

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI MATERIAL *GRAPHENE OXIDE*
BERBAHAN DASAR LIMBAH KARBON BATERAI ZnC
MENGUNAKAN KOMBINASI METODE *LIQUID-PHASE EXFOLIATION*
DAN RADIASI SINAR-X DENGAN VARIASI WAKTU RADIASI
BERDASARKAN UJI 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
SEPTIANA RAHMAWATI
13306141049**

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

2017

PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul “**Sintesis dan Karakterisasi Material *Grephene Oxide* Berbahan Dasar Limbah Karbon Baterai ZnC Menggunakan Kombinasi Metode *Liquid-Phase Exfoliation* dan Radiasi Sinar-X dengan Variasi Waktu Radiasi Berdasarkan Uji UV-Vis Spektrofotometer**” yang disusun Septiana Rahmawati, NIM. 13306141049 ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.



Yogyakarta, 24 Mei 2017

Pembimbing,

Wipar Sunu Brams Dwandaru, Ph. D.

NIP. 19800129 200501 1 003

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “*Sintesis dan Karakterisasi Material Graphene Oxide Berbahan Dasar Limbah Karbon Baterai ZnC Menggunakan Kombinasi Metode Liquid-Phase Exfoliation dan Radiasi Sinar-X dengan Variasi Waktu Radiasi Berdasarkan Uji UV-Vis Spektrofotometer*” yang disusun Septiana Rahmawati, NIM. 13306141049 ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 6 Juni 2017 dan dinyatakan lulus.

DEWAN PENGUJI				
No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
1	<u>W. S. Brams Dwandaru, Ph.D.</u> NIP. 198001292005011003	Ketua Penguji		21-06-2017
2	<u>Laila Katriani, M.Si.</u> NIP. 198504152012122001	Sekretaris Penguji		10-07-2017
3	<u>Suparno, Ph.D.</u> NIP. 196008141988031003	Penguji Utama		20-06-2017

Yogyakarta, 11 Juli 2017

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan



Dr. Hartono

NIP. 19620329 198702 1 002

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Septiana Rahmawati
NIM : 13306141049
Program Studi : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi Material *Graphene Oxide* Berbahan Dasar Limbah Karbon Baterai ZnC Menggunakan Kombinasi Metode *Liquid-Phase Exfoliation* dan Radiasi Sinar-X dengan Variasi Waktu Radiasi Berdasarkan Uji UV-Vis Spektrofotometer

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 terbukti pernyataan saya tidak benar, sepenuhnya merupakan tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 24 Mei 2017

Yang Menyatakan,



Septiana Rahmawati

NIM. 13306141049

MOTTO

“Bukankah semakin tinggi pohon, akan semakin kencang terpaan angin? Don't give up! Just do the best!”

“Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum, sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri” (Q.S. Ar-Ra'd: 11)

“Berlelah-lelahlah, manisnya hidup terasa setelah lelah berjuang.” (Ahmad Rifa'i Rif'an)

“Pekerjaan apapun, akan lebih cepat selesai jika kita fokus mengerjakannya.”

PERSEMBAHAN

Karya ini ku persembahkan untuk

*Ibu dan Bapak tercinta yang telah berjuang merawat, menjaga,
dan menumbuhkanku sejak kecil. Ibu Wijiyati dan Bapak
Suratimin.*

*Untuk almarhum adik laki-lakiku, dik Farisky. Kamu adalah
motivasi terkuat bagi mbak untuk selalu berusaha
membahagiakan Ibu dan Bapak kita.*

*Dan untuk orang-orang yang telah Allah takdirkan hidup
bersamaku di masa depan.*

**Sintesis dan Karakterisasi Material *Graphene Oxide*
Berbahan Dasar Limbah Karbon Baterai ZnC
Menggunakan Kombinasi Metode *Liquid-Phase Exfoliation*
dan Radiasi Sinar-X dengan Variasi Waktu Radiasi
Berdasarkan Uji UV-Vis Spektrofotometer**

Oleh:
Septiana Rahmawati
13306141049

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu radiasi terhadap karakteristik material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X dengan dibantu oleh detergen berdasarkan uji UV-Vis, mengetahui pengaruh variasi waktu radiasi terhadap karakteristik material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X tanpa dibantu oleh detergen berdasarkan uji UV-Vis, serta membandingkan karakteristik material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X yang dibantu oleh detergen dengan tanpa dibantu oleh detergen.

Penelitian ini dimulai dengan membuat dua buah larutan. Larutan pertama terdiri dari aquades, detergen dan serbuk karbon baterai ZnC sedangkan larutan kedua terdiri dari aquades dan serbuk karbon baterai ZnC. Dalam metode LE, pencampuran larutan dilakukan menggunakan blender selama 2 menit. Kemudian kedua larutan diberi radiasi sinar-X dengan variasi waktu radiasi sinar-X yaitu 0 jam (tanpa radiasi), 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi waktu radiasi sinar-X memberikan pengaruh terhadap panjang gelombang puncak absorbansi dan penurunan absorbansi pada hasil sintesis dengan dibantu oleh detergen maupun tanpa dibantu oleh detergen. Pada hasil sintesis yang dibantu oleh detergen, terdeteksi puncak muncul pada rentang panjang gelombang 239 nm sampai 262 nm dimana merupakan karakteristik material GO. Kemudian pada hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen, terdeteksi puncak muncul pada rentang panjang gelombang 227 nm sampai 244 nm dimana merupakan karakteristik material GO. Penurunan puncak absorbansi seiring pertambahan waktu radiasi menunjukkan bahwa semakin banyak GO yang tereksfoliasi sehingga menjadi semakin tipis. Karakteristik material GO hasil sintesis dengan dibantu oleh detergen memberikan hasil yang lebih baik daripada hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen.

Kata Kunci: GO, metode LE, radiasi sinar-X, detergen

**Synthesis and Characterization *Graphene Oxide* Material
Made from Carbon Waste ZnC Battery
Using Combination of *Liquid-Phase Exfoliation* Method
and X-Rays Radiation with Radiation Time Variation
Based on UV-Vis Spectrofotometer Test**

By:
Septiana Rahmawati
13306141049

ABSTRACT

This study aims to know the influence of radiation time variation toward the characteristic of GO material synthesis result using combination of LE methode and X-rays radiation with assisted by detergent based on UV-Vis spektrofotometer test, to know the influence of radiation time variation toward the characteristic of GO material synthesis result using combination of LE methode and X-rays radiation without assisted by detergent based on UV-Vis spektrofotometer test, and to compare the characteristic of GO material synthesis result using combination of LE methode and X-rays radiation that assisted by detergent. and without assisted by detergent.

This study begins with manufacture two solutions. The first solution is aquades, detergent and carbon powder of ZnC battery while the second solution is aquades and carbon powder of ZnC battery. In LE methode, the solution mixed using blender for two minutes. Then this two solutions given the X-rays radiation with radiation time variation that is 0 hour (without radiation), 1 hour, 2 hours, and 3 hours. The synthesis results characterized using UV-Vis spektrofotometer.

The result show that the radiation time variation give influence toward the wavelenght of absorbance peak and the descent of absorbance peak on synthesis result with assisted by detergent or without assisted by detergent. At the synthesis result with assited by detergent is detected peaks appear in a wavelength range of 239 nm to 262 nm which is GO material characteristic. Then, at the synthesis result without assited by detergent is detected peaks appear in a wavelength range of 227 nm to 244 nm which is GO material characteristic. The descent of absorbance peak over time increase the radiation show that more GO exfoliated so becomes thinner. The characteristic of GO material synthesis result using combination of LE methode and X-rays radiation that assisted by detergent gives more good result than synthesis result whitout assited by detergent.

Keywords: GO, LE methode, X-rays radiation, detergent

KATA PENGANTAR



Segala puji dan syukur hanya terpanjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, beserta para keluarga dan sahabat-sahabatnya yang tak pernah lelah mensyiarkan agama Islam. Suatu kebahagiaan serta kebanggaan yang luar biasa bagi penulis karena skripsi yang berjudul **“Sintesis dan Karakterisasi Material *Graphene Oxide* Berbahan Dasar Limbah Karbon Baterai ZnC Menggunakan Kombinasi Metode *Liquid-Phase Exfoliation* dan Radiasi Sinar-X dengan Variasi Waktu Radiasi Berdasarkan Uji UV-Vis Spektrofotometer”** telah terselesaikan.

Penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak akan dapat selesai 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.
3. Nur Kadarisman, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan skripsi ini.

4. Wipsar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah rela meluangkan waktu di sela-sela kesibukan dan memberikan bimbingan dan pengarahan selama penelitian berlangsung hingga terselesaikannya naskah skripsi ini. Terimakasih untuk waktu dan semangat yang diberikan.
5. Suparno, Ph.D., selaku Penasehat Akademik yang telah memberikan arahan dan motivasi.
6. Seluruh Dosen Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat.
7. Haris Murtanto, selaku petugas laboratorium Fisika Koloid Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang telah bersedia membantu menyediakan tempat dan alat untuk melaksanakan penelitian.
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, 24 Mei 2017

Penulis,



Septianan Rahmawati

DAFTAR ISI

	Halaman
PERSETUJUAN	ii
PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
A. Sekilas tentang Nanosains, Nanoteknologi dan Nanomaterial	9
B. <i>Graphene</i> dan <i>Graphene Oxide</i> (GO)	11
C. Metode Sintesis <i>Graphene</i>	14
D. <i>Liquid-Phase Exfoliation</i> (LE)	16
E. <i>Carbon Quantum Dots</i> (CQD)	17
F. Limbah Karbon Baterai ZnC.....	20
G. Surfaktan	22
H. Radiasi Sinar-X	26
I. Spektrofotometer UV-Vis	28
J. Mikroskop Digital	35

K. Kerangka Berpikir	37
BAB III METODE PENELITIAN.....	39
A. Waktu dan Tempat Penelitian	39
B. Deskripsi Variabel.....	39
C. Jenis Penelitian.....	40
D. Alat dan Bahan.....	40
E. Langkah Kerja.....	41
F. Diagram Alir	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
A. Cacah Radiasi Sinar-X	47
B. Hasil Sintesis Material GO.....	48
C. Penggunaan Blangko/Standar Pembanding untuk UV-Vis.....	49
D. Hasil Karakterisasi UV-Vis.....	50
E. Hasil Karakterisasi Mikroskop Digital	61
BAB V PENUTUP.....	64
A. Kesimpulan	64
B. Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Graphene dan graphene oxide (GO) (www.tcichemicals.com).....	2
Gambar 2. Contoh-contoh nanomaterial (a) DNA (www.sciencedaily.com) (b) Carbon Nanotube (CNT) (www.digitaltrends.com) (c) Graphene (www.mfktalkradio.com)	10
Gambar 3. Graphene (www.cnx.org).	11
Gambar 4. Ikatan kovalen dan van der waals pada graphite (www.geo.arizona.edu)	12
Gambar 5. Preparasi GO (Li, dkk, 2014).	14
Gambar 6. Skematik peran surfaktan dalam sintesis material graphene (Ciesielski dan Samori, 2013).	17
Gambar 7. Struktur CQDs (www.igtrcn.org).	19
Gambar 8. Diagram baterai ZnC (www.upsbatterycenter.com).....	21
Gambar 9. Struktur molekul surfaktan (www.edubio.info).	23
Gambar 10. Skematik tabung sinar-X (www.nde-ed.org).....	26
Gambar 11. Spektrofotometer UV-Vis (a) konvensional, (b) dioda array (Owen, 2000).....	30
Gambar 12. Hasil karakterisasi UV-Vis (a) spektrum absorpsi GO dengan variasi konsentrasi GO, (b) spektrum absorpsi GO dengan variasi KmnO_4 (Lai, dkk, 2012).....	31
Gambar 13. Hasil Karakterisasi UV-Vis dari GO, G, dan G/ Fe_3O_4 (Farghali, 2015).....	32
Gambar 14. Hasil karakterisasi UV-Vis dengan metode LE dan rGO (Luryenyong, dkk, 2013).....	33
Gambar 15. Hasil Karakterisasi UV-Vis material GO (www.nanoinnova.com).	34
Gambar 16. Spektrum serapan CQDs uji UV-Vis (www.pubs.rsc.org).....	34
Gambar 17. Mikroskop digital dino-lite AM4515T5 (www.dino-lite.com).	36

Gambar 18. Diagram Alir Penelitian.....	46
Gambar 19. Hasil sintesis graphene oxide (a) dengan dibantu oleh detergen, (b) tanpa dibantu oleh detergen.....	48
Gambar 20. Penggunaan blangko pada karakterisasi UV-Vis (a) air (b) sampel tanpa radiasi, untuk proses sintesis GO dengan dibantu oleh detergen.	49
Gambar 21. Penggunaan blangko pada karakterisasi UV-Vis (a) air (b) sampel tanpa radiasi, untuk proses sintesis GO tanpa dibantu oleh detergen..	50
Gambar 22. Spektrum absorbansi GO hasil sintesis dengan dibantu oleh detergen menggunakan blangko aquades.....	51
Gambar 23. Spektrum absorbansi detergen.....	53
Gambar 24. Spektrum absorbansi GO hasil sintesis dengan dibantu oleh detergen menggunakan blanko sampel tanpa radiasi.....	55
Gambar 25. Spektrum absorbansi GO hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen menggunakan blanko aquades.....	58
Gambar 27. Spektrum absorbansi GO hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen menggunakan blangko sampel tanpa radiasi.....	60
Gambar 27. Hasil karakterisasi mikroskop digital material GO hasil sintesis yang dibantu oleh detergen dengan variasi waktu radiasi (a) 0 jam/tanpa radiasi (b) 1 jam (c) 2 jam (d) 3 jam.	62
Gambar 28. Hasil karakterisasi mikroskop digital material GO hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen dengan variasi waktu radiasi (a) 0 jam/tanpa radiasi (b) 1 jam (c) 2 jam (d) 3 jam.	63

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spektrum Radiasi Elektromagnetik.....	27
Tabel 2. Puncak-puncak absorbansi GO hasil sintesis dengan dibantu oleh detergen menggunakan blanko aquades.	52
Tabel 3. Puncak-puncak absorbansi detergen.	54
Tabel 4. Puncak-puncak absorbansi GO hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen menggunakan blanko sampel tanpa radiasi.....	56
Tabel 5. Puncak-puncak absorbansi GO hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen menggunakan blanko aquades.	58
Tabel 6. Puncak-puncak absorbansi GO hasil sintesis dengan dibantu oleh detergen menggunakan blanko sampel tanpa radiasi.....	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Karakterisasi UV-Vis.	69
Lampiran 2. Hasil Karakterisasi Mikroskop Digital.	85
Lampiran 3. Dokumentasi Proses Pengambilan Data.	89

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada era globalisasi ini, pesatnya perkembangan teknologi dan peningkatan aktivitas masyarakat berdampak pada banyak hal, salah satunya adalah peningkatan konsumsi baterai. Berbagai macam peralatan yang digunakan untuk aktivitas sehari-hari telah menggunakan baterai sebagai sumber energi. Alat-alat tersebut misalnya, laptop, *handphone*, kamera, jam dinding, senter, kalkulator, mainan anak-anak, dan lain sebagainya. Namun tanpa disadari, peningkatan konsumsi baterai pada masyarakat ini menyebabkan peningkatan jumlah limbah baterai, khususnya baterai primer yang bersifat sekali pakai (*disposable*).

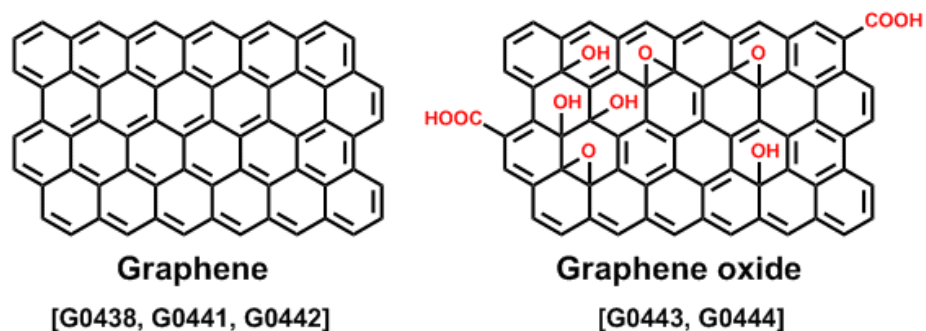
Di negara Indonesia, limbah baterai selalu meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan laporan PT. Panasonic Gobel Energy Indonesia, salah satu produsen baterai nasional, menyatakan bahwa pada tahun 2010 kapasitas produksi baterai kering berbasis mangan meningkat menjadi 2 juta unit per tahun (Khakim, 2014). Dengan demikian, dapat diperkirakan lebih dari 2 juta limbah baterai menanti di tahun-tahun berikutnya.

Baterai primer yang paling banyak digunakan masyarakat adalah baterai *zinc-carbon* (ZnC). Baterai ZnC tersusun dari logam seng sebagai anoda, mangan dioksida sebagai katoda, pasta elektrolit amonium klorida

dan/atau seng klorida, serta batang karbon yang terletak pada bagian tengah baterai.

Komponen-komponen penyusun baterai merupakan unsur kimia yang dapat membahayakan dan mencemari lingkungan. Maka dari itu, berdasarkan Surat Keputusan Menteri Perindustrian Nomor: 148/MISK/1985, batu baterai kering dapat digolongkan ke dalam kategori Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Namun sayangnya, pengetahuan masyarakat akan bahaya limbah baterai terhadap lingkungan masih sangat kurang. Hal ini terlihat dari perilaku masyarakat yang enggan mendaur ulang limbah baterai dan lebih memilih untuk membuang limbah baterai setelah habis pakai.

Idenilah yang mendasari pemanfaatan kembali limbah karbon baterai ZnC. Meskipun limbah karbon baterai yang digunakan hanya sebagian kecil dari keseluruhan komponen limbah baterai namun setidaknya dapat mengurangi jumlah limbah baterai. Limbah karbon baterai akan digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan nanomaterial *graphene oxide* (GO). Limbah karbon baterai tersusun dari *graphite* yang merupakan susunan berlapis-lapis dari *graphene*.



Gambar 1. *Graphene* dan *graphene oxide* (GO) (www.tcichemicals.com).

GO menjadi sangat menarik untuk dikaji karena memiliki sifat kelistrikan, termal, dan mekanik yang luar biasa. Struktur yang unik dari GO memberikan peningkatan sifat GO. Karena perkembangannya yang luar biasa, sifat optik dan mekanik GO memiliki potensi besar untuk digunakan dalam berbagai aplikasi (Pinto, 2014).

Metode yang digunakan untuk mensintesis GO berbahan dasar karbon limbah baterai ini adalah metode *liquid-phase exfoliation* (LE) yang dikombinasikan dengan memanfaatkan radiasi sinar-X. Metode LE adalah metode sintesis GO dalam fase cair yang menggunakan teknologi surfaktan (Shuai, 2014). Surfaktan digunakan untuk melemahkan ikatan *van der waals* antar lembaran-lembaran GO pada *graphite*.

Sinar-X adalah radiasi elektromagnetik energi tinggi. Energi sinar-X yang tinggi ini telah dimanfaatkan dengan baik dalam bidang kedokteran. Hal ini lah yang mendasari pemikiran untuk menggunakan sinar-X dalam mensintesis material GO dengan memanfaatkan energi radiasi sinar-X. Selain itu, sinar-X merupakan radiasi yang bersifat ramah lingkungan sehingga aman untuk mensintesis material GO.

GO yang telah dibuat dengan mengkombinasikan metode LE dan radiasi sinar-X dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Spektrofotometer UV-Vis dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik GO yang telah dibuat dengan mengamati puncak-puncak absorbansi yang muncul.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, beberapa masalah yang ditemukan adalah

1. Baterai ZnC yang merupakan baterai primer bersifat sekali pakai masih banyak digunakan oleh masyarakat sehingga setelah penggunaanya akan memunculkan banyak limbah baterai ZnC.
2. Masyarakat enggan untuk mendaur ulang limbah baterai ZnC dan lebih memilih untuk membuang baterai ZnC setelah habis pakai.
3. Limbah baterai dapat dikategorikan sebagai B3 sehingga dapat mencemari lingkungan.
4. Dalam limbah baterai ZnC terdapat batang karbon yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan GO.
5. Perkembangan GO yang luar biasa memicu penggunaan GO untuk berbagai aplikasi karena sifat optik dan mekanik GO.
6. Sinar-X memiliki energi tinggi yang dapat dikombinasikan dengan salah satu metode sintesis *graphene oxide* yaitu metode LE. Pemanfaatan sinar-X sudah terbukti dalam banyak bidang kehidupan seperti dalam bidang kedokteran sehingga dalam penelitian ini akan dicoba menggunakan sinar-X sebagai metode eksfoliasi *graphite* untuk menghasilkan GO.

C. Batasan Masalah

Dari berbagai identifikasi masalah di atas perlu adanya batasan masalah untuk membatasi penelitian ini. Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini diberikan sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan menggunakan karbon yang berasal dari limbah baterai ZnC yang sudah tidak dapat digunakan.
2. Metode sintesis yang digunakan adalah kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X.
3. Surfaktan yang digunakan berjenis *sodium alkylbenzenesulfonate* yang kandungannya sebanyak 26% terdapat dalam detergen. Namun dalam penggunaannya surfaktan tidak dipisahkan dari detergen melainkan surfaktan masih tercampur dengan bahan-bahan lain yang terdapat dalam detergen.
4. Pada penelitian ini karakterisasi material GO dilakukan dengan uji spektrofotometer UV-Vis.

D. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu radiasi terhadap karakteristik material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X dengan dibantu oleh detergen berdasarkan uji UV-Vis?

2. Bagaimana pengaruh variasi waktu radiasi terhadap karakteristik material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X tanpa dibantu oleh detergen berdasarkan uji UV-Vis?
3. Bagaimana perbandingan karakteristik material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X yang dibantu oleh detergen dengan yang tanpa dibantu oleh detergen berdasarkan uji UV-Vis?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian ini adalah

1. Mengetahui pengaruh variasi waktu radiasi terhadap karakteristik material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X dengan dibantu oