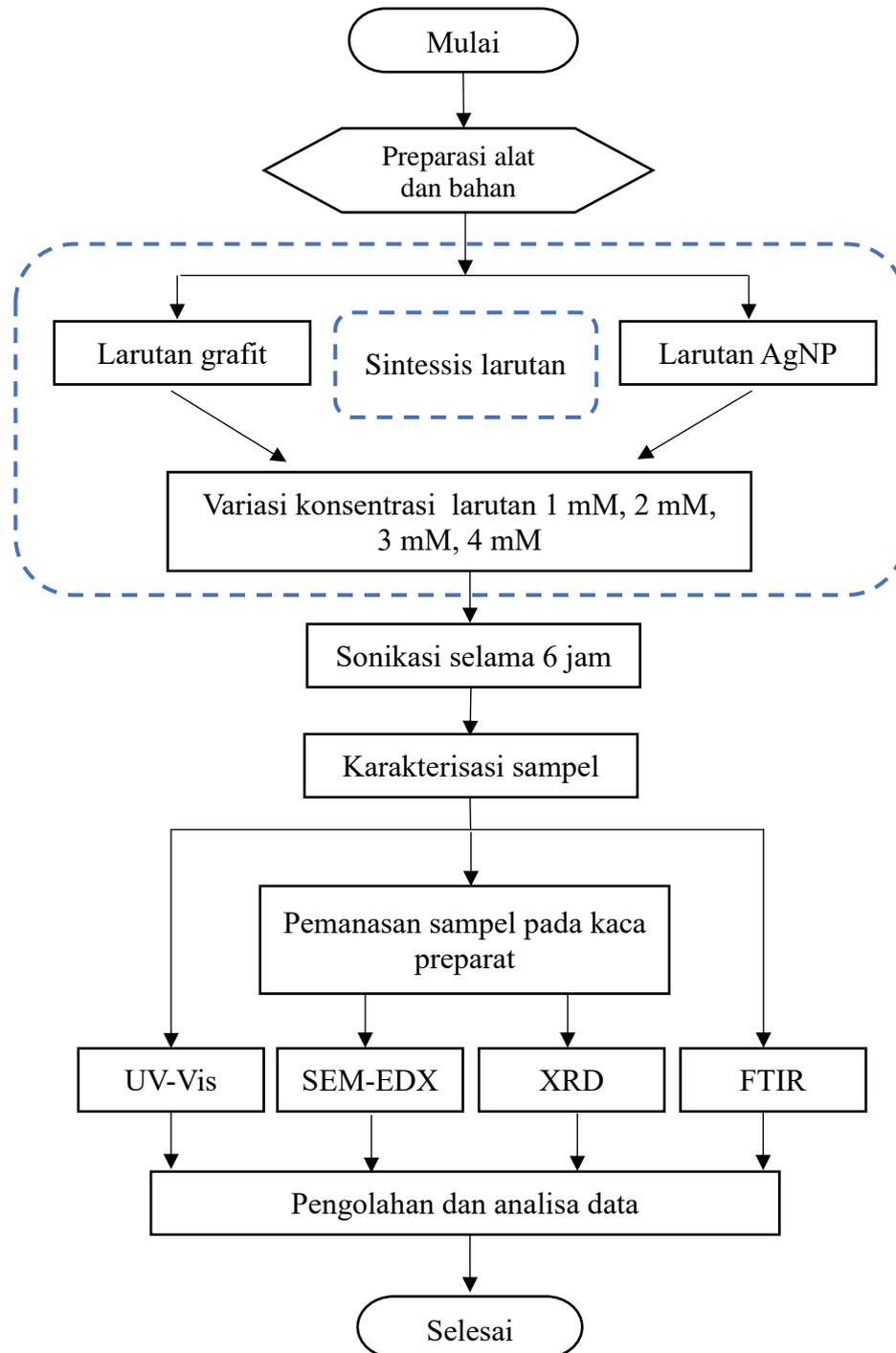
### **3. Hasil pengujian menggunakan XRD**

Pengujian XRD digunakan untuk menentukan struktur kristal dan parameter kisi dari sampel. Data yang diperoleh dari karakterisasi XRD berupa difaktogram. Difaktogram menunjukkan intensitas sebagai fungsi sudut difraksi ( $2\theta$ ).

### **4. Hasil pengujian menggunakan spektrofotometer FTIR**

Pengujian dengan FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsional yang terdapat pada sampel dengan menunjukkan grafik nilai transmitansi dan angka gelombang.

## F. Diagram Alur Penelitian



**Gambar 23.** Diagram alur tahap penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Sintesis GO-AgNP

Proses sintesis GO-AgNP pada penelitian ini dilakukan dalam 2 tahap, yaitu dengan metode reduksi kimia dan dilanjutkan dengan metode LSE. Pada proses sintesis ini digunakan variasi konsentrasi AgNP sebanyak 1 mM, 2 mM, 3 mM, dan 4 mM. Hasil sintesis AgNP dengan menggunakan metode reduksi kimia dapat diamati perubahan warna larutan dari larutan  $\text{AgNO}_3$  yang bening menjadi kuning muda hingga berwarna kecokelatan. Perubahan warna tersebut adalah salah satu indikator terbentuknya nanopartikel perak. Hasil reaksi dapat dilihat secara fisis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 24 di bawah ini.

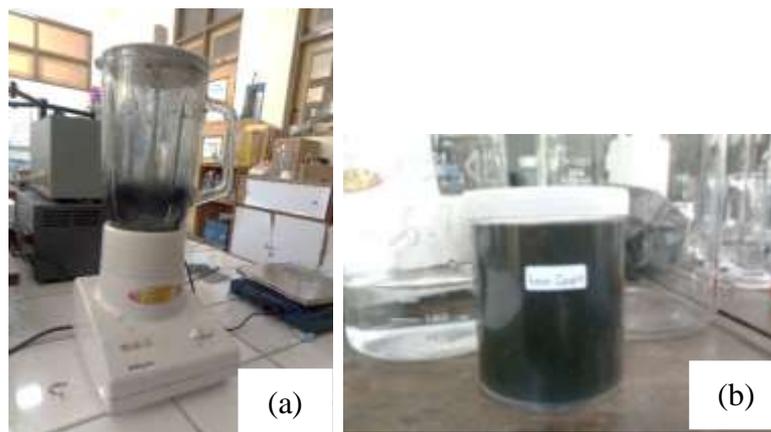


**Gambar 24.** Larutan dengan variasi konsentrasi: a) larutan  $\text{AgNO}_3$  dan b) larutan AgNP.

Gambar 24(a) menunjukkan variasi konsentrasi larutan  $\text{AgNO}_3$  sebelum dilakukan pemanasan menjadi larutan AgNP. Terlihat masing-masing variasi larutan  $\text{AgNO}_3$  tidak terdapat perbedaan warna. Sedangkan hasil sintesis larutan

AgNP yang terlihat pada Gambar 24(b) menunjukkan perbandingan warna sampel AgNP untuk setiap variasi konsentrasi larutan. Perbedaan warna dapat terlihat jelas dari kiri ke kanan pada warna larutan AgNP yang semakin pekat. Semakin besar konsentrasi larutan maka warna larutan juga semakin pekat, yaitu dari warna kuning terang pada konsentrasi larutan 1 mM hingga warna kuning pekat pada konsentrasi larutan 4 mM.

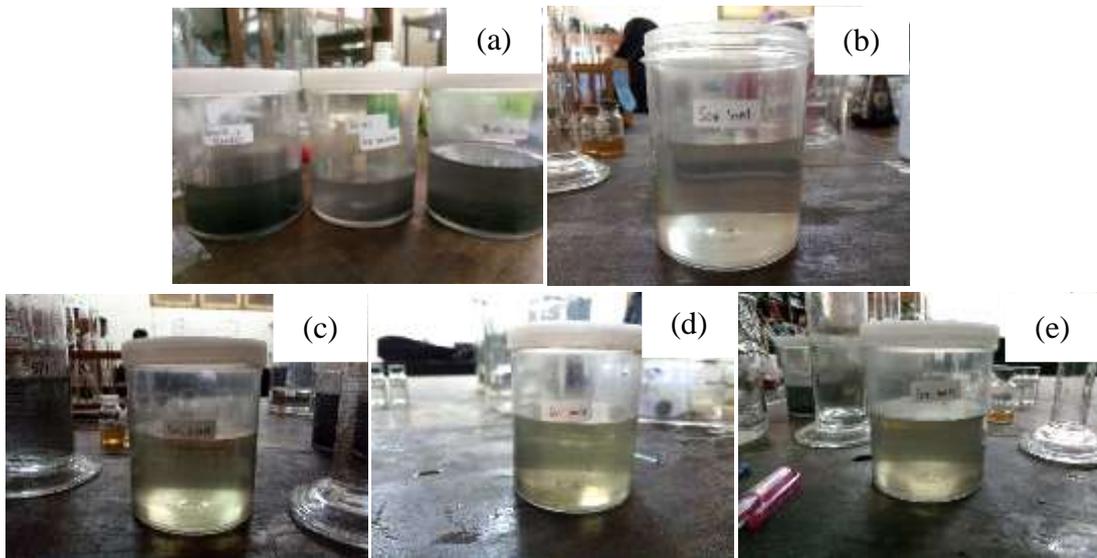
Sintesis selanjutnya adalah larutan grafit yang akan digunakan dalam sintesis GO-AgNP. Hasil dan proses pencampuran serbuk grafit dengan aquades dapat dilihat pada Gambar 25.



**Gambar 25.** Larutan grafit: (a) proses pencampuran menggunakan blender, (b) larutan grafit yang telah diblender.

Gambar 25(a) merupakan proses pencampuran mekanik serbuk grafit dan aquades menggunakan blender, sedangkan Gambar 25(b) menunjukkan larutan grafit yang telah diblender selama 3 menit. Sampel di atas menunjukkan bahwa larutan hasil blender memiliki warna hitam pekat dikarenakan mengecilnya ukuran partikel pada larutan grafit selama pemblenderan berlangsung dan juga masih terdapatnya endapan grafit sisa pemblenderan.

Hasil sintesis selanjutnya adalah campuran larutan GO-AgNP yang telah disonikasi selama 6 jam menggunakan frekuensi sebesar 30 kHz. Sebagai perbandingan hasil larutan GO-AgNP, diperlukan larutan GO yang juga dihasilkan dari proses sonikasi larutan grafit selama 6 jam. Sampel yang telah diberi perlakuan sonikasi didiamkan selama 1 hari dengan tujuan untuk memisahkan endapan berupa kumpulan lapisan *graphene* yang masih tebal dalam larutan. Hasil sonikasi dapat dilihat pada Gambar 26.



**Gambar 26.** Perbandingan larutan hasil sonikasi: (a) larutan GO, (b) larutan GO-AgNP 1 mM, (c) larutan GO-AgNP 2 mM, (d) larutan GO-AgNP 3 mM, (e) larutan GO-AgNP 4 mM.

Gambar 26 menunjukkan perbandingan sampel larutan GO dan larutan GO-AgNP hasil sonikasi. Gambar 26(b), (c), (d), dan (e) menunjukkan perbedaan warna yang terlihat jelas pada larutan GO-AgNP dengan variasi konsentrasi larutan. Semakin besar konsentrasi larutan maka warna larutan juga semakin pekat, yaitu dari warna kuning terang (hampir tak berwarna) hingga kuning keruh.

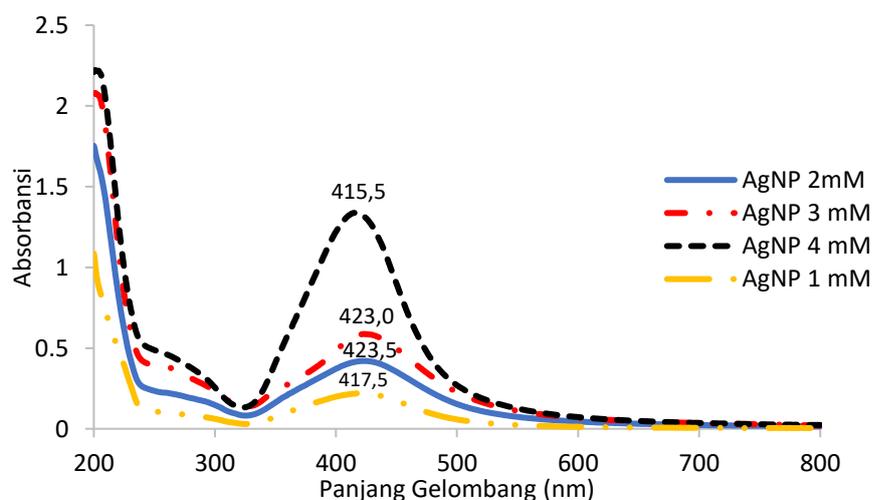
Sedangkan untuk larutan GO pada Gambar 26(a) yang digunakan adalah larutan berwarna bening kehitaman yang telah dipisahkan dari endapan larutan grafit.

## B. Pengaruh GO Terkombinasi AgNP Berdasarkan Hasil Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis, SEM-EDX, XRD, dan FTIR

### 1. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis

Karakterisasi spektrofotometer UV-Vis menunjukkan hubungan panjang gelombang dalam nanometer dengan besarnya absorbansi larutan yang diuji. Rentang panjang gelombang yang digunakan sesuai dengan panjang gelombang spektrum ultraviolet dan cahaya tampak (*visible*) yaitu dari 200 nm hingga 800 nm.

Pada penelitian ini, sampel hasil sintesis variasi konsentrasi AgNP dilakukan pengujian UV-Vis terlebih dahulu untuk mengetahui tingkat keberhasilan sintesis AgNP serta untuk menunjukkan ada tidaknya nanopartikel perak yang dihasilkan dengan variasi konsentrasi larutan. Hasil karakterisasi spektrofotometer UV-Vis untuk variasi konsentrasi larutan AgNP dapat dilihat pada Gambar 27.



**Gambar 27.** Spektrum absorbansi AgNP dengan variasi konsentrasi larutan.

Gambar 27 di atas merupakan spektrum hasil spektrofotometer UV-Vis sampel AgNP dengan variasi konsentrasi larutan. Gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi larutan menyebabkan puncak absorpsi semakin tinggi. Hal ini bersesuaian dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Putri (2015) dalam mensintesis nanopartikel perak. Berikut adalah tabel absorpsi pada panjang gelombang tertentu dari sampel-sampel yang telah diuji.

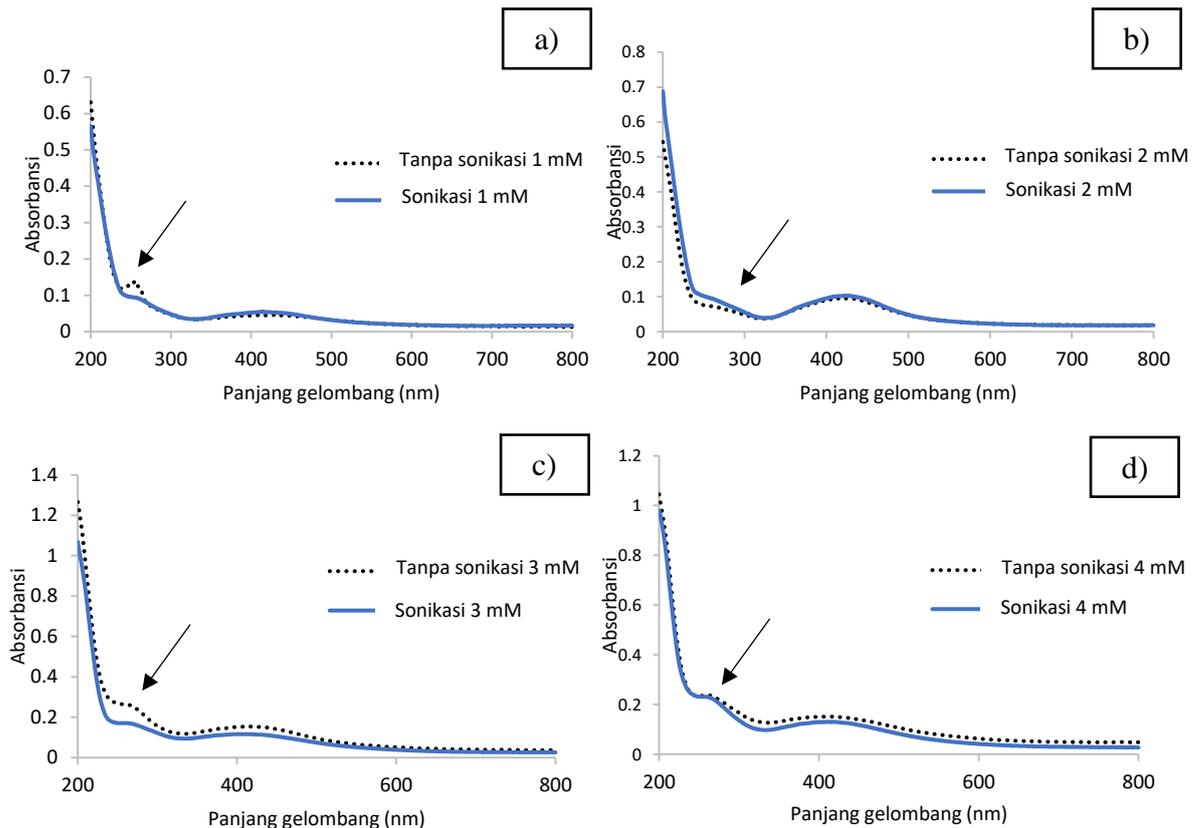
**Tabel 3.** Puncak absorpsi AgNP dengan variasi konsentrasi larutan.

1 mM		2 mM		3 mM		4 mM	
$\lambda(\text{nm})$	Abs.	$\lambda(\text{nm})$	Abs.	$\lambda(\text{nm})$	Abs.	$\lambda(\text{nm})$	Abs.
417,5	0,220	423,5	0,420	423,0	0,587	415,5	1,338

Puncak-puncak absorpsi yang terdeteksi oleh instrumen UV-Vis ditunjukkan pada Tabel 3 yaitu dari empat sampel yang dikarakterisasi menggunakan UV-Vis terdapat titik-titik puncak yang relatif tinggi muncul pada panjang gelombang 417,5 nm; 423,5 nm; 423,0 nm; dan 415,5 nm. Dari hasil data di atas, tampak bahwa spektrum serapan UV-Vis pada konsentrasi larutan AgNP 4 mM memiliki nilai absorpsi yang tertinggi yaitu 1,338 sehingga dapat diartikan bahwa larutan nanopartikel perak tersebut dapat menyerap secara maksimal pada panjang gelombang 415,5 nm. Hal ini menunjukkan kesesuaian dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Putri (2015) bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan akan meningkatkan puncak absorpsi. Hal ini menandakan jumlah nanopartikel perak yang terbentuk dapat terserap maksimal pada daerah serapan yang sesuai dengan gugus molekul nanopartikel perak.

Pengujian UV-Vis selanjutnya dilakukan untuk karakterisasi larutan GO-AgNP dengan konsentrasi 1 mM, 2 mM, 3 mM, dan 4 mM yang telah disonikasi

selama 6 jam. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan puncak-puncak yang dihasilkan dari variasi konsentrasi larutan. Hasil karakterisasi spektrofotometer UV-Vis untuk variasi konsentrasi larutan GO-AgNP dapat dilihat pada Gambar 28.



**Gambar 28.** Spektrum absobansi UV-Vis larutan GO-AgNP sebelum dan sesudah perlakuan sonikasi dengan variasi konsentrasi larutan: a) GO-AgNP 1 mM, b) GO-AgNP 2 mM, c) GO-AgNP 3 mM, dan d) GO-AgNP 4 mM.

Gambar 28 merupakan spektrum absorbansi UV-Vis untuk sampel GO-AgNP dengan masing-masing konsentrasi. Garis lurus berwarna biru merupakan sampel larutan dengan sonikasi 6 jam, sedangkan garis putus-putus merupakan sampel larutan tanpa sonikasi. Berdasarkan Gambar 28, terlihat bahwa perlakuan sonikasi pada larutan tidak menunjukkan pergeseran panjang gelombang yang signifikan,

namun perlakuan dalam pencampuran larutan GO dengan larutan AgNP menunjukkan adanya kecenderungan *redshift* pada larutan GO-AgNP. Hal ini mengindikasikan terjadinya perubahan struktur pada sampel GO-AgNP yang telah diberi perlakuan sonikasi. Berikut adalah tabel absorbansi pada panjang gelombang tertentu dari sampel-sampel yang telah dibuat.

**Tabel 4.** Puncak absorbansi GO-AgNP dengan variasi konsentrasi larutan.

Jenis Perlakuan	1 mM		2 mM		3 mM		4 mM	
	$\lambda$ (nm)	Abs.						
Tanpa Sonikasi	256,0	0,140	259,5	0,073	265,5	0,234	260,0	0,237
	410,5	0,046	422,5	0,096	416,0	0,154	403,0	0,151
Sonikasi	260,5	0,091	251,0	0,101	260,0	0,117	265,0	0,226
	417,0	0,054	423,5	0,103	402,0	0,171	416,5	0,131

Berdasarkan data di atas, spektrum UV-Vis pada Gambar 25(a) menunjukkan dua puncak karakteristik yang dapat diamati pada 256,0 nm dan 410,5 nm yang masing-masing dikaitkan ke transisi  $\pi \rightarrow \pi^*$  dari ikatan C=C aromatik dan transisi  $n \rightarrow \pi^*$  dari ikatan C=O. Setelah dilakukan perlakuan sonikasi pada larutan GO-AgNP 1 mM, puncak tersebut hilang dan dua puncak baru muncul pada 260,5 nm dan 417 nm yang menyerupai dengan reduksi GO dan keberadaan nanopartikel perak.

