

**SINTESIS *GRAPHENE OXIDE* DARI LIMBAH BATANG  
KARBON BATERAI ZnC DENGAN EKSFOLIASI CAIRAN  
DAN RADIASI SINAR GAMMA BERDASARKAN UV-VIS  
SPEKTROFOTOMETER**

**SKRIPSI**

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



Disusun oleh  
**PUPUT QURNIA ANGGRAINI**  
13306141061

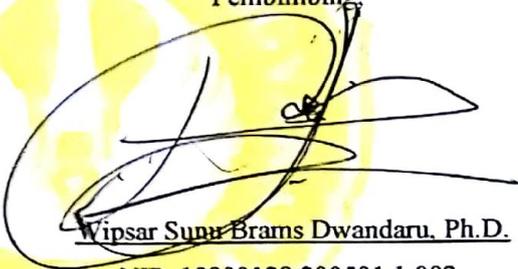
**PROGRAM STUDI FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
2017**

## PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul "Sintesis *Graphene Oxide* dari Limbah Batang Karbon Baterai ZnC dengan Eksfoliasi Cairan dan Radiasi Sinar Gamma Berdasarkan UV-Vis Spektrofotometer" yang disusun Puput Qurnia Anggraini, NIM. 13306141061 ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

Yogyakarta, 26 September 2017

Pembimbing,



Wipar Sunu Brans Dwandaru, Ph.D.

NIP. 19800129 200501 1 003

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

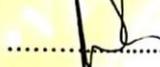
### SINTESIS *GRAPHENE OXIDE* DARI LIMBAH BATANG KARBON BATERAI ZnC DENGAN EKSFOLIASI CAIRAN DAN RADIASI SINAR GAMMA BERDASARKAN UV-VIS SPEKTROFOTOMETER

Disusun Oleh:

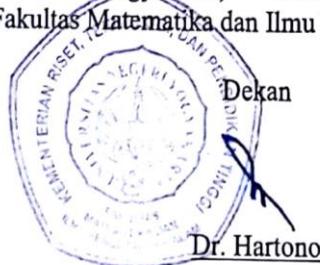
Puput Qurnia Anggraini  
NIM 13306141061

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi  
Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri  
Yogyakarta  
Pada tanggal 23 Agustus 2017

#### TIM PENGUJI

Nama/Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
<u>W.S. Brams Dwandaru, Ph.D</u> Ketua Penguji/Pembimbing		26-08-2017
<u>Sumarna, M.Si., M.Eng</u> Sekretaris		26-08-2017
<u>Dr. Restu Widiatmono, M.Si</u> Penguji		19-08-2017

Yogyakarta, 2 Oktober 2017  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dekan  
Dr. Hartono  
NIP. 19620329 198702 1 002

## PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya

Nama : Puput Qurnia Anggraini

NIM : 1330614106

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul Skripsi : Sintesis *Graphene Oxide* dari Limbah Batang Karbon  
Baterai ZnC dengan Eksfoliasi Cairan dan Radiasi Sinar  
Gamma Berdasarkan UV-Vis Spektrofotometer

menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim. Apabila ternyata terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 26 September 2017

Yang Menyatakan,



Puput Qurnia Anggraini

NIM. 13306141061

## MOTTO

*“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.”*  
(QS. Al-Insyirah, 94:5-8)

*“Janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat Allah, melainkan kaum yang kafir” (Yusuf: 87)*

*“Diwajibkan atas kamu berperang, padahal berperang itu adalah sesuatu yang kamu benci. Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui.” (Al-Baqarah: 216)*

*“Ketika apa yang kamu inginkan belum tercapai kuatlah menghadapinya, dan ketika apa yang kamu lalui terasa berat, menangsirlah jika itu membuatmu merasa lebih tenang.”*  
(Penulis)

## **PERSEMBAHAN**

*Atas karunia Allah Subhanawataala, skripsi ini saya persembahkan untuk;  
Keluarga tercinta, kedua orangtuaku, Bapak Suwarno dan Ibu Dwi Purwanti yang selalu  
mencurahkan segenap kasih sayangnya dan do'a, memberikan semangat dan motivasi  
kepadaku untuk selalu melakukan yang terbaik, Adikku, Hamdan Candra Qurniawan yang  
selalu membuatku tersenyum.*

*Serta untuk seseorang yang telah menjadi penyemangatku, Fahmi Amiruddin Nafi  
Terima kasih atas dukungan dan kebersamaannya selama ini.*

# **SINTESIS *GRAPHENE OXIDE* DARI LIMBAH BATANG KARBON BATERAI ZnC DENGAN EKSFOLIASI CAIRAN DAN RADIASI GAMMA BERDASARKAN UV-VIS SPEKTROFOTOMETER**

Oleh:

Puput Qurnia Anggraini  
13306141016

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan bahan GO melalui sintesis dengan metode *liquid exfoliation* dan surfaktan. Karakterisasi GO dengan *liquid exfoliation* menggunakan bahan radioaktif sumber sinar gamma Sr dan Co ditunjukkan dengan nilai absorbansi pada hasil Uji UV-Vis spektrofotometer. Perbandingan karakterisasi GO dengan metode *liquid exfoliation* menggunakan radiasi bahan radioaktif sumber sinar gamma Sr, Co dan tanpa radiasi.

Pada penelitian ini digunakan metode *liquid exfoliation* dan bahan radioaktif sumber sinar gamma. Sinar gamma yang dipilih adalah bahan Srontium-90 dengan aktivitas 51,05 kBq dan Cobalt-60 dengan aktivitas 9,25 kBq. Proses eksfoliasi cairan pada penelitian ini dibantu dengan surfaktan yang terdapat dalam deterjen. Sintesis GO diperoleh dengan melakukan pendiaman larutan campuran selama 2 jam, 1 hari dan 2 hari, sehingga *graphite* akan teresksfoliasi. Saat proses eksfoliasi, campuran diberi pancaran radiasi dari sinar gamma. Radiasi akan membuat pori-pori GO semakin lebar karena sebagian energi radiasi sinar gamma akan diserap oleh materi. Energi yang diserap material akan diubah menjadi panas yang akan memperbesar pori-pori.

Hasil UV-Vis untuk larutan sampel tanpa radiasi, dengan radiasi Co dan dengan radiasi Sr terdapat puncak pada panjang gelombang 260 nm, 254 nm dan 229 nm. Hal ini memperlihatkan bahwa material GO telah dihasilkan dari sintesis bahan karbon baterai ZnC menggunakan *liquid exfoliation* dan deterjen yang dinyatakan dengan hasil uji UV-vis spektrofotometer terdapat 3 puncak serapan khas pada panjang gelombang antara 230-270 nm. Pada hasil sintesis GO dengan metode *liquid exfoliation* dan penyinaran radiasi sinar gamma dari sumber radioaktif Sr dan Co, menunjukkan semakin lama waktu pendiaman maka nilai absorbansi akan semakin turun. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu pendiaman material *graphite* akan semakin teresksfoliasi. Adanya radiasi pada larutan sampel menghasilkan GO lebih baik yang memiliki transparansi optik tinggi ditunjukkan dengan adanya penurunan nilai absorbansi dari hasil uji UV-Vis larutan sampel Co dan Sr. Namun, penurunan nilai absorbansi masih kecil jika dibandingkan dengan penelitian Shahriary dan Athawale (2014) karena dosis serap yang digunakan jauh lebih kecil.

**Kata Kunci:** graphene oxide, liquid exfoliation, srontium, cobalt, UV-Vis spektrofotometer

# USED ZINC-CARBON ROD BASED GRAPHENE OXIDE SYNTHESIS USING LIQUID EXFOLIATION AND GAMMA RAYS IRRADIATION ACCORDING TO UV-VIS SPECTROPHOTOMETER

By:  
Puput Qurnia Anggraini  
13306141061

## ABSTRACT

The objective of this study is to produce GO material through synthesis using liquid exfoliation method and surfactant. Characterization GO through liquid exfoliation method using gamma rays i.e Sr and Co as radioactive material shown by absorbance value on the UV Vis spectrophotometer result. The comparison of characterization GO through liquid exfoliation method is using radiation of gamma rays source Sr, Co, and use no radiation.

This study using liquid exfoliation method and radioactive material as gamma rays source. The chosen gamma ray materials are Srontium-90 with activity of 51.05 kBq and Cobalt-60 with activity of 9.25 kBq. Exfoliation process in this study was helped by surfactant which exists in commercial detergent. GO synthesis was obtained by settly the solution on 2 hours, 1 day, and 2 days, so that the graphite will be exfoliated. In the process exfoliation the solution it was irradiated using gamma sources. The radiation could widen GO pores because some of the gamma ray energy was absorbed by the solutions.

UV-Vis results for sample solutions with no radiation, Co and Sr radiations showed peak on wavelength 260 nm, 254 nm, and 229 nm. This indicated that this study could produce GO material from ZnC battery carbon rod through liquid exfoliation method and detergent, which is stated by UV-Vis spectrophotometer result, showed 3 specific absorbance peaks on wavelength 230-270 nm. Synthesis GO using liquid exfoliation method and radiation by gamma rays irradiated from radioactive sources Sr and Co, showed that the absorbance value was decrease as time increase. This is because as the settling time longer, graphite material will be further exfoliated. Radiation on sampel caused GO material has high optic transparance, when proved by the decrease of absorbance values from UV-Vis spectrophotometer of Co and Sr. But, the decrease absorbance value not as high as the research done by Shahriary and Athawale (2014), this because absorbent dose used on this research is much smaller.

**Keywords:** graphene oxide, liquid exfoliation, srontium, cobalt, UV-Vis spectrophotometer

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanya terpanjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat-Nya. Shalawat dan salam tak akan pernah terhenti kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, beserta keluarga dan para sahabatnya yang tak lelah mensyiarkan agama Islam. Suatu kebahagiaan serta kebanggaan yang luar biasa bagi penyusun karena skripsi berjudul **“Sintesis *Graphene Oxide* dari Limbah Batang Karbon Baterai ZnC dengan Eksfoliasi Cairan dan Radiasi Sinar Gamma Berdasarkan UV-Vis Spektrofotometer”** telah terselesaikan dengan baik.

Penelitian dan penyusunan Skripsi ini tidak dapat terlaksana dengan baik tanpa adanya dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Hartono, selaku Dekan FMIPA UNY atas pemberian fasilitas dan bantuannya untuk memperlancar administrasi tugas akhir.
2. Yusman Wiyatmo, M.Si., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian skripsi ini selaku Kajurdik Fisika.
3. Nur Kadarisman, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan skripsi ini dan Penasehat Akademik yang selalu memberikan arahan dan motivasi.
4. Wipsar Sunu Brams Dwandaru, Ph. D., selaku dosen pembimbing yang telah rela meluangkan waktu di sela-sela kesibukan dan memberikan bimbingan

selama penelitian berlangsung hingga terselesaikannya naskah skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Terimakasih untuk waktu dan semangat yang diberikan.

5. Semua Dosen Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat.
6. Haris Murtanto, selaku petugas laboratorium Fisika Koloid Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang bersedia menyediakan tempat dan alat untuk melaksanakan penelitian.
7. Teman-teman Fisika E 2013 dan teman-teman nanomaterial 2013 yang selalu memberikan motivasi dan dukungan.
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 khususnya, dan dapat menambah wawasan pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, 21 September 2017

Penulis,



Puput Qurnia Anggraini

# DAFTAR ISI

Halaman

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xvii</b>
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
<b>A. Latar Belakang Masalah .....</b>	<b>1</b>
<b>B. Identifikasi Masalah .....</b>	<b>3</b>
<b>C. Batasan masalah.....</b>	<b>4</b>
<b>D. Rumusan masalah .....</b>	<b>4</b>

E. Tujuan penelitian .....	5
F. Manfaat penelitian .....	5

## **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

A. Nanomaterial .....	7
B. Graphene dan GO .....	13
C. Sintesis Material GO.....	16
D. Surfaktan .....	20
E. Karbon .....	22
F. Interaksi radiasi gamma dengan material.....	24
G. UV-Vis .....	29
H. Kerangka Berpikir .....	33

## **BAB III METODE PENELITIAN**

A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	35
B. Metode dan Variabel Penelitian .....	35
C. Alat dan Bahan.....	37
D. Diagram Alir.....	39

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Hasil Sintesis Material GO .....	47
-------------------------------------	----

<b>B.</b>	<b>Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis.....</b>	<b>52</b>
<b>C.</b>	<b>Perbandingan Tingkat Absorbansi .....</b>	<b>59</b>
 <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
<b>A.</b>	<b>Kesimpulan .....</b>	<b>63</b>
<b>B.</b>	<b>Saran .....</b>	<b>64</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>65</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>		<b>70</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 1.</b> Struktur nanomaterial berdasarkan ukuran (Fahlman, 2007). .....	8
<b>Gambar 2.</b> (A) Quantum dots, (B) nanoparticles arrays, (C) core–shell nanoparticles, (D) hollow cubes, dan (E) nanospheres (Tiwari, 2012). .....	10
<b>Gambar 3.</b> (A) nanowires, (B) nanorods, (C) nanotubes, (D) nanobelts, (E) nanoribbons, dan (F) hierarchical nanostructures (Tiwari, 2012). .....	11
<b>Gambar 4.</b> (A) junctions (continuous islands), (B) branched structures, (C) nanoplates, (D) nanosheets, (E) nanowalls, dan (F) nanodisks (Tiwari, 2012). .....	12
<b>Gambar 5.</b> (A) nanoballs (dendritic structures), (B) nanocoils, (C) nanocones, (D) nanopillers, dan (E) nanoflowers (Tiwari, 2012). .....	12
<b>Gambar 6.</b> Graphene (Truong, 2013). .....	13
<b>Gambar 7.</b> Metode liquid exfoliation (Seong dkk., 2011). .....	19
<b>Gambar 8.</b> Struktur molekul surfaktan. ....	20
<b>Gambar 9.</b> Karbon (Hasannudin, 2016). .....	23
<b>Gambar 10.</b> Kepingan Cobalt 3 gram (Anggianto, 2010). .....	27
<b>Gambar 11.</b> Bagian Strontium (Maulana dkk., 2015). .....	28
<b>Gambar 12.</b> Warna pada spektrum sinar tampak ( Noor, 2010). .....	30
<b>Gambar 13.</b> Diagram kerja spektrofotometer UV-Vis (Seran, 2011). .....	31
<b>Gambar 14.</b> (a) Spektrum absorpsi GO dengan variasi KMnO4 yang didispersi dalam aquades, (b) Spektrum absorpsi GO dengan variasi konsentrasi GO (Efelina, 2015). .....	32
<b>Gambar 15.</b> Spektrum absorpsi UV-Vis dengan metode LE. ....	32
<b>Gambar 16.</b> Spektrum absorpsi UV-Vis dengan metode LE dan elektrolisis (Murat dkk., 2011) .....	33

<b>Gambar 17.</b> Diagram alir penelitian. ....	39
<b>Gambar 18.</b> (a) Pengambilan batang karbon (b) Penggilingan batang karbon....	41
<b>Gambar 19.</b> Larutan karbon baterai. ....	42
<b>Gambar 20.</b> Radiasi menggunakan Srontium-90.....	44
<b>Gambar 21.</b> Radiasi menggunakan Cobalt-60.....	45
<b>Gambar 22.</b> (a) Blanko pada UV-Vis (b) Sampel analit pada UV-Vis. ....	46
<b>Gambar 23.</b> Larutan sampel campuran sebelum disintesis.....	47
<b>Gambar 24.</b> Larutan sampel dengan lama pendiaman: (a) Tanpa radiasi .....	49
<b>Gambar 25.</b> Larutan sampel dengan pendiaman selama 2 jam : (a) Tanpa radiasi (b) Radiasi Co (c) Radiasi Sr. ....	50
<b>Gambar 26.</b> Larutan sampel dengan pendiaman selama 2 hari : (a) Tanpa radiasi (b) Radiasi Co (c) Radiasi Sr. ....	51
<b>Gambar 27.</b> Hasil uji UV-Vis pada sampel tanpa radiasi pada berbagai waktu pendiaman dalam rentang panjang gelombang 200-800 nm. ....	53
<b>Gambar 28.</b> Hasil uji UV-Vis pada sampel tanpa radiasi pada berbagai waktu pendiaman.....	53
<b>Gambar 29.</b> Hasil uji UV-Vis pada sampel radiasi Cobalt-60 pada berbagai waktu radiasi dalam rentang panjang gelombang 200-800 nm. ....	55
<b>Gambar 30.</b> Hasil uji UV-Vis pada sampel radiasi Cobalt-60 pada berbagai waktu radiasi.....	55
<b>Gambar 31.</b> Hasil uji UV-Vis pada sampel radiasi Srontium-90 pada berbagai waktu radiasi dalam rentang panjang gelombang 200-800 nm. ....	57
<b>Gambar 32.</b> Hasil uji UV-Vis pada sampel radiasi Srontium-90 pada berbagai waktu radiasi. ....	57
<b>Gambar 33.</b> Hasil UV-Vis pada panjang gelombang 260 nm. ....	59
<b>Gambar 34.</b> Hasil UV-Vis pada panjang gelombang 254 nm. ....	60
<b>Gambar 35.</b> Hasil UV-Vis pada panjang gelombang 229 nm. ....	60

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 1.</b> Rentang panjang gelombang pada sinar tampak .....	30
<b>Tabel 2.</b> Penurunan nilai absorbansi.....	61

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran 1.</b> Tanpa radiasi dengan pendiaman 2 jam.....	70
<b>Lampiran 2.</b> Radiasi Co 2 jam.....	71
<b>Lampiran 3.</b> Tanpa radiasi dengan pendiaman 1 hari. ....	72
<b>Lampiran 4.</b> Radiasi Co 1 hari.....	73
<b>Lampiran 5.</b> Tanpa radiasi dengan pendiaman 1 hari. ....	74
<b>Lampiran 6.</b> Radiasi Co 2 hari.....	75
<b>Lampiran 7.</b> Radiasi Sr 2 jam.....	76
<b>Lampiran 8.</b> Radiasi Sr 1 hari.....	77
<b>Lampiran 9.</b> Radiasi Sr 2 hari.....	78
<b>Lampiran 10.</b> Foto .....	79
<b>Lampiran 11.</b> Perhitungan Aktivitas dan Dosis Serap.....	81

# BAB I PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang Masalah

*Graphene* merupakan sebuah unsur yang mempunyai dua atau lebih struktur (*alotropii*) karbon yang ditemukan secara eksperimental tahun 2004 oleh A.K Geim dan Novoselov K.S dari *University of Manchester* dengan menggunakan teknik *scotch tape* pada lapisan terluar dari unsur karbon (Novoselov dkk., 2004). *Graphene* banyak diteliti dan dikembangkan oleh para ilmuwan karena sifat unggul yang dimilikinya seperti keunggulan yang dimiliki dalam sifat kelistrikannya yaitu *graphene* memiliki mobilitas pembawa muatan mencapai  $15000 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  pada suhu 300 K dan  $\sim 60000 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  pada suhu 4 K (Novoselov dkk., 2004). Keunggulan lain dari sifat yang dimiliki *graphene* yaitu konduktivitas termal yang tinggi mencapai  $5000 \text{ W/mK}$  serta memiliki kekuatan tarik 1 TPa (Huss dan All, 2010).

Material *graphene* dapat dimanfaatkan untuk pembuatan kapasitor dan transistor, perangkat optoelektronik, LED, *touch screens*, *video display*, dan sel surya. Penerapan yang mungkin dilakukan menggunakan material ini pada perangkat-perangkat tersebut yaitu pembuatan monitor yang fleksibel dan diaplikasikan dalam bidang fotovoltaik yaitu sel surya (Efelina, 2015). Aplikasi lain yaitu dalam bidang *biological engineering* yaitu proses ultrafiltrasi, bahan material komposit, atau sebagai material penyimpanan energi (La Fuente, 2013).

Pembuatan *graphene* melalui beberapa fase dan salah satunya adalah fase *graphene oxide* (GO). Ketika fase GO sudah menghasilkan GO yang baik,

maka akan diperoleh bahan *graphene* yang baik pula. Penelitian untuk membuat GO melalui sintesis dari berbagai bahan telah dilakukan seperti grafit pensil 2B (Fikri, 2016), sekam padi, kain perca, daun kering, ban dalam bekas (Sunarso, 2017), jelaga (Dwi, 2016) dan minyak jelantah (Alfarisa dkk.,2016). Berbagai metode dalam sintesis GO yang pernah dilakukan meliputi metode pengasapan (Dwi, 2016), *liquid exfoliation* (Zhou, 2013), *liquid sonifkation exfolation* (Junaidi, 2014), *hummer* (Azizah, 2014) dan *liquid exfoliation* kombinasi radiasi sinar x (Rahmawati, 2017).

Metode yang digunakan dalam sintesis GO pada penelitian ini terdapat inovasi baru yaitu metode *liquid exfoliation* dengan bahan radioaktif sumber sinar gamma. Metode *liquid exfoliation* adalah metode sintesis *graphene* dalam fase cair yang menggunakan teknologi surfaktan. Metode ini cukup menarik untuk dikaji lebih mendalam karena efisien, murah, dan sederhana atau mudah (Wang dkk., 2014). Penelitian dilakukan di laboratorium sehingga digunakanlah bahan Strontium-90 (Sr) dan Cobalt-60 (Co) dengan aktivitas 74 kBq. Dipilihnya radioaktif Sr dan Co pada penelitian ini dikarenakan sinar gamma memiliki radiasi paling kuat diantara bahan radioaktif yang lain. Dengan demikian, bahan radioaktif Sr dan Co dapat dipakai dalam proses eksfoliasi *graphite* untuk sintesis GO.

Karakterisasi yang dipilih dalam penelitian ini adalah uji UV-Vis. Uji UV-Vis dapat menunjukkan adanya bahan GO di dalam larutan atau cairan sampel yang dibuat. Dengan terlihatnya puncak spektrum GO yaitu antara panjang gelombang 223-270 nm.

Baterai memiliki elemen berupa batang karbon yang merupakan bahan dasar *graphene*. Batang karbon baterai ZnC memiliki unsur C sehingga bisa digunakan sebagai bahan untuk sintesis menjadi GO. Penggunaan baterai yang hanya sekali pakai menyebabkan limbah baterai menumpuk. Setelah digunakan dan habis maka baterai kering hanya akan dibuang begitu saja, padahal limbah baterai sangat berbahaya. Limbah baterai dapat mencemari air tanah penduduk dan membahayakan kesehatan.

Berdasarkan penelitian dari Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya, didapatkan keterangan kandungan kimia pada serbuk *dry cell* bekas dari baterai ABC tipe R 20 S. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa serbuk *dry cell* bekas mengandung  $\text{NH}_4\text{Cl}$  sebanyak 5,95 % berat,  $\text{NH}_3$  sebanyak 0,25 % berat,  $\text{MnO}_2$  sebanyak 7,86 % berat,  $\text{MnO}_2\text{O}_3$  sebanyak 62,28 % berat, Zn sebanyak 0,18 % berat, C sebanyak 2,76 % berat,  $\text{ZnCl}_2$  sebanyak 15,6 % berat,  $\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 4,85 % berat (Darsono, 2013). Karena hal tersebut maka, perlu adanya pemanfaatan kembali (*recycling*) limbah baterai.

## **B. Identifikasi Masalah**

Sesuai dengan latar belakang di atas, maka permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah

1. Bagaimana sintesis GO dari bahan dasar batng karbon baterai?
2. Bagaimana teknik sintesis GO menggunakan metode *liquid exfoliation* dengan bahan radioaktif sumber sinar gamma?

3. Bagaimana karakterisasi sintesa GO dari metode *liquid exfoliation* tanpa radiasi dan dengan radiasi bahan radioaktif sumber sinar gamma?

### C. Batasan masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Batang karbon yang digunakan dari satu jenis baterai.
2. Surfaktan yang digunakan dalam metode *liquid exfoliation* adalah surfaktan yang terdapat dalam deterjen.
3. Sumber sinar gamma yang digunakan adalah Sr dan Co dengan aktivitas sebesar 74 kBq.
4. Karakterisasi pada material GO dilakukan dengan melihat panjang gelombang absorbansi dari uji spektrofotometer UV-Vis dan dibandingkan dengan literatur yang telah ada sebelumnya. Pada literatur karakterisasi GO berada pada panjang gelombang antara 223-227 nm.

### D. Rumusan masalah

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

1. Bagaimana cara menghasilkan GO melalui sintesis dengan metode *liquid exfoliation* dan surfaktan?
2. Bagaimana karakterisasi GO dengan *liquid exfoliation* menggunakan bahan radioaktif sumber sinar gamma Sr dan Co ditunjukkan dengan nilai absorbansi pada hasil uji UV-Vis spektrofotometer?

3. Bagaimana perbandingan karakterisasi GO dengan metode *liquid exfoliation* menggunakan radiasi bahan radioaktif sumber sinar gamma Sr, Co dan tanpa radiasi?

#### **E. Tujuan penelitian**

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah

1. Menghasilkan bahan GO melalui sintesis dengan metode *liquid exfoliation* dan surfaktan.
2. Melakukan karakterisasi GO dengan *liquid exfoliation* menggunakan bahan radioaktif sumber sinar gamma Sr dan Co ditunjukkan dengan nilai absorbansi pada hasil uji UV-Vis spektrofotometer.
3. Memperoleh perbandingan karakterisasi GO dengan metode *liquid exfoliation* menggunakan radiasi bahan radioaktif sumber sinar gamma Sr, Co dan tanpa radiasi.

#### **F. Manfaat penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat, yaitu:

1. Memberikan alternatif pemanfaatan limbah batang karbon baterai.
2. Memberikan informasi mengenai hasil sintesis GO pada metode *liquid exfoliation* dari bahan dasar limbah batang karbon baterai.
3. Memberikan informasi pengaruh waktu penyinaran dalam metode *liquid exfoliation* menggunakan bahan radioaktif sumber sinar gamma.
4. Sebagai referensi lanjut untuk pembuatan *graphene* dan GO.

5. Menambah khasanah wawasan dalam penelitian dan kajian teoritikal baik untuk peneliti ataupun lembaga.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Nanomaterial**

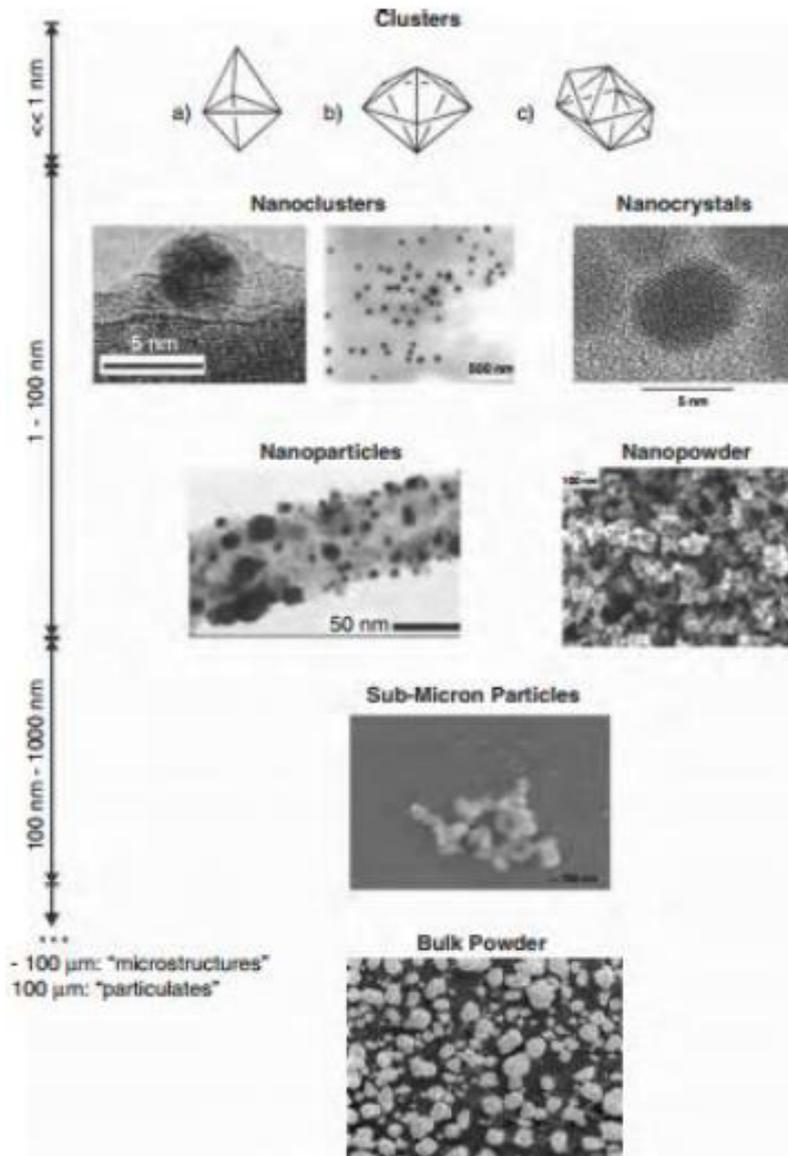
Nanosains didefinisikan sebagai studi tentang fenomena dan manipulasi bahan pada skala molekuler dan makromolekuler, dimana sifatnya berbeda secara signifikan dari bahan yang berada di skala yang lebih besar. Nanoteknologi didefinisikan sebagai desain, karakterisasi, produksi dan penerapan struktur, perangkat dan sistem dengan mengontrol bentuk dan ukuran pada skala nanometer (Haryo, 2010).

Nanosains adalah ilmu dan rekayasa dalam penciptaan material, struktur fungsional, maupun piranti dalam skala nanometer. Dalam terminologi ilmiah, *nano* berarti satu per satu milyar (0,000000001) (Arikawati, 2015).

Nanoteknologi adalah ilmu dan rekayasa dalam penciptaan material, struktur fungsional, maupun piranti dalam skala nanometer (Octavia, 2014). Nanoteknologi merupakan pengetahuan dan kontrol material pada skala nano dalam dimensi antara 1 sampai 100 nanometer. Ukuran partikel yang sangat kecil tersebut dimanfaatkan untuk mendesain dan menyusun atau memanipulasi material sehingga dihasilkan material dengan sifat dan fungsi baru. Nanoteknologi merupakan fenomena unik yang dapat diaplikasikan dalam bidang teknologi informasi, farmasi dan kesehatan, pertanian, industri, dan lain-lain (Clunan, 2014).

Nanoteknologi mencakup berbagai bidang ilmu, seperti Fisika, Kimia, Biologi, dan rekayasa yang penting dan menarik dalam beberapa tahun terakhir

ini (Budianto, 2015). Nanomaterial merupakan material yang mempunyai ukuran nano, yaitu antara (1-100) nm. Terdapat dua teknik untuk memproduksi nanomaterial yaitu *top down* dan *bottom up* (Daraio, C., Sungho Jin. 2012). Di bawah akan diperlihatkan berbagai macam ukuran nanomaterial.



**Gambar 1.** Struktur nanomaterial berdasarkan ukuran (Fahlman, 2007).

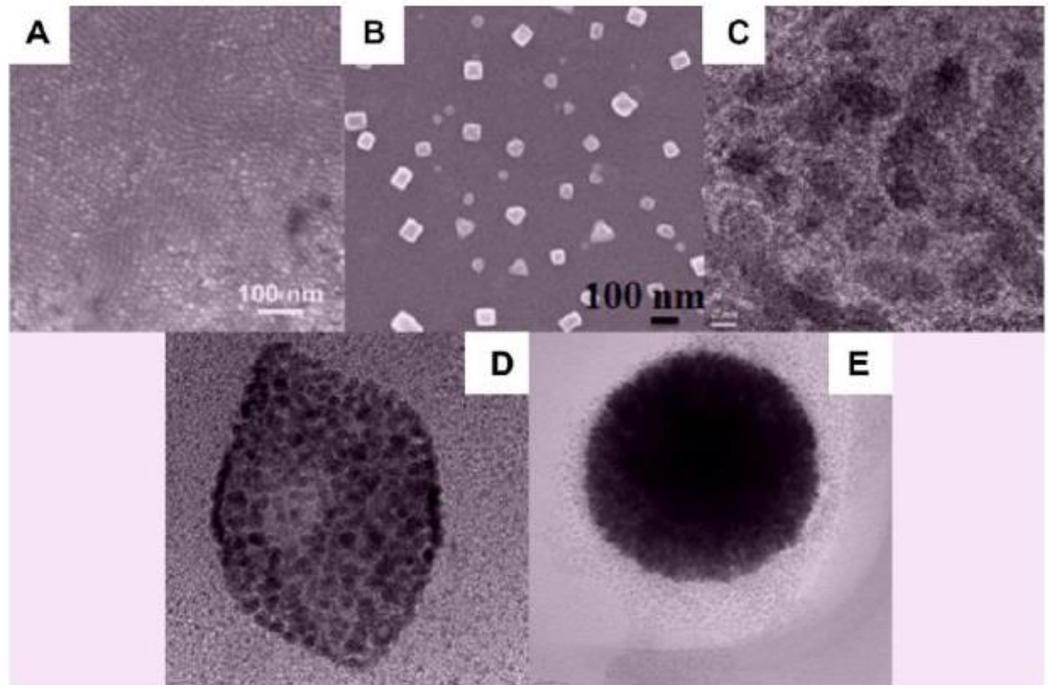
Material berukuran nanometer memiliki sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dari material berukuran besar (*bulk*) (Budianto, 2015). Keunggulan material dengan ukuran nano mencakup: sifat-sifat elektrik, magnetik, mekanik, optik, dan kimia. Keunggulan nanomaterial dalam sifat magnetik adalah meningkatkan kemagnetan material, dikarenakan menurunnya ukuran partikel dan *surface area* per satuan volume partikel. Nanomaterial memiliki kekerasan dan daya tahan gores yang lebih besar dari material dengan ukuran yang lebih besar (Muqtaf, 2016).

Salah satu contoh teknologi berbasis nano yaitu nanopartikel perak. Nanopartikel perak merupakan salah satu teknologi nano berupa logam yang dapat diaplikasikan ke berbagai bidang (Octavia, 2014). Selain itu, contoh lain dari teknologi berbasis nano adalah *graphene*. *Graphene* adalah material baru berukuran nano yang memiliki sifat mekanik, listrik, dan optik yang unggul (Achmad, 2016).

Secara dimensional, struktur nanomaterial dibagi menjadi 4 golongan, yaitu:

### **1. Dimensi 0 (0D)**

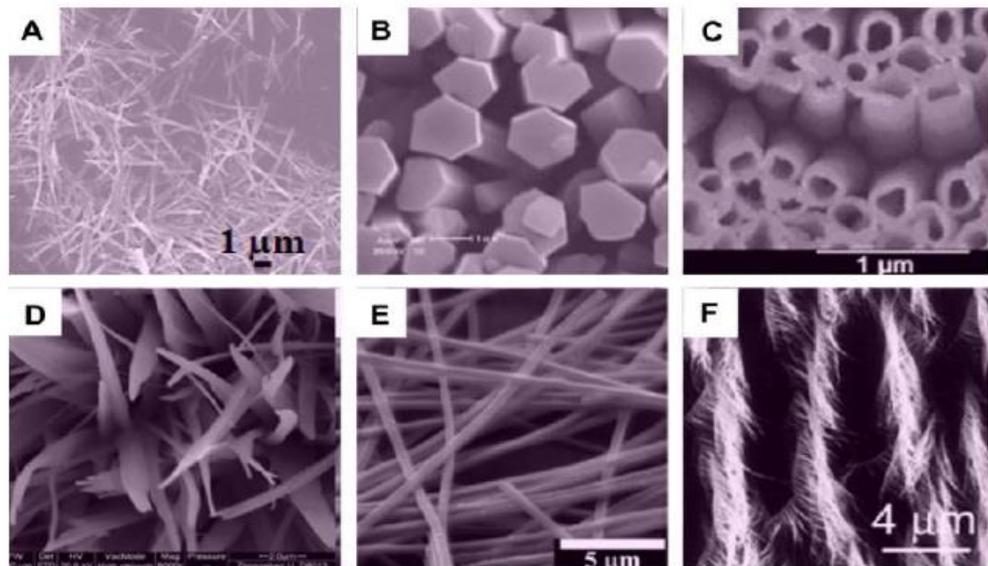
Nanopartikel, *nanoclusters*, dan nanokristal, merupakan contoh golongan 0D. Berbagai metode, baik secara fisik maupun kimia terus dikembangkan untuk melakukan fabrikasi nanomaterial dimensi 0. Beberapa kelompok penelitian telah berhasil mensintesis *uniform particle arrays (quantum dots)*, *heterogeneous particle arrays*, *core-shell quantum dots*, *onions*, *hollow spheres*, dan *nanolenses* (Tiwari, 2012).



**Gambar 2.** (A) Quantum dots, (B) nanoparticles arrays, (C) core–shell nanoparticles, (D) hollow cubes, dan (E) nanospheres (Tiwari, 2012).

## 2. Dimensi 1 (1D)

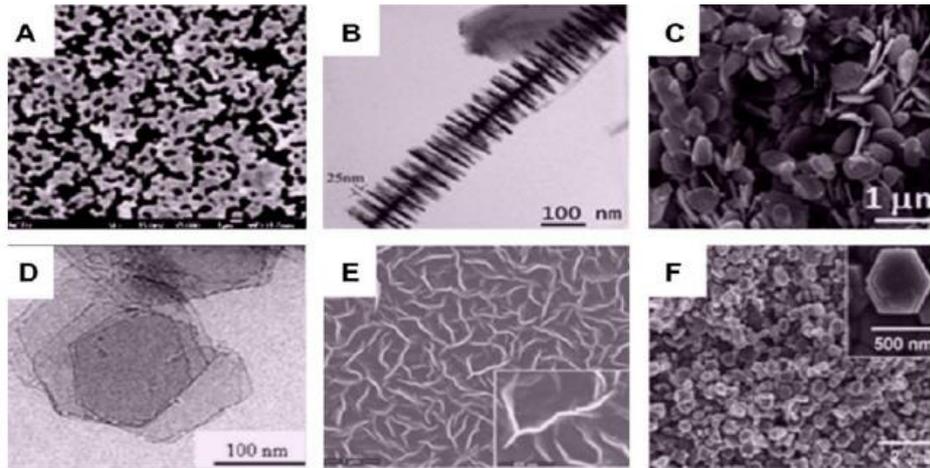
Nanomaterial dimensi 1 memiliki potensi yang sangat luas untuk diaplikasikan di kehidupan sehari-hari. Nanomaterial 1D memiliki ukuran diameter kisaran (1-100) nm, namun biasanya memiliki panjang dalam skala mikrometer (Fahlman, 2007). Material ini memiliki peranan penting dalam fabrikasi elektronik, optoelektronik, dan *electrochemical energy devices* (EEDs) dalam skala nano. Contoh material nano yang telah berhasil disintesis adalah *nanowires*, *nanorods*, *nanotubes*, *nanobelts*, *nanoribbons*, and *hierarchical nanostructures*.



**Gambar 3.** (A) nanowires, (B) nanorods, (C) nanotubes, (D) nanobelts, (E) nanoribbons, dan (F) hierarchical nanostructures (Tiwari, 2012).

### 3. Dimensi 2 (2D)

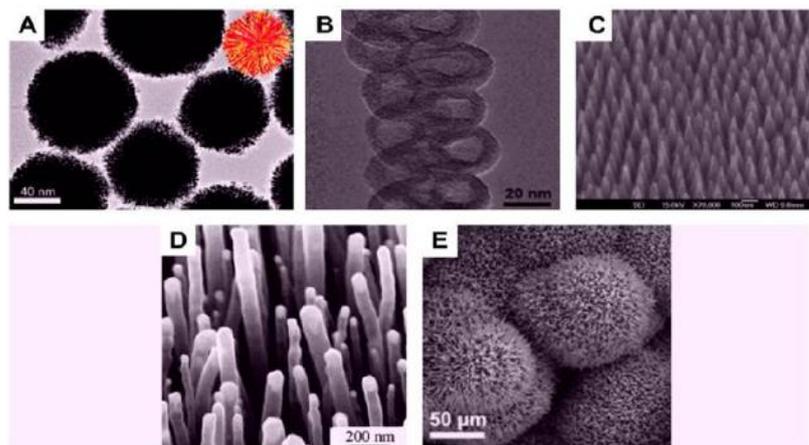
Lapisan nano menjadi salah satu contohnya. Lapisan nano yang dimaksud seperti *thin film*, *coating*, *nanoplates*, *nanosheets*, dan *nanowalls*. Luas dari material ini berada dalam rentang mikrometer, namun ketebalannya dalam nanometer. Nanomaterial 2D yang membentuk geometri tertentu menunjukkan karakteristik yang unik. Beberapa tahun terakhir ini, nanomaterial dalam 2D menjadi objek penelitian. Pengaplikasian bahan ini pun merupakan hal yang menarik untuk diteliti. Hingga saat ini pemanfaatan material ini antara lain sebagai sensor, fotokatalis, *nanocontainers*, dan *nanoreactors*.



**Gambar 4.** (A) junctions (continuous islands), (B) branched structures, (C) nanoplates, (D) nanosheets, (E) nanowalls, dan (F) nanodisks (Tiwari, 2012).

#### 4. Dimensi 3 (3D)

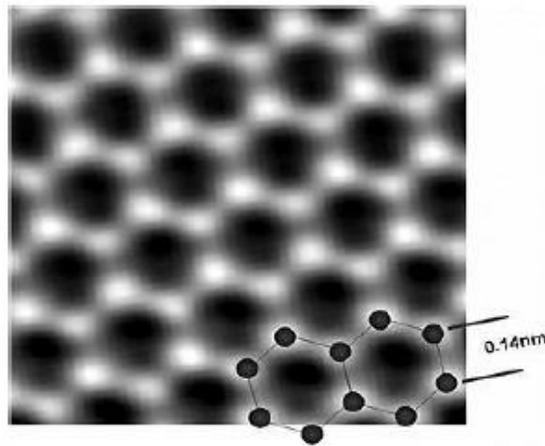
Material ini menarik untuk disintesis dengan mengontrol struktur dan morfologinya. Nanomaterial 3D telah diaplikasikan di berbagai bidang, contohnya di bidang katalis, bahan magnetik, dan bahan elektroda untuk baterai (Tiwari, 2012).



**Gambar 5.** (A) nanoballs (dendritic structures), (B) nanocoils, (C) nanocones, (D) nanopillers, dan (E) nanoflowers (Tiwari, 2012).

## B. Graphene dan GO

*Graphene* atau *grafena* adalah material baru tertipis, terkuat, dan terungul di dunia saat ini yang terbentuk dari satu lapis atom karbon yang memiliki struktur hexagonal menyerupai sarang lebah. Nama *graphene* atau *grafena* berasal dari *graphite* + *ene* (Truong, 2013). *Graphite* sendiri merupakan material yang terdiri dari banyak lembaran *graphene* yang ditumpuk secara bersama (Geim, 2007). Lembaran *graphene* satu dengan lainnya diikat oleh ikatan *van der Waals* (Geim, 2007). *Graphene* tersusun atas jutaan atom-atom karbon yang bersama-sama membentuk pola heksagonal. *Graphene* merupakan *alotropi* karbon yang berbentuk lembaran datar tipis dimana setiap atom karbon memiliki ikatan dan dikemas rapat dalam bentuk kisi kristal seperti sarang lebah (Phatma, 2016).



**Gambar 6.** Graphene (Truong, 2013).

*Graphene* merupakan nanomaterial yang berhasil diisolasi oleh Andre K. Geim dan Kosntantin Novoselov pada tahun 2004, yang berhasil mengantarkan

mereka meraih penghargaan nobel pada tahun 2010 dengan metode yang dikenal dengan *scotch tape*. Selotip direkatkan pada karbon sehingga didapat lapisan-lapisan kristalin grafit hingga skala mikrometer. Satu lembar *graphene* teramati menggantung pada substrat silikon oksida dengan mikroskop optik (Novoselov dkk., 2004).

*Graphene* dapat digambarkan sebagai satu lapisan atom ringan dengan berat hanya mencapai sekitar 0,77 mg pada selembar 1 m<sup>2</sup>. Dibandingkan dengan grafit yang memiliki ketebalan 1 mm, material *graphene* ini jauh lebih tipis (Huss and All, 2010). Salah satu karakteristik *graphene* adalah keteraturan susunan atom karbon yang membentuk hampir sempurna. Keteraturan atom-atom yang sangat tinggi dan bahkan tanpa cacat ini timbul sebagai akibat ikatan atom-atom karbon yang kuat (Taufantri, 2015). *Graphene* memiliki kemampuan untuk dapat berbalut dalam *fullerene*, dapat digulung menjadi 1D *nanotube* atau bahkan ditumpuk menjadi 3D seperti bahan grafit (Geim dan Novoselov, 2007).

GO adalah sebuah lapisan tunggal dengan kandungan oksigen tinggi, karakteristik yang khas dengan rasio atom C/O kurang dari 3,0 dan biasanya mendekati 2,0. Sedangkan rGO adalah GO yang dapat direduksi menggunakan proses kimia, thermal, gelombang mikro, photo-kimia, photo-termal atau metode menggunakan kuman atau bakteri untuk mereduksi kandungan oksigen tersebut.

*Graphene* banyak diteliti dan dikembangkan oleh para ilmuwan karena sifat unik yang dimiliki. Beberapa sifat dan karakteristik dari material *graphene* adalah sebagai berikut:

1. Mobilitas elektron tinggi mencapai  $200.000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , konduktivitas listrik yang tinggi ( $0,96 \times 10^6 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ), konduktivitas termal yang tinggi ( $500 \text{ W/mK}$ ), transparansi optik yang baik ( $97,7\%$ ), memiliki kekuatan tarik  $1 \text{ TPa}$ , serta memiliki kekuatan  $200$  kali lebih keras dari berlian (The Royal Swedish Academy of Science, 2010).
2. Konduktivitas optik graphene yang tersusun 2D dengan kisi hexagonal, menampilkan banyak sifat optik yang luar biasa. Konduktivitas optik universal *graphene* pada rentang energi infra merah (*infrared*) sampai cahaya tampak (*visible*) adalah  $\sigma_0 = \frac{\pi e^2}{2h}$  (Gogoi dkk., 2012).
3. Sifat lain yang unggul dan menarik dari graphene adalah keelastisitasan bahannya (Geim, 2007), ditunjukkan pada gambar di bawah.
4. Ikatan atom karbonnya sangat fleksibel yang memungkinkan jaringannya merenggang hingga  $20 \%$  dari ukuran awal.
5. Bersifat konduktor listrik dan konduktor panas. Sifat konduktivitas listrik *graphene* berasal dari elektron ikatan *phi* yang terdelokalisasi di sepanjang ikatan C-C dan bertindak sebagai pembawa muatan. *Graphene* merupakan bahan superkonduktor, namun dapat berubah menjadi semikonduktor dengan menambahkan *dopping*. *Dopping* ini akan memutuskan ikatan *phi* pada atom karbon yang bersangkutan, sehingga menurunkan konduktivitas listrik *graphene* atau membuka *band gap*.
6. Menjelaskan beberapa fenomena fisika kuantum yang menggambarkan bagaimana sebuah partikel kadang-kadang dapat melewati sebuah penghalang yang pada keadaan normal akan menghalangi partikel tersebut. Semakin tebal

penghalang, maka semakin kecil kemungkinan dapat melewatinya. Namun hal ini tidak berlaku pada elektron yang bergerak di dalam *graphene*, elektronnya dapat bergerak bebas layaknya tidak ada penghalang (Widiatmoko, 2015).

Sifat-sifat unggul yang dimiliki *graphene* tersebut dapat dimanfaatkan atau diaplikasikan ke suatu objek atau bidang tertentu. Beberapa aplikasi dari *graphene* yaitu sebagai material pembuatan superkapasitor, transistor, elektroda konduktif yang transparan, dan lain sebagainya (Truong, 2013). Material *graphene* dapat dimanfaatkan misalnya saja yaitu untuk pembuatan kapasitor dan transistor, perangkat optoelektronik, LED, *touch screens*, *video display*, dan sel surya. Salah satu penerapan yang mungkin dilakukan untuk material ini yaitu sebagai monitor yang fleksibel dan diaplikasikan dalam bidang fotovoltaiik yaitu sel surya (Efelina, 2015).

Aplikasi lain yang mungkin diterapkan pada material ini yaitu dalam bidang *biological engineering* yaitu proses ultrafiltrasi, bahan material komposit, dan bisa juga dimanfaatkan sebagai material penyimpanan energi (La Fuente, 2013). Banyaknya manfaat dari *graphene* ini menarik perhatian akademisi untuk melakukan penelitian lebih lanjut dan lebih mengembangkan material ini baik dalam aplikasi maupun produksi.

### **C. Sintesis Material GO**

Secara garis besar, sintesis material GO dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu dengan metode *top down* dan metode *bottom up* (Truong, 2013). Metode *top down* adalah metode sintesis *graphene* dengan cara membelah

material *graphite* menjadi lembar-lembar *graphene*. Sedangkan metode *bottom up* adalah metode sintesis *graphene* dengan cara menggabungkan secara langsung atom-atom karbon menjadi *graphene* (Ilhami, 2014).

Ada beberapa metode *top down* diantaranya adalah *mechanical exfoliation* (ME), *reduksi graphene oxide* (rGO), *liquid exfoliation* (LE) dan lain sebagainya (Truong, 2013). Metode ME merupakan metode pertama yang dipakai untuk mensintesis *graphene* oleh penemu *graphene* sendiri, yaitu Geim dan Novoselov. Metode ME dilakukan dengan cara mengelupas lapisan-lapisan kristalin *graphite* atas karbon hingga skala mikrometer menggunakan selotip (Geim, 2007). Satu lembar *graphene* teramati menggantung pada substrat silikon oksida dengan mikroskop optik (Geim, 2007).

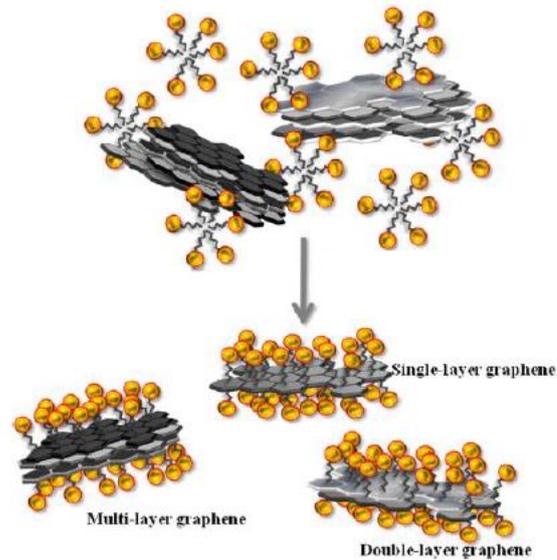
Metode rGO adalah metode sintesis *graphene* secara kimiawi, dimana serbuk *graphite* dioksidasi menggunakan bahan kimia seperti asam sulfat, asam nitrat, kalium klorat, dan lain sebagainya (Efelina, 2015). Sintesis menggunakan metode rGO melewati dua tahap pengoksidasian yaitu dari *graphite* menjadi *graphite oxide* dan *graphite oxide* menjadi *graphene oxide* (Efelina, 2015). Setelah melalui kedua tahap itu barulah didapatkan material *graphene* atau lembaran *graphene* yang tipis (Efelina, 2015). Tahapan sintesisnya adalah GO dilarutkan dalam air. Karena GO bersifat hidrofobik, lembaran-lembaran GO langsung terpisah dari kristal asalnya. Kemudian, untuk mendapatkan *graphene*, GO diendapkan dan direduksi dengan hidrazin. *Graphene* yang dihasilkan ternyata tidak rata dan memiliki konduktivitas yang rendah, yaitu 0,05 - 2 S/cm karena masih adanya atom impuritas yaitu sisa pereduksi dan

pelarut yang menempel pada *graphene*. Tetapi bukan berarti metode ini tidak dapat diterapkan. Metode ini berguna jika *graphene* yang dihasilkan diaplikasikan untuk tinta, cat, dan elektroda dimana tidak membutuhkan tingkat konduktivitas terlalu tinggi (Phatma, 2016).

Metode *liquid exfoliation* adalah metode sintesis *graphene* dalam fase cair yang menggunakan teknologi surfaktan. Metode ini cukup menarik untuk dikaji lebih mendalam karena efisien, murah, dan sederhana atau mudah. Metode *liquid exfoliation* menjadi metode yang efisien karena caranya yang mudah dan murah, namun dapat menghasilkan lembaran *graphene* dengan kualitas yang baik (Wang dkk., 2014). Oleh karena itu, metode ini cukup menarik untuk dikaji lebih mendalam.

Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Coleman dkk, pada tahun 2008. Sintesis menggunakan *liquid exfoliation* dilakukan dengan cara mencampur serbuk *graphite* ke dalam larutan surfaktan anionik (fungsi pembersih) yang kemudian didiamkan satu malam. Surfaktan akan bekerja selama satu malam agar didapatkan material *graphene*. Teknologi surfaktan dalam metode ini berfungsi untuk melemahkan ikatan *van der Waals* antar lembaran *graphene* pada sebuah material *graphite*. Pelemahan ikatan *van der Waals* tersebut menyebabkan lembaran-lembaran *graphene* saling terlepas. Material *graphite* yang terdiri dari banyak lembaran *graphene* dapat disintesis menjadi beberapa lembar *graphene* berkat peran dari surfaktan. Semakin besar konsentrasi surfaktan maka semakin tipis lembaran *graphene* yang dihasilkan,

begitu juga sebaliknya. Akan tetapi, pada konsentrasi tertentu kerja surfaktan menjadi tidak maksimal (jenuh).



**Gambar 7.** Metode liquid exfoliation (Seong dkk., 2011).

Salah satu contoh metode *bottom up* adalah *chemical vapor deposition* (CVD). CVD adalah metode sintesis *graphene* yang menggunakan substrat  $\text{SiO}_2$  sebagai media penggabungan atau pertumbuhan atom-atom karbon menjadi *graphene*. Metode ini dapat menghasilkan *graphene* dalam jumlah banyak tetapi kualitasnya tidak sebaik metode lainnya (Ilhami, 2014). CVD juga membutuhkan biaya yang mahal karena menggunakan substrat  $\text{SiO}_2$  dan peralatan penunjang yang berteknologi tinggi (Ilhami, 2014).

#### D. Surfaktan

Surfaktan berasal dari kata *surfactant* yang merupakan kependekan dari *surface active agent* yakni bahan yang bekerja secara aktif di permukaan (Suparno, 2012). Surfaktan (*surface active agent*) atau bahan aktif permukaan merupakan suatu zat yang ditambahkan pada cairan untuk meningkatkan sifat penyebaran atau pembasahan dengan menurunkan tegangan permukaan cairan khususnya air. Surfaktan banyak digunakan dalam industri antara lain sebagai corrosion inhibitor, detergent, emulgator, dan hair conditioner. Surfaktan mempunyai struktur molekul yang terdiri dari gugus lyophobic dan lyophilic. Gugus lyophobic sedikit tertarik pada pelarut sedangkan gugus lyophilic tertarik kuat pada pelarut. Struktur molekul ini biasanya disebut dengan amphiphatic (Trievita, 2012).

Molekul surfaktan tersebut terdiri dari dua bagian yang satu dengan yang lain saling bertentangan. Kedua bagian itu adalah kepala (*head*) yang bersifat *hydrophilic* karena terbuat dari bahan garam-garaman dan bagian lain adalah ekor (*tail*) yang bersifat *hydrophobic* karena terbuat dari rantai *hydrocarbon* (Suparno, 2012).



**Gambar 8.** Struktur molekul surfaktan.

Ditinjau dari rumus strukturnya, surfaktan dibedakan menjadi dua, yaitu rantai lurus yang dikenal dengan *Linear alkilbenzenea sulfonat* (LAS) dan rantai bercabang yang dikenal dengan *alkifbenzenasulfonat* (ABS). Berdasarkan sifatnya, surfaktan diklasifikasikan menjadi empat kelompok, yaitu:

1. Surfaktan anionik, yaitu surfaktan yang hidrofiliknya bermuatan negatif.
2. Surfaktan kationik, yaitu surfaktan yang hidrofiliknya bermuatan positif.
3. Surfaktan nonionik, yaitu surfaktan yang hidrofiliknya tidak bermuatan.
4. Surfaktan amfoterik, yaitu surfaktan yang pada rantai utamanya terdapat muatan positif dan negatif (Suparno, 2012).

Surfaktan merupakan bahan yang memiliki banyak fungsi. Fungsi-fungsi surfaktan diantaranya sebagai bahan pemberi muatan (*charging agent*), bahan pembersih (*cleaning agent*), bahan pengemulsi (*emulsifying agent*), bahan pembuat busa (*foaming agent*), dan bahan pelapis (*coating agent*) (Suparno, 2012). Salah satu fungsi dari surfaktan yang dapat digunakan untuk mensintesis *graphene*, yaitu fungsi pembersihnya.

Pada saat kita mencuci pakaian, surfaktan sebagai bahan pembersih bekerja di permukaan kotoran dan permukaan kain. Molekul-molekul surfaktan melakukan proses absorpsi ke permukaan kotoran yang berupa *oily soil* (tanah yang berminyak) yang melekat pada kain. Ekor surfaktan masuk ke dalam kotoran yang mengandung minyak dan kepalanya berada di luar menutup seluruh permukaan kotoran. Begitu juga dengan permukaan kain ekor surfaktan masuk ke dalam kain dan kepalanya cenderung di luar, sehingga kepala molekul

surfaktan yang melingkupi kotoran berhadapan dengan kepala molekul surfaktan yang melekat pada kain (Suparno, 2012).

LAS merupakan zat aktif permukaan yang mempunyai ujung berbeda yaitu *hydrophilic* (suka air) dan *hydrophobic* (suka lemak). Bahan aktif ini berfungsi menurunkan tegangan permukaan air sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan (Rachman, 2015).

## **E. Karbon**

Karbon merupakan salah satu material yang memiliki beragam morfologi, diantaranya: karbon koloidal, nanotube, fullerenese, grafit, grafen, colloidal sphere, nanofiber, porous carbon, nanowire, dan karbon aktif (Hu, et al., 2010). Perbedaan morfologi ini akan berakibat pada luasnya aplikasi dari karbon tersebut, seperti: pendukung katalis, adsorben, penyimpanan gas, teknologi pemisahan, elektroda baterai, template material berpori, sel bahan bakar, dan sel biologis. Selain itu, beberapa partikel karbon dengan morfologi tertentu akan memiliki aplikasi yang berbeda, diantaranya:

1. Karbon sferik diaplikasikan dalam nano device, penyimpanan energi, teknologi pemisahan, adsorben, katalis, anoda baterai, dan template pembentuk material berpori (Brun, et al., 2013).
2. Karbon berpori digunakan sebagai penukar ion, katalis, elektroda baterai, pengisi polimer, ultrafiltrasi, sensor, bahan bakar, adsorben, dan membran (Goodman, et al., 2013).

3. Karbon koloidal memiliki keunggulan, diantaranya: banyak gugus fungsi, mudah terdispersi, mempunyai sisi aktif, dan mudah dikompositkan (Hu, et al., 2010).

Selain dari morfologi dan aplikasinya yang luas, partikel karbon juga banyak diteliti karena memiliki beberapa keunggulan, seperti: tidak berbahaya, murah, kapasitas volumetrik tinggi, kapasitas refersibel tinggi, mudah dikompositkan, berlimpah, murah, dan stabil.

Karbon merupakan group ke 14 dalam tabel periodik unsur. Karbon merupakan unsur yang paling berlimpah keempat di alam semesta dengan massa dan unsur yang paling melimpah kedua dalam tubuh manusia. Karbon memiliki nomor atom sebesar 6 dan berat atom sebesar 12,011 (Mulyadi, 2015).



**Gambar 9.** Karbon (Hasannudin, 2016).

Karbon ditemukan bebas di alam dalam tiga bentuk *alotropi*: amorf, grafit, dan berlian. *Alotropi* adalah bahan yang terbuat dari unsur yang sama, tetapi atom mereka yang berbeda. Setiap *alotropi* karbon memiliki sifat fisik yang berbeda. Dalam *alotropi* berlian, karbon adalah zat yang paling sulit ditemukan

di alam. Hal ini juga memiliki konduktivitas termal tertinggi dari setiap elemen. Berlian berwarna transparan. Grafit, di sisi lain, adalah salah satu bahan yang paling lembut dan berwarna hitam abu-abu. Grafit adalah konduktor listrik yang baik. Karbon amorf umumnya hitam dan digunakan untuk menggambarkan batubara dan jelaga (Mulyadi, 2015).

Karbon amorf merupakan istilah yang sering digunakan untuk bentuk yang tidak murni dari unsur karbon, seperti arang, batubara, dan jelaga. Jelaga merupakan padatan hitam yang dihasilkan dari proses pembakaran tidak sempurna dari bahan organik dan bahan bakar fosil (Muqtaf, 2016). Pada penelitian kali ini yang digunakan adalah karbon baterai yang merupakan jenis karbon amorf.

#### **F. Interaksi radiasi gamma dengan material**

Gamma termasuk ke dalam kelompok radiasi elektromagnetik dan memiliki panjang gelombang yang lebih pendek atau frekuensi yang lebih tinggi, sehingga memiliki energi yang jauh lebih tinggi. Sementara radiasi alpha dan beta memiliki daya jangkau maksimum yang terbatas, foton berinteraksi secara probabilistik sehingga daya jangkau maksimum sebuah foton bisa sangat bervariasi. Radiasi gamma mempunyai bahaya eksternal karena radiasi ini memberikan energinya jauh lebih banyak dan lebih jauh dibandingkan dengan radiasi alpha dan beta. Interaksi radiasi gelombang elektromagnetik ketika mengenai materi lebih menunjukkan sifat dualisme

gelombang-partikel, yaitu efek fotolistrik, efek Compton, dan produksi pasangan (Mukmin, 2011).

Proses efek fotolistrik terjadi apabila sinar gamma menumbuk salah satu elektron juga memberikan semua energinya sehingga elektron tersebut terlepas dari lintasan (*photoelectron*). Selain itu pada proses ini memiliki energi sebesar energi foton yang mengenai. Semakin besar jumlah absorpsi foton dan perbedaan nomor atom objek maka kontras radiograf akan makin besar. Sedangkan hamburan Compton terjadi apabila sinar gamma dibelokkan dari alur yang aslinya oleh suatu interaksi dengan suatu elektron. Elektron tersebut ditolak, dikeluarkan dari posisi orbitalnya dan besarnya energi dijaga di proses ini. Besarnya energi tergantung pada penjuruan atau sudut dalam tidak menyebar dan pada sifat alami medium yang menyebar. Karena satuan energi dalam cahaya yang menyebar mempunyai lebih sedikit energi, mempunyai suatu panjang gelombang lebih panjang (Rudi dkk., 2013).

Sinar gamma melewati suatu materi, maka sebagian energinya akan diserap oleh material yang dilaluinya sehingga intensitas gamma mengalami pelemahan (atenuasi). Atenuasi yang dialami sinar gamma bergantung pada ketebalan dan jenis material yang dilaluinya (Tsoulfanidis, 1995). Energi yang diserap material menjadikan material panas ini merupakan efek makroskopik dari efek mikroskopik efek fotolistrik dan hamburan Compton.

Pada sintesis graphene terdapat proses reduksi yaitu suatu peristiwa pelepasan oksigen atau kebalikan dari reaksi pengikatan oksigen (Safrizal, 2015). Sinar gamma memiliki manfaat yang penting dalam sintesis

dibandingkan dengan metode lain yaitu reduksi dapat dipengaruhi tanpa menggunakan bahan pereduksi yang berlebihan, bahan pereduksi dihasilkan secara seragam dalam larutan, radiasi diserap tanpa memperhatikan keberadaan dari absorpsi cahaya larutan dan produk, sederhana, dan biaya yang efektif (Shahriary dan Athawale, 2014).

Radioisotop atau isotop adalah apabila suatu unsur tersebut dapat memancarkan radiasi. Pada umumnya radioisotop yang digunakan untuk berbagai keperluan, seperti di bidang pertanian, kedokteran dan industri. Oleh karena itu radioisotop yang diperlukan harus dibuat lebih dahulu melalui suatu reaksi inti yang sesuai. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa tujuan utama produksi radioisotop ialah menyediakan unsur atau senyawa radioaktif tertentu yang memenuhi persyaratan sesuai dengan maksud penggunaannya. Sinar gamma yang digunakan dalam sintesis GO adalah Co dan Sr dikarenakan Co dan Sr memiliki aktivitas yang lebih tinggi. Co adalah suatu isotop radioaktif dari unsur Cobalt-60. Cobalt-60 dihasilkan dengan cara penangkapan neutron dari unsur Cobalt-59 (Nurul, 2011).

Co merupakan logam transisi golongan VIII B mempunyai nomor atom 27, massa atom 58,9332 g/mol dan terletak pada periode keempat dalam tabel sistem periodik unsur, berwarna abu-abu seperti baja dan bersifat sedikit magnetis, melebur pada 1490°C. Co mempunyai waktu paruh 5,2 tahun, Co meluruh dengan memancarkan sinar gamma.



**Gambar 10.** Kepingan Cobalt 3 gram (Anggianto, 2010).

Elemen ini biasanya hanya ditemukan dalam bentuk campuran di alam. Elemen bebasnya, diproduksi dari peleburan reduktif, adalah logam berwarna abu-abu perak yang keras dan berkilau. Ketersediaan unsur kimia Co tersedia di dalam banyak formulasi yang mencakup kertas perak, potongan, bedak, tangkai dan kawat. Keberadaan di alam kobalt terdapat dalam bentuk senyawa, seperti mineral *kobalt glans* ( $\text{CoAsS}$ ), *linalit* ( $\text{Co}_3\text{S}_4$ ), dan *smaltit* ( $\text{CoAs}_2$ ) dan *eritrit*. Sering terdapat bersamaan dengan nikel, perak, timbal, tembaga dan bijih besi, yang mana umum didapatkan sebagai hasil samping produksi. Co juga terdapat dalam meteorit.

Unsur radioaktif Co secara komersial digunakan dalam terapi pengobatan dan industri plastik serta makanan. Co digunakan untuk radioterapi pada pasien penderita kanker, pembuatan plastik dalam proses polimerasi, dan iradiasi makanan (Anggianto, 2010).

Strontium adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Sr dan nomor atom 38. Sr termasuk dalam logam alkali tanah dengan

bentuk fisik putih keabu-abuan atau logam kekuningan yang sangat reaktif secara kimia. Logam ini akan berubah warna menjadi kuning ketika berkontak dengan udara. Unsur ini terdapat di dalam selesit dan strontianit.  $^{90}\text{Sr}$  mempunyai lama waktu paruh sebesar 28,9 tahun, Sr meluruh dengan memancarkan sinar gamma (P. Colarusso and All, 1995). Sr berwarna perak-kuning dan termasuk logam alkali tanah lunak. Ada tiga bentuk kristal allotropic dan sifat fisik dan kimia mirip dengan kalsium dan barium. Sr bereaksi keras dengan air dan cepat di udara, sehingga harus disimpan dari kontak langsung dengan udara dan air. Karena reaktivitas ekstrim di udara, unsur ini selalu terkombinasi dengan unsur-unsur dan senyawa lainnya secara alami. Bubuk halus Sr akan menyala secara spontan di udara untuk menghasilkan strontium oksida dan strontium nitrida.



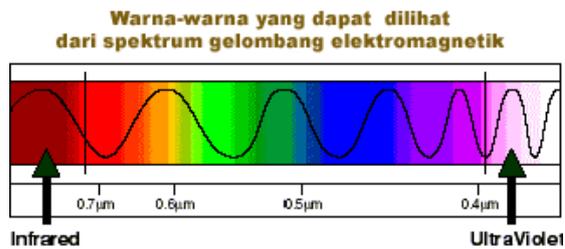
**Gambar 11.** Bagian Strontium (Maulana dkk., 2015).

Sr memiliki kegunaan mirip dengan kalsium dan barium, tetapi jarang digunakan karena biaya tinggi. Penggunaan utama dari senyawa Sr dalam

kembang api, untuk merah cemerlang di kembang api. Sedikit digunakan sebagai *getter* dalam tabung vakum untuk menghapus jejak-jejak terakhir udara. Kebanyakan Sr digunakan sebagai karbonat dalam gelas khusus untuk layar televisi dan unit tampilan visual. Meskipun Sr adalah isotop radioaktif berbahaya, namun berguna dalam reaktor nuklir. Radiasi berenergi tinggi yang dapat digunakan untuk menghasilkan arus listrik dapat digunakan dalam kendaraan ruang angkasa, stasiun cuaca terpencil dan pelampung navigasi (Maulana dkk., 2015)

#### **G. UV-Vis**

Spektrofotometri sinar tampak (UV-Vis) adalah metode analisis yang menggunakan sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat dan sinar tampak pada instrumen spektrofotometer (Budianto, 2015). Spektrofotometer UV-Vis digunakan sebagai alat uji secara kualitatif yang menampilkan absorbansi maksimal pada panjang gelombang tertentu. Absorbansi di panjang gelombang tertentu dari suatu senyawa atau partikel (Bakir, 2011). Sinar ultraviolet (UV) mempunyai panjang gelombang antara 200 nm - 400 nm dan sinar tampak (visible) mempunyai panjang gelombang antara 400 nm – 750 nm. Warna-warna utama dari spektrum sinar tampak adalah:



**Gambar 12.** Warna pada spektrum sinar tampak ( Noor, 2010).

Warna-warna dari spektrum sinar tampak lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 1.** Rentang panjang gelombang pada sinar tampak

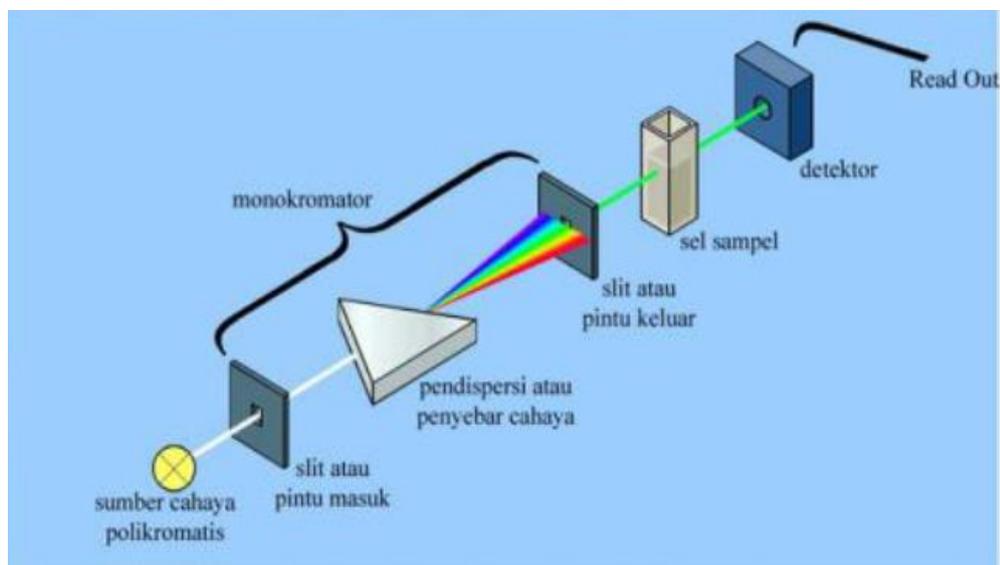
Warna	Panjang gelombang (nm)
Ungu	380-435
Biru	435-500
Sian (biru pucat)	500-520
Hijau	520-565
Kuning	565-590
Oranye	590-625
Merah	625-740

(Ilhamsyah, 2010).

Hasil dari karakterisasi menggunakan UV-Vis adalah grafik hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang. Grafik tersebut biasanya berupa puncak-puncak absorbansi pada gelombang tertentu. Radiasi UV-Vis yang memiliki frekuensi yang sama dengan partikel sampel akan beresonansi, sehingga radiasi mengalami absorbansi oleh sampel tersebut. Absorbansi oleh sampel akan mengakibatkan terjadinya transisi elektron, yaitu elektron-elektron

dari orbital dasar akan tereksitasi ke orbital yang lebih tinggi (Efelina, 2015). Ketika elektron kembali ke orbital asal elektron tersebut memancarkan energi dan energi itu yang terdeteksi sebagai puncak-puncak absorpsi.

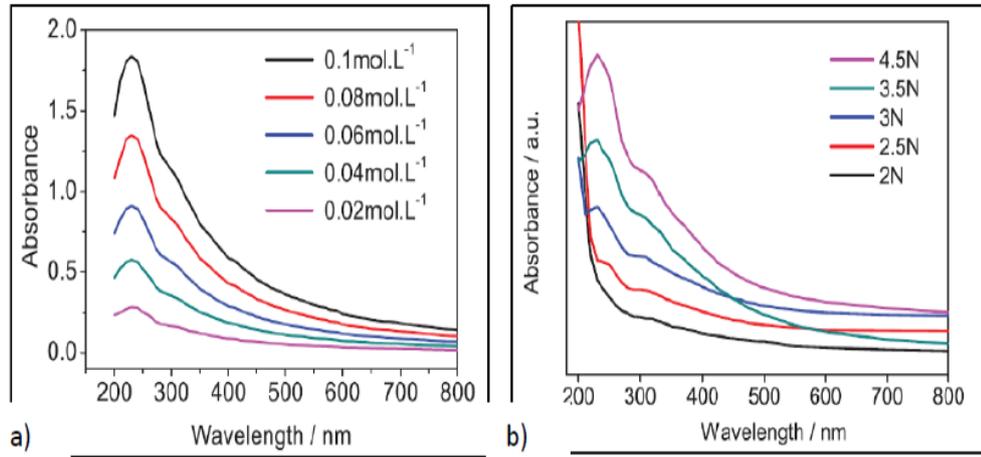
Sumber radiasi berasal dari sinar polikromatik. Sinar polikromatik didispersikan menjadi sinar monokromatik yang dikenakan pada sampel yang kemudian sinar transmisinya terdeteksi oleh detektor. Hasil yang terbaca oleh detektor yaitu berupa data absorpsi cahaya yang diserap oleh sampel pada panjang gelombang tertentu. Absorpsi di panjang gelombang tertentu menunjukkan karakter dari suatu senyawa atau partikel (Octavia, 2014). Semakin besar ukuran partikel maka semakin besar panjang gelombang yang terserap karena partikel yang lebih besar memiliki atom yang lebih banyak untuk menyerap panjang gelombang dari sumber cahaya (Octavia, 2014).



**Gambar 13.** Diagram kerja spektrofotometer UV-Vis (Seran, 2011).

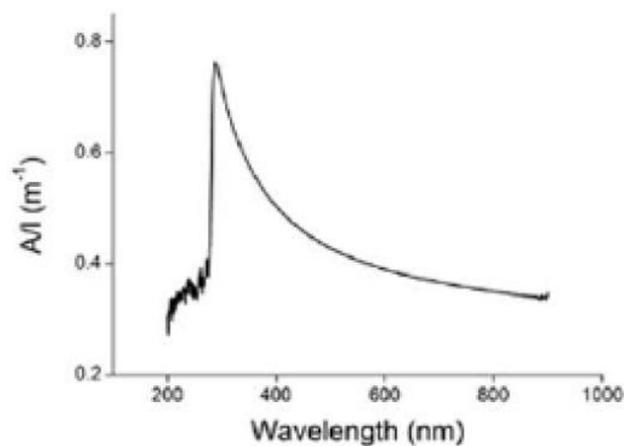
Ada beberapa karakterisasi material *graphene* menggunakan UV-Vis yang telah dilakukan dengan metode yang berbeda-beda. Lai dkk (2012)

melakukan penelitian mengenai spektrum UV-Vis terhadap sintesis material *graphene* menggunakan metode rGO. Hasil karakterisasinya sebagai berikut:



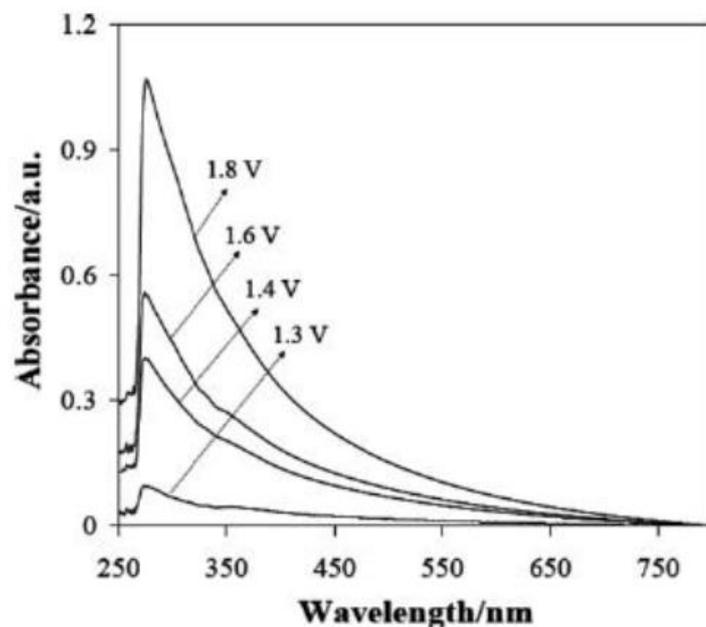
**Gambar 14.** (a) Spektrum absorpsi GO dengan variasi  $\text{KMnO}_4$  yang didispersi dalam aquades, (b) Spektrum absorpsi GO dengan variasi konsentrasi GO (Efelina, 2015).

Puncak diamati pada panjang gelombang sekitar 230 nm dan 310 nm yang merupakan karakter dari *graphene oxide* (Efelina, 2015). Untuk metode LE, Wang (2014) melakukan karakterisasi spektrum UV-Vis yang hasilnya sebagai berikut:



**Gambar 15.** Spektrum absorpsi UV-Vis dengan metode LE.

Puncak diamati pada panjang gelombang antara 200 nm sampai 400 nm yang merupakan karakter dari *graphene* atau *graphene oxide* (Wang dkk., 2014). Karakterisasi lain dilakukan oleh Murat (2011) yang sintesisnya menggunakan metode LE yang dikombinasikan dengan metode elektrolisis. Puncak diamati pada panjang gelombang antara 250 nm sampai 350 nm yang merupakan karakter dari *graphene* atau *graphene oxide* (Murat dkk., 2011). Hasil karakterisasinya sebagai berikut:



**Gambar 16.** Spektrum absorpsi UV-Vis dengan metode LE dan elektrolisis (Murat dkk., 2011)

## H. Kerangka Berpikir

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan GO melalui sintesis dengan metode *liquid exfoliation* menggunakan bahan radioaktif sumber sinar gamma Sr dan Co, Karakterisasi GO dengan *liquid exfoliation* menggunakan bahan radioaktif sumber sinar gamma Sr dan Co ditunjukkan dengan nilai absorbansi

pada hasil uji UV-Vis spektrofotometer. Perbandingan hasil karakterisasi GO dengan metode *liquid exfoliation* yang menggunakan radiasi bahan radioaktif sumber sinar gamma Sr dan Co dan tanpa radiasi sinar gamma.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang karbon dari baterai bekas. Karbon baterai dapat disintesis menjadi GO dikarenakan karbon baterai memiliki ikatan C. Batang karbon baterai yang sudah dihaluskan disintesis menggunakan metode *liquid exfoliation* dengan bantuan surfaktan dari deterjen. Sintesis dikombinasikan dengan radiasi menggunakan sinar gamma. Adanya radiasi gamma dapat membuat GO menjadi berpori. Sinar gamma melewati suatu materi, maka sebagian energinya akan diserap oleh material. Energi yang diserap material akan diubah menjadi panas yang akan memperbesar pori-pori. Apabila GO mempunyai pori-pori yang semakin besar maka sinar UV-Vis yang diserap oleh GO akan semakin kecil. Semakin kecil nilai absorbansi maka akan menjadikan GO mempunyai transparansi optik yang tinggi. Adanya transparansi optik yang tinggi merupakan kriteria *graphene* yang baik.

Hasil sintesis GO akan dikarakterisasi menggunakan UV-Vis spektrofotometer dengan melihat penurunan nilai absorbansi yang terdapat pada rentang panjang gelombang karakterisasi GO. Puncak spektrum karakterisasi GO berada pada panjang gelombang antara 223-270 nm.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

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

#### 1. Tempat Penelitian

- a. Proses penimbangan massa serbuk karbon baterai dan deterjen, pembuatan larutan dan radiasi larutan dilakukan di Laboratorium Fisika Koloid Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Univeristas Negeri Yogyakarta.
- b. Uji spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia lantai 2 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Univeristas Negeri Yogyakarta.

#### 2. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Januari sampai bulan Mei 2017.

### **B. Metode dan Variabel Penelitian**

Sintesa GO diperoleh dari bahan batang karbon baterai bekas. Berikut dijelaskan metode yang digunakan yaitu batang karbon baterai yang sudah dihaluskan disintesis menggunakan metode *liquid exfoliation* dengan bantuan surfaktan dari deterjen. Surfaktan yang digunakan dalam penelitian ini adalah surfaktan anionik yang terdapat pada deterjen dengan komposisi 19 persen.

Deterjen dalam penelitian ini berfungsi untuk memperkecil tegangan permukaan antar *graphene* dan melemahkan ikatan *van der waals* antar lapisan *graphene* pada material *graphite*. Deterjen akan masuk diantara celah celah

*graphene*. Pada saat proses sintesis *graphene*, ekor surfaktan akan menempel pada lapisan-lapisan *graphene* dan kepalanya menutupi permukaan lapisan. Kepala surfaktan yang menutupi lapisan *graphene* satu dengan *graphene* lainnya akan saling berhadapan. Hal ini yang menyebabkan ikatan *van der waals* antar lapisan *graphene* pada material *graphite* akan melemah. Pada saat ikatan *van der waals* antar lapisan *graphene* melemah, radiasi akan memisahkan lapisan *graphene* satu dengan *graphene* lainnya.

Serbuk batang karbon baterai surfaktan dan aquades dicampur kemudian dilakukan pendiaman. Pendiaman dilakukan dengan berbagai variasi waktu yaitu selama 2 jam, 1 hari, dan 2 hari. Pada waktu pendiaman selama 2 jam larutan masih keruh dan pekat. Setelah dilakukan pendiaman kemudian larutan dapat dipisahkan dan diambil larutan yang berada di atas untuk dilakukan uji UV-Vis.

Sintesis dikombinasikan dengan radiasi menggunakan sinar gamma. Interaksi radiasi terhadap material berupa interaksi antara sinar gamma dan orbital elektronik dari atom bahan target dapat menyebabkan tumbukan inelastis yang akan menyebabkan ionisasi, jika energi yang cukup. Elektron kemudian akan dibebaskan pada ionisasi yang selanjutnya dapat mengionisasi atom (atom oksigen atau nitrogen). Radiasi sinar gamma menggunakan bahan radioaktif Co dan Sr dengan aktivitas sebesar 74 kBq dilakukan pada jarak dengan sampel sejauh 1 cm.

Adanya radiasi gamma dapat membuat GO menjadi berpori. Sinar gamma melewati suatu materi, maka sebagian energinya akan diserap oleh material.

Energi yang diserap material akan diubah menjadi panas yang akan memperbesar pori-pori. Apabila GO mempunyai pori-pori yang semakin besar maka sinar UV-Vis yang diserap oleh GO akan semakin kecil.

Larutan sampel yang telah disintesis menggunakan metode *liquid exfoliation* diradiasi dengan variasi waktu selama 2 jam, 1 hari dan 2 hari. Pemilihan variasi waktu radiasi 2 jam dikarenakan untuk mengetahui perbedaan GO sudah menjadi rGO atau belum. Namun, ternyata belum memperlihatkan terbentuknya rGO, selanjutnya langsung divariasikan menggunakan variasi waktu radiasi selama 1 hari. Hasil radiasi 1 hari juga belum memperlihatkan terbentuknya rGO. Variasi waktu ketiga adalah variasi waktu radiasi selama 2 hari juga belum memperlihatkan terbentuknya rGO, namun pada ketiga variasi waktu sudah memperlihatkan penurunan puncak absorpsi.

### **C. Alat dan Bahan**

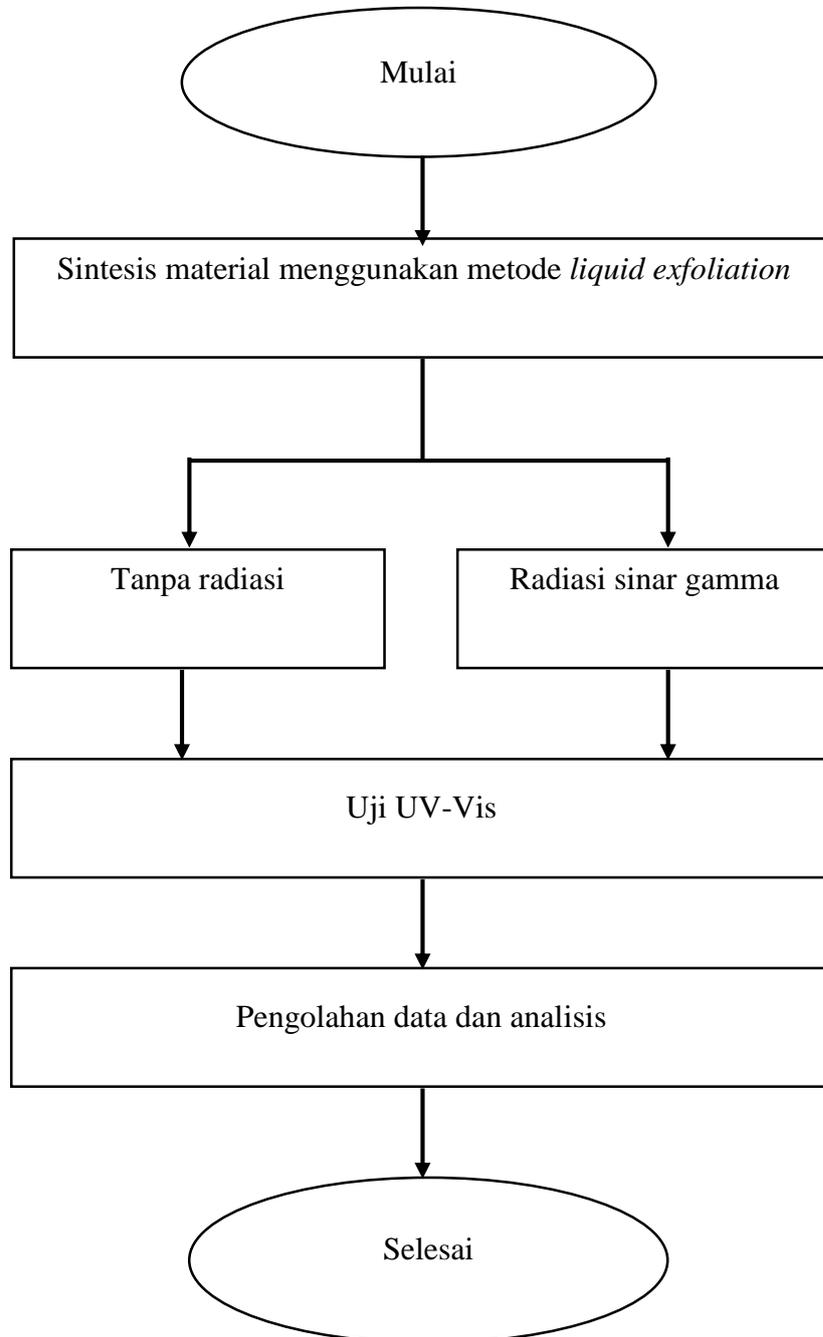
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Alat
  - a. tang (1 buah),
  - b. palu (1 buah),
  - c. penghalus batang karbon atau penggiling merk Corona (1 buah),
  - d. neraca ohaus digital merk Scout Pro dengan batas ukur 2000 mg dan sensitivitas 0,1 mg (1 buah),
  - e. gelas ukur 25 ml dengan batas ukur 25 ml dan sensitivitas 1 ml (1 buah),
  - f. pipet tetes (1 buah),

- g. blender merk Airlux dengan kapasitas 1 liter, daya 190 watt, dan tegangan 220 V/ 50 Hz (1 buah),
  - h. pencatat waktu atau stopwatch (1 buah),
  - i. gelas beker 100 ml dengan batas ukur 100 ml dan sensitivitas 20 ml (3 buah),
  - j. tabung reaksi (14),
  - k. kertas alumunium foil (secukupnya),
  - l. rak tabung reaksi (2 buah),
  - m. board dan penjepit counter Geiger Muller counter S merk Zahlgerat 575-451 (2 buah),
  - n. preparasi Sr dengan aktivitas sebesar 74 kBq (1 buah),
  - o. preparasi Co dengan aktivitas sebesar 74 kBq (1 buah),
  - p. penyaring (1 buah),
  - q. UV-Vis spektrofotometer Shimadzu UV-2450 (1 unit).
2. Bahan
- a. serbuk batang karbon baterai ABC ( 2,4 gram),
  - b. deterjen Rinso (1,5 gram),
  - c. aquades (300 ml),
  - d. tisu (secukupnya).

#### D. Diagram Alir

Penelitian dilakukan dengan mengikuti tahapan pada bagan di Gambar 17 sebagai berikut :



**Gambar 17.** Diagram alir penelitian.

Pada diagram alir dimulai dari sintesis material menggunakan metode *liquid exfoliation* meliputi dua tahap yaitu tahap pembuatan serbuk karbon dan pembuatan larutan. Selanjutnya larutan sampel tanpa diradiasi dan ada yang diradiasi menggunakan Co dan Sr. Larutan sampel tanpa radiasi dan yang diradiasi dilakukan uji UV-Vis, kemudian dilakukan pengolahan data dan analisis dengan membuat grafik antara panjang gelombang dan nilai absorbansi. Berikut ini merupakan rincian mengenai setiap langkah dari sistematisa diagram alir yang digunakan dalam penelitian:

1. Pembuatan serbuk karbon
  - a. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan serbuk karbon.
  - b. Memukul bagian luar baterai secara pelan-pelan menggunakan palu supaya dalam mengambil batang karbon baterai lebih mudah.
  - c. Membuka lapisan terluar dari baterai ABC menggunakan tang, dengan terlebih dahulu membuka tutup atas baterai yang terbuat dari bahan logam dan karet.
  - d. Mengambil batang karbon baterai ABC menggunakan tang.
  - e. Membersihkan serbuk mangan yang masih menempel pada batang karbon baterai ABC menggunakan kaca preparat dengan hati-hati agar tidak mengikis batang karbon baterai ABC.
  - f. Menghancurkan batang karbon baterai menggunakan palu, pada tahap ini batang karbon baterai masih dalam ukuran besar, tahap ini dilakukan

supaya pada saat masuk dalam penggilingan tidak sulit untuk digiling karena penggilingan masih dilakukan secara manual.

- g. Menghaluskan batang karbon baterai ABC menggunakan penggiling, dalam tahap ini tidak hanya dilakukan penggilingan sekali giling tetapi secara berulang kali.
- h. Menyaring serbuk karbon baterai ABC menggunakan saringan teh agar didapat ukuran serbuk karbon baterai ABC yang seragam.



(a)



(b)

**Gambar 18.** (a) Pengambilan batang karbon (b) Penggilingan batang karbon.

## 2. Pembuatan larutan

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan larutan.
- b. Melakukan kalibrasi pada neraca digital setiap akan digunakan untuk menimbang bahan.
- c. Menimbang massa serbuk karbon baterai sebesar 0,8 gram menggunakan neraca digital.
- d. Menimbang massa deterjen sebesar 0,5 gram.

- e. Mengukur aquades sebanyak 100 ml menggunakan gelas ukur.
- f. Membersihkan blender yang akan digunakan untuk mencampur serbuk karbon baterai dengan aquades.
- g. Memasukkan 0.8 gram serbuk karbon baterai, 0,5 gram deterjen dan 100 ml aquades kedalam blender.
- h. Memblender (*mixing time*) bahan tersebut selama 2 menit.
- i. Mendinginkan semua bahan yang sudah tercampur di dalam blender beberapa saat agar saat dituang busa dari deterjen tidak ikut masuk dalam gelas beker.
- j. Menuangkan larutan kedalam gelas beker.



**Gambar 19.** Larutan karbon baterai.

3. Pendiaman larutan (larutan sampel tanpa radiasi)
  - a. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam radiasi larutan.
  - b. Mengambil 5 ml larutan kedalam tabung reaksi.
  - c. Menutup tabung reaksi menggunakan alumunium foil.

- d. Memberi label untuk masing-masing tabung reaksi sesuai dengan lama waktu radiasi.
- e. Meletakkan tabung reaksi pada rak tabung reaksi.
- f. Meradiasi larutan dengan berbagai variasi waktu ( 2 jam, 1 hari, dan 2 hari).

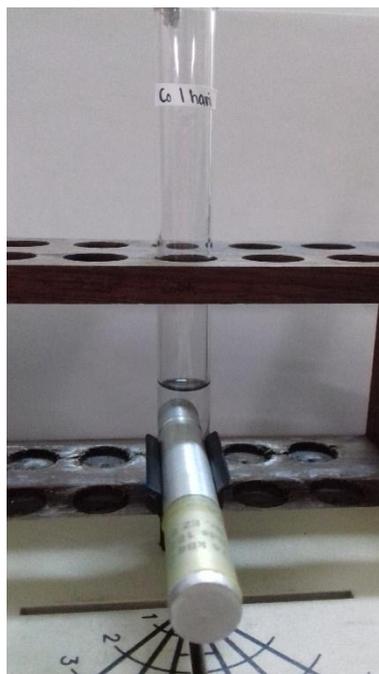
#### 4. Radiasi larutan menggunakan preparasi Sr

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam radiasi larutan.
- b. Mengambil 5 ml larutan kedalam tabung reaksi.
- c. Menutup tabung reaksi menggunakan alumunium foil.
- d. Memberi label untuk masing-masing tabung reaksi sesuai dengan lama waktu radiasi.
- e. Meletakkan tabung reaksi pada rak tabung reaksi.
- f. Mengatur 1 unit counter Geiger Muller counter S tanpa detektor.
- g. Meletakkan preparasi Sr tepat didepan tabung reaksi.
- h. Meradiasi larutan dengan berbagai variasi waktu ( 2 jam, 1 hari, dan 2 hari).



**Gambar 20.** Radiasi menggunakan Srontium-90.

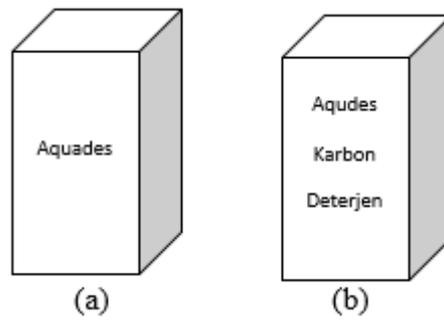
5. Radiasi larutan menggunakan preparasi Co
  - a. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam radiasi larutan.
  - b. Mengambil 5 ml larutan kedalam tabung reaksi.
  - c. Menutup tabung reaksi menggunakan alumunium foil.
  - d. Memberi label pada masing-masing tabung reaksi sesuai dengan lama waktu radiasi.
  - e. Meletakkan tabung reaksi pada rak tabung reaksi.
  - f. Mengatur 1 unit counter Geiger Muller counter S tanpa detektor.
  - g. Meletakkan preparasi Co tepat didepan tabung reaksi.
  - h. Menyinari larutan dengan berbagai variasi waktu (2 jam, 1 hari, dan 2 hari).



**Gambar 21.** Radiasi menggunakan Cobalt-60.

#### 6. Pengujian UV-Vis

Pengujian UV-Vis untuk sampel yang tanpa diradiasi dan untuk sampel yang telah diradiasi dengan berbagai variasi waktu. Variasi waktu yang digunakan adalah 2 jam, 1 hari, dan 2 hari. Pada penelitian ini, alat UV-Vis yang digunakan untuk mengkarakterisasi bahan adalah Shimadzu UV-2450. Shimadzu UV-2450 merupakan *double beam UV-Visible absorption spectrometer*. Pada alat UV-Vis ini terdapat 2 kuvet yang disinari oleh cahaya ultra violet dan cahaya tampak yaitu pada blanko dan pada sampel analit. Sinar pertama melewati sampel blanko atau standar pembanding, sedangkan sinar kedua melewati sampel analit atau sampel yang diuji.



**Gambar 22.** (a) Blanko pada UV-Vis (b) Sampel analit pada UV-Vis.

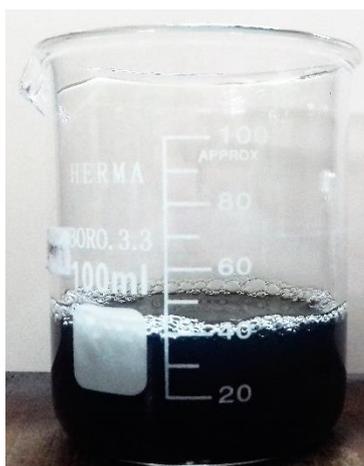
Blanko yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades yang merupakan pelarut dalam proses sintesis material GO. Sampel analite pada penelitian ini berisi aquades, karbon baterai ZnC dan deterjen. Dengan demikian, pada hasil grafik yang diabsorpsi adalah data absorbansi dari komposisi sampel analit yang tidak dimiliki blanko yaitu karbon baterai ZnC dan deterjen.

## BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan material GO dari bahan dasar limbah batang karbon baterai ZnC dengan metode *liquid exfoliation* dan penyinaran radiasi sinar gamma dari sumber radioaktif Sr dan Co, dengan berbagai variasi waktu radiasi. Pengujian UV-Vis spektrofotometer terhadap sampel hasil dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu radiasi yang dilakukan terhadap absorbansi dari material GO yang terbentuk.

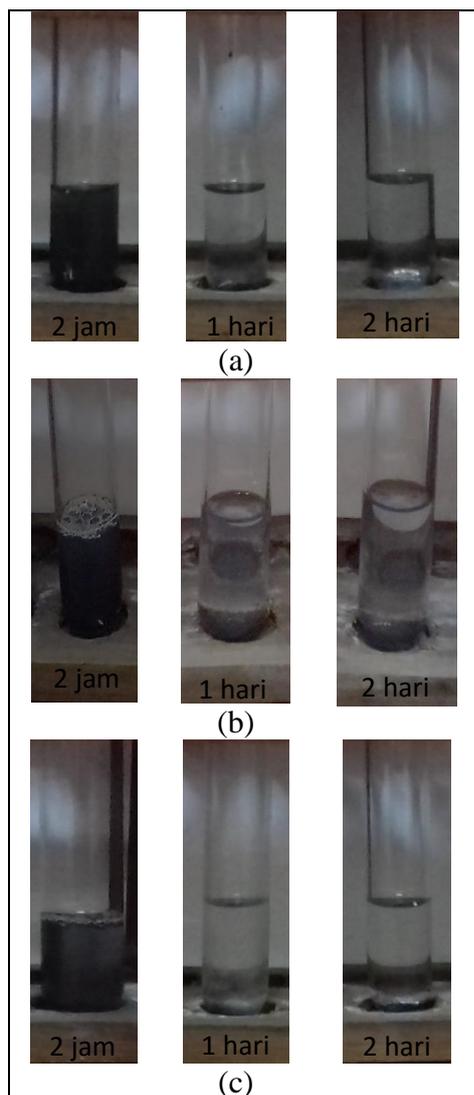
### A. Hasil Sintesis Material GO

Metode yang dipakai untuk mensintesis material GO pada penelitian ini adalah metode *liquid exfoliation*. Metode ini tergolong dalam metode *top down* karena dapat menghasilkan material GO dengan cara membelah material *graphite* menjadi lembar-lembar *graphene* atau dengan cara mengelupasnya dari suatu bahan (material *graphite*). Gambar 23 memperlihatkan larutan campuran.



**Gambar 23.** Larutan sampel campuran sebelum disintesis.

Larutan campuran didiamkan menggunakan dua cara yakni tanpa radiasi dan dengan radiasi gamma. Lama pendiaman untuk larutan sampel tanpa radiasi dan dengan radiasi terdapat tiga variasi yaitu 2 jam, 1 hari dan 2 hari seperti yang telah diuraikan dalam metodologi penelitian. Pada waktu pendiaman selama 2 jam larutan masih keruh dan pekat. Setelah dilakukan pendiaman 1 hari dan 2 hari, larutan dapat dipisahkan dan diambil larutan yang berada di atas. Larutan sampel yang dengan radiasi diradiasi menggunakan Co dan Sr. Bahan radioaktif sumber sinar gamma yang digunakan yaitu Cobalt-60 dengan aktivitas 74 kBq dan Srontium-90 dengan aktivitas 74 kBq. Dalam penelitian ini dihasilkan larutan yang dapat diamati pada Gambar 24.

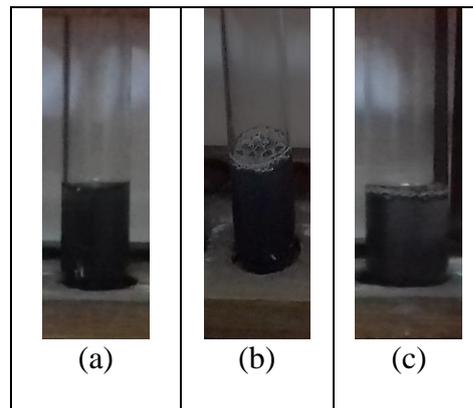


**Gambar 24.** Larutan sampel dengan lama pendiaman: (a) Tanpa radiasi (b) Radiasi Co (c) Radiasi Sr.

Dari Gambar 24 terlihat larutan sampel memiliki warna yang berbeda. Perbedaan warna dari masing-masing larutan sampel dikarenakan adanya perbedaan waktu pendiaman. Lamanya pendiaman yang digunakan yaitu pendiaman selama 2 jam, 1 hari dan 2 hari. Untuk larutan sampel pada Gambar 24 baik larutan sampel tanpa radiasi, dengan radiasi Co dan dengan radiasi Sr memperlihatkan semakin lama waktu pendiaman maka larutan sampel semakin jernih. Pada lama waktu pendiaman selama 2 jam memiliki warna larutan yang

lebih keruh dan pekat. Sedangkan pada lama waktu pendiaman selama 1 hari dan 2 hari memiliki warna larutan yang jernih. Adanya perbedaan warna yang semakin jernih menunjukkan bahwa semakin lama waktu pendiaman terjadi eksfoliasi *graphite* yang semakin banyak. Terjadinya eksfoliasi yang semakin banyak dapat menghasilkan GO yang lebih baik.

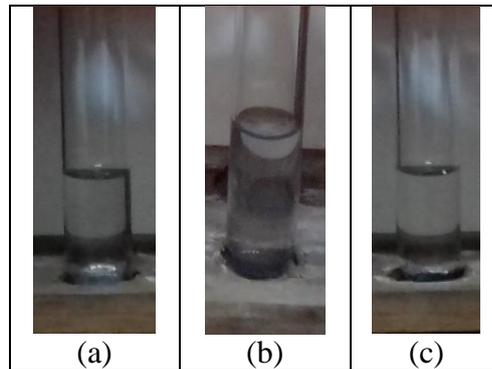
Hasil sintesis GO dengan radiasi ditunjukkan pada gambar berikut.



**Gambar 25.** Larutan sampel dengan pendiaman selama 2 jam : (a) Tanpa radiasi (b) Radiasi Co (c) Radiasi Sr.

Pada Gambar 25 memperlihatkan larutan sampel tanpa radiasi dan dengan radiasi yang memiliki warna berbeda. Larutan sampel tanpa radiasi dan larutan sampel dengan sumber radioaktif Co secara visual tidak terdapat perbedaan jika diamati. Sedangkan larutan sampel dengan radiasi Sr secara visual terdapat perbedaan warna lebih jernih dibandingkan dengan larutan sampel tanpa radiasi. Hal ini dikarenakan proses eksfoliasi menggunakan Sr lebih banyak. Sumber radioaktif Sr memiliki aktivitas lebih besar dibandingkan dengan sumber radioaktif Co. Sumber radioaktif Sr memiliki aktivitas sebesar 51,05 kBq sedangkan sumber radioaktif Co hanya memiliki aktivitas sebesar 9,25 kBq. Pada waktu pendiaman dan radiasi yang paling kecil sumber radioaktif Sr

maupun bahan Co memiliki warna pekat. Sumber radioaktif dengan waktu pendiaman dan radiasi yang paling kecil tidak dapat menyebabkan larutan sampel berwarna jernih. Hal ini dikarenakan proses eksfoliasi belum dapat memisahkan larutan dan membuat *graphite* mengendap.



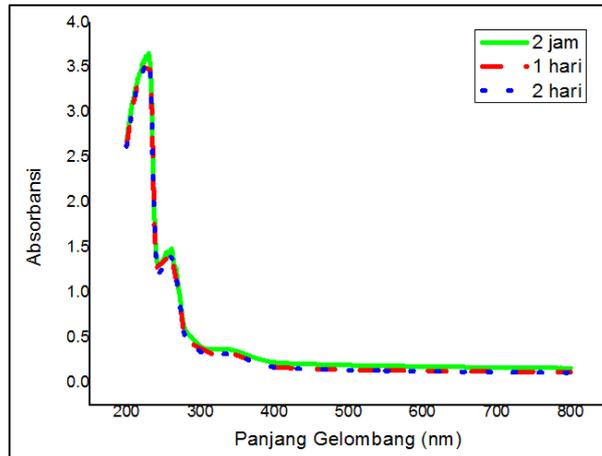
**Gambar 26.** Larutan sampel dengan pendiaman selama 2 hari : (a) Tanpa radiasi (b) Radiasi Co (c) Radiasi Sr.

Pada Gambar 26 memperlihatkan bahwa ketiga larutan sampel memiliki warna yang jernih karena lama waktu pendiaman selama 2 hari. Kumpulan lapis *graphene* tebal atau *graphite* tenggelam dan mengendap sedangkan beberapa lapis GO melayang pada larutan. Larutan sampel tanpa radiasi dengan larutan sampel radiasi sumber radioaktif Co secara visual tidak terdapat perbedaan jika diamati. Sedangkan larutan sampel tanpa radiasi dengan larutan sampel radiasi sumber radioaktif Sr dapat diamati seperti halnya pada larutan sampel dengan pendiaman selama 2 jam, larutan sampel radiasi sumber radioaktif Sr terlihat lebih jernih. Larutan sampel yang semakin jernih menunjukkan bahwa semakin besar aktivitas radiasi maka akan terjadi eksfoliasi *graphite* yang semakin banyak. Terjadinya eksfoliasi yang semakin banyak dapat menghasilkan GO yang lebih baik.

Sampel yang telah diradiasi selanjutnya dikarakterisasi atau diuji untuk mengetahui adanya GO yang telah berhasil disintesis menggunakan metode *liquid exfoliation* dengan bahan radioaktif sumber sinar gamma Sr dan Co. Karakterisasi larutan sampel karbon menggunakan uji UV-Vis.

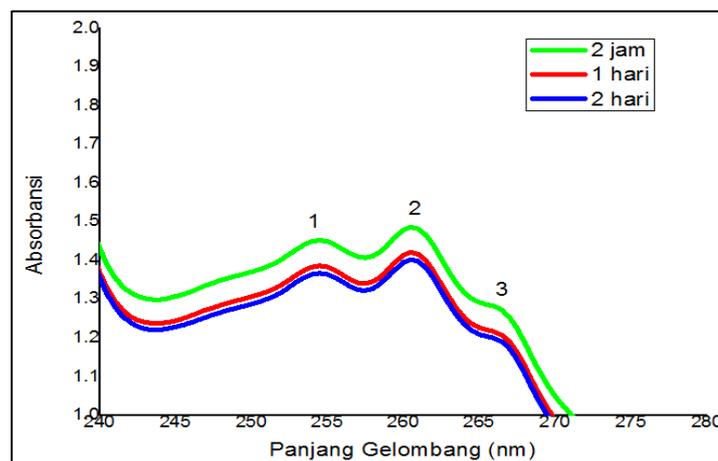
## **B. Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis**

Karakterisasi UV-Vis dilakukan untuk mengetahui adanya *graphene* atau beberapa lapis *graphene* pada larutan sampel hasil sintesis material *graphene* menggunakan metode *liquid exfoliation* dan penyinaran radiasi sinar gamma dari sumber radioaktif Sr dan Co, dalam berbagai variasi waktu radiasi. Hasil karakterisasi akan ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang yang kemudian dibandingkan dengan literatur. Nilai absorbansi dari sampel material GO yang didapatkan ini diukur dengan spektrofotometer UV-Vis menggunakan panjang gelombang 200-800 nm. Uji spektrofotometer UV-Vis dengan puncak gelombang pada panjang gelombang tertentu dapat mengindikasikan bahwa larutan sampel sudah merupakan material GO. Hasil uji spektrofotometer UV-Vis akan dianalisis puncak gelombang yang terdapat pada panjang gelombang karakterisasi GO dan nilai absorbansinya. Pada karakterisasi uji UV-Vis didapatkan hasil sebagai berikut:



**Gambar 27.** Hasil uji UV-Vis pada sampel tanpa radiasi pada berbagai waktu pendiaman dalam rentang panjang gelombang 200-800 nm.

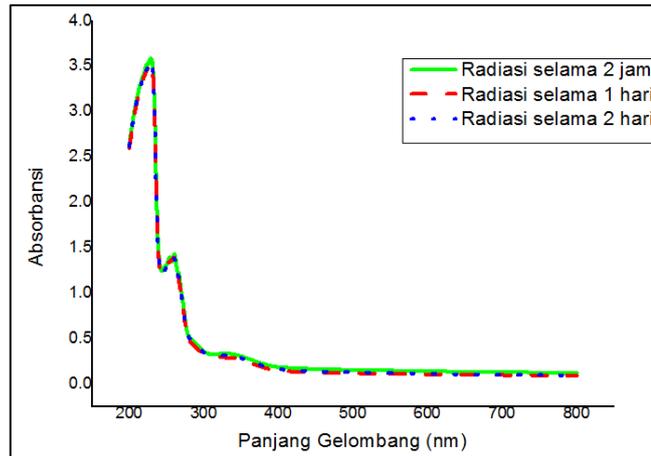
Berdasarkan grafik pada Gambar 27 menunjukkan grafik hubungan antara panjang gelombang dengan nilai absorbansi. Pada hasil UV-Vis memperlihatkan adanya tiga puncak gelombang yang merupakan puncak gelombang karakterisasi GO yang lebih detailnya dapat dilihat pada Gambar 28.



**Gambar 28.** Hasil uji UV-Vis pada sampel tanpa radiasi pada berbagai waktu pendiaman.

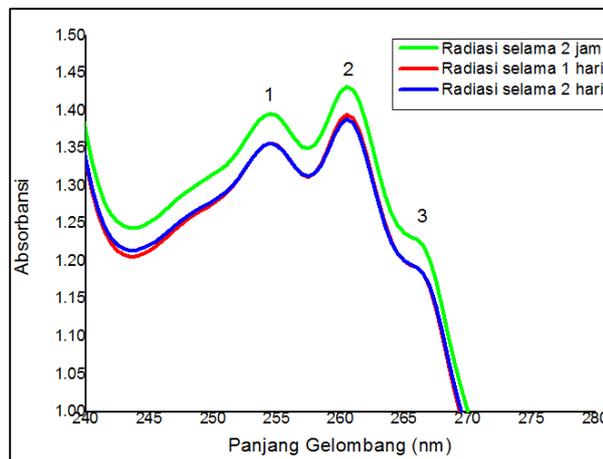
Pada larutan sampel dengan lama pendiaman 2 jam memiliki puncak pada panjang gelombang yang berturut-turut 260,50 nm, 254,50 nm dan 229,50 nm dengan nilai absorbansi yang berturut-turut 1,486, 1,452 dan 3,656. Pada larutan sampel dengan lama pendiaman 1 hari memiliki puncak pada panjang gelombang yang berturut-turut 260,50 nm, 254,50 nm dan 227,00 nm dengan nilai absorbansi yang berturut-turut 1,421, 1,386 dan 3,573. Pada larutan sampel dengan lama pendiaman 2 hari memiliki puncak pada panjang gelombang yang berturut-turut 260,50 nm, 254,50 nm dan 228,50 nm dengan nilai absorbansi yang berturut-turut 1,402, 1,367 dan 3,560. Ketiga larutan sampel memiliki puncak gelombang pada panjang gelombang antara 230-270 nm, sehingga ketiga larutan sampel merupakan GO (Efelina, 2015).

Hasil uji UV-Vis pada sampel tanpa radiasi memperlihatkan adanya penurunan puncak absorbansi. Misal pada puncak gelombang yang berada di panjang gelombang 260,50 nm untuk pendiaman dari 2 jam ke 1 hari memperlihatkan nilai absorbansi yang turun dari 1,486 menjadi 1,421, sedangkan untuk pendiaman 2 hari nilai absorbansi turun lagi menjadi 1,402. Dengan demikian waktu pendiaman berpengaruh terhadap nilai absorbansi. Semakin lama waktu pendiaman maka nilai absorbansi akan semakin turun.



**Gambar 29.** Hasil uji UV-Vis pada sampel radiasi Cobalt-60 pada berbagai waktu radiasi dalam rentang panjang gelombang 200-800 nm.

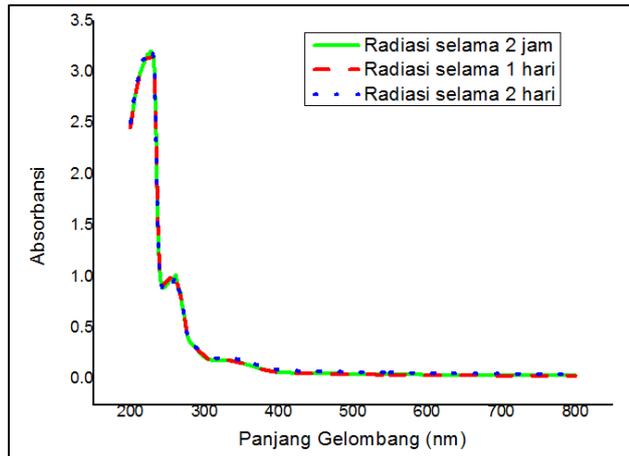
Berdasarkan grafik pada Gambar 29 menunjukkan grafik hubungan antara panjang gelombang dengan nilai absorbansi. Pada hasil UV-Vis memperlihatkan adanya tiga puncak gelombang yang merupakan puncak gelombang karakterisasi GO yang lebih detailnya dapat dilihat pada Gambar 30.



**Gambar 30.** Hasil uji UV-Vis pada sampel radiasi Cobalt-60 pada berbagai waktu radiasi.

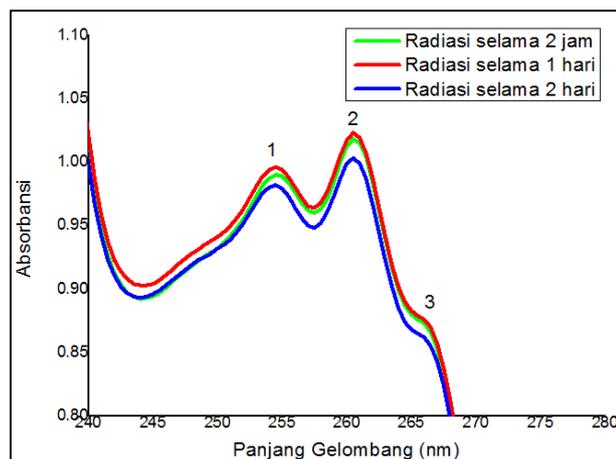
Pada larutan sampel dengan lama radiasi 2 jam memiliki puncak pada panjang gelombang yang berturut-turut 260,50 nm, 254,50 nm dan 228,50 nm dengan nilai absorbansi yang berturut-turut 1,432, 1,396 dan 3,586. Pada larutan sampel dengan lama radiasi 1 hari memiliki puncak pada panjang gelombang yang berturut-turut 260,50 nm, 254,50 nm dan 227,50 nm dengan nilai absorbansi yang berturut-turut 1,395; 1,357 dan 3,525. Pada larutan sampel dengan lama radiasi 2 hari memiliki puncak pada panjang gelombang yang berturut-turut 260,50 nm, 254,50 nm dan 229,50 nm dengan nilai absorbansi yang berturut-turut 1,389, 1,357 dan 3,525. Ketiga larutan sampel memiliki puncak gelombang pada panjang gelombang antara 230-270 nm, sehingga ketiga larutan sampel merupakan GO (Efelina, 2015).

Hasil uji UV-Vis pada sampel tanpa radiasi memperlihatkan adanya penurunan puncak absorbansi. Misal pada puncak gelombang yang berada di panjang gelombang 260,50 nm untuk pendiaman dari 2 jam ke 1 hari memperlihatkan nilai absorbansi yang turun dari 1,432 menjadi 1,395, sedangkan untuk pendiaman 2 hari nilai absorbansi turun lagi menjadi 1,389. Dengan demikian waktu pendiaman berpengaruh terhadap nilai absorbansi. Semakin lama waktu pendiaman maka nilai absorbansi akan semakin turun.



**Gambar 31.** Hasil uji UV-Vis pada sampel radiasi Srontium-90 pada berbagai waktu radiasi dalam rentang panjang gelombang 200-800 nm.

Berdasarkan grafik pada Gambar 31 menunjukkan grafik hubungan antara panjang gelombang dengan nilai absorbansi. Pada hasil UV-Vis memperlihatkan adanya tiga puncak gelombang yang merupakan puncak gelombang karakterisasi GO yang lebih detailnya dapat dilihat pada Gambar 32.



**Gambar 32.** Hasil uji UV-Vis pada sampel radiasi Srontium-90 pada berbagai waktu radiasi.

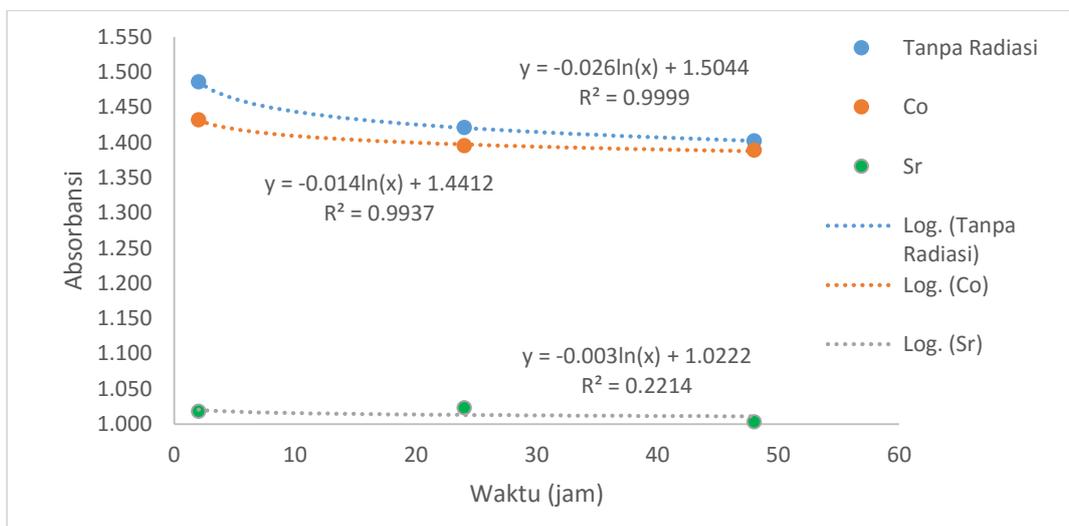
Pada larutan sampel dengan lama radiasi 2 jam memiliki puncak pada panjang gelombang yang berturut-turut 260,50 nm, 254,50 nm dan 227,00 nm dengan nilai absorbansi yang berturut-turut 1,018, 0,990 dan 3,203. Pada larutan sampel dengan lama radiasi 1 hari memiliki puncak pada panjang gelombang yang berturut-turut 260,50 nm, 254,50 nm dan 227,50 nm dengan nilai absorbansi yang berturut-turut 1,023; 0,996 dan 3,197. Pada larutan sampel dengan lama radiasi 2 hari memiliki puncak pada panjang gelombang yang berturut-turut 260,50 nm, 254,50 nm dan 226,50 nm dengan nilai absorbansi yang berturut-turut 1,003, 0,982 dan 3,219. Ketiga larutan sampel memiliki puncak gelombang pada panjang gelombang antara 230-270 nm, sehingga ketiga larutan sampel merupakan GO (Efelina, 2015).

Hasil uji UV-Vis pada sampel tanpa radiasi memperlihatkan adanya penurunan puncak absorbansi. Misal pada puncak gelombang yang berada di panjang gelombang 260,50 nm untuk pendiaman dari 2 jam ke 1 hari memperlihatkan nilai absorbansi yang turun dari 1,018 menjadi 1,023, sedangkan untuk pendiaman 2 hari nilai absorbansi turun lagi menjadi 1,003. Dengan demikian waktu pendiaman berpengaruh terhadap nilai absorbansi. Semakin lama waktu pendiaman maka nilai absorbansi akan semakin turun.

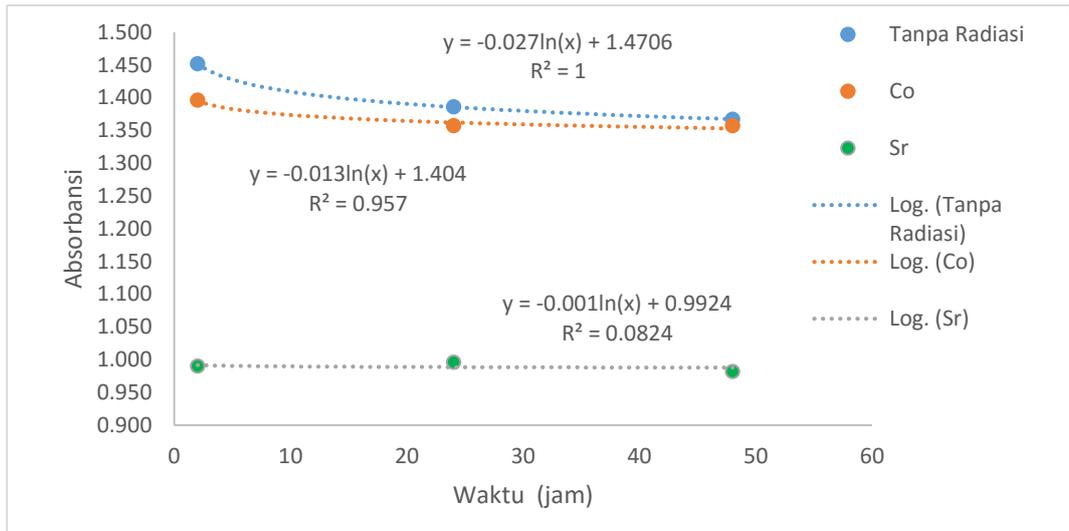
Larutan sampel tanpa radiasi, dengan radiasi Co dan dengan radiasi Sr merupakan material GO karena memiliki puncak gelombang pada panjang gelombang antara 230-270 nm. Pada ketiga larutan sampel memperlihatkan semakin lama waktu pendiaman maka nilai absorbansi semakin turun.

### C. Perbandingan Tingkat Absorbansi

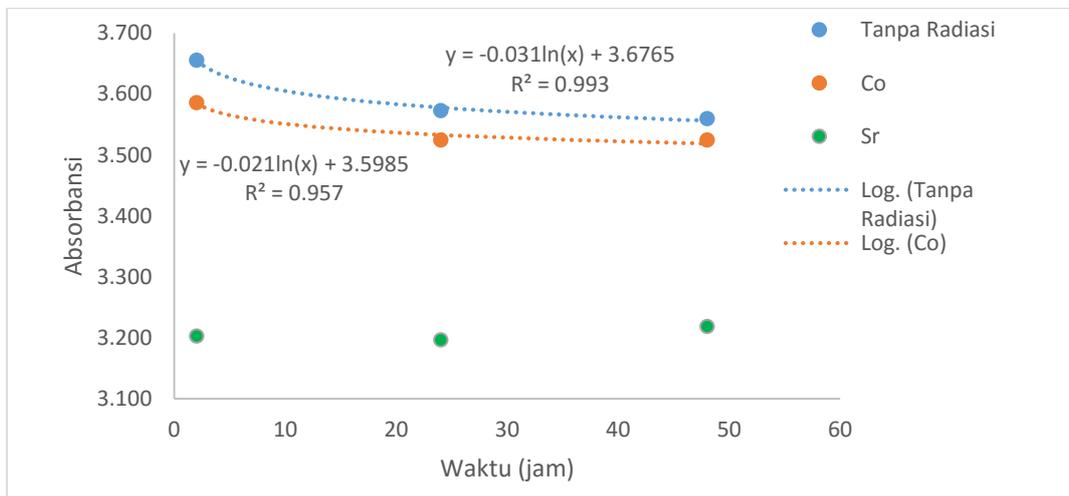
Gambar 27, 29 dan 31 menunjukkan grafik karakterisasi UV-Vis. Pada ketiga gambar tersebut terdapat grafik dengan puncak absorbansi yang berbeda. Pada masing-masing grafik terdapat tiga puncak absorbansi yaitu pada panjang gelombang 260 nm, 254 nm dan 229 nm. Berikut adalah puncak absorbansi yang dinyatakan dalam grafik hubungan waktu dengan tingkat absorbansi.



**Gambar 33.** Hasil UV-Vis pada panjang gelombang 260 nm.



**Gambar 34.** Hasil UV-Vis pada panjang gelombang 254 nm.



**Gambar 35.** Hasil UV-Vis pada panjang gelombang 229 nm.

Pada Gambar 33, 34 dan 35 terlihat semakin lama waktu radiasi maka nilai absorbansi semakin turun. Pada gambar juga terlihat penurunan absorbansi semakin turun dari larutan sampel tanpa radiasi, radiasi Co dan radiasi Sr. Besar nilai penurunan absorbansi dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Penurunan nilai absorbansi.

Panjang Gelombang (nm)	Tanpa radiasi- radiasi Co			Tanpa radiasi- radiasi Sr		
	2 jam	1 hari	2 hari	2 jam	1 hari	2 hari
260	0,054	0,026	0,013	0,468	0,398	0,399
254	0,056	0,029	0,010	0,462	0,390	0,385
229	0,070	0,048	0,035	0,453	0,376	0,341

Pada tabel 2 dapat dilihat penurunan nilai absorbansi sangat kecil. Nilai absorbansi larutan sampel tanpa radiasi ke larutan sampel dengan radiasi Co mengalami penurunan lebih kecil dibandingkan dengan nilai absorbansi larutan sampel tanpa radiasi ke larutan sampel dengan radiasi Sr dikarenakan dosis serap Co lebih kecil dibandingkan dengan Sr. Penurunan nilai absorbansi sangat kecil dikarenakan radiasi Co yang digunakan hanya memiliki dosis serap sebanyak  $0,28 \times 10^{-4}$  Gy/h dan Sr memiliki dosis serap sebanyak  $5,23 \times 10^{-4}$  Gy/h. Dosis ini tergolong sangat kecil jika dibandingkan dengan hasil Shahriary dan Athawale (2014) yang menggunakan radiasi Co dengan dosis serap 0,24 kGy/h.

Radiasi Co dengan dosis serap 0,24 kBq/h terdapat perbedaan nilai absorbansi yang dapat diamati pada hasil uji UV-Vis, grafik tidak terlihat berhimpit (Shahriary dan Athawale, 2014). Hal ini berbeda dengan hasil penelitian yang memperlihatkan grafik hasil uji UV-Vis terlihat berhimpit. Terlihat grafik yang berhimpit dikarenakan dosis serap yang digunakan masih sangat kecil dibandingkan pada penelitian yang dilakukan Shahriary dan

Athawale. Pada radiasi menggunakan Co dengan dosis 35 kGy dapat menggeser puncak dari panjang gelombang 223 nm menuju 277 nm yang biasa disebut *redshift* (Sharin dkk.,2015). Sedangkan pada penelitian belum berhasil menggeser puncak menuju arah rGO.

Semakin besar nilai dosis serap maka nilai absorbansi akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan ketika material dikenai radiasi gamma Co dan Sr maka dalam skala makroskopik GO akan menjadi berpori dan pori-pori akan semakin besar. Melebarnya pori-pori disebabkan radiasi sinar gamma melewati suatu materi sebagian energinya akan diserap oleh material. Energi yang diserap material akan diubah menjadi panas yang akan memperbesar pori-pori. Apabila GO mempunyai pori-pori yang semakin besar maka sinar UV-Vis yang diserap oleh GO akan semakin kecil. Semakin kecil nilai absorbansi maka material GO akan mempunyai transparansi optik yang tinggi. Dengan transparansi optik yang tinggi maka hasil GO yang diperoleh akan semakin baik.

Selain itu, secara fisis adanya penurunan nilai absorbansi membuktikan bahwa radiasi menggunakan Co dan Sr mempengaruhi banyaknya material GO yang menyerap gelombang elektromagnetik UV-Vis yang diubah menjadi energi getaran-getaran pada ikatan *Van der Waals*. Dengan demikian, ada perubahan energi yang diserap oleh material GO ketika diberi perlakuan lama waktu radiasi gamma yang berasal dari Co dan Sr.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

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

1. Telah berhasil dihasilkan material GO dari sintesis bahan karbon baterai ZnC dengan metode *liquid exfoliation* dan surfaktan yang dinyatakan dengan hasil uji UV-vis spektrofotometer terdapat 3 puncak serapan khas pada panjang gelombang antara 230-270 nm.
2. Pada hasil sintesis GO dengan metode *liquid exfoliation* dan penyinaran radiasi sinar gamma dari sumber radioaktif Sr dan Co, menunjukkan semakin lama waktu pendiaman maka nilai absorbansi akan semakin turun. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu pendiaman material *graphite* akan semakin tereksfoliasi.
3. Adanya radiasi pada larutan sampel menghasilkan GO lebih baik yang memiliki transparansi optik tinggi ditunjukkan dengan adanya penurunan nilai absorbansi dari hasil uji UV-Vis larutan sampel Co dan Sr. Namun, penurunan nilai absorbansi masih kecil jika dibandingkan dengan penelitian Shahriary dan Athawale (2014) karena dosis serap yang digunakan jauh lebih kecil.

## B. Saran

Beberapa tindak lanjut yang dapat disarankan dalam penelitian ini antara lain:

1. Pada penggunaan radiasi selanjutnya, sebaiknya menggunakan dosis serap yang lebih besar dan waktu yang lebih lama.
2. Untuk peneliti selanjutnya, sebaiknya untuk eksfoliasi menggunakan surfaktan LAS.
3. Karakterisasi yang digunakan untuk memperkuat hasil sebaiknya menggunakan karakterisasi lain seperti menggunakan Raman Spektroskopi dan SEM.
4. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai proses lanjutan untuk mereduksi material GO menjadi *graphene*.
5. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaplikasian hasil material *graphene* menggunakan metode *liquid exfoliation*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, Muqtaf Najich. 2016. *Perbedaan Nilai Hambatan Sampel Hasil Preparasi dan Sintesis Lapisan Very Fine Particle Karbon yang Dilapisi Nanomaterial SnO<sub>2</sub> Berbasis Mechanical Exfoliation dengan Variasi Jari-Jari dan Massa Bahan SnCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O*. Skripsi. Yogyakarta: UNY.
- Anggianto. 2011. Kobalt dan sifat-sifat umumnya. <http://birohmah.unila.ac.id>. pada tanggal 26 Agustus 2017, Jam 20:00 WIB.
- Arikawati, Erlina. 2015. *Nanosains dan Nanoteknologi*. Diakses dari <http://erlinaarikawati.blogspot.co.id/2015/04/nanosains-dan-nanoteknologi-nanosains.html>. Pada tanggal 13 maret 2017 pukul 19.30 WIB.
- Azizah, Lita Nur dan Susanti, Diah.2014. *Pengaruh Variasi Kadar Zn Dan Temperatur Hydrothermal Terhadap Struktur Dan Nilai Konduktivitas Elektrik Material Graphene*.Surabaya :ITS
- Bakir. 2011. *Pengembangan Bioosintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Air Rebusan Daun Bisbul (Diospyros Blancoi) Untuk Deteksi Ion Tembaga (II) dengan Metode Kolorimetri*. Skripsi. Jakarta: FMIPA UI.
- Brun, Nicolas; Ken Sakaushi; Linghui Yu; Lars Giebeler; Ju'rgen Eckertbd; dan Magdalena M. Titirici. *Hydrothermal Carbon Based Nanostructured Hollow Spheres as Electrode Materials for High Power Lithium Sulfur Batteries*. Physical Chemistry Chemical Physics, 2013, 15: 6080—6087.
- Budianto. 2015. *Pengaruh Penambahan Nanopartikel Perak pada Setiap Sel Elemen Basah ( ACCU ) terhadap Tegangan Keluaran Elemen Basah (ACCU)*.
- Clunan, Anne. et al. 2014. *Nanotechnology in A Globalized World Strategic Assessments of An Emerging Technology*. Muntery: Naval Postgraduate School.
- Daraio, C., Sungho Jin. 2012. *Synthesis and Patterning Methods for Nanostructures Useful for Biological Applications*. Diakses dari <http://www.springer.com/978-0-387-31282-8>. Pada 10 April 2017pukul 20.00 WIB.
- Dwandar, Brams, dkk. 2017. *Effect of Catalyst Concentrations on the Growth of Carbon Nanotubes from Waste Engine Oil*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Fahlman B.D. 2007. *Materials Chemistry*. Diakses dari [www.springer.com](http://www.springer.com). Pada 10 April 2017 pukul 19.00 WIB.

- Fikri, Achmad Ainun. 2016. *Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan Dan Waktu Ultrasonikasi Terhadap Sintesis Material Graphene Dengan Metode Liquid Sonification Exfoliation Menggunakan Tweeter Ultrasonication Graphite Oxide Generator*. Skripsi. Yogyakarta: UNY.
- Geim, A.K. dan Novoselov, K.S. 2007. *The Rise of Graphene*. Nature Material vol.6. 1-14.
- Gogoi, P.K., Santoso, I., Saha., Wang, S., Castro neto, A.H.Loh, K.P., Venkatesan, T.Rusydi., A. 2012. *Optical Conductivity Study of screening of many body effects in graphene interfaces*. *Europhys. Lett.* 99, 67009.
- Goodman, Matthew D; Kevin A. Arpin; Agustin Mihi; Narihito Tatsuda; Kazuhisa Yano; dan Paul V. Braun. *Enabling New Classes of Templated Materials through Mesoporous Carbon Colloidal Crystals*. *Advance Optical Material*, 2013, 1: 300–304.
- Haryo N., Stefanus. 2010. *Teknologi Barudan Mutakhir: Nanosains*. Diakses dari <http://noenoe-nano.blogspot.com/2010/02/norrmal-0-false-false-falseen-us-x-none.html/> pada tanggal 13 Maret 2017 pukul 20.30 WIB.
- Hasannudin. 2015. *Daur Karbon atau Siklus Karbon*. <http://sainsbiologi.com/daur-karbon-atau-siklus-karbon/> pada tanggal 26 Agustus 2017, Jam 20:00 WIB.
- Hu, Bo; Kan Wang; Liheng Wu; Shu Hong Yu; Markus Antonietti; dan Maria Magdalena Titirici. *Engineering Carbon Materials from the Hydrothermal Carbonization Process of Biomass*. *Advance Materials*, 2010, 22: 1–16.
- Huss, E. & All, F. 2010. *Graphene*. The Royal Swedish Academy of Science
- Ilhami & Susanti. 2014. *Pengaruh Massa Zn Dan Temperatur Hydrothermal Terhadap Struktur Dan Sifat Elektrik Material Graphene*. Surabaya: ITS.
- Junaidi, Muhammad dan Susanti, Diah. 2014. *Pengaruh Variasi Waktu Ultrasonifikasi dan Waktu Tahan Hydrothermal terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik Materail Graphene*. Surabaya: ITS.
- La Fuente, JD. 2013. *Graphene uses aplication*. Diakses Dari <http://www.graphenea.com/pages/graphene-uses-aplication>. Di unduh pada tanggal 11 April 2017 pukul 18.00 WIB.
- Lai, Qi S. Z, Xueping L, Min Z, and Shuanghua H. 2012. *Ultraviolet-visible spectroscopy of graphene oxides*. *AIP Advances* 2, 032146, doi: 10.1063/1.4747817.

- Leila, Shahriary dan athawale, Anjali. 2014. *Synthesis of Graphene Using Gamma Radiations*. Indian Academy of Science Vol. 38 No. 3.
- Lestari, Nur Dwi. 2016. *Pengaruh Variasi Konsentrasi Larutan Nanopartikel Perak Sebagai Bahan Aditif Dalam Batako Terhadap Porositas Dan Kuat Tekan Batako*. Skripsi. Yogyakarta: UNY.
- Mukmin, S. 2011. *Interaksi Radiasi dengan Materi*. <http://smukmin.blogspot.com/2011/10/interaksi-radiasi-dengan-materi.html>, pada tanggal 25 Agustus 2017, Jam 16.50 WIB.
- Mulyadi, Tedi. 2015. *Pengertian Ciri dan Sifat Karbon*. <http://budisma.net/2015/02/pengertian-ciri-dan-sifat-karbon> pada tanggal 22 Juli 2017, Jam 20:00 WIB.
- Murat, dkk. 2011. *The Synthesis of Graphene Sheets With Controlled Thickness and Order Using Surfactant-Assisted Electrochemical Processes*. Spanyol: Elsevier.
- Noor, Ilhamsyah. 2010. *Isolasi dan Karakterisasi B- Glukan dari Tubuh Buah Jamur Tiram Putih (Pleurotus Ostreatus) dengan Metode Spektrofotometer UV-Visibel dan FTIR*. Skripsi. Jakarta: Universitas Islam Syarif Hidayatullah.
- Novoselov, K.S. Geim, A.K Morozov, S. V Jiang, D. Katnelson M.I.V. 2004. *Electric field effect in atomically thin carbon films*. Science Vol 306,666.
- Octavia, Reza. 2014. *The Synthesis of Graphene Sheets with Controlled Thickness and Order Using Surfactant-Assisted Electrochemical Processes*. Spanyol: Elsevier.
- P. Colarusso et al. (1996). *High-Resolution Infrared Emission Spectrum of Strontium Monofluoride* (PDF). *J. Molecular Spectroscopy* **175**: 158. doi:10.1006/jmsp.1996.0019.
- Pratiwi, Phatma Dhian. 2016. *Preparasi Nanomaterial Karbon Menggunakan Metode Liquid Mechanical Exfoliation Dibantu oleh Linear Alkylbenzene Sulfonate dengan Variasi Waktu Pencampuran*. Skripsi. Yogyakarta: UNY.
- Rachman, Arif. 2015. *Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS)*. Diakses dari [sulfonate-las.html](http://sulfonate-las.html) pada tanggal 25 Mei 2017 pukul 21.15 WIB.
- Rahmawati, Nana. 2017. *Sintesis dan Karakterisasi Material Graphene Oxide Berbahan Dasar Limbah Batang Karbon ZnC Menggunakan Kombinasi Metode Liquid-Phase Exfoliation dan Radiasi Sinar-X dengan Variasi Waktu*

- Radiasi Berdasarkan Uji UV-Vis Spektrofotometer*. Skripsi. Yogyakarta: UNY.
- Rudi, Pratiwi, Susilo. 2013. *Pengukuran Paparan Radiasi Pesawat SinarX Di Instalasi Radiodiagnostik Untuk Proteksi Radiasi*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Safrizal, Rinos. 2015. *Konsep Reaksi Oksidasi dan Reduksi*. <http://www.jejaringkimia.web.id/2012/01/konsep-reaksi-oksidasi-dan-reduksi>, pada tanggal 26 Agustus 2017, Jam 20:00 WIB.
- Seong, dkk. 2011. *Synthesis of Graphene Layers Using Graphite Dispersion in Aqueous Surfactant Solutions*. South Korea: Seoul National University.
- Sharin, dkk. 2015. *Reduction of Graphene Oxide to Graphene by Using Gamma Irradiation*. Malaysian Journal of Analytical Sciences, Vol 19 No 6: 1223-1228.
- Seran, Emel. 2011. *Pengertian Dasar Spektrofotometer Vis, UV, UV-Vis*. Diakses dari <https://wanibesak.wordpress.com/2011/07/04/spektrofotometri-sinar-tampak-visible/> pada tanggal 22 Juni 2016, Jam 16.50 WIB.
- Suharno, Darsono, dkk. 2000. *Pengaruh Penambahan Serbuk Dry Cell Bekas Terhadap Porositas Dan Kekerasan Hasil Remelting Al-9% Si Berbasis Limbah Piston Bekas*. Solo: UNS.
- Sunarso, 2017. *Preparasi dan Sintesis Graphene Oxide Yang Berasal Dari Asap Hasil Pembakaran Dengan Variasi Bahan Bakar Menggunakan Metode Penangkapan Asap Dengan Kaca Preparat Berdasarkan Uji Spektrofotometer UV-Vis dan FTIR*. Skripsi. Yogyakarta: UNY.
- Suparno, 2012. *Dinamika Partikel Koloid*. Yogyakarta: UNY Press.
- Taufantri, Y. 2015. *Sintesis dan Karakterisasi Grafena dengan Metode Reduksi Grafit Oksida Menggunakan Pereduksi Zn*. Skripsi. Bukit Jimbaran : Universitas Udayana.
- The Royal Swedish Academy of Science. 2010. *Graphene*. Sweden: Kungl Vetenskap Akademien.
- Tiwari, Jitendra. N., Rajanish N. Tiwari, & Kwang S. Kim. 2012. *Zero-Dimensional, One-Dimensional, Two-Dimensional, Three Dimensional nanostructure materials for advanced electrochemical energy devices*. Progress in Materials Science 57 (2012) 724-803. Hlm. 726-729.

- Trievita Anna Furi, Pamilia Coniwanti. 2012. *Pengaruh Perbedaan Ukuran Partikel Dari Ampas Tebu Dan Konsentrasi Natrium Bisulfit (NaHSO<sub>3</sub>) Pada Proses Pembuatan Surfaktan*. Skripsi. Universitas Sriwijaya.
- Truong & Lee. 2013. *Graphene from Fundamental to Future Application*. South Korea: Chonbuk National University.
- Tsoufanidis, N. 1995. *Measurement and detection of radiation*. Bristol: Taylor & Francis.
- Vita, Efelina. 2015. *Kajian Pengaruh Konsentrasi Urea dalam Sifat Optik Nanofiber Graphene Oxide/PVA (Polyvinyl Alcohol) yang Difabrikasi Menggunakan Teknik Electrospinning*. Skripsi. Yogyakarta: UGM.
- Wang Shuai, dkk. 2014. *The Effect of Surfactants and Their Concentrations On The Liquid-Exfoliation of Graphene*. Cina: Beijing University.
- Widiatmoko, Eko. *GRAPHENE : SIFAT, FABRIKASI, DAN APLIKASINYA*. Bandung : Jurusan Fisika, Institut Teknologi Bandung.
- Zhou, Ming, dkk. 2014. *Production of Graphene by Liquid-Phase Exfoliation of Intercalated Graphite*. Elsevier Vol 9

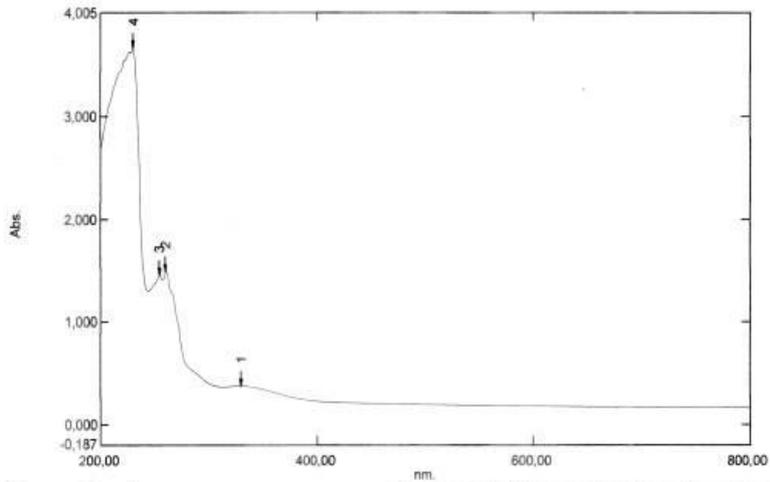
# DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tanpa radiasi dengan pendiaman 2 jam.

## Spectrum Peak Pick Report

23/02/2017 10:46:44

Data Set: N 2 jam.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	●	330.00	0.376	
2	●	260.50	1.486	
3	●	254.50	1.452	
4	●	229.50	3.656	

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

Attachment Properties  
Attachment: None

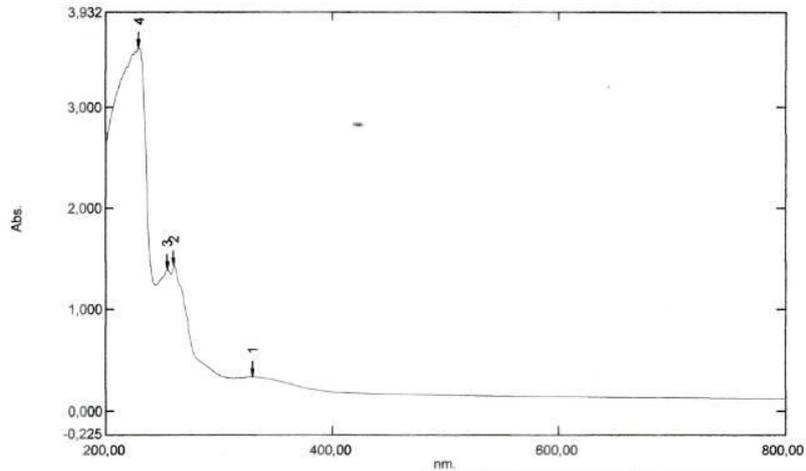
Sample Preparation Properties  
Weight:  
Volume:  
Dilution:  
Path Length:  
Additional Information:

## Lampiran 2. Radiasi Co 2 jam.

### Spectrum Peak Pick Report

23/02/2017 10:42:14

Data Set: CO 2 jam.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	●	330,00	0,335	
2	●	260,50	1,432	
3	●	254,50	1,396	
4	●	228,50	3,586	

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

Attachment Properties  
Attachment: None

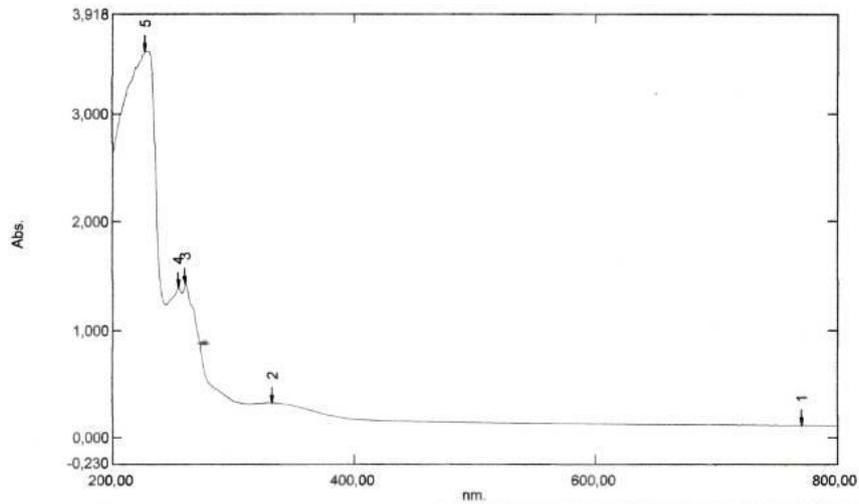
Sample Preparation Properties  
Weight:  
Volume:  
Dilution:  
Path Length:  
Additional Information:

### Lampiran 3. Tanpa radiasi dengan pendiaman 1 hari.

## Spectrum Peak Pick Report

24/02/2017 10:30:24

Data Set: N 1 hari.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:

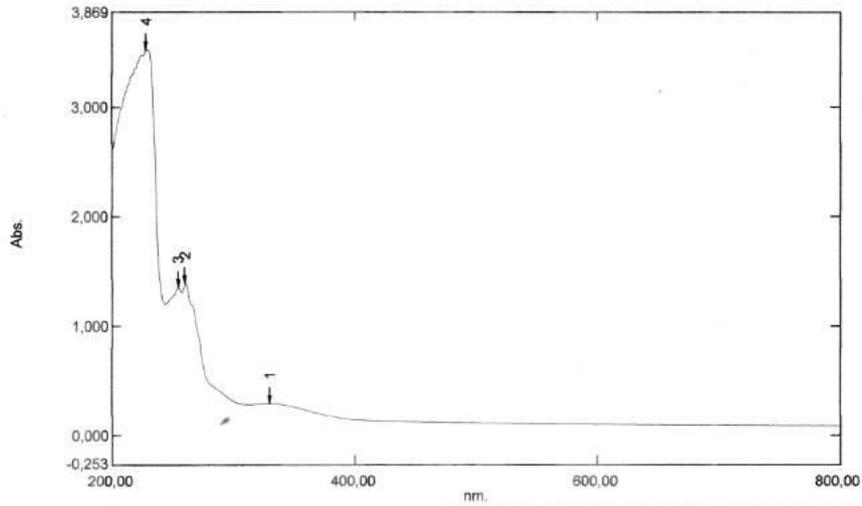
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	771,00	0,117	
2	●	332,50	0,328	
3	●	260,50	1,421	
4	●	254,50	1,386	
5	●	227,00	3,573	

# Lampiran 4. Radiasi Co 1 hari.

## Spectrum Peak Pick Report

24/02/2017 10:28:03

Data Set: CO 1 hari.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	⊕	329,50	0,297	
2	⊕	260,50	1,395	
3	⊕	254,50	1,357	
4	⊕	227,50	3,525	

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

**Attachment Properties**  
Attachment: None

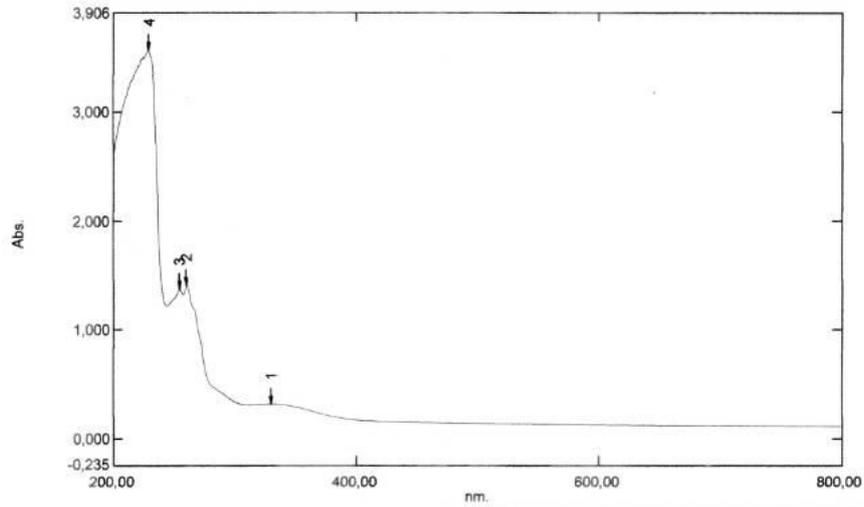
**Sample Preparation Properties**  
Weight:  
Volume:  
Dilution:  
Path Length:  
Additional Information:

Lampiran 5. Tanpa radiasi dengan pendiaman 1 hari.

**Spectrum Peak Pick Report**

23/02/2017 10:48:50

Data Set: N 2 hari.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	👁	330,50	0,320	
2	👁	260,50	1,402	
3	👁	254,50	1,367	
4	👁	228,50	3,560	

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

Attachment Properties  
Attachment: None

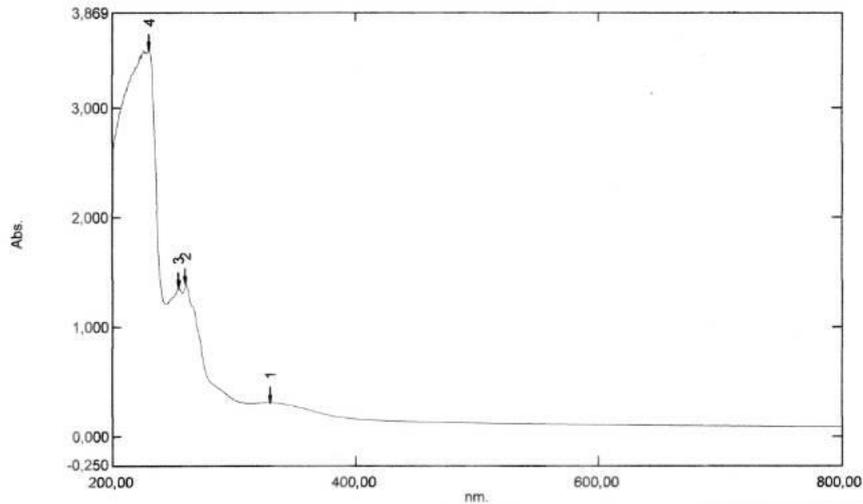
Sample Preparation Properties  
Weight:  
Volume:  
Dilution:  
Path Length:  
Additional Information:

## Lampiran 6. Radiasi Co 2 hari.

### Spectrum Peak Pick Report

23/02/2017 10:44:31

Data Set: CO 2 hari.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	●	329,50	0,315	
2	●	260,50	1,389	
3	●	254,50	1,357	
4	●	229,50	3,525	

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

Attachment Properties  
Attachment: None

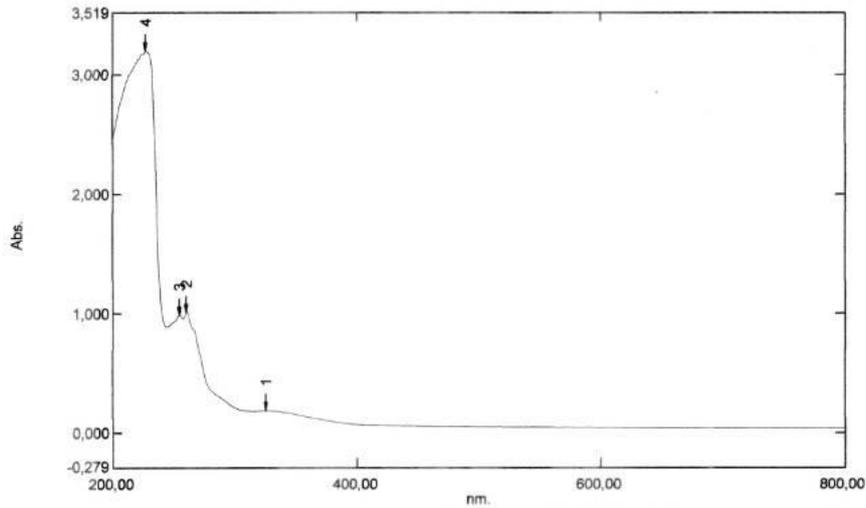
Sample Preparation Properties  
Weight:  
Volume:  
Dilution:  
Path Length:  
Additional Information:

## Lampiran 7. Radiasi Sr 2 jam.

### Spectrum Peak Pick Report

20/04/2017 10:10:27

Data Set: SR 2 Jam.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

N	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⊕	326,00	0,189	
2	⊕	260,50	1,018	
3	⊕	254,50	0,990	
4	⊕	227,00	3,203	

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

Attachment Properties  
Attachment: None

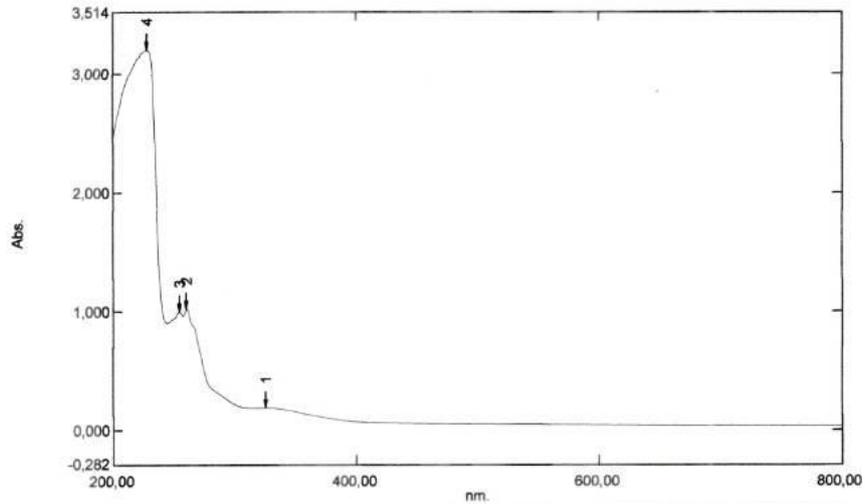
Sample Preparation Properties  
Weight:  
Volume:  
Dilution:  
Path Length:  
Additional Information:

## Lampiran 8. Radiasi Sr 1 hari.

### Spectrum Peak Pick Report

20/04/2017 10:10:58

Data Set: SR 1 hari.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

N	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⊙	325,00	0,189	
2	⊙	260,50	1,023	
3	⊙	254,50	0,996	
4	⊙	227,50	3,197	

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

**Attachment Properties**  
Attachment: None

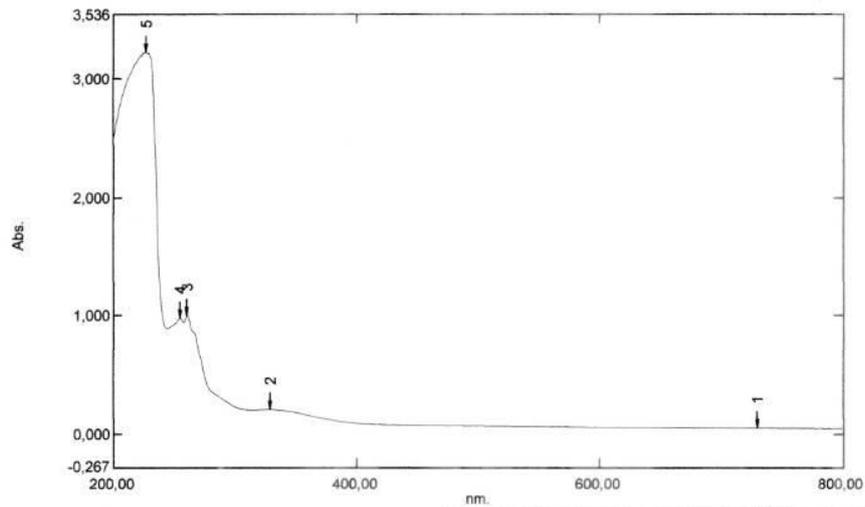
**Sample Preparation Properties**  
Weight:  
Volume:  
Dilution:  
Path Length:  
Additional Information:

## Lampiran 9. Radiasi Sr 2 hari.

### Spectrum Peak Pick Report

13/04/2017 09:42:27

Data Set: SR 2 hari.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	⊕	730,00	0,054	
2	⊕	328,50	0,212	
3	⊕	260,50	1,003	
4	⊕	254,50	0,982	
5	⊕	226,50	3,219	

**Lampiran 10. Foto**



a. Membuka baterai.



b. Membersihkan batang baterai.



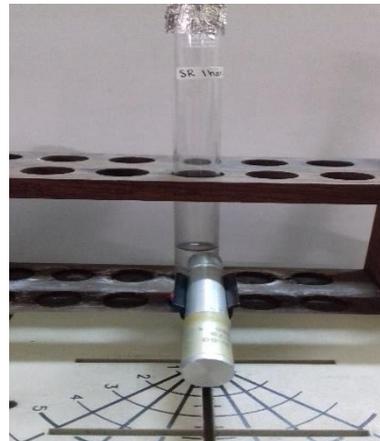
c. Menggiling batang baterai.



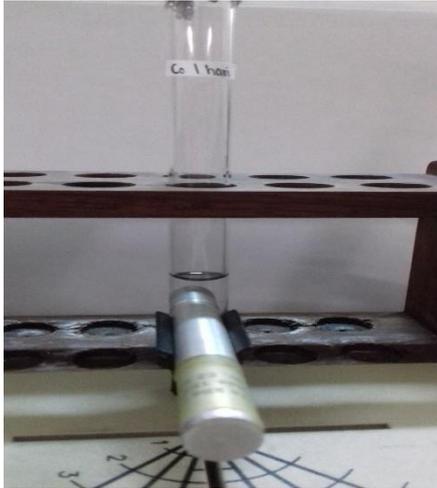
d. Serbuk batang karbon baterai.



e. Larutan sampel.



f. Radiasi menggunakan Sr.



g. Radiasi menggunakan Co.



h. Larutan sampel Sr.



i. Larutan sampel Co.

## Lampiran 11. Perhitungan Aktivitas dan Dosis Serap

### A. Aktivitas Co

$$A_0 = 74 \text{ kBq}$$

$$\lambda = \frac{0,693}{5} \\ = 0,1386 \text{ tahun}$$

$$t = 15 \text{ tahun}$$

$$A_t = A_0 e^{-\lambda t} \\ = 74 \times e^{-15 \times 0,1386} \\ = 9,25 \text{ kBq}$$

### B. Aktivitas Sr

$$A_0 = 74 \text{ kBq}$$

$$\lambda = \frac{0,693}{28,8} \\ = 0,024 \text{ tahun}$$

$$t = 15 \text{ tahun}$$

$$A_t = A_0 e^{-\lambda t} \\ = 74 \times e^{-15 \times 0,024} \\ = 51,05 \text{ kBq}$$

### C. Dosis Serap Co

$$T = 1,32 \frac{\text{Rm}^2}{\text{hr Ci}}$$

$$A = 92,5 \text{ kBq} \\ = 9250 \text{ Bq} \\ = 9250 \times 2,7 \times 10^{-11} \text{ Ci} \\ = 24.975 \times 10^{-11} \text{ Ci}$$

$$d = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$\dot{x} = T \frac{A}{d^2} \\ = 1,32 \frac{24.975 \times 10^{-11}}{(10^{-2})^2} \\ = 32.967 \times 10^{-7} \text{ R/hr} \\ = 32.967 \times 10^{-7} \times 8,7 \text{ mGy/hr} \\ = 286.812,9 \times 10^{-7} \text{ mGy/hr}$$

$$= 0,28 \times 10^{-4} \text{Gy/hr}$$

D. Dosis Serap Sr

$$T = 0,4366 \frac{Rm^2}{hr Ci}$$

$$\begin{aligned} A &= 51.05 \text{ k Bq} \\ &= 51.050 \text{ Bq} \\ &= 51.050 \times 2,7 \times 10^{-11} \text{ Ci} \\ &= 137.835 \times 10^{-11} \text{ Ci} \end{aligned}$$

$$d = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \dot{x} &= T \frac{A}{d^2} \\ &= 0,4366 \frac{137.835 \times 10^{-11}}{(10^{-2})^2} \\ &= 60.178,761 \times 10^{-7} \text{ R/hr} \\ &= 69.178,761 \times 10^{-7} \times 8,7 \text{ mGy/hr} \\ &= 525.555,22 \times 10^{-7} \text{ mGy/hr} \\ &= 5,23 \times 10^{-4} \text{ Gy/hr} \end{aligned}$$