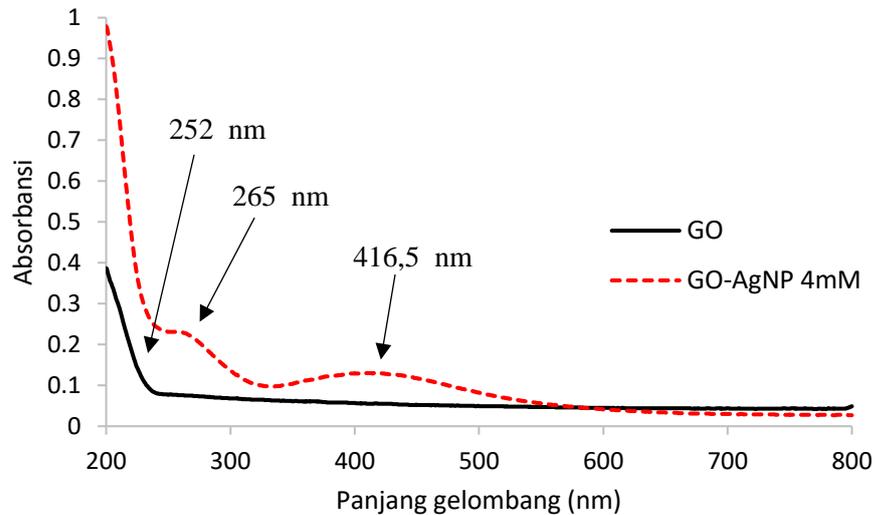
Spektrum UV-Vis pada Gambar 25(b) juga menunjukkan dua puncak karakteristik yang dapat diamati pada 259,5 nm dan 422,5 nm yang masing-masing juga disebabkan oleh transisi  $\pi \rightarrow \pi^*$  dari ikatan C=C aromatik dan transisi  $n \rightarrow \pi^*$  dari ikatan C=O. Perlakuan sonikasi pada larutan GO-AgNP 2 mM turut menghilangkan puncak tersebut dan menghasilkan dua puncak baru pada 251,0 nm

dan 423,5 nm yang menyerupai dengan reduksi GO dan juga keberadaan nanopartikel perak.

Spektrum UV-Vis pada Gambar 25(c) juga menunjukkan dua puncak karakteristik yang dapat diamati pada 265,5 nm dan 410,0 nm yang masing-masing juga dikaitkan pada transisi  $\pi \rightarrow \pi^*$  dari ikatan C=C aromatik dan transisi  $n \rightarrow \pi^*$  dari ikatan C=O. Perlakuan sonikasi pada larutan GO-AgNP 3 mM turut menghilangkan puncak tersebut dan menghasilkan dua puncak baru pada 260,0 nm dan 402,0 nm yang menyerupai dengan reduksi GO, namun masih belum memenuhi rentang sebagai nanopartikel perak.

Hasil yang sama juga terdapat pada spektrum UV-Vis pada Gambar 25(d) menunjukkan dua puncak karakteristik yang dapat diamati pada 260,0 nm dan 403,0 nm yang masing-masing juga disebabkan oleh transisi  $\pi \rightarrow \pi^*$  dari ikatan C=C aromatik dan transisi  $n \rightarrow \pi^*$  dari ikatan C=O. Perlakuan sonikasi pada larutan GO-AgNP 4 mM juga menghilangkan puncak-puncak tersebut dan menghasilkan dua puncak baru pada 265,0 nm dan 416,5 nm yang menyerupai dengan reduksi GO dan juga keberadaan nanopartikel perak.

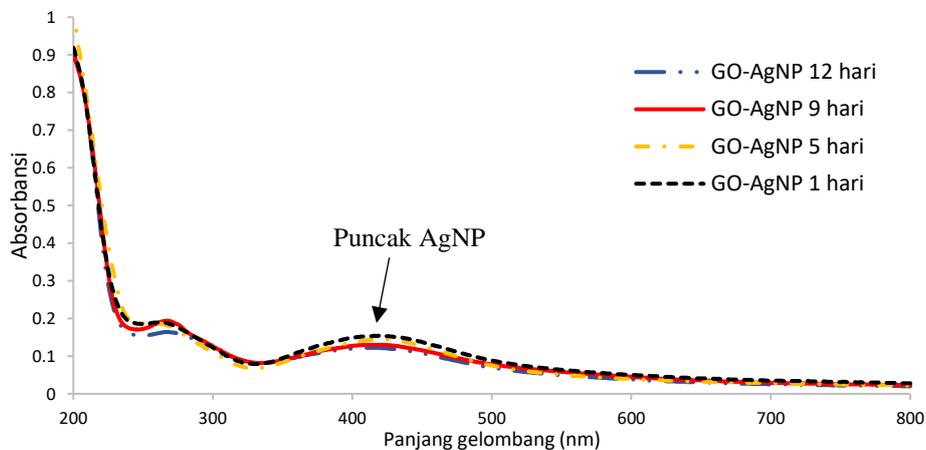
Dari keempat hasil tersebut, diperoleh bahwa larutan GO-AgNP mengandung material reduksi GO dan nanopartikel perak. Oleh karena itu, dilakukan perbandingan antara larutan GO yang diberi perlakuan sonikasi dengan larutan GO-AgNP 4 mM tersonikasi dimana larutan tersebut mempunyai nilai absorbansi tertinggi yang akan digunakan untuk mengetahui pengaruh larutan AgNP terhadap pembentukan GO maupun reduksi GO. Spektrum hasil perbandingan dapat dilihat pada Gambar 29.



**Gambar 29.** Spektrum absorbansi perbandingan antara GO dan GO-AgNP 4 mM dengan sonikasi selama 6 jam.

Gambar 29 menunjukkan sampel GO yang dikarakterisasi memiliki puncak absorbansi yang cukup lemah pada panjang gelombang 252 nm dan dua puncak absorbansi yang kuat pada sampel GO-AgNP 4 mM sebesar 265 nm dan 416,5 nm. Hasil data tersebut menunjukkan bahwa proses pencampuran larutan grafit dengan larutan AgNP dalam proses sonikasi mengakibatkan adanya pergeseran puncak absorbansi menuju panjang gelombang yang lebih besar, atau terdeteksi adanya *redshift*/batokromik. Hal ini mengindikasikan adanya perubahan struktur yang mereduksi ukuran partikel GO menjadi rGO. Masuknya atom-atom Ag yang berikatan dengan atom karbon di antara lapisan GO dapat merenggangkan jarak antar lapisan dan energi getaran yang diberikan selama proses sonikasi sehingga membantu memutus ikatan antar lapisan GO menjadi rGO.

Selain pengaruh dari AgNP yang disisipkan pada material GO dapat menghasilkan material rGO, kombinasi GO dan AgNP juga mampu menstabilkan keberadaan nanopartikel perak. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Vi *et al.*, (2017); Huang *et al.*, (2016); Shao *et al.*, (2015) yang menyatakan bahwa GO dapat digunakan sebagai penstabil dari nanopartikel perak. Hasil penentuan kestabilan nanopartikel perak dapat diamati pada Gambar 30.

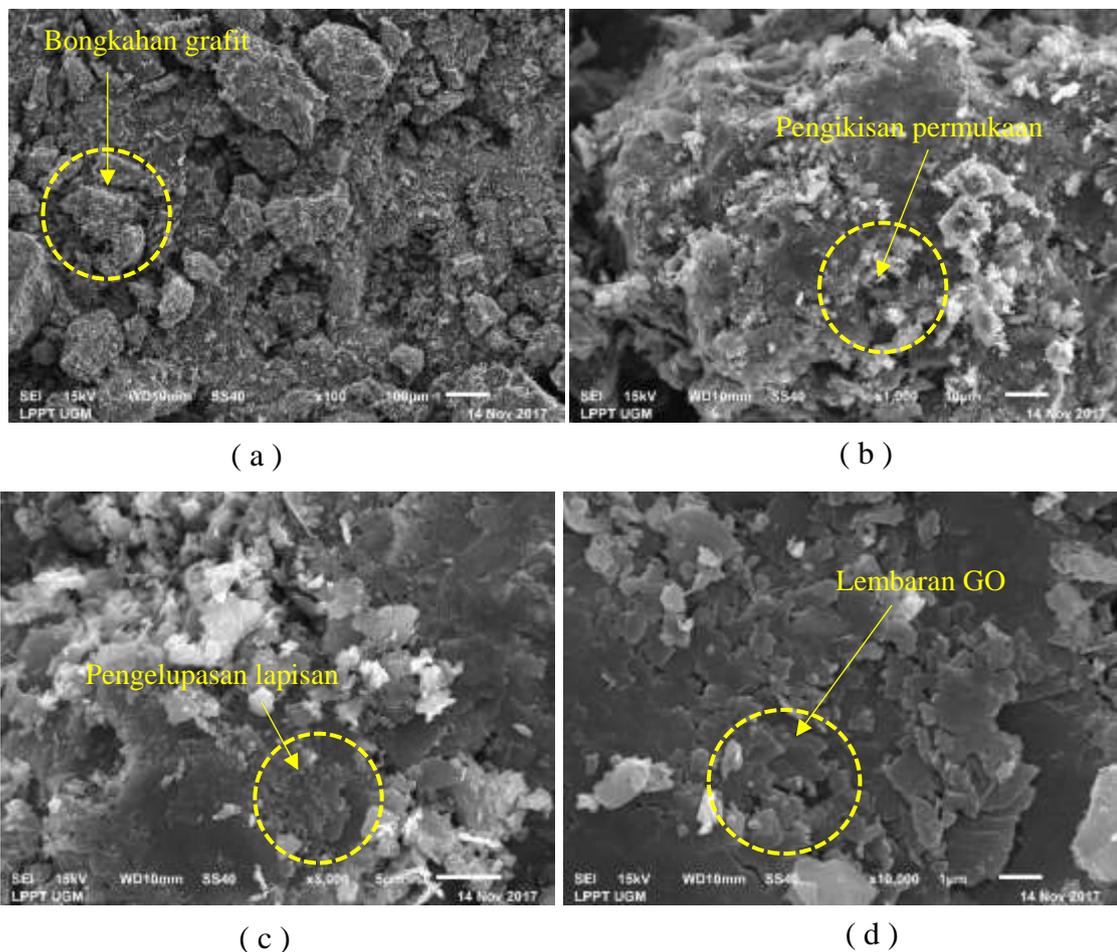


**Gambar 30.** Stabilitas nanopartikel perak pada larutan GO-AgNP dengan konsentrasi 4 mM.

Kestabilan nanopartikel perak dapat diketahui dari terjadinya perubahan puncak absorbansi. Jika terjadi perubahan puncak absorbansi menuju panjang gelombang yang lebih besar menunjukkan bahwa kestabilan nanopartikel perak rendah dikarenakan telah terjadi peristiwa aglomerasi. Berdasarkan Gambar 30 tampak bahwa tidak terjadi pergeseran puncak absorbansi pada panjang gelombang 417 nm dalam periode waktu 12 hari. Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel perak yang dihasilkan pada campuran GO-AgNP memiliki tingkat kestabilan yang baik.

## 2. Hasil Karakterisasi SEM-EDX

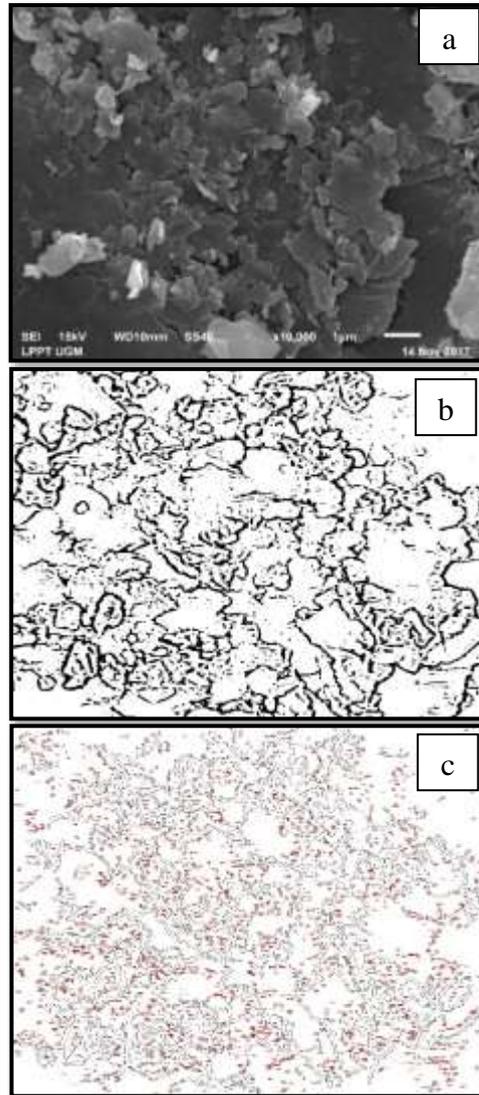
Pengujian sampel menggunakan uji SEM-EDX menghasilkan gambar struktur morfologi permukaan dan kandungan unsur dari sampel yang diuji. Sampel yang dikarakterisasi merupakan sampel GO yang diberi perlakuan sonikasi dan sampel GO-AgNP 4 mM yang juga diberi perlakuan sonikasi. Hasil SEM diperoleh berupa gambar struktur morfologi untuk masing-masing sampel pada perbesaran tertentu. Hasil karakterisasi SEM untuk sampel GO dapat dilihat pada Gambar 31.



**Gambar 31.** Hasil uji SEM-EDX untuk sampel GO tersonikasi: (a) sampel GO dengan perbesaran 100x, (b) sampel GO dengan perbesaran 1000x, (c) sampel GO dengan perbesaran 3000x, (d) sampel GO dengan perbesaran 10000x.

Gambar 31 merupakan gambar morfologi permukaan dari sampel GO sesudah perlakuan sonikasi pada perbesaran 100x, 1000x, 3000x dan 10000x. Morfologi permukaan pada Gambar 31(a) cenderung masih terlihat seperti bongkahan-bongkahan. Pada gambar 31(b) dapat diamati bahwa mulai terlihat pengikisan lapisan-lapisan pada permukaan bongkahan yang cukup banyak. Gambar 31(c) menunjukkan morfologi permukaan sampel yang mengalami beberapa pecahan lapisan dengan distribusi ukuran partikel yang lebih kecil. Gambar 31(d) menunjukkan adanya lembaran-lembaran yang cukup halus dengan distribusi ukuran yang hampir sama. Lembaran-lembaran pada hasil SEM ini menunjukkan sifat karakteristik dari GO yang sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya. Hasil penelitian tersebut dilakukan oleh Aisyah (2016) dan Wisnuwijaya (2017) yang berhasil melakukan sintesis dan menghasilkan lembaran-lembran GO, hal ini berarti sampel hasil karakterisasi SEM pada Gambar 31 tersebut merupakan lembaran GO.

Data digital hasil karakterisasi menggunakan SEM dapat diolah lebih lanjut untuk mendapatkan distribusi ukuran partikel melalui software pengolah data digital Image-J. Berdasarkan pengolahan gambar pada Image-J dapat diketahui luas area partikel dan ukuran rata-rata partikelnya menggunakan fitur Analyze Particles pada Image-J. Gambar hasil karakterisasi SEM yang digunakan untuk analisis ukuran partikel adalah sampel GO dengan perbesaran 10000x. Hasil pengolahan gambar menggunakan Image-J ditunjukkan pada Gambar 32. Dalam gambar tersebut ditunjukkan hasil pengolahan gambar dengan menggunakan Threshold dan Outline hasil analisis Image-J.



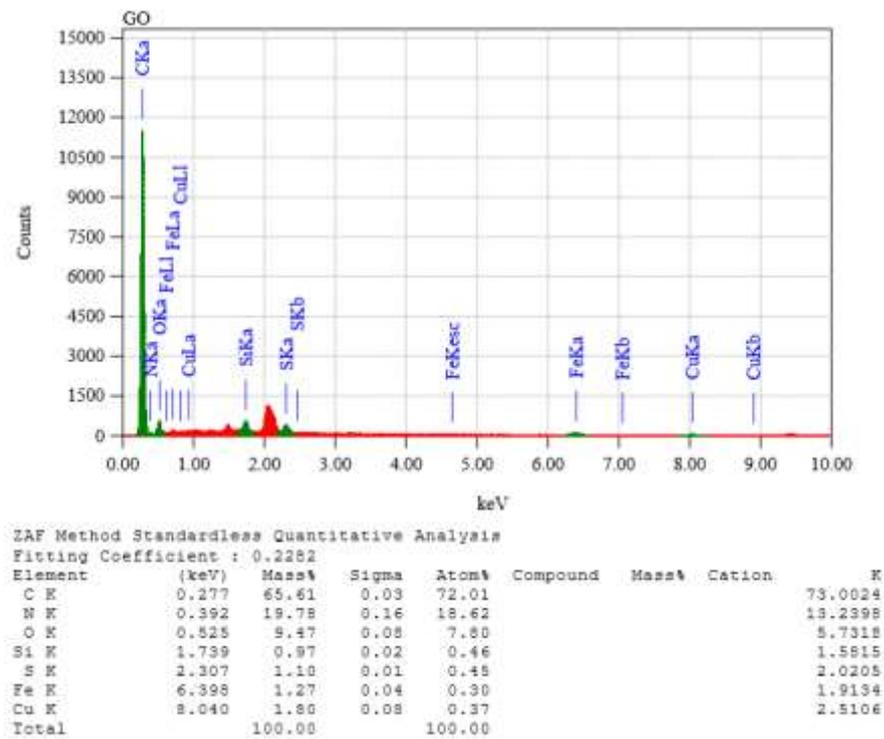
**Gambar 32.** Hasil pengolahan gambar SEM menggunakan Image-J: (a) cuplikan asli, (b) sampel setelah threshold, dan (c) gambar outline sampel.

**Tabel 5.** Hasil penghitungan ukuran partikel rata-rata sampel GO dengan perbesaran 10000x.

No	Jenis sampel	Luas partikel rata-rata (nm <sup>2</sup> )	Diameter partikel rata-rata (nm)
1	GO	3061,67	62,452

Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa analisis partikel dengan Image-J menghasilkan diameter partikel rata-rata untuk perbesaran 10000x adalah sebesar 62,452 nm. Hal tersebut berhasil menunjukkan terbentuknya partikel GO yang berada pada rentang ukuran 32 nm sampai 84 nm (Sharma, 2015). Hasil ini juga sesuai dengan referensi yang menunjukkan terbentuknya nanopartikel pada ukuran 1 nm sampai 100 nm.

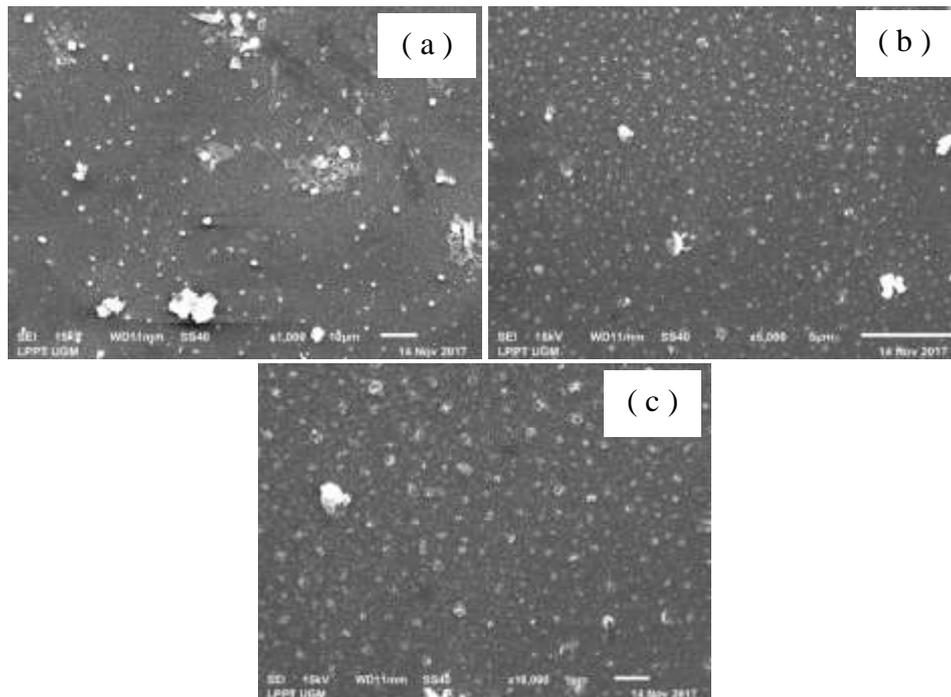
Setelah mengetahui distribusi ukuran partikel GO yang dihasilkan dari sampel tersebut, uji SEM-EDX juga digunakan untuk mengetahui kandungan unsur dalam sampel yang dikarakterisasi. Grafik kandungan unsur dalam sampel dapat dilihat pada Gambar 33.



**Gambar 33.** Grafik hasil uji SEM-EDX pada sampel GO yang menunjukkan kandungan unsur dalam sampel.

Berdasarkan hasil EDX pada Gambar 33 untuk sampel GO dapat diamati bahwa unsur karbon (C) memiliki persentase massa yang paling besar yaitu 65,61% dengan presentase atom 72,1%. Diikuti oleh persentase massa nitrogen (N) sebesar 19,78% dengan presentase atom 18,62% dan persentase massa oksigen (O) sebesar 9,47% dengan persentase atom 7,80 %. Adapun beberapa unsur penyusun lainnya dengan persentase massa dan persentase atom kurang lebih sebesar 1%. Berdasarkan persentase susunan atom mayoritas dapat diamati bahwa hal ini bersesuaian dengan susunan atom pada GO, yang mana atom karbon menunjukkan unsur utama penyusun bahan, dan atom oksigen yang menunjukkan bahan dalam bentuk oksidanya. Unsur karbon dan oksigen inilah yang menandakan bahwa bahan tersebut merupakan GO. Sedangkan unsur nitrogen (N) yang memiliki persentase massa cukup besar di bawah unsur karbon disebabkan karena kandungan grafit dari batang karbon baterai juga mengandung unsur nitrogen (N) dari senyawa  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang bereaksi sebagai oksidator di dalam baterai.

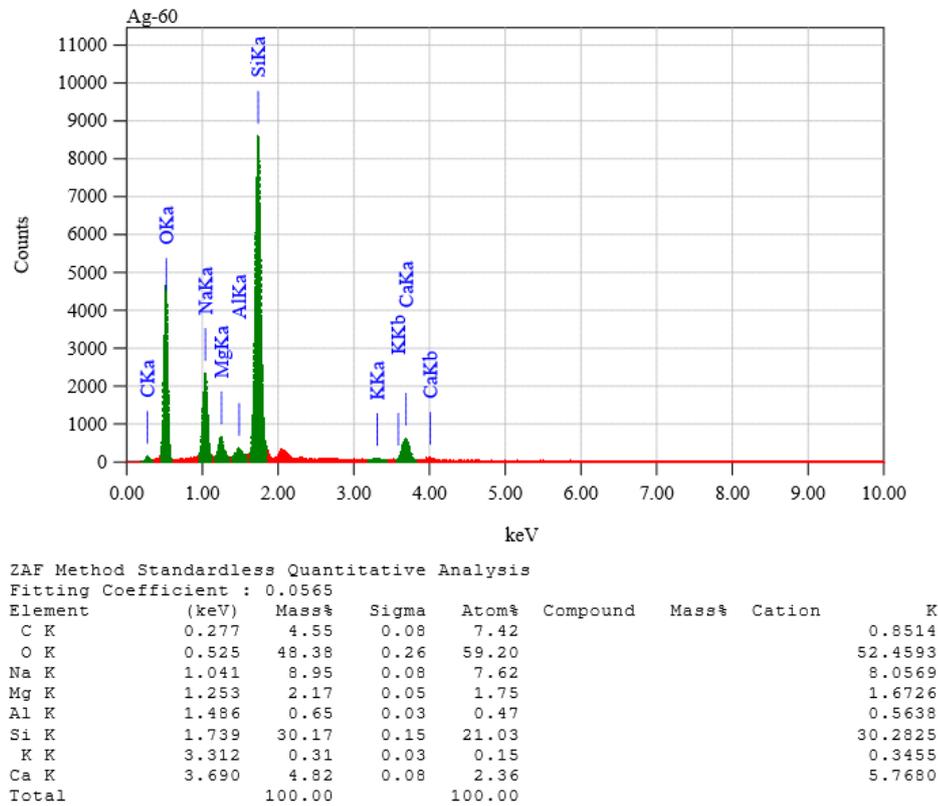
Sampel berikutnya yang dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX adalah sampel GO-AgNP dengan konsentrasi 4 mM. Hal ini juga dilakukan untuk mengetahui gambar struktur morfologi permukaan dan kandungan unsur dari sampel GO-AgNP. Selain itu, hasil dari karakterisasi juga digunakan untuk mengetahui pengaruh atom-atom Ag dari senyawa AgNP yang tersubstitusi di antara ikatan lemah Van der Waals dalam lapisan rGO. Hasil karakterisasi SEM untuk sampel GO-AgNP 4 mM dapat dilihat pada Gambar 34.



**Gambar 34.** Hasil uji SEM-EDX untuk sampel GO-AgNP 4 mM tersonikasi: (a) sampel GO-AgNP dengan perbesaran 1000x, (b) sampel GO-AgNP dengan perbesaran 5000x, (c) sampel GO-AgNP dengan perbesaran 10000x.

Gambar 34 merupakan hasil karakterisasi SEM berupa gambar morfologi permukaan GO-AgNP 4 mM dengan perbesaran 1000x, 5000x, dan 10000x. Morfologi permukaan pada Gambar 34(a), (b), maupun (c) tidak menunjukkan adanya lembaran GO maupun bongkahan seperti pada sampel GO sebelumnya. Pada gambar tersebut juga tidak menunjukkan adanya butiran-butiran nanopartikel perak yang tersisipi dalam lembaran GO. Hal ini bisa disebabkan karena waktu pemanasan sampel GO-AgNP pada kaca preparat yang terlalu lama sehingga sampel larutan tersebut teroksidasi dan tidak menempel dengan baik pada kaca preparat. Selain itu, bentuk sampel berupa lapisan yang sangat tipis pada kaca

preparat memungkinkan karakterisasi SEM hanya mendeteksi sedikit dari lapisan tersebut.



**Gambar 35.** Grafik hasil uji SEM-EDX pada sampel GO-AgNP yang menunjukkan kandungan unsur dalam sampel.

Gambar 35 merupakan grafik hasil uji SEM-EDX yang menyatakan kandungan unsur dalam sampel GO-AgNP. Grafik tersebut menunjukkan bahwa unsur oksigen (O) memiliki persentase massa yang paling besar yaitu 48,38% dengan presentase atom 59,2%. Diikuti oleh persentase massa silikon (Si) sebesar 30,17% dengan presentasi atom 21,03%. Namun, persentase massa karbon (C) yang diperoleh hanya sebesar 4,55% dengan persentase atom 7,42 %. Berdasarkan persentase susunan atom tertinggi menunjukkan bahwa unsur oksigen merupakan unsur utama penyusun bahan GO-AgNP dalam bentuk oksida. Selain itu, kandungan unsur

silikon (Si) yang cukup tinggi berasal dari senyawa  $\text{SiO}_2$  yang merupakan senyawa utama penyusun kaca preparat yang digunakan dalam pembuatan sampel GO-AgNP. Senyawa lain penyusun kaca preparat yang terdeteksi pada lapisan hasil EDX adalah unsur natrium (Na) dari senyawa  $\text{Na}_2\text{O}$ , unsur kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dari senyawa  $\text{CaCO}_3$ . $\text{MgCO}_3$ , serta unsur aluminium (Al) dari senyawa ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang memiliki persentase di bawah 5% (Yandi, 2012). Hal ini berarti bahwa pada sampel GO-AgNP belum mampu menunjukkan terbentuknya GO maupun AgNP dikarenakan kerusakan sampel yang dihasilkan saat proses preparasi lapisan GO-AgNP, namun pengaruh penambahan AgNP pada larutan GO dapat diamati pada hasil XRD berikut.

### **3. Hasil Karakterisasi XRD**

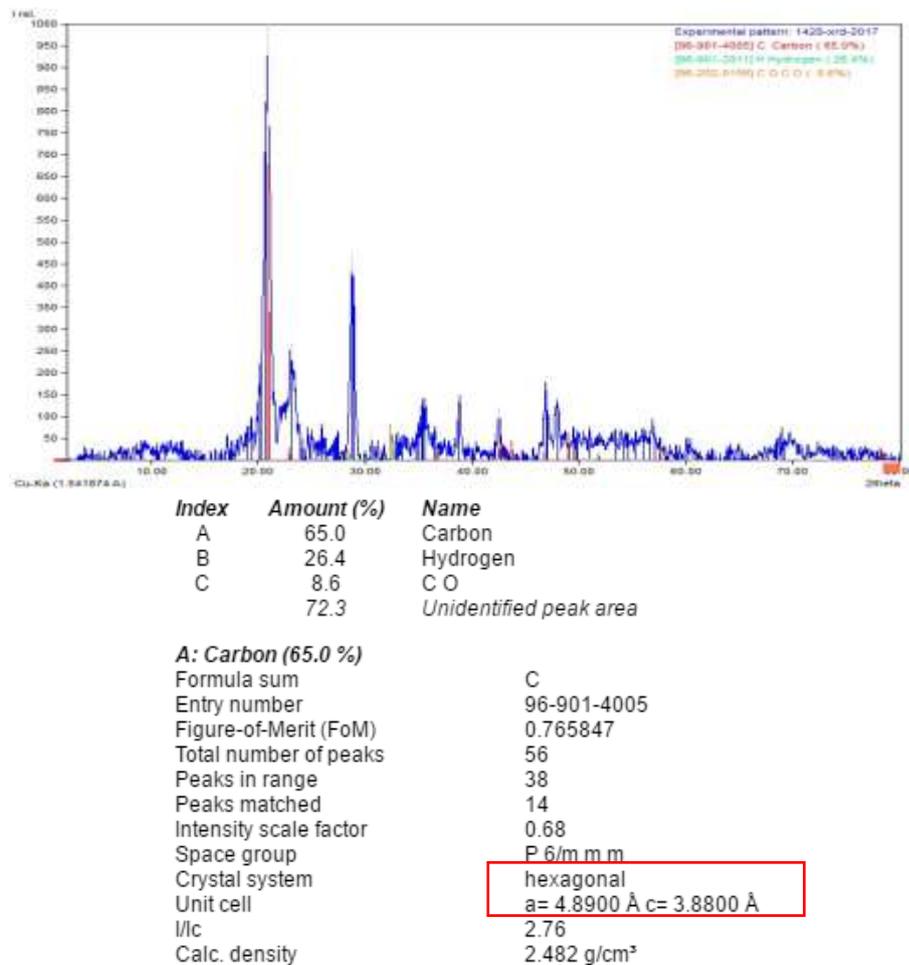
Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dari lapisan yang terbentuk. Karakterisasi menggunakan sumber Cu dengan panjang gelombang ( $\lambda$ ) adalah  $1,54060 \text{ \AA}$  serta range  $2\theta$  yang digunakan yaitu  $2^\circ$ - $80^\circ$ . Data hasil pengujian XRD berupa spektrum XRD yang menyatakan hubungan antara sudut hamburan ( $2\theta$ ) dengan intensitas (I) puncak spektrum. Sampel yang digunakan pada pengujian XRD ini yaitu sampel GO dan GO-AgNP. Kedua sampel tersebut kemudian akan dibandingkan untuk mengetahui struktur kristal yang terbentuk. Diketahui bahwa salah satu struktur kristal yang terbentuk merupakan kristal dengan sistem kristal heksagonal.

Pola difraksi sampel GO pada Gambar 36 merupakan hasil pengolahan data struktur kristal menggunakan software MATCH!3 yang secara otomatis akan dicocokkan dengan database struktur kristal yang paling sesuai dengan data sampel.

Pola difraksi sampel GO menghasilkan enam puncak yaitu pada posisi  $2\theta = 20,78^\circ$ ;  $28,75^\circ$ ;  $35,53^\circ$ ;  $38,67^\circ$ ;  $42,32^\circ$ ; dan  $46,89^\circ$  yang menunjukkan bahwa telah terbentuk fasa GO dengan bidang kristal (001) pada sudut  $20,78^\circ$ , (100) pada sudut  $28,75^\circ$ ; (012) pada  $42,32^\circ$ ; dan (101) pada sudut  $46,89^\circ$ . Hal ini ditunjukkan dengan pencocokkan secara kualitatif dari hasil sampel XRD dengan data JCPDS pada Tabel 6 dan pola difraksi sinar X sampel GO dapat dilihat pada Gambar 36.

**Tabel 6.** Perbandingan hasil XRD dengan data JCPDS atom C.

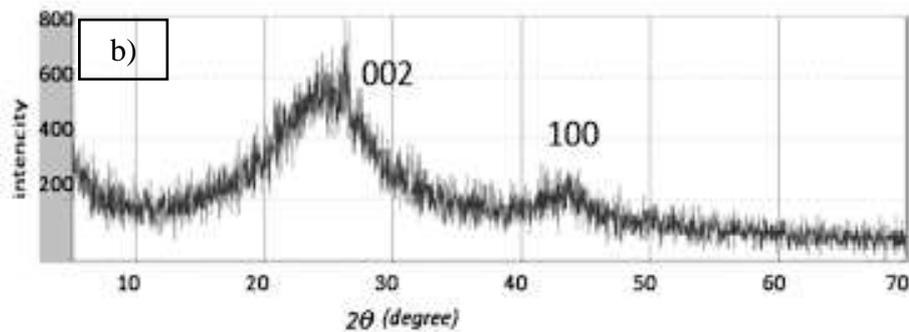
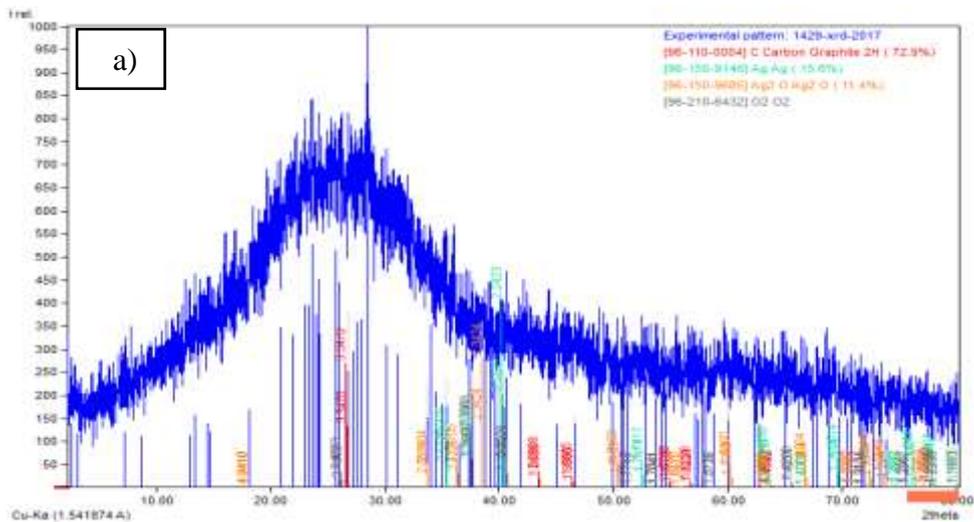
Sudut $2\theta$ ( $^\circ$ )	Data penelitian	20,78	28,75	35,35	38,67	42,32	46,89
	Data JCPDS	20,91	-	Kosong			42,33
Nilai hkl	001	100	Kosong			012	101



**Gambar 36.** Grafik pola XRD dan *analysis report* hasil pengolahan MATCH!3 pada sampel GO

Selain mencocokkan data dengan JCPDS, hasil analisa menggunakan software MATCH!3 juga menunjukkan persentase kandungan dari sampel yang digunakan yaitu atom karbon (C) sebesar 65% kemudian atom hidrogen (H) sebesar 26,4% dan CO sebesar 8,6%. Hal ini sesuai dengan hasil karakterisasi EDX yang menunjukkan atom karbon (C) merupakan atom penyusun mayoritas pada sampel GO. Selain itu, data hasil analisa juga menunjukkan nilai jarak antar bidang (d) dan struktur kristal yang terbentuk. Nilai d pada sampel GO tersebut sebesar 4,272<sup>o</sup>A dengan struktur kristal heksagonal.

Dibandingkan dengan sampel GO yang mempunyai struktur kristal, pola difraksi sampel GO-AgNP pada Gambar 37(a) memiliki struktur hampir amorf membentuk struktur rhombohedral yang mana lapisan-lapisan heksagonal atom karbon yang tersusun acak dan terdiri dari satu puncak lebar pada posisi sekitar sudut  $2\theta = 24^{\circ}$ - $26^{\circ}$  dengan bidang kristal (002) dan (111) serta persentase kandungan sampel GO-AgNP yang menunjukkan adanya karbon grafit (C) sebesar 72,9%, perak (Ag) sebesar 15,6%, dan perak oksida (Ag<sub>2</sub>O) sebesar 11,4% yang belum terlihat pada hasil EDX. Posisi sudut difraksi pada sampel GO-AgNP jika dicocokkan secara kualitatif dengan XRD oleh Fu (2013) pada Gambar 37(b) menunjukkan telah terbentuknya fasa grafena oksida tereduksi (rGO).



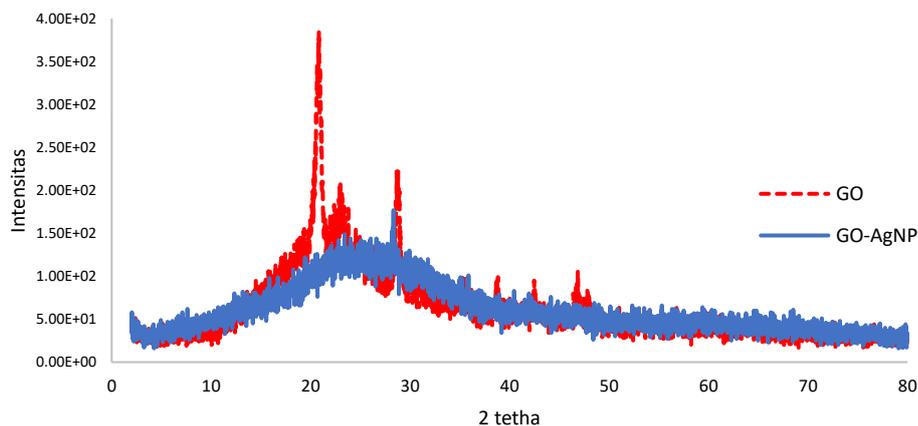
Index	Amount (%)	Name
A	72.9	Carbon Graphite 2H
B	15.6	Ag
C	11.4	Ag <sub>2</sub> O
	12.3	Unidentified peak area

**A: Carbon Graphite 2H (72.9 %)**

Formula sum	C
Entry number	96-110-0004
Figure-of-Merit (FoM)	0.695015
Total number of peaks	26
Peaks in range	12
Peaks matched	6
Intensity scale factor	0.27
Space group	R-3m
Crystal system	rhombohedral
Unit cell	a = 3.6350 Å a = 39.490°
l/c	2.52
Calc. density	2.281 g/cm <sup>3</sup>

**Gambar 37.** Grafik pola XRD dan *analysis report*: (a) hasil pengolahan MATCH!3 pada sampel GO-AgNP, (b) lapisan nano rGO (Fu, 2013).

Pada gambar di atas dapat diamati bahwa kombinasi antara GO dan AgNP telah menghasilkan fasa grafena oksida tereduksi (rGO) dengan nilai jarak antar bidang ( $d$ ) sebesar  $3,3470^{\circ}\text{A}$ . Hal ini terbukti dari puncak-puncak difraksi yang muncul sangat bersesuaian dengan pola difraksi yang dihasilkan oleh Fu (2013). Hasil difraktogram GO-AgNP juga menunjukkan terdapat puncak lain di sebelah puncak rGO yang teridentifikasi sebagai puncak GO. Puncak ini memiliki sudut  $2\theta = 28,313^{\circ}$ . Pola puncak ini muncul disebabkan karena GO pada saat proses pencampuran tidak bereaksi dan menjadi pengotor pada material rGO.



**Gambar 38.** Grafik pola XRD dengan perbandingan hasil sampel GO dan GO-AgNP.

Gambar 38 menunjukkan bahwa grafik pola XRD GO-AgNP cenderung lebih rendah dan melebar dibandingkan grafik pola XRD GO. Hal ini menunjukkan bahwa tersisipnya atom-atom Ag pada ikatan karbon antar lapisan telah merusak ikatan gaya *Van der Waals* sehingga menjadi renggang dan terputus dengan adanya sonikasi dan mereduksi atom-atom pada bidang (002) sehingga menyebabkan terjadinya perubahan struktur pada sampel GO dengan GO-AgNP yaitu dari struktur kristal heksagonal menjadi struktur kristal rhombohedral. Grafik XRD

GO-AgNP yang cenderung lebih lebar menunjukkan perubahan jarak antar lapisan dari GO sebesar 4,272<sup>o</sup>A menjadi rGO sebesar 3,3470<sup>o</sup>A ini berarti bahwa proses reduksi GO telah berjalan dengan baik.

Semakin teratur dan panjang susunan suatu atom yang membentuk kristal, maka jumlah cacahan dari intensitas yang mengenai atom-atom akan semakin banyak sehingga semakin banyak pula cacahan difraksi yang diterima oleh detektor yang menyebabkan intensitas terbentuk runcing dan tajam. Perbandingan antara sampel GO dan GO-AgNP menunjukkan perubahan yang besar pada hasil XRD. Secara keseluruhan, pola puncak grafik XRD GO-AgNP menghasilkan puncak lebar pada sudut 24-26<sup>o</sup> dengan intensitas yang lebih rendah daripada hasil XRD GO.

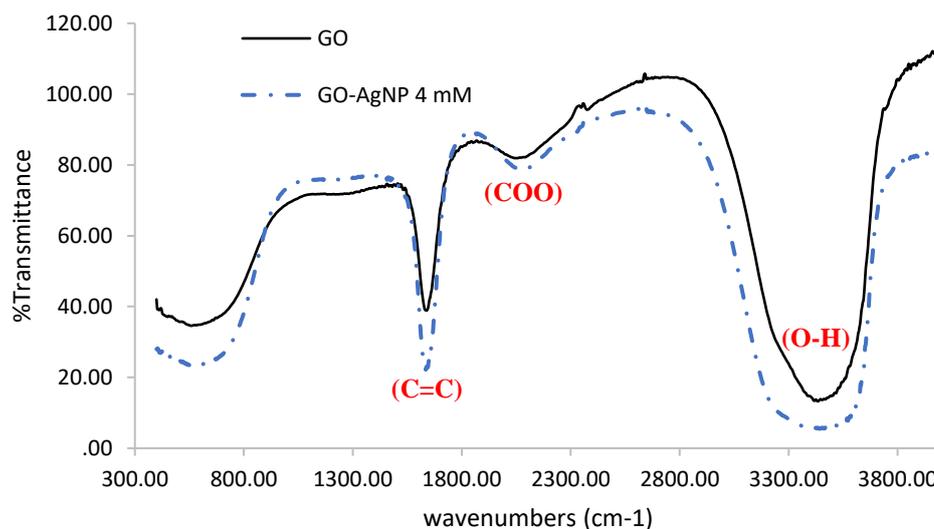
#### **4. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer FTIR**

Analisis gugus fungsi dari sampel GO dan GO-AgNP dapat dilakukan dengan karakterisasi *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR). Gugus-gugus fungsi yang muncul ditunjukkan dengan adanya puncak-puncak transmitansi dari pola grafik FTIR. Masing-masing gugus fungsi memiliki bilangan gelombang yang berbeda didasarkan pada kemampuan gugus fungsi yang bergetar dan menyerap energi dari spektrum infra merah.

Pada grafik pola FTIR terdapat cekungan atau gelombang pada spektrum transmitansi yang menunjukkan adanya partikel yang berinteraksi dengan radiasi inframerah pada panjang gelombang tersebut. Cekungan tersebut menunjukkan ikatan unsur pada sampel yang diuji. Untuk bilangan gelombang yang berada kurang dari 1400 cm<sup>-1</sup> disebut daerah sidik jari atau fingerprint, dimana pada

daerah ini terjadi absorpsi yang disebabkan oleh bermacam-macam interaksi sehingga tidak mungkin dapat menginterpretasikan dengan tepat. Sedangkan untuk bilangan gelombang  $1400\text{ cm}^{-1}$  sampai  $4000\text{ cm}^{-1}$  merupakan daerah khusus yang berguna untuk identifikasi gugus-gugus fungsional.

Spektrum FTIR dari kedua sampel secara kualitatif menunjukkan bahwa teridentifikasi gugus-gugus fungsi utama yang dimiliki oleh GO maupun rGO yaitu berupa gugus fungsi C=C dan O-H. Kedua gugus fungsi tersebut saling berikatan dan menyebabkan terbentuknya struktur heksagonal atom karbon yang tersusun menjadi lapisan GO maupun rGO. Gugus fungsi C=C menjadi struktur dasar dari GO atau rGO yang saling berikatan dan membentuk heksagonal dimana ikatan rangkap tersebut merupakan ikatan kovalen yang terbentuk dari hibridisasi  $sp^3$  menjadi  $sp^2$  dan sulit untuk terputus dikarenakan memiliki energi ikatan yang besar. Hasil pola FTIR dari kedua sampel dapat diamati pada Gambar 39.



**Gambar 39.** Grafik FTIR pada sampel GO dan sampel GO-AgNP.

Hasil spektrum FTIR dari sampel larutan GO memiliki puncak-puncak transmitansi yang hampir sama dengan hasil spektrum FTIR dari larutan GO-AgNP. Perbandingan spektrum FTIR kedua sampel tersebut memiliki struktur yang mirip dan hampir tidak memiliki perubahan struktur yang signifikan. Hasil analisa menunjukkan puncak penyerapan yang paling signifikan diidentifikasi sebagai ikatan O-H pada bilangan gelombang  $3441,3 \text{ cm}^{-1}$  untuk GO-AgNP dan  $3433,75 \text{ cm}^{-1}$  untuk GO. Puncak penyerapan selanjutnya terdapat pada bilangan gelombang  $1634,71 \text{ cm}^{-1}$  untuk GO-AgNP dan  $1638,88 \text{ cm}^{-1}$  untuk GO yang teridentifikasi sebagai regangan pada ikatan aromatik C=C. Puncak lain yang teridentifikasi pada bilangan gelombang  $2066 \text{ cm}^{-1}$  untuk GO-AgNP dan  $2055,26 \text{ cm}^{-1}$  untuk GO merupakan daerah dimana serapan yang terjadi sangat sedikit sehingga dimungkinkan ikatan yang diperoleh adalah ikatan COO.

Pada Gambar 39 dapat diamati penurunan intensitas transmitan pada regangan ikatan O-H dan ikatan C=C yang diikuti dengan pergeseran bilangan gelombang disebabkan adanya interaksi antara ion-ion perak (Ag) dan gugus-gugus hidroksil pada GO. Turunnya nilai transmitansi disebabkan karena bertambahnya jumlah partikel/gugus atom (Ag) yang menyerap cahaya inframerah semakin banyak, sehingga cahaya yang ditransmisikan semakin sedikit. Tersisipnya atom-atom Ag pada lapisan GO tersebut menunjukkan bilangan gelombang yang sama dengan hasil penelitian Mishra *et al.* (2015) yang menghasilkan bilangan gelombang rGO sebesar  $1618 \text{ cm}^{-1}$  pada ikatan aromatik C=C. Hasil penelitian lain juga menunjukkan komposit AgNP-rGO memiliki puncak pada bilangan gelombang  $1597 \text{ cm}^{-1}$  sebagai ikatan aromatik C=C (Goldsheikh *et al.*, 2014). Berdasarkan

hasil penelitian tersebut dapat diamati bahwa material rGO memiliki rentang puncak bilangan gelombang sekitar  $1500\text{ cm}^{-1}$  hingga lebih dari  $1600\text{ cm}^{-1}$ , sehingga pada sampel GO-AgNP ini mengindikasikan bahwa telah terbentuknya material rGO yang memiliki puncak bilangan gelombang pada  $1634,71\text{ cm}^{-1}$ .

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah dihasilkan sintesis nanomaterial GO-AgNP berbahan dasar serbuk grafit dari batang karbon baterai bekas dan serbuk perak nitrat. Sintesis dilakukan menggunakan metode LSE yang memanfaatkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 35 kHz untuk memperoleh larutan GO-AgNP dan metode reduksi kimia dengan memvariasi konsentrasi larutan sebesar 1 mM, 2 mM, 3 mM, dan 4 mM.
2. Telah dihasilkan variasi konsentrasi AgNP yang memiliki tingkat kestabilan nanopartikel cukup baik yang diperoleh dari proses pencampuran GO sebagai penstabil pada larutan AgNP. Telah dihasilkan juga nanomaterial rGO dari proses sintesis GO terkombinasi AgNP yang ditunjukkan dari hasil uji spektrofotometer UV-Vis, XRD, dan FTIR. Hasil pencampuran antara AgNP dengan lembaran GO tersebut menunjukkan terjadinya perubahan struktur GO akibat adanya interaksi antara AgNP yang mampu mereduksi dan mengeksfoliasi GO membentuk nanomaterial rGO.

## **B. SARAN**

Saran yang perlu diperhatikan bagi peneliti selanjutnya antara lain sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya, sebaiknya menggunakan konsentrasi larutan yang lebih tinggi supaya larutan GO-AgNP dapat terdispersi sempurna ketika diberi perlakuan pemanasan dan sonikasi pada sampel.
2. Karakterisasi yang digunakan untuk memperkuat hasil sebaiknya menggunakan karakterisasi lain seperti menggunakan spektrofotometer UV-Vis padat.
3. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaplikasian hasil material rGO menggunakan metode LSE.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, Aminah Nur. (2016). *Pengaruh Variasi Frekuensi dan Intensitas Gelombang Ultrasonik terhadap Sintesis Material Graphene dengan Metode Liquid Sonification Exfoliation*. Skripsi, tidak dipublikasikan. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Ang, PK., *et al.* (2008). *Solution Gated Epitaxial Graphene as pH Sensor*. Chem Soc. Vol 133(44), p. 14392-14393.
- Ariswan. (2016). *Kuliah Scanning Electron Microscope*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Bakir. (2011). *Pengembangan Biosintesis Nanopartikel Menggunakan Rebusan Daun Bisbul untuk Deteksi Ion Tembaga dengan Metode Kolorimetri*, Skripsi Universitas Indonesia.
- Bao, Q., *et al.* (2011). *Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticle and Graphene Oxide Nanosheet Composites as a Bacterial Agent for Water Disinfection*. Journal of Colloid and Interface Science.
- Bo, Z., *et al.* (2014). *Green Preparation of Reduced Graphene Oxide for Sensing and Energy Storage Applications*. Sci. Rep. 4 (4684), 1-8.
- Bonaccorso, F., *et al.* (2014). *Solution Processing of Graphene, Topological Insulators and Other 2d Crystals for Ultrafast Photonics*. Optical Materials Express. Vol 4 (1), p 2-17.
- Budianto, (2016). *Pengembangan Material Nano: Indonesia sebagai Potensi*. <https://indonesiana.tempco.co/read/64842/2016/03/02/pengembangan-material-nano-indonesia-sebagai-potensi> diunduh pada tanggal 14 Desember 2017.
- Cao, N., *et al.* (2015). *Study of Reduced Graphene Oxide Preparation by Hummers' Method and Related Characterization*. Journal of Nanomaterials. Vol 2015.
- Chemat F., *et al.* (2011). *Applications of Ultrasound in Food Technology: Processing, Preservation and Extraction*. Ultrasonics Sonochemistry.18: 813–835.
- Chook, S.W., *et al.* (2012). *Antibacterial Performance of Ag Nanoparticles and AgGO Nanocomposites Prepared via Rapid Microwave-Assisted Synthesis Method*. Nanoscale Research Letter. 7:541.

- Chou, K.S., *et al.* (2008). *High-Concentration Nanoscale Silver Colloidal Solution and Preparing Process Thereof. Patent Application Publication.* US.2008/0064767 A1.
- Ciesielski A., *et al.* (2013). *Graphene Via Sonication Assisted Liquid Phase Exfoliation.*:-RSC Publishing.
- Das, M.R., *et al.* (2010). *Synthesis of Silver Nanoparticles in an Aqueous Suspension of Graphene Oxide Sheets and its Antimicrobial Activity.* . Journal of Colloid and Interface Science.
- Dwandaru, WSB., *et al.* (2016). *Pengaruh Variasi Konsentrasi Bahan Aditif Larutan Nanopartikel Perak terhadap Sifat Anti-Jamur Cat Dinding sebagai Aplikasi Teknologi Nano dalam Industri Cat Dinding.* Jurnal UNY. Vol 20(1).
- Fu, Changjing, *et al.* (2013). *Evaluation and Characterization of reduced Graphene Oxide Nanosheets as Anode Materials for Lithium-Ion Batteries.* Int. J. Electrochem. Sci., 8,6269-6280.
- Geim, A. K. dan Novoselov, K. S. (2007). *The Rise of Graphene.* *Nature Materials.* vol.6. 1-14.
- Golsheikh, A.M., *et al.* (2014). *One Pot Sonochemical Synthesis of Reduced Graphene Oxide Uniformly Decorated with Ultrafine Silver Nanoparticles for Non-enzymatic Deetection of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and Optical Detection of Mercury Ions.* Journal RS of Chemistry. Vol 4.
- Goldstein, Joseph., *et al.* (2007). *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis: Third Edition.* USA. Springer.
- Guangquan li dan He. (2012). *Fungus Mediated Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Asspergullus Terrus.* Internasional Jurnal.
- Guzman, M.G., *et al.* (2009). *Synthesis of Silver Nanoparticles by Chemical Reduction Method and Their Antibacterial Activity.* International Journal of Chemical and Biomolecular Engineering 2: 3.
- Haryono, A., *et al.* (2008). *Sintesa Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya.* Jurnal Riset Industri. 2(3), p. 156-163.
- Havancsak, Kalory. (2016). *High-Resolution Scanning Electron Microscopy* <http://www.technoorg.hu/news-and-events/articles/high-resolution-scanning-electron-microscopy-1/> diunduh pada tanggal 6 Desember 2017.

- Huang, L., *et al.* (2016). *Study on Synthesis and Antibacterial Properties of Ag NPs/GO Nanocomposites*. Journal of Nanomaterials, Research Institute for New Materials Technology. Chongqing University.
- Ilhami dan Susanti. (2014). *Pengaruh Massa Zn Dan Temperatur Hydrotermal Terhadap Struktur Dan Sifat Elektrik Material Graphene*. Surabaya: ITS.
- Jianchang, L., *et al.* (2014). *The Preparation of Graphene Oxide and Its Derivatives and Their Application in Bio-Tribological Systems*. University of Twente, Netherlands. Vol. 2, p. 137-161.
- Jimenez, E., *et al.* (2016). *Graphene-Based Materials Functionalization with Natural Polymeric Biomolecules*. Technological Institute of Queretaro, Santiago de Querétaro, Querétaro, Mexico. Chapter 12, p. 2-43.
- Jing, L., *et al.* (2010). *Ag/Graphene Heterostructures: Synthesis, Characterization and Optical Properties*. European Journal of Inorganic Chemistry. Vol 2010, p. 1244-1248.
- Jizhen, M., *et al.* (2011). *Preparation, Characterization and Antibacterial Properties of Silver-Modified Graphene Oxide*. Journal of Materials Chemistry.
- John, F. (2002). *Ultrasonic Cleaning: Fundamental Theory and Application*. Unpublished article.
- Kim, Hyunwoo. (2010). *Graphene/Polymer Nanocomposites*. Macromolecules. Vol 43. 6515-6530.
- Kristianingrum, Susila. (2014). *Handout Spektroskopi Infra Merah*. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Negeri Yogyakarta.
- Lasky, Ron. (2015). *Graphene: An Unlikely Candidate to Replace ITO in Flat Panles Displays* <http://www.indium.com/blog/graphene-an-unlikely-candidate-to-replace-ito-in-flat-panel-displays> diunduh pada tanggal 18 Desember 2017.
- Lasmana, D., *et al.* (2016). *Karakteristik Transparansi Film Tipis Oksida Grafena Tereduksi (R-GO) untuk Elektrodean Transparan*. Jurnal Material dan Energi Indonesia FMIPA UNPAD. Vol 6(1), p. 15-19.
- Li, J., *et al.* (2014). *The Preparation of Graphene Oxide and Its Derivatives and Their Application in Bio-Tribological Systems*. Lubricants, vol.2, 137-161.

- Loryuenyong, V., et al. (2013). *Preparation and Characterization of Reduced Graphene Oxide Sheets via Water-Based Exfoliation and Reduction Methods*. Journal of Advances in Materials Science and Engineering. 2013, 1-5.
- Mailu, S. N., et al. (2010). *Determination of Anthracene on Ag-Au Alloy Nanoparticles/Overoxidized-Polypyrrole Composite Modified Glassy Carbon Electrodes*. Sensors. No. 10, hal 9449-9465.
- Mishra, SK., et al. (2015). *Surface Plasmon Resonance-Based Fiber Optic Methane Gas Sensor Utilizing Graphene-Carbon Nanotubes-Poly (Methyl Methacrylate) Hybrid Nanocomposites*. Springer Science. Vol 10, p. 1147-1157.
- Montazer, M., et al. (2012). *Durable Antibacterial Nylon Carpet Using Colloidal Nano Silver*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe. Vol. 20, No.4 (93): 96-101.
- Naheed, Ahmad. (2010). *Biosynthesis of Silver Nanoparticles from Desmodium triflorum: A Novel Approach Towards Weed Utilization*. AGE-Hindawi Access to Research Biotechnology Research International Volume 2011, Article ID 454090, 8 page doi:10.4061/2011/454090.
- Naufal, et al. (2013). *Sejarah Penemuan, Sifat dan Karakteristik, Teknik Karakterisasi, Metode Sintesis, Serta Aplikasi Graphene*. Makalah Nanomaterial. Universitas Padjadjaran.
- Nugraha, Yoga. (2016). *Pengenalan Spektroskopi FTIR*. Bandung: Prodi Pendidikan Kimia Pascasarjana FMIPA UPI.
- Oktaviani, D.T., et al. (2015). *Sintesis Nano Ag dengan Metode Reduksi Kimia*. Jurnal Sains Teknologi. Vol 13 (2), hal 101-114.
- Oldenburg, S. J. (2011). *Silver Nanoparticles, Properties and Applications*. USA: Sigma Aldrich.
- Ossila. (2013). *Graphene Oxide Powder and Solutions*. <https://www.ossila.com/products/graphene-oxide-powders> diunduh pada tanggal 12 Maret 2017.
- Pavia, D.L., et al. (2009) *Introduction to Spectroscopy, A Guide for Students of Organic Chemistry*, 2nd ed. Brooks/Cole, Cengage Learning.

- Pokropivny, V., *et al.* (2007). *Introduction in Nanomaterials and Nanotechnology*. Tartu University Press, Ukraina, 225.
- Pratiwi, Phatma Dian. (2016). *Preparasi Nanomaterial Karbon Menggunakan Metode Liquid Mechanical Exfoliation Dibantu oleh Linear Alkylbenzene Sulfonate dengan Variasi Waktu Pencampuran*. Skripsi, tidak dipublikasikan. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Putri, Zekka M.C. (2015). *Pengaruh Konsentrasu Larutan Nanopartikel Perak sebagai Bahan Aditif dalam Cat Dinding terhadap Sifat Anti-Jamur Cat Dinding*. Skripsi, tidak dipublikasikan. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Ramadhiani, Arimbi. (2017). *Graphenestone Diklaim sebagai Cat Paling Ramah Lingkungan di Dunia*. <https://properti.kompas.com/read/2017> diunduh pada tanggal 3 November 2017.
- Ray, Sekhar C. (2015). *Application and Uses of Graphene Oxide and Reduced Graphene Oxide*. <http://www.sciencedirect.com> diunduh pada tanggal 14 November 2017.
- Ristian, Ina. (2013). *Kajian Pengaruh Konsentrasi Perak Nitrat (AgNO<sub>3</sub>) terhadap Ukuran Nanopartikel Perak*. Skripsi, tidak dipublikasikan. Universitas Negeri Semarang.
- Saputra, A.H., *et al.* (2011). *Preparasi Koloid Nanosilver dengan Berbagai Jenis Reduktor Sebagai Bahan Anti Bakteri*. Jurnal Sains Materi Indonesia. Vol 12 (3), hal 202-208.
- Sastrohamidjojo, Hardjono. (2013). *Dasar-Dasar Spektroskopi*. Yogyakarta. UGM Press.
- Seran, Emel. (2011). *Pengertian Dasar Spektrofotometer Vis, UV, UV-Vis*. <https://wanibesak.wordpress.com/2011/07/04/pengertiandasarspektrofotometer-vis-uv-uv-vis/> diunduh pada tanggal 29 Desember 2017 dari
- Shao, W., *et al.* (2015). *Preparation, Characterization, and Antibacterial Activity of Silver Nanoparticle-Decorated Graphene Oxide Nanocomposite*. Journal American Chemical Society.
- Sharma, Vandana. (2015). *Graphene Synthesis via Exfoliation of Graphite by Ultrasonication*. Ambala: IJETI.
- Sileikaite, A., *et al.* (2006). *Analysis of Silver Nanoparticles Produced by Chemical Reduction of Silver Salt Solution*. Material Science. Vol 12, p.14.

- Stoller, MD., *et al.* (2008). *Graphene-Based Ultracapacitors*. Nano Lett. Vol 8(10), p. 3498-3502.
- Suharyana. (2012). *Dasar-Dasar dan Pemanfaatan Metode Difraksi Sinar-X*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Sun, X., *et al.* (2008). *Nano-Graphene Oxide for Cellular Imaging and Drug Delivery*. Nano Res. Vol 1(3), p. 203-212.
- Syakir, N., *et al.* (2015). *Kajian Pembuatan Oksida Grafit untuk Produksi Oksida Graphene dalam Jumlah Besar*. Jatinangor: Departemen Fisika Universitas Padjadjaran.
- Taufantri, Y. *et al.* (2016). *Sintesis dan Karakterisasi Grafena dengan Metode Reduksi Grafit Oksida Menggunakan Pereduksi Zn*. Jurnal Kimia Valensi UIN Jakarta. Vol 2(1), p. 17-23.
- Toda, Kei., *et al.* (2015). *Recent Progress in Applications of Graphene Oxide for Gas Sensing: a Review*. Analytica Chimica Acta Journal. Japan. Vol 878 (2015), p. 43-53.
- Vi, T.T.T., *et al.* (2017). *Preparation of Silver Nanoparticles Loaded Graphene Oxide Nanosheets for Antibacterial Activity*. Journal Second ICCE UNPAR.
- Wang, S., *et al.* (2014). *The Effect of Surfactants and Their Concentrations on The Liquid-Exfoliation of Graphene*. Cina: Beijing University.
- Wang, X., *et al.* (2008) *Transparent Conductive Graphene Electrodes for Dye-Sensitized Solar Cell*. Nano Lett. Vol 8(1), p. 323-327.
- Widyawati, N. (2012). *Analisa Pengaruh Heating Rate terhadap tingkat Kristal dan Ukuran Butir Lapisan BZT yang Ditumbuhkan dengan Metode Sol Gel*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Wijaya, Karna. (2012). *Nanoteknologi dan Energi*. <https://pse.ugm.ac.id/nanoteknologi-dan-energi/> diunduh pada tanggal 17 Desember 2017
- Willems, V. D. (2005). *Roadmap Report on Nanoparticle*. W&WEspañas.I., Barcelona, Spain.
- Wisnuwijaya, Rhyko Irawan. (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*. Skripsi, tidak dipublikasikan. Universitas Negeri Yogyakarta.

- Xu, C., *et al.* (2014). *Selective Reduction of Graphene Oxide*. Institute of Coal Chemistry, Chinese Academy of Sciences. Vol 29 (1), p 61-66.
- Yandi. (2012). *Bahan-Bahan Dasar Pembuat Kaca* <https://bisakimia.com/2012/09/04/> diunduh pada tanggal 23 Maret 2018.
- Yoon, Y., *et al.* (2015). Highly Stretchable and Conductive Silver Nanoparticle Embedded Graphene Flake Electrode Prepared by In situ Dual Reduction Reaction. *Journal Scientific Report*, 5:14177.
- Young, Steve. (2012). *The Many Faces of Carbon: Graphene, Nanotubes, Fullrenes, Diamond*. <https://www.thenanoage.com/carbon.htm/> diunduh pada tanggal 15 Oktober 2017.

## Lampiran 1. Dokumentasi Pengambilan Data



Grafit dari limbah karbon bsterai



Trisodium sitrat



Perak Nitrat ( $\text{AgNO}_3$ )



Proses pemblenderan larutan grafit



Seperangkat alat sonikasi (*tweeter piezoelectric, AFG, amplifier*)





Proses pemanasan larutan AgNP



Larutan AgNP variasi konsentrasi



Larutan grafit



Larutan GO-AgNP



Larutan AgNP 4mM, GO, dan GO-AgNP 4mM siap uji UV-Vis



Pembuatan sampel lapisan untuk uji SEM-EDX dan XRD

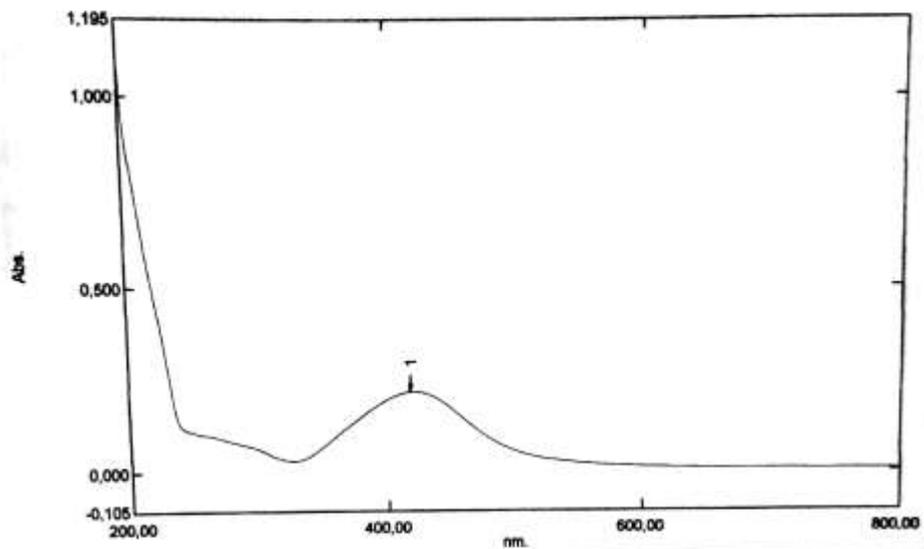
## Lampiran 2. Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis

### 1. AgNP 1mM

## Spectrum Peak Pick Report

15/09/2017 09:53:34

Data Set: AgNP 1 mM.spc - RawData



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

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	417,50	0,220	

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

Attachment Properties  
Attachment: None

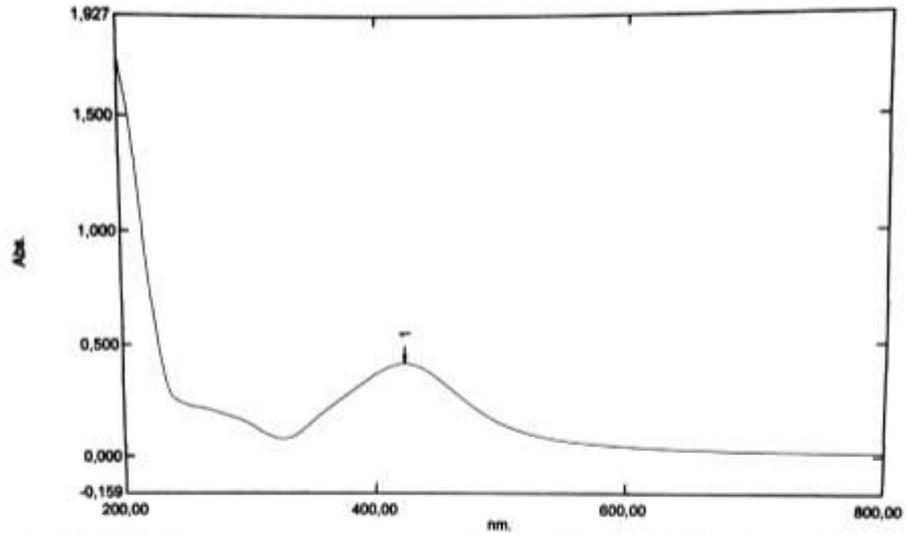
Sample Preparation Properties  
Weight:  
Volume:  
Dilution:  
Path Length:  
Additional Information:

2. AgNP 2mM

# Spectrum Peak Pick Report

15/09/2017 09:43:56

Data Set: AgNP 2mM.spc - RawData



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

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

Attachment Properties  
Attachment: None

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

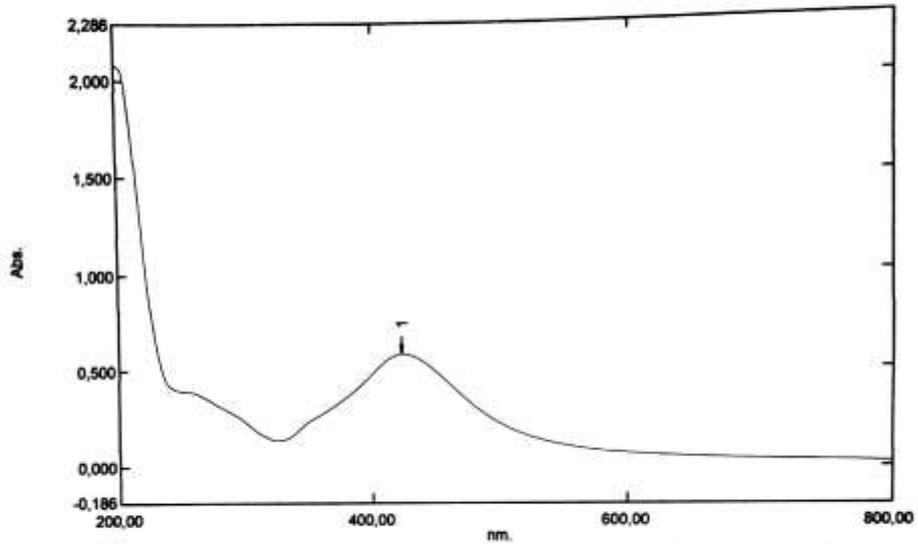
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	425,50	0,420	

3. AgNP 3mM

## Spectrum Peak Pick Report

15/09/2017 09:46:05

Data Set: AgNP 3 mM.spc - RawData



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

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	423,00	0,587	

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

**Attachment Properties**  
 Attachment: None

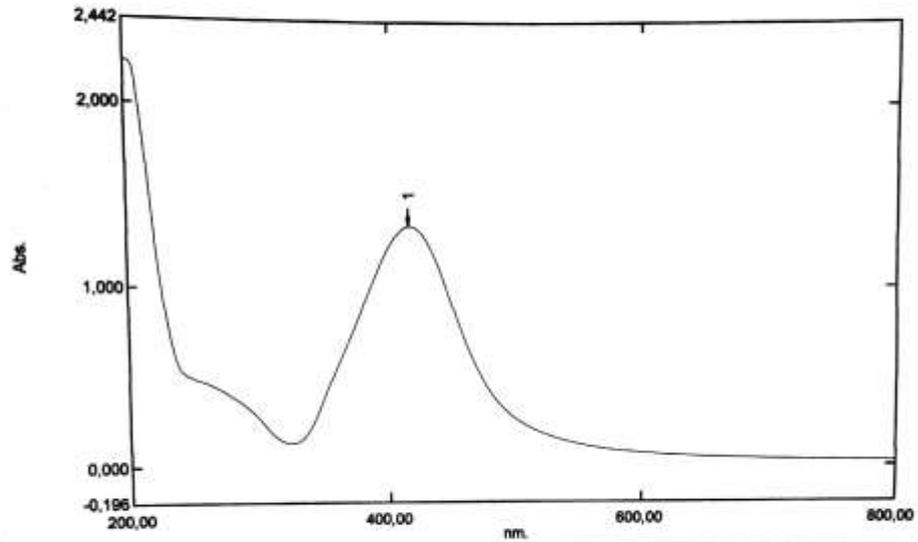
**Sample Preparation Properties**  
 Weight:  
 Volume:  
 Dilution:  
 Path Length:  
 Additional Information:

4. AgNP 4 mM

# Spectrum Peak Pick Report

15/09/2017 09:48:24

Data Set: AgNP 4 mM.spc - RawData



Measurement Properties  
 Wavelength Range (nm.): 200.00 to 800.00  
 Scan Speed: Fast  
 Sampling Interval: 0.5  
 Auto Sampling Interval: Enabled  
 Scan Mode: Single

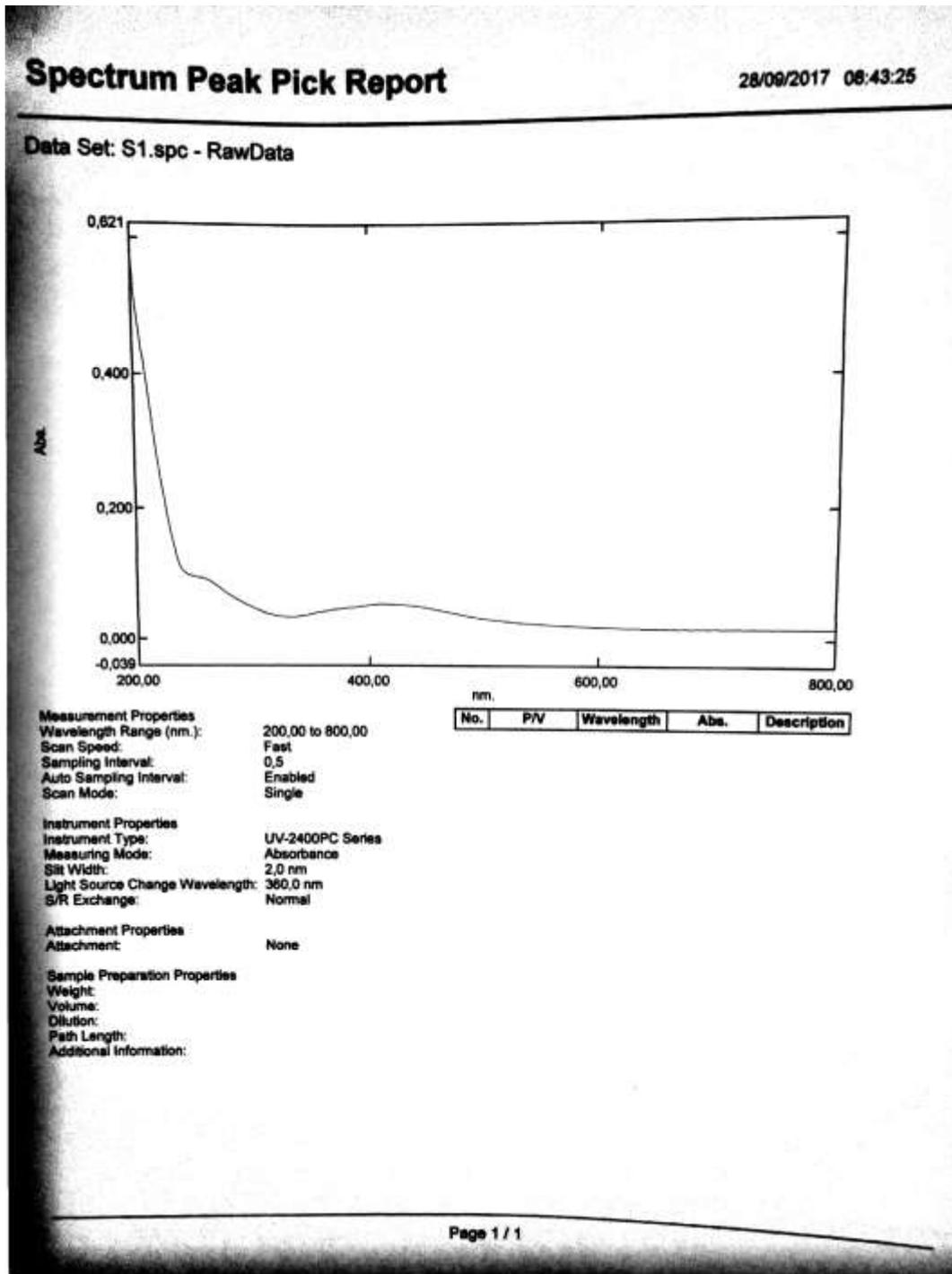
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	415.50	1.338	

Instrument Properties  
 Instrument Type: UV-2400PC Series  
 Measuring Mode: Absorbance  
 Slit Width: 2.0 nm  
 Light Source Change Wavelength: 360.0 nm  
 S/R Exchange: Normal

Attachment Properties  
 Attachment: None

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

5. GO-AgNP 1 mM dengan sonikasi

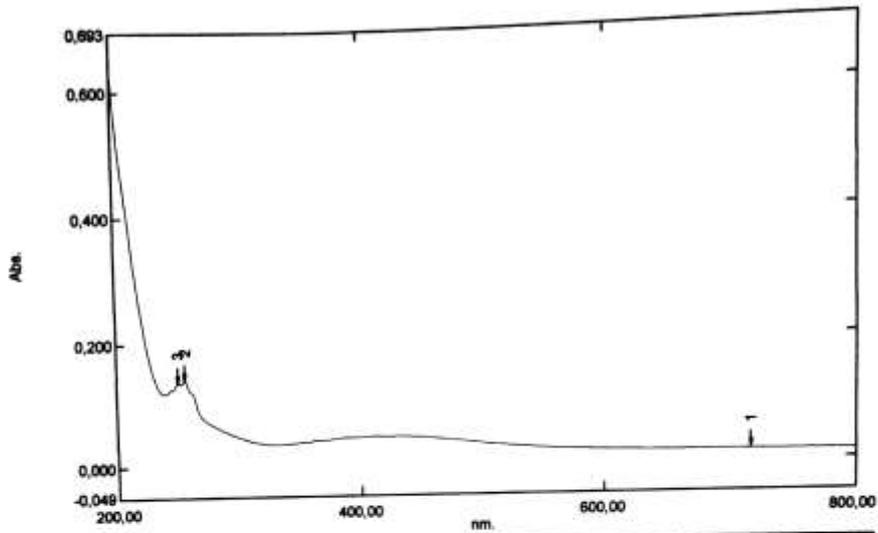


6. GO-AgNP 1 mM tanpa sonikasi

### Spectrum Peak Pick Report

26/09/2017 08:34:48

Data Set: M1.spc - RawData



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

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

Attachment Properties  
 Attachment: None

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

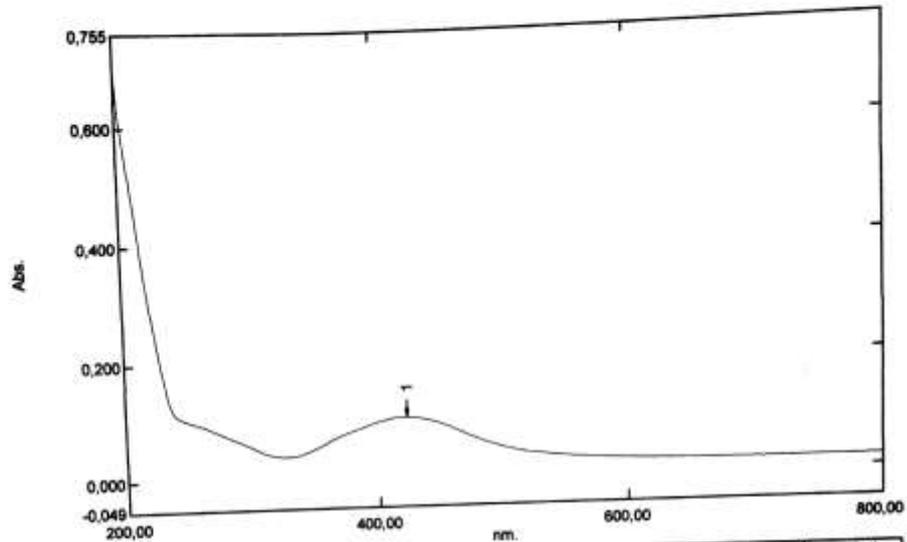
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⊕	717,50	0,015	
2	⊕	256,00	0,140	
3	⊕	250,50	0,136	

7. GO-AgNP 2 mM dengan sonikasi

## Spectrum Peak Pick Report

28/09/2017 08:45:41

Data Set: S2.spc - RawData



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

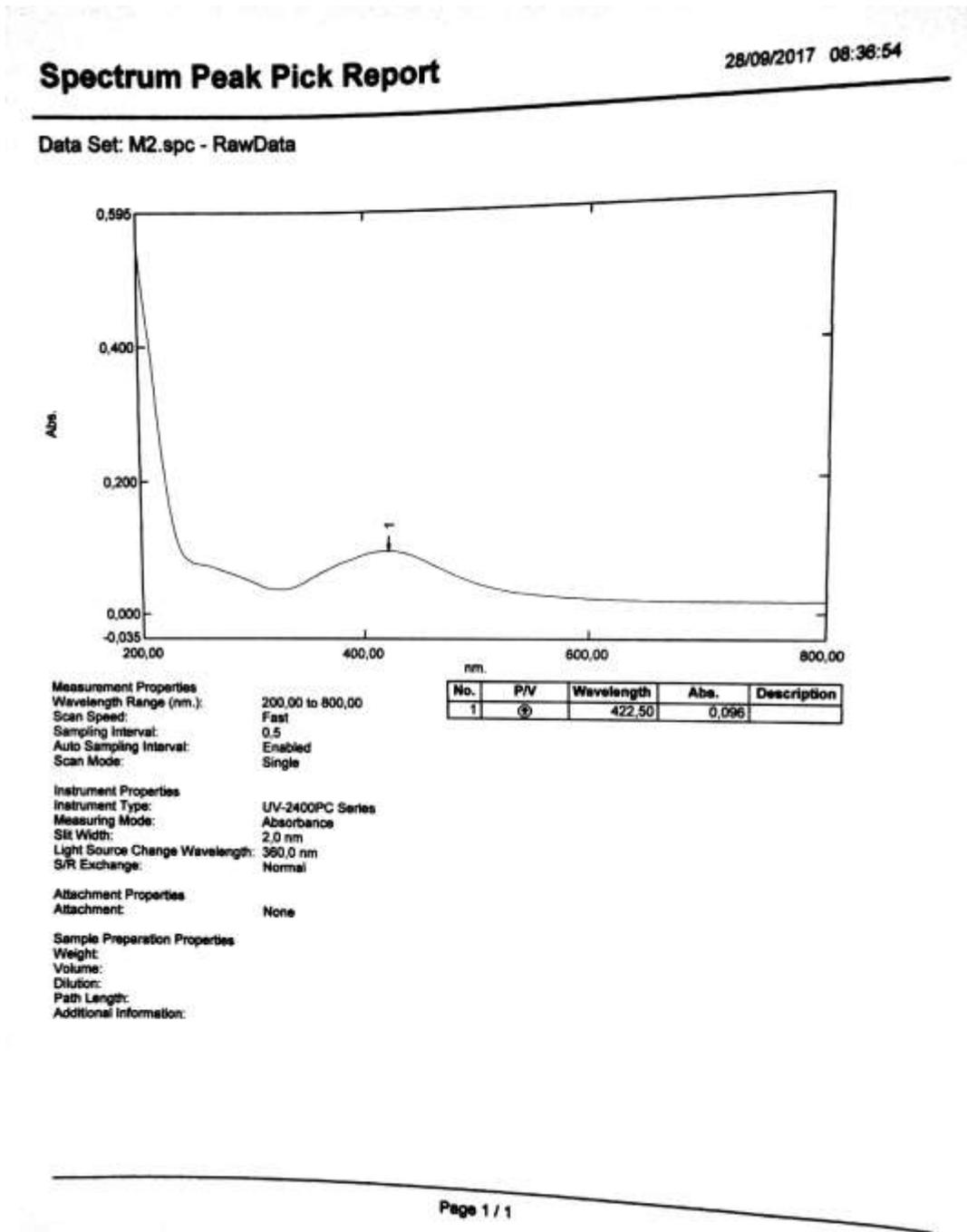
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⊕	423,50	0,103	

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

Attachment Properties  
 Attachment: None

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

8. GO-AgNP 2 MM tanpa sonikasi

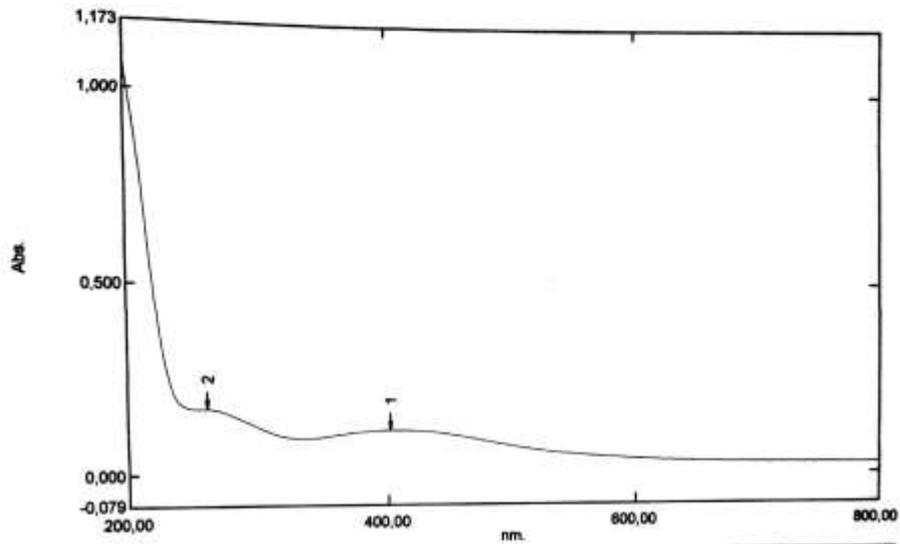


9. GO-AgNP 3 mM dengan sonikasi

# Spectrum Peak Pick Report

28/09/2017 08:48:05

Data Set: S3.spc - RawData



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

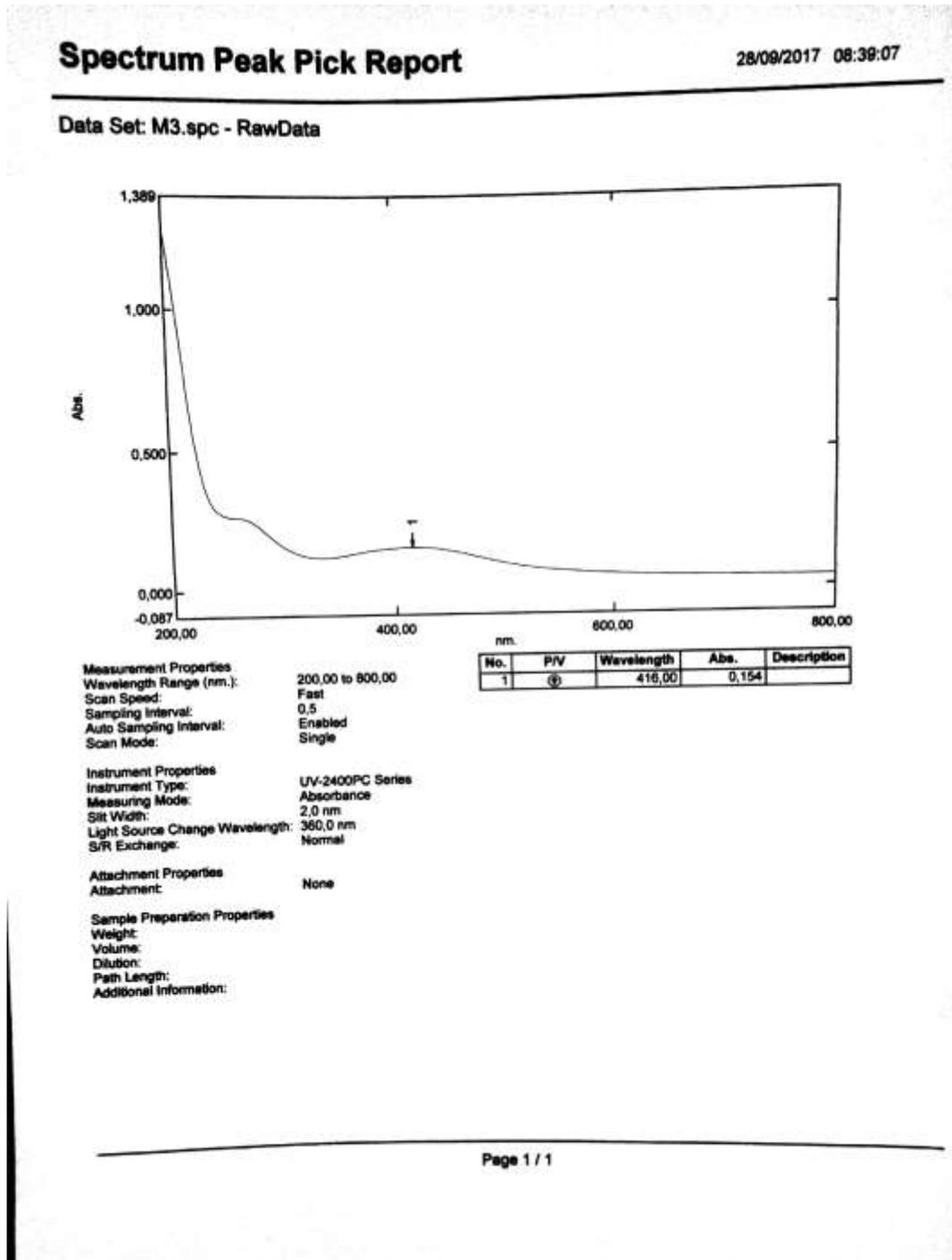
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⊕	402,00	0,117	
2	⊕	280,00	0,171	

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

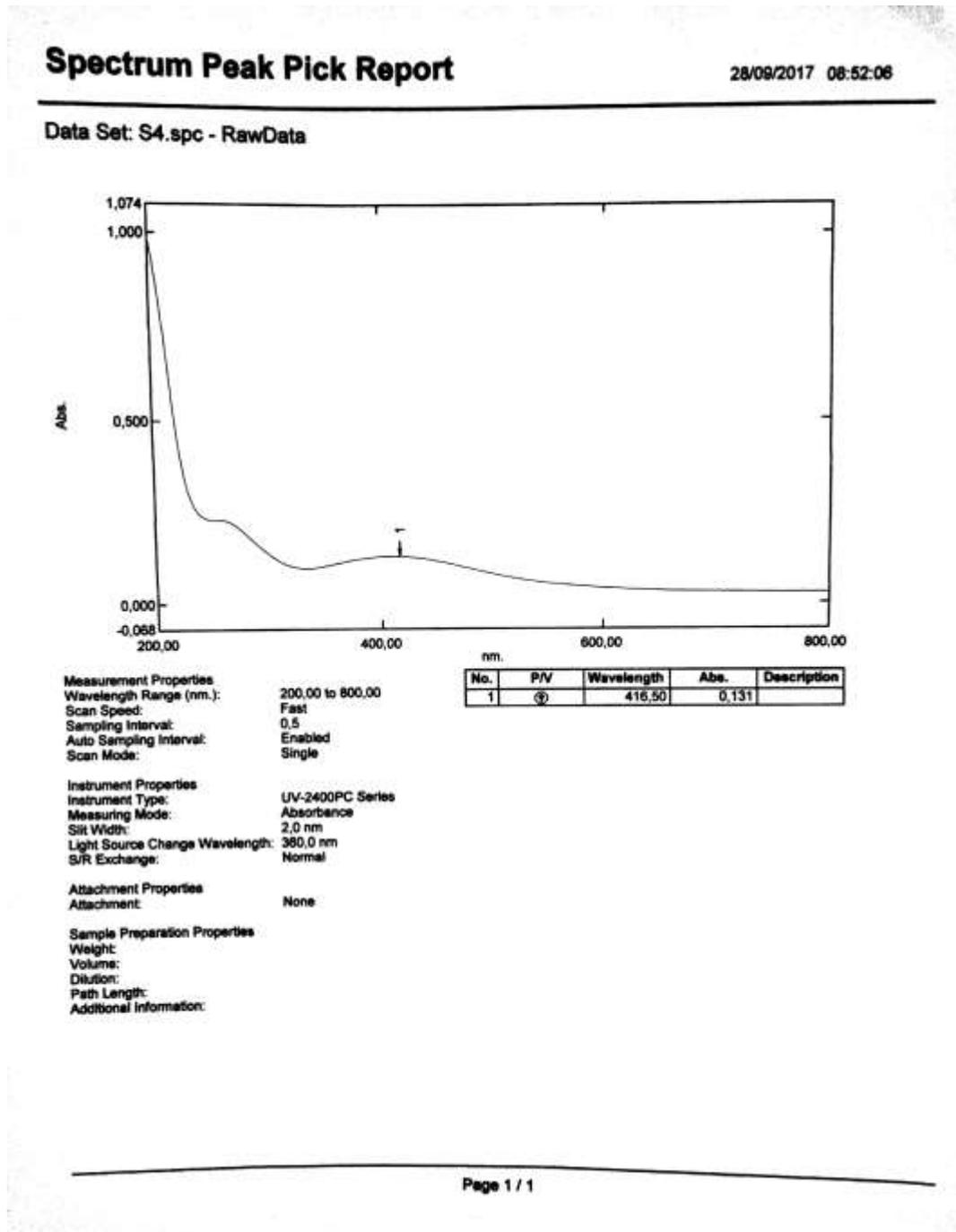
Attachment Properties  
 Attachment: None

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

10. GO-AgNP 3 mM tanpa sonikasi



11. GO-AgNP 4 mM dengan sonikasi

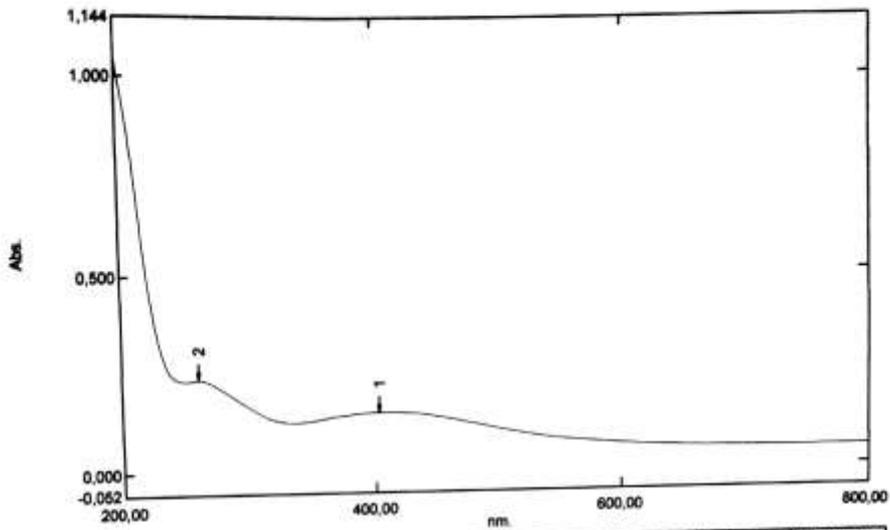


12. GO-AgNP 4 mM tanpa sonikasi

### Spectrum Peak Pick Report

28/09/2017 08:41:09

Data Set: M4.spc - RawData



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

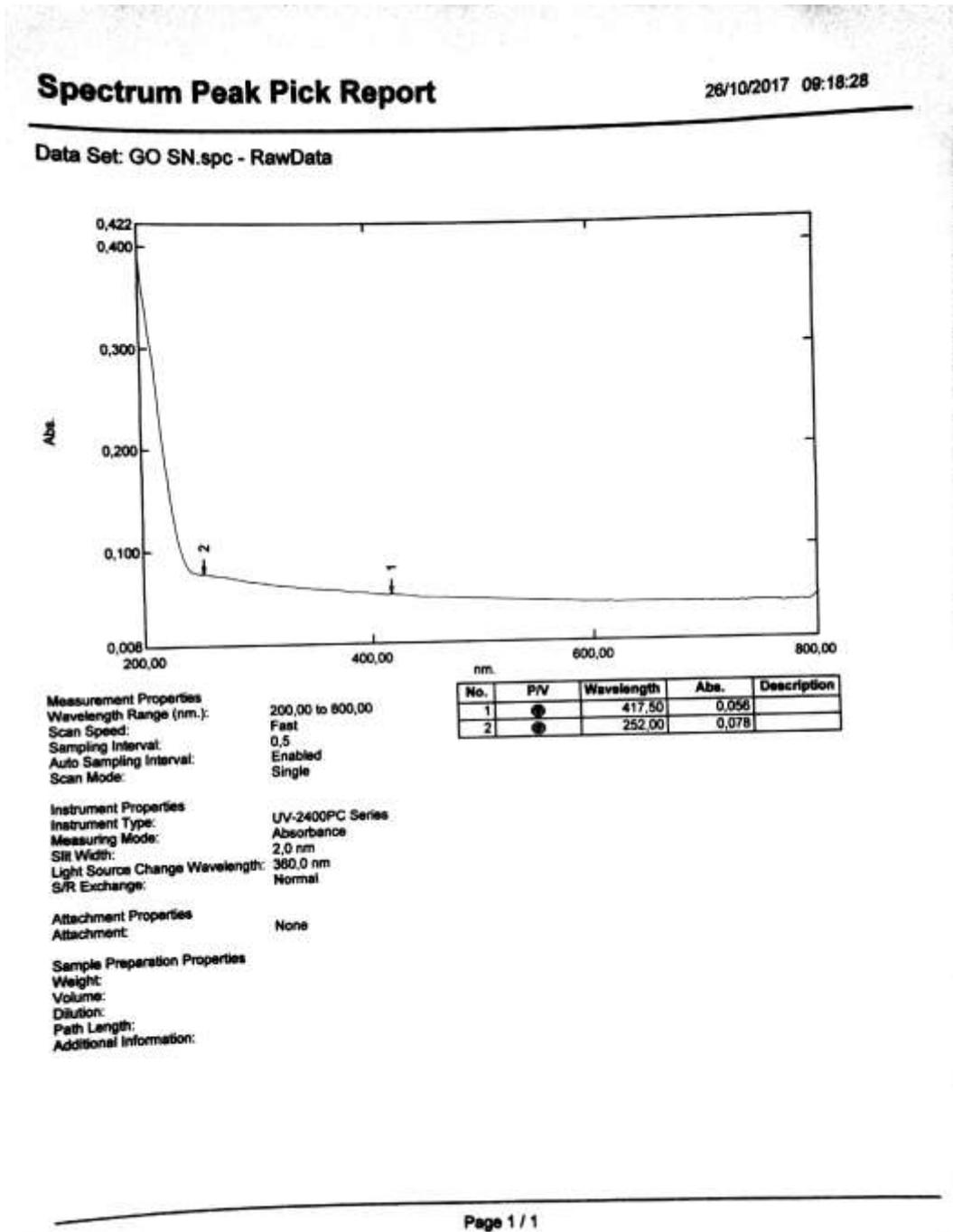
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⊕	403,00	0,151	
2	⊕	260,00	0,237	

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

Attachment Properties  
 Attachment: None

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

13. GO dengan sonikasi

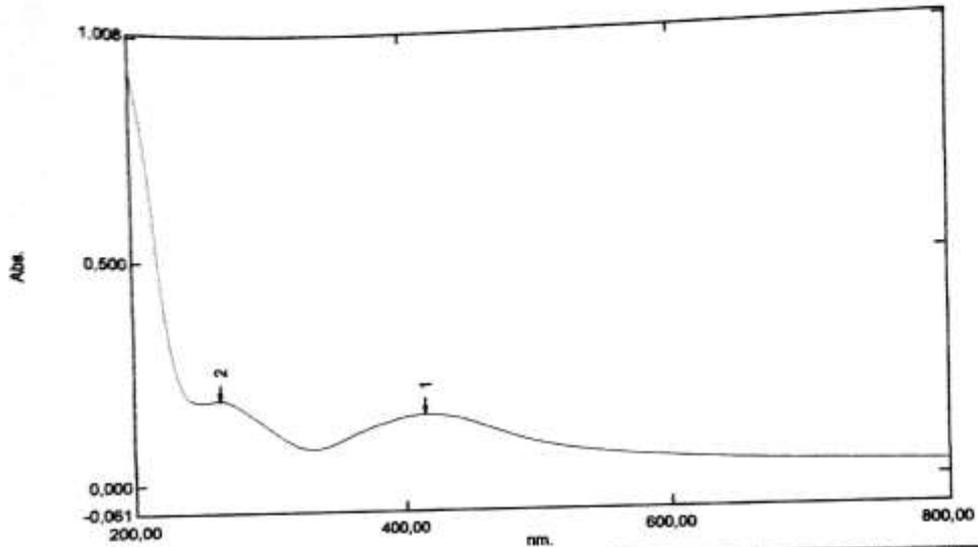


14. GO-AgNP 4 mM waktu 1 hari

# Spectrum Peak Pick Report

05/10/2017 10:11:14

Data Set: SON 1.spc - RawData



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

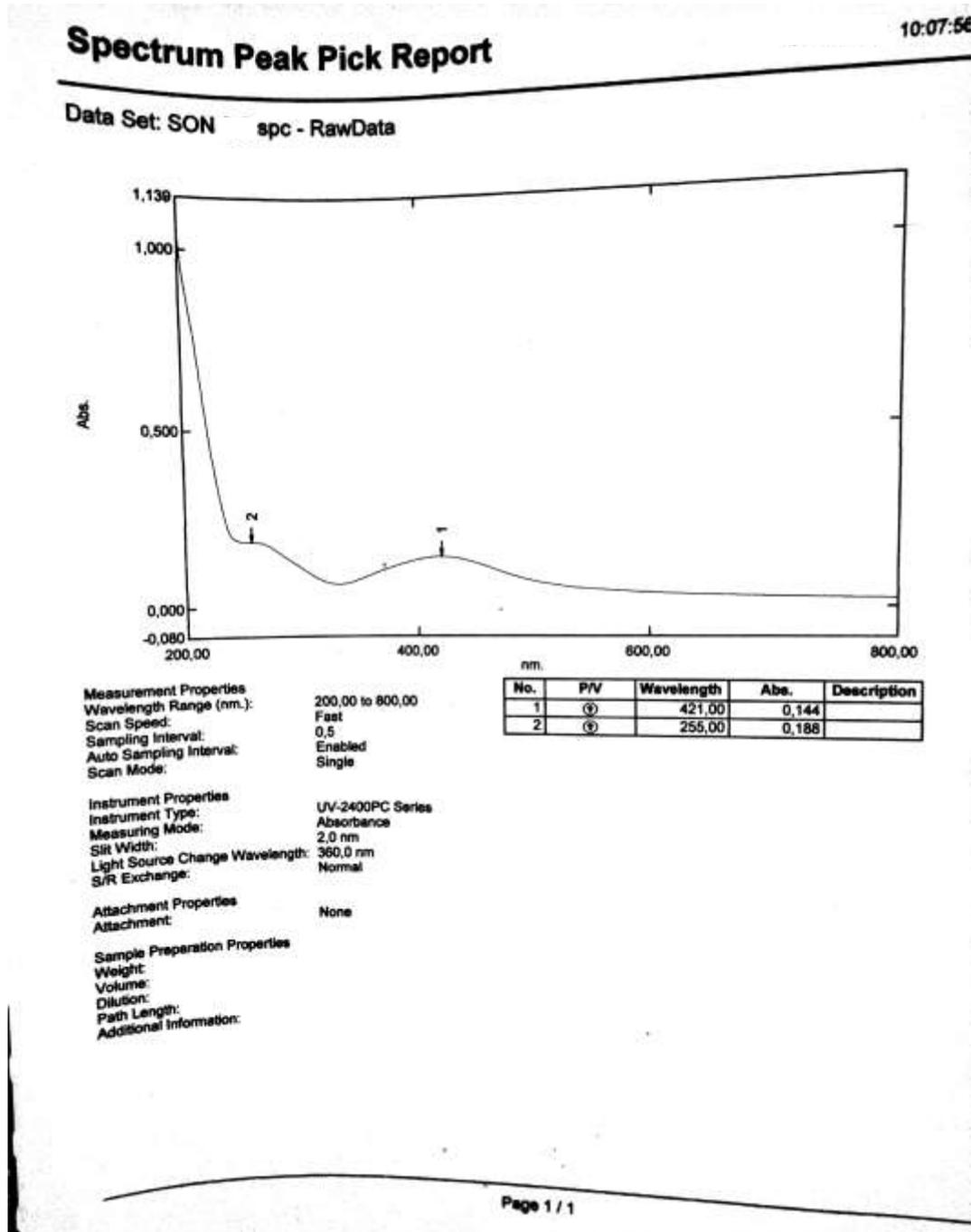
Instrument Properties  
 Instrument Type: UV-2400PC Series  
 Measuring Mode: Absorbance  
 Slit Width: 2,0 nm  
 Light Source Change Wavelength: 360,0 nm  
 S/R Exchange: Normal

Attachment Properties  
 Attachment: None

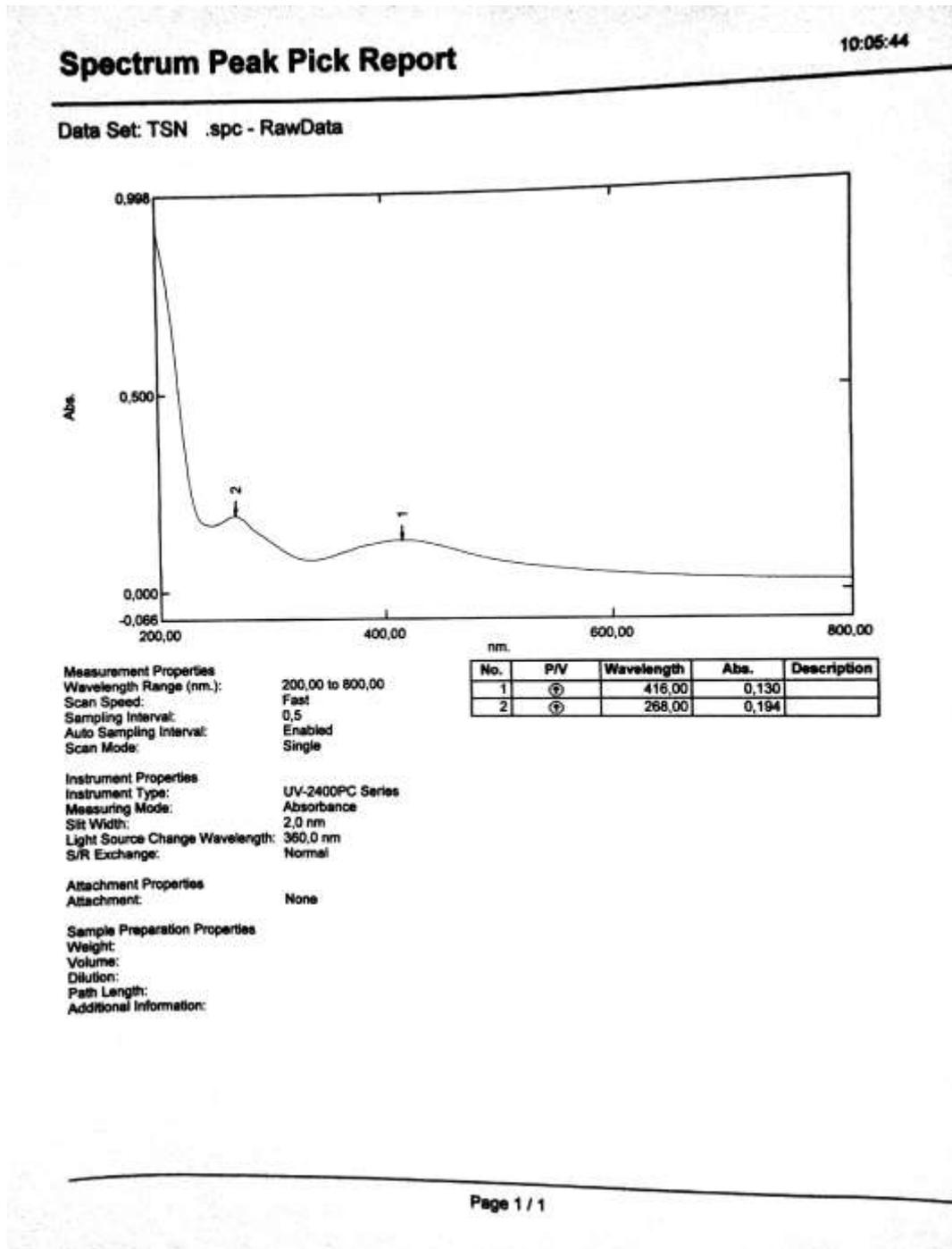
Sample Preparation Properties  
 Weight:  
 Volume:  
 Dilution:  
 Path Length:  
 Additional Information:

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	Ⓢ	416,00	0,154	
2	Ⓢ	262,50	0,190	

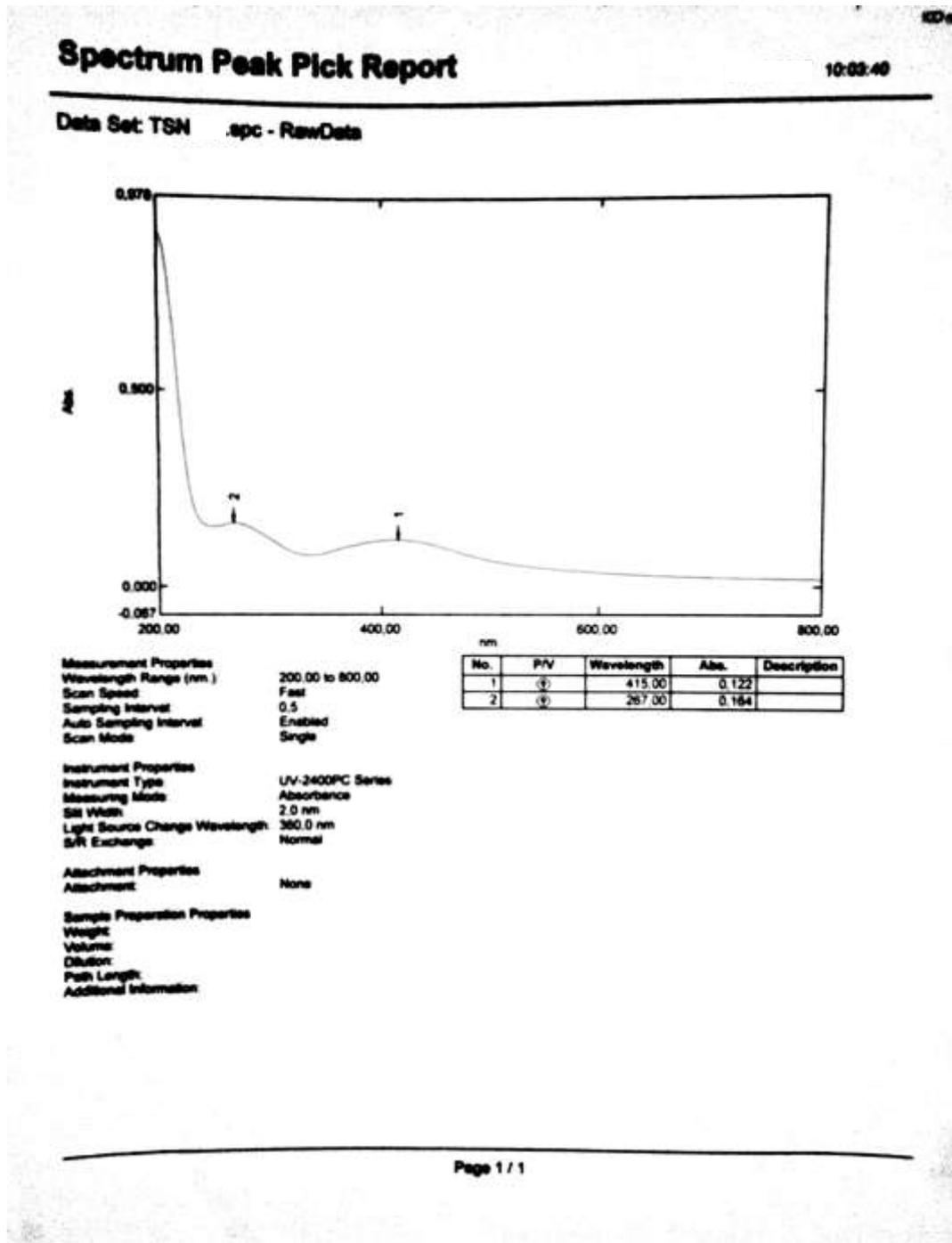
15. GO-AgNP 4 mM waktu 5 hari



16. GO-AgNP 4 mM waktu 9 hari

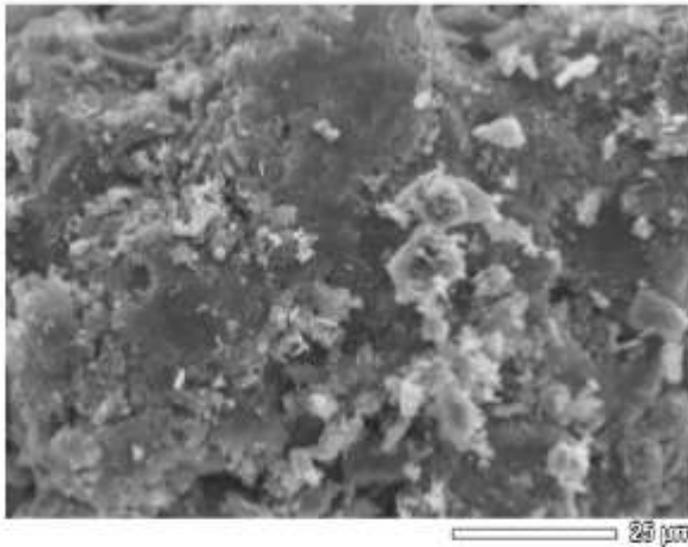


17. GO-AgNP 4 mM waktu 12 hari



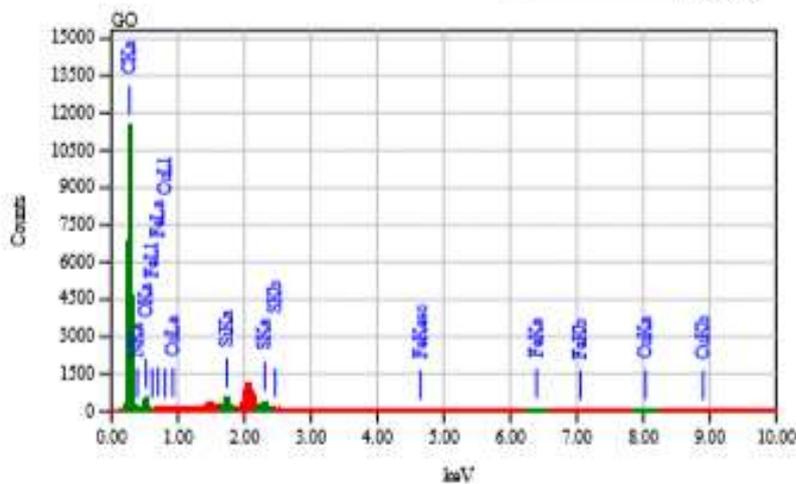
### Lampiran 3. Hasil Uji SEM-EDX

GO



JMOL 1/1

Title	: IMG1
Instrument	: SEM10(LA)
Volt	: 15.00 kV
Mag.	: x 1,200
Date	: 2017/11/14
Pixel	: 1024 x 768



Acquisition Parameter

Instrument	: SEM10(LA)
Acc. Voltage	: 15.0 kV
Probe Current	: 1.00000 nA
PHA mode	: TS
Real Time	: 51.35 sec
Live Time	: 50.00 sec
Dead Time	: 2 %
Counting Rate	: 3011 cps
Energy Range	: 0 - 20 keV

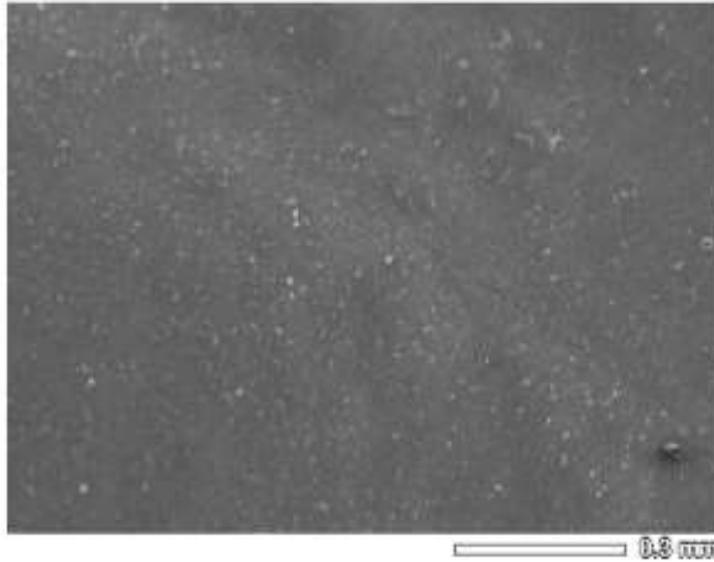
IAF Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting Coefficient : 0.2282

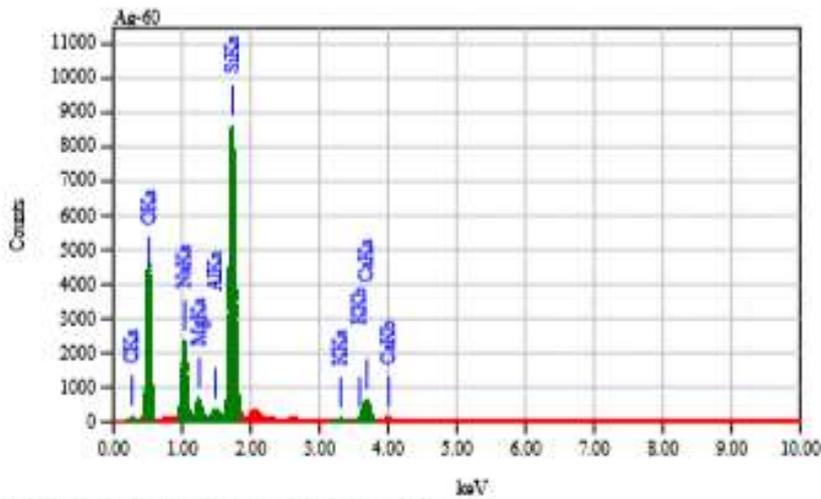
Element	(keV)	Mass%	Sigma	Atom%	Compound	Mass%	Cation	X
C K	0.277	69.81	0.03	72.01				73.0024
O K	0.532	19.78	0.18	18.62				13.2398
Si K	1.739	9.47	0.08	7.80				3.7318
S K	2.307	0.97	0.02	0.48				1.2818
S K	2.307	1.10	0.01	0.48				2.0208
Fe K	6.398	1.27	0.04	0.30				1.9134
Cu K	8.040	1.80	0.08	0.37				2.2108
Total		100.00		100.00				

Ag-60

JR01 1/1



Title : JR01  
 Instrument : ED10 (LA)  
 Volt : 15.00 kV  
 Mag. : x 100  
 Date : 2017/11/14  
 Pixel : 1024 x 1000



Acquisition Parameter  
 Instrument : ED10 (LA)  
 Acc. Voltage : 15.0 kV  
 Probe Current: 1.00000 nA  
 PHA mode : TO  
 Real Time : 31.61 sec  
 Live Time : 30.00 sec  
 Dead Time : 3 s  
 Counting Rate: 3848 cps  
 Energy Range : 0 - 20 keV

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis  
 Fitting Coefficient : 0.9985

Element	(keV)	Mass%	Sigma	Atom%	Compound	Mass%	Cation	X
C K	0.277	4.55	0.08	7.42				0.5314
O K	0.525	48.38	0.26	59.20				32.4093
Na K	1.041	8.99	0.08	7.62				8.0569
Mg K	1.255	2.17	0.05	1.75				1.6726
Al K	1.486	0.65	0.03	0.47				0.3935
Si K	1.739	30.17	0.15	21.03				30.2625
K K	3.312	0.31	0.03	0.18				0.3423
Ca K	3.690	4.82	0.08	2.38				2.7680
Total		100.00		100.00				

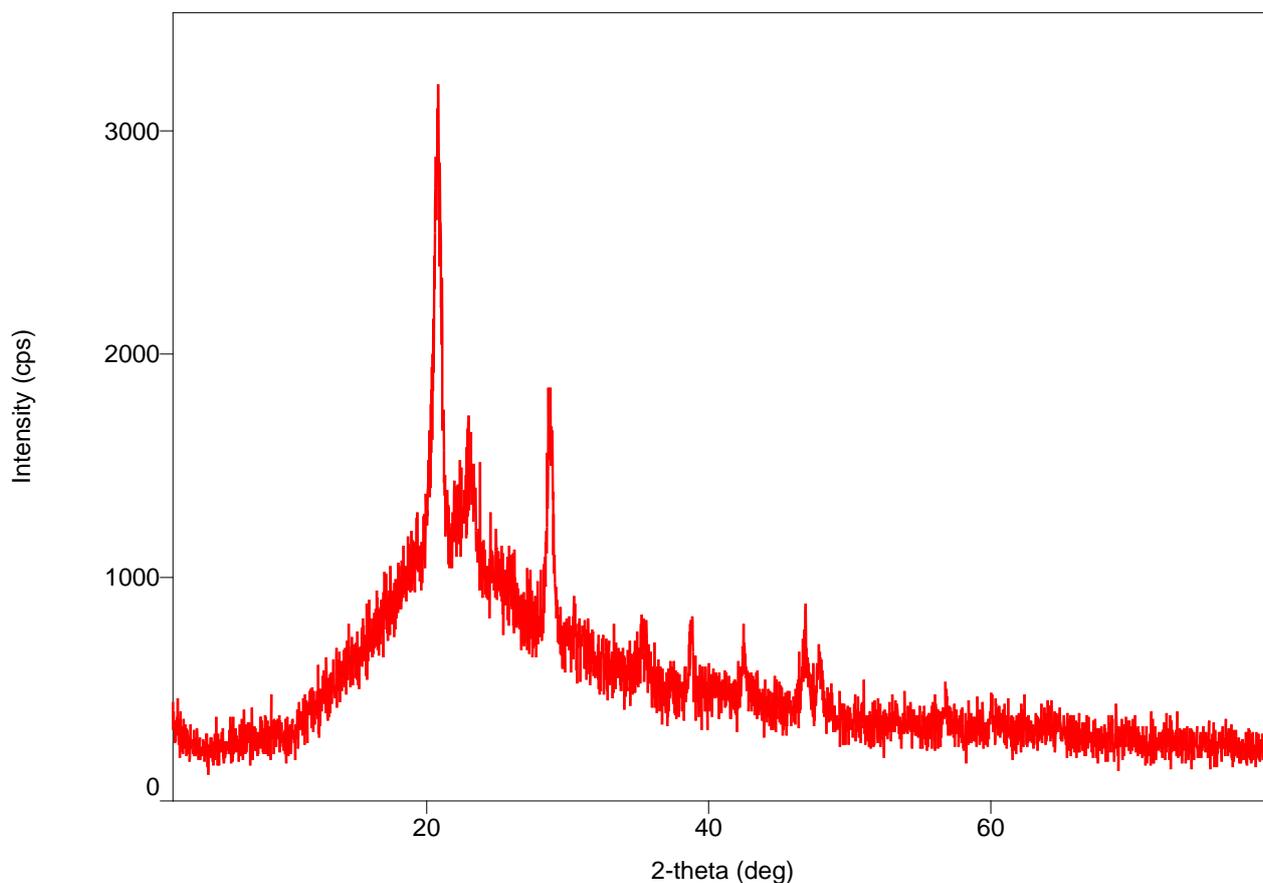
## Lampiran 4. Hasil Uji XRD

# Peak List

### General information

Analysis date	2017/11/14 13:53:11	Measurement date	2017/11/14 13:17:05
Sample name	GO	Operator	administrator
File name	1428-xrd-2017.ras		
Comment			

### Measurement profile



### Peak list

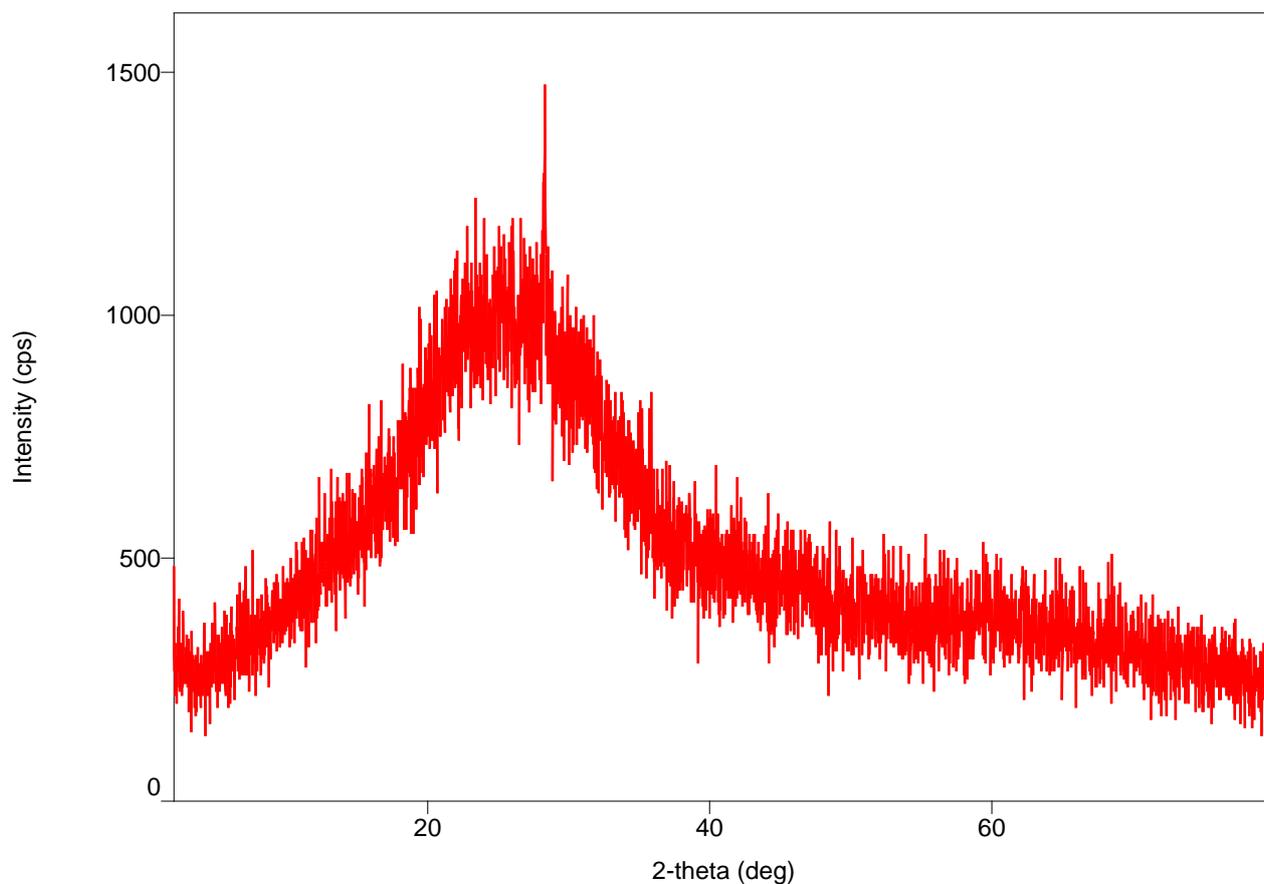
No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	20.78(3)	4.272(7)	1288(104)	0.62(3)	1173(35)	0.91(10)	1.1(3)
2	28.75(3)	3.103(3)	635(73)	0.48(3)	357(19)	0.56(9)	1.1(3)
3	35.5321	2.52448	116.691	0.615377	161.06	1.380227	1.13325
4	38.677	2.32613	391.754	0.615377	198.732	0.507287	1.13325
5	42.3223	2.13383	169.166	0.615377	145.466	0.859901	1.13325
6	46.8967	1.93579	359.596	0.615377	182.151	0.506543	1.13325

# Peak List

## General information

Analysis date 2017/11/14 13:54:05  
Sample name Ag-GO  
File name 1429-xrd-2017.ras  
Comment  
Measurement date 2017/11/14 13:27:11  
Operator administrator

## Measurement profile



## Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	28.3131	3.14957	171616	0.1	186.306	0.001086	1

## Lampiran 5. JCPDS Atom C

Date: 10-09-2017 Time: AM 09:31:26 File: cu2s b4 (N2\_400C) User: admin

### Name and formula

Reference code: 01-075-1621  
Mineral name: Graphite 2H  
ICSD name: Carbon  
Empirical formula: C  
Chemical formula: C

### Crystallographic parameters

Crystal system: Hexagonal  
Space group: P63mc  
Space group number: 186  
a (Å): 2.4700  
b (Å): 2.4700  
c (Å): 6.7500  
Alpha (°): 90.0000  
Beta (°): 90.0000  
Gamma (°): 120.0000  
Calculated density (g/cm<sup>3</sup>): 2.22  
Volume of cell (10<sup>6</sup> pm<sup>3</sup>): 35.88  
Z: 4.00  
RIR: 2.37

### Subfiles and Quality

Subfiles: Inorganic  
Mineral  
Alloy, metal or intermetallic  
Quality: ICSD Pattern  
Calculated (C)

### Comments

Sample source: Specimen from Kropfmuhl, Bavaria, Germany.  
ICSD collection code: 031170  
Test from ICSD: No R value given.  
At least one TF missing.  
Calc. density unusual but tolerable.

### References

Primary reference: Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)  
Structure: Hassel, O., *Z. Phys.*, **25**, 317, (1924)

### Peak list

No.	h	k	l	d [Å]	2Theta(deg)	± (%)
1	0	0	2	3.39500	26.228	100.0
2	1	0	0	2.13900	42.214	2.9

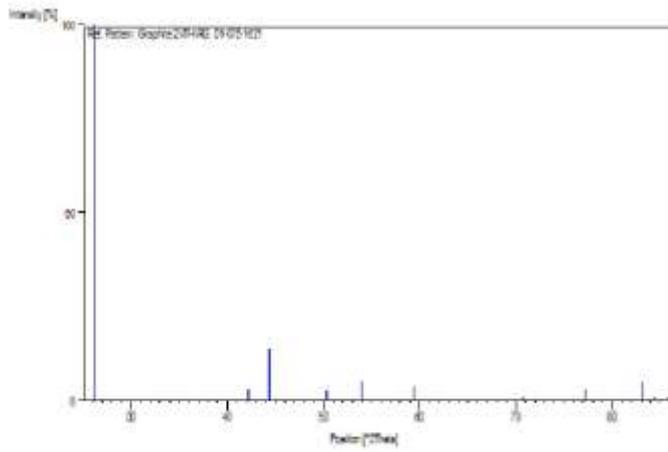
Date: 10-09-2017 Time: AM 09:31:26

File: cu2s b4 (N2\_400C)

User: admin

3	1	0	1	2.04023	44.365	13.8
4	1	0	2	1.80980	50.381	2.6
5	0	0	4	1.69750	53.974	5.0
6	1	0	3	1.55463	59.404	3.6
7	1	0	4	1.32969	70.804	0.6
8	1	1	0	1.23500	77.177	3.1
9	1	1	2	1.16060	83.167	4.8
10	1	0	5	1.14648	84.425	0.9
11	0	0	6	1.13167	85.793	0.7

### Stick Pattern



## Lampiran 6. Match!3 Analysis Report pada sampel GO

### Match! Phase Analysis Report

Sample: 1428-xrd-2017

#### Sample Data

File name 1428-xrd-2017.txt  
 File path D:\G. BISMILLAH SKRIPSI\2. Hasil XRD  
 Data collected Nov 20, 2017 09:33:45  
 Data range 2.080° - 80.060°  
 Number of points 3900  
 Step size 0.020  
 Rietveld refinement converged No  
 Alpha2 subtracted No  
 Background subtr. Yes  
 Data smoothed Yes  
 2theta correction 0.07°  
 Radiation X-rays  
 Wavelength 1.541874 Å

#### Matched Phases

Index	Amount (%)	Name	Formula sum
A	65.0	Carbon	C
B	26.4	Hydrogen	H
C	8.6	C O	C O
	72.3	Unidentified peak area	

#### A: Carbon (65.0 %)

Formula sum C  
 Entry number 96-901-4005  
 Figure-of-Merit (FoM) 0.765847  
 Total number of peaks 56  
 Peaks in range 38  
 Peaks matched 14  
 Intensity scale factor 0.68  
 Space group P 6/m m m  
 Crystal system hexagonal  
 Unit cell a= 4.8900 Å c= 3.8800 Å  
 Vc 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 Locality: hypothetical structure", Journal of Chemical Theory and Computation **2**, 775-781 (2006)

#### B: Hydrogen (26.4 %)

Formula sum H  
 Entry number 96-901-2911  
 Figure-of-Merit (FoM) 0.669822  
 Total number of peaks 40  
 Peaks in range 24  
 Peaks matched 18  
 Intensity scale factor 0.05  
 Space group P 63/m m c  
 Crystal system hexagonal  
 Unit cell a= 3.5820 Å c= 5.8260 Å  
 Vc 0.46  
 Calc. density 0.052 g/cm<sup>3</sup>  
 Reference Vindryevskiy B. A., Istmaev S. N., Sadikov I. P., Chernyshev A. A., "Neutron diffraction studies of solid parahydrogen at pressures up to 5 kbar Locality: synthetic Sample: P = .056 GPa, T = 15.3 K", Physics Letters **76A**, 355-358 (1980)

#### C: C O (8.6 %)

Formula sum C O  
 Entry number 96-202-0156  
 Figure-of-Merit (FoM) 0.681364  
 Total number of peaks 42  
 Peaks in range 26  
 Peaks matched 13  
 Intensity scale factor 0.08  
 Space group P 63/m m c  
 Crystal system hexagonal  
 Unit cell a= 3.6150 Å c= 5.8800 Å  
 Vc 2.52  
 Calc. density 1.397 g/cm<sup>3</sup>  
 Reference Cromer D. T., Mills R., Schiferl D., Je Sar R., "Room-Temperature Structure of Carbon Monoxide at 2.7 and 3.6 GPa", Acta Crystallographica C (39,1983-) **39**, 1146-1150 (1983)

#### Search-Match

**Settings**  
Reference database used COD-Inorg REV204654 2018.01.02  
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:**

H, C, O

**Elements that must NOT be present:**

All elements not mentioned above

### Peak List

No.	2theta [°]	d [Å]	I/I0	FWHM	Matched
1	3.60	23.2597	31.09	0.0400	
2	9.06	9.7639	46.16	0.0400	
3	9.26	9.5484	43.51	0.0400	
4	10.56	8.3792	39.57	0.0400	
5	11.34	7.8030	35.68	0.0400	
6	12.74	6.9487	45.21	0.0400	
7	12.94	6.8398	44.52	0.0400	
8	19.02	4.6664	79.57	0.0800	
9	19.39	4.5785	100.59	0.0800	
10	20.06	4.4264	173.12	0.1600	
11	20.26	4.3836	246.53	0.2800	
12	20.68	4.2952	820.50	0.2800	
13	20.88	4.2548	1000.00	0.4800	A
14	23.04	3.8604	269.05	0.0400	A
15	25.99	3.4282	82.69	0.0800	
16	27.25	3.2722	55.51	0.0400	
17	27.46	3.2480	67.56	0.0800	
18	28.78	3.1024	477.07	0.3600	B,C
19	28.92	3.0877	423.47	0.2800	
20	30.54	2.9273	63.54	0.0400	B,C
21	32.55	2.7510	56.80	0.0400	B,C
22	32.99	2.7153	65.00	0.0800	
23	33.42	2.6811	68.05	0.0800	
24	34.80	2.5779	66.17	0.0400	
25	35.01	2.5633	87.54	0.0400	
26	35.24	2.5468	112.34	0.0800	
27	35.40	2.5354	140.84	0.0800	
28	35.66	2.5180	141.75	0.1200	
29	36.50	2.4620	78.24	0.0800	
30	36.67	2.4505	73.16	0.0800	A
31	38.72	2.3265	113.27	0.0400	
32	42.19	2.1421	56.12	0.0800	C
33	42.54	2.1252	118.66	0.0400	A,B
34	46.91	1.9369	193.30	0.0800	A
35	47.08	1.9304	116.14	0.2800	
36	48.06	1.8932	128.13	0.2000	
37	49.50	1.8414	79.21	0.2000	
38	49.73	1.8334	53.84	0.0400	
39	49.91	1.8271	68.12	0.1200	
40	50.95	1.7923	84.75	0.1600	B
41	53.39	1.7161	73.33	0.1600	
42	54.19	1.6927	52.08	0.0400	
43	54.59	1.6812	64.64	0.0800	
44	55.32	1.6608	72.48	0.0800	C
45	55.98	1.6426	79.60	0.0800	B
46	56.67	1.6244	63.46	0.2400	
47	57.10	1.6131	62.40	0.0400	
48	60.10	1.5396	56.33	0.0400	C
49	60.68	1.5263	37.13	0.0800	A,B
50	63.90	1.4568	34.02	0.0400	B
51	64.11	1.4526	37.77	0.0400	B
52	64.95	1.4357	39.24	0.0800	A
53	68.42	1.3712	47.85	0.0400	B
54	68.59	1.3683	46.24	0.0400	B
55	68.96	1.3617	74.34	0.0400	
56	69.16	1.3583	49.50	0.0400	
57	73.60	1.2840	35.74	0.1200	
58	75.54	1.2587	29.68	0.0400	

59	76.30	1.2480	33.11	0.0800	
60	78.37	1.2202	30.36	0.0400	A,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

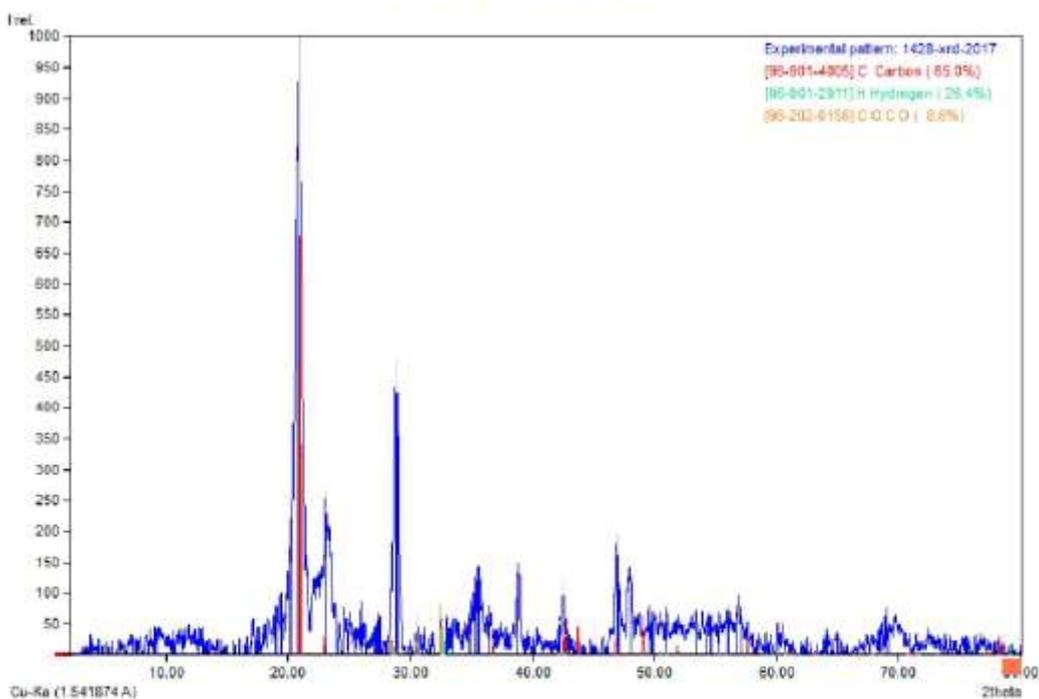
Based on calculated profile

Profile area	Counts	Amount
Overall diffraction profile	41178	100.00%
Background radiation	9221	22.39%
Diffraction peaks	31957	77.61%
Peak area belonging to selected phases	11404	27.69%
Peak area of phase A (Carbon)	13584	32.99%
Peak area of phase B (Hydrogen)	870	2.11%
Peak area of phase C (C O)	1109	2.69%
Unidentified peak area	29774	72.31%

### Peak Residuals

Peak data	Counts	Amount
Overall peak intensity	451	100.00%
Peak intensity belonging to selected phases	154	34.07%
Unidentified peak intensity	297	65.93%

### Diffraction Pattern Graphics



Match! Copyright © 2003-2018 CRYSTAL IMPACT, Bonn, Germany

## Lampiran 7. Match!3 Analysis Report pada sampel GO-AgNP

### Match! Phase Analysis Report

Sample: 1429-xrd-2017

#### Sample Data

File name 1429-xrd-2017.txt  
 File path D:\0. BISMILLAH SKRIPSI\2. Hasil XRD  
 Data collected Nov 20, 2017 09:33:45  
 Data range 2.210° - 80.190°  
 Number of points 3900  
 Step size 0.020  
 Rietveld refinement converged No  
 Alpha2 subtracted No  
 Background subtr. No  
 Data smoothed No  
 2theta correction 0.2°  
 Radiation X-rays  
 Wavelength 1.541874 Å

#### Matched Phases

Index	Amount (%)	Name	Formula sum
A	72.9	Carbon Graphite 2H	C
B	15.6	Ag	Ag
C	11.4	Ag <sub>2</sub> O	Ag <sub>2</sub> O
	72.3	Unidentified peak area	

#### A: Carbon Graphite 2H (72.9 %)

Formula sum C  
 Entry number 96-110-0004  
 Figure-of-Merit (FoM) 0.695015  
 Total number of peaks 26  
 Peaks in range 12  
 Peaks matched 6  
 Intensity scale factor 0.27  
 Space group R -3 m  
 Crystal system rhombohedral  
 Unit cell a= 3.6350 Å a= 39.490°  
 Vc 2.52  
 Calc. density 2.281 g/cm<sup>3</sup>  
 Reference Lipson H., Stokes A. R., "The Structure of Graphite". Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences **181(984)**, 101-105 (1942)

#### B: Ag (15.6 %)

Formula sum Ag  
 Entry number 96-150-9146  
 Figure-of-Merit (FoM) 0.686610  
 Total number of peaks 28  
 Peaks in range 16  
 Peaks matched 9  
 Intensity scale factor 0.40  
 Space group P 63/m m c  
 Crystal system hexagonal  
 Unit cell a= 2.9300 Å c= 4.7900 Å  
 Vc 17.48  
 Calc. density 10.059 g/cm<sup>3</sup>  
 Reference Mokhov A., Novgorodova D., Gorshkov A., "Native silver and its new structural modifications", Zapiski Vsesoyuznogo Mineralogicheskogo Obshchestva **108**, 552-553 (1979)

#### C: Ag<sub>2</sub>O (11.4 %)

Formula sum Ag<sub>2</sub>O  
 Entry number 96-150-9685  
 Figure-of-Merit (FoM) 0.719331  
 Total number of peaks 34  
 Peaks in range 24  
 Peaks matched 15  
 Intensity scale factor 0.28  
 Space group P -3 m 1  
 Crystal system trigonal (hexagonal axes)  
 Unit cell a= 3.0720 Å c= 4.9410 Å  
 Vc 16.62  
 Calc. density 9.529 g/cm<sup>3</sup>  
 Reference Vereshchagin L.F., Popova S.V., Serebrjanaja N.R., Kabalkina S.S., "About the new modification of Ag<sub>2</sub>O with layered structure", Doklady Akademii Nauk SSSR **152**, 853-855 (1963)

#### Candidates

Name	Formula	Entry No.	FoM
------	---------	-----------	-----

O2	O2	96-210-6432	0.7165
Cs4 (O2)3	O8	96-153-7397	0.7033
Ice VII	H2 O	96-901-6612	0.6979
Hydrogen	H2	96-901-3080	0.6885
Hydrogen	H2	96-901-3089	0.6876
Hydrogen	H2	96-901-3076	0.6780
Hydrogen	H2	96-901-3075	0.6779
H2	H2	96-154-2174	0.6754
D2	D2	96-154-2175	0.6754
Carbon (Graphite 2H)	C	96-110-0004	0.6709
Carbon (Graphite 3R)	C	96-110-1022	0.6709
Carbon (Graphite 3R)	C	96-120-0019	0.6709
Graphite	C	96-901-2706	0.6709
D2 O	D2 O	96-153-7670	0.6698
Hydrogen	H2	96-901-3084	0.6698
Graphite	C	96-901-2235	0.6663
Hydrogen	H2	96-901-3077	0.6631
Ag	Ag	96-150-9146	0.6599
Carbon dioxide	C O2	96-101-0493	0.6579
H2 O	H2 O	96-154-1580	0.6554
Carbon dioxide	C O2	96-101-0497	0.6547
CARBON DIOXIDE	C O2	96-101-0061	0.6546
	C O2	96-901-5591	0.6519
H2 O	H2 O	96-154-1504	0.6453
Hydrogen	H2	96-901-3092	0.6436
O2	O2	96-210-6878	0.6352
C O2	C O2	96-200-7415	0.6343
	C O2	96-900-7890	0.6343
Carbon dioxide	C O2	96-101-0489	0.6334
	C O2	96-900-7644	0.6251
Hydrogen	H2	96-901-3074	0.6234
Ice III	H7 O4	96-901-5633	0.6167
Hydrogen	H2	96-901-3091	0.6135
Ice	H2 O	96-900-9216	0.6121
Carbon(II) oxide	C O	96-101-0306	0.6092
Graphite	C	96-901-2233	0.6060
Hydrogen	H	96-901-2912	0.6024
	H	96-151-2509	0.6016
Hydrogen	H	96-901-2909	0.6002

### Search-Match

#### Settings

Reference database used	CCD-Inorg REV204654 2018.01.02
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:

<b>Elements of which at least one must be present:</b>	H, C, O, Ag
<b>Elements that must NOT be present:</b>	All elements not mentioned above

### Peak List

No.	2theta [°]	d [Å]	hko	FWHM	Matched
1	2.57	34.4040	137.50	0.0400	
2	3.11	28.4132	116.74	0.0400	
3	7.27	12.1529	119.00	0.0400	
4	8.78	10.0713	111.58	0.0400	
5	12.91	6.8548	113.75	0.0400	
6	13.39	6.6117	157.79	0.0400	
7	14.47	6.1218	137.66	0.0400	
8	14.68	6.0356	122.01	0.0400	
9	18.13	4.8927	175.27	0.0400	C
10	20.81	4.2682	948.02	0.0400	
11	21.89	4.0607	331.44	0.0400	
12	22.99	3.8678	397.29	0.0400	
13	23.34	3.8114	395.16	0.0800	
14	23.65	3.7626	528.49	0.1600	
15	24.00	3.7074	375.46	0.0800	
16	24.21	3.6762	452.30	0.0400	

17	24.34	3.6575	332.07	0.0400	
18	25.69	3.4678	515.63	0.1600	
19	26.03	3.4228	444.61	0.0400	
20	26.61	3.3254	385.43	0.0400	A
21	27.19	3.2801	294.13	0.0400	
22	27.51	3.2421	358.50	0.0800	
23	27.93	3.1941	364.54	0.0400	
24	28.50	3.1320	1000.00	0.1200	
25	30.13	2.9659	307.82	0.0400	
26	31.05	2.8801	288.55	0.0400	
27	33.73	2.6575	230.33	0.0800	C
28	33.99	2.6374	351.93	0.0800	
29	34.49	2.6008	205.85	0.0400	
30	35.00	2.5637	180.42	0.0400	
31	35.42	2.5341	236.19	0.0400	B
32	36.49	2.4621	193.45	0.0400	C
33	37.37	2.4062	276.97	0.0400	
34	37.64	2.3897	271.20	0.0400	B
35	38.49	2.3391	313.89	0.1600	C
36	38.78	2.3219	363.25	0.0800	
37	39.19	2.2990	379.85	0.0400	
38	39.62	2.2747	230.46	0.0800	
39	40.01	2.2536	261.51	0.0400	B
40	40.43	2.2311	254.02	0.0800	B
41	40.64	2.2203	237.03	0.0400	
42	41.92	2.1554	179.81	0.0800	
43	45.07	2.0115	135.87	0.0400	
44	46.61	1.9488	150.68	0.0400	A
45	49.88	1.8283	185.78	0.0400	
46	50.70	1.8007	256.04	0.0400	C
47	50.91	1.7938	371.75	0.1600	
48	51.23	1.7831	263.25	0.0400	
49	52.85	1.7322	257.04	0.0400	B
50	53.71	1.7066	193.75	0.0400	
51	54.24	1.6912	206.38	0.0400	
52	54.56	1.6821	208.77	0.1200	A
53	57.08	1.6136	163.95	0.0400	A
54	57.32	1.6073	146.07	0.0400	
55	57.73	1.5969	194.02	0.0800	
56	57.98	1.5906	205.40	0.0800	
57	58.70	1.5728	160.49	0.0400	
58	60.03	1.5413	194.38	0.0400	C
59	62.36	1.4891	225.42	0.0400	
60	62.79	1.4796	137.12	0.0800	
61	65.01	1.4346	199.88	0.0400	
62	67.39	1.3897	220.35	0.0400	
63	67.77	1.3828	263.93	0.0400	
64	68.74	1.3656	277.90	0.0400	
65	69.72	1.3487	189.78	0.0400	B
66	70.38	1.3378	149.53	0.1600	
67	70.79	1.3311	222.34	0.0400	C
68	71.75	1.3155	198.59	0.0400	
69	71.95	1.3123	198.28	0.0800	
70	72.73	1.3003	207.06	0.0400	C
71	73.34	1.2909	196.77	0.0400	
72	73.83	1.2835	152.60	0.1200	C
73	75.63	1.2575	153.02	0.0400	

#### 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	233674	100.00%
Background radiation	207750	88.91%
Diffraction peaks	25924	11.09%
Peak area belonging to selected phases	2598	1.11%
Peak area of phase A (Carbon Graphite 2H)	2475	1.06%
Peak area of phase B (Ag)	5540	2.37%
Peak area of phase C (Ag <sub>2</sub> O)	5478	2.34%
Unidentified peak area	28855	12.35%

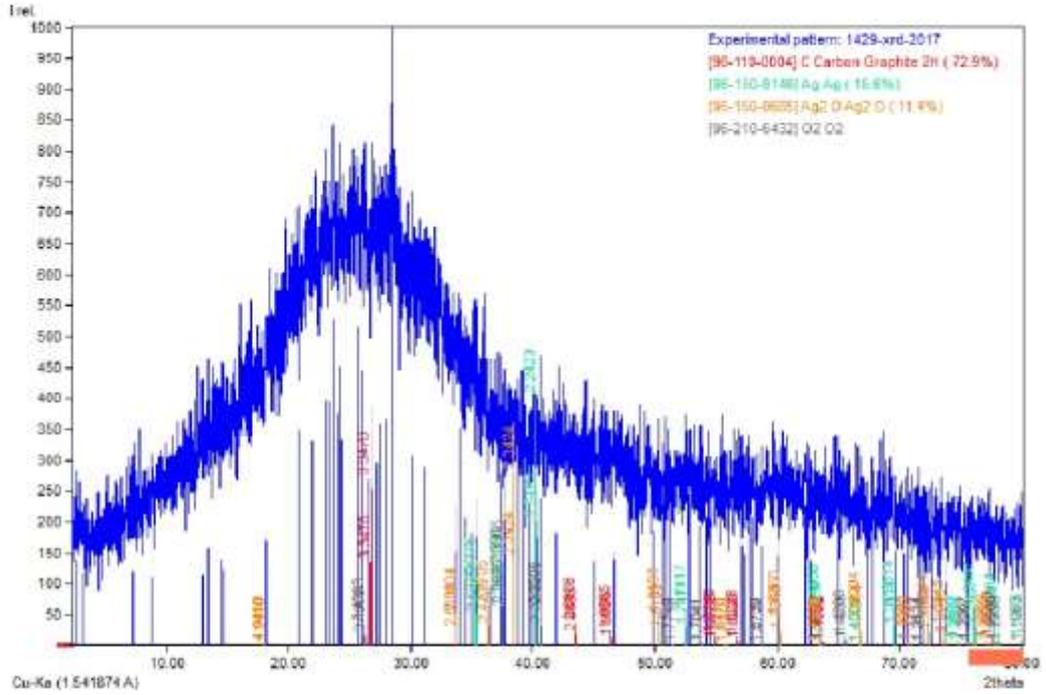
### Peak Residuals

**Peak data**

Overall peak intensity  
 Peak intensity belonging to selected phases  
 Unidentified peak intensity

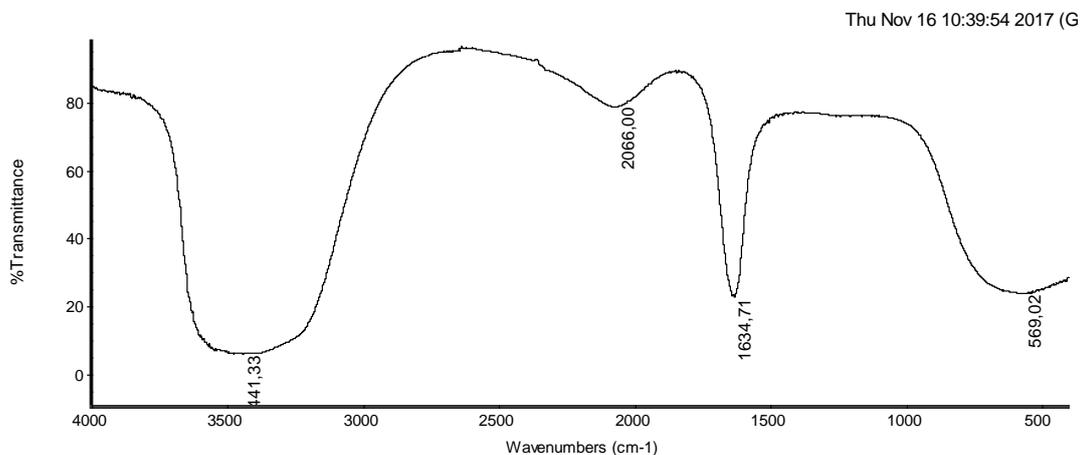
Counts	Amount
88	100.00%
4	4.10%
85	95.90%

### Diffraction Pattern Graphics



Match! Copyright © 2003-2018 CRYSTAL IMPACT, Bonn, Germany

## Lampiran 8. Hasil Uji Spektrofotometer FTIR



Collection time: Wed Nov 15 10:10:21 2017 (GMT+0)

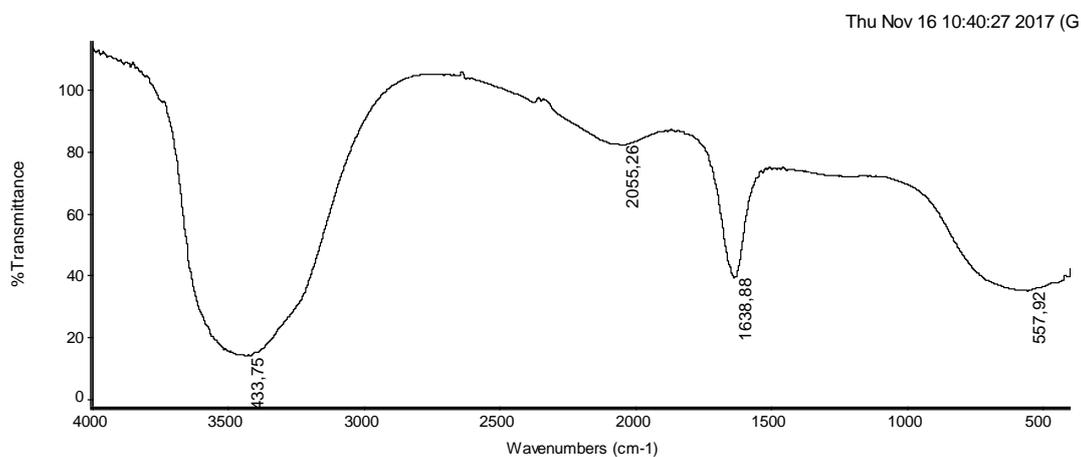
Thu Nov 16 10:39:43 2017 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 1322-1 GO-Ag  
 Region: 4000,00 400,00  
 Absolute threshold: 99,430  
 Sensitivity: 50

Peak list:

Position: 3441,33	Intensity: 5,462
Position: 1634,71	Intensity: 22,151
Position: 569,02	Intensity: 23,364
Position: 2066,00	Intensity: 78,443



Collection time: Wed Nov 15 10:22:37 2017 (GMT+0)

Thu Nov 16 10:40:25 2017 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: \*1322-2 GO  
 Region: 4000,00 400,00  
 Absolute threshold: 115,900  
 Sensitivity: 50

Peak list:

Position: 3433,75	Intensity: 13,247
Position: 557,92	Intensity: 34,576
Position: 1638,88	Intensity: 38,865
Position: 2055,26	Intensity: 81,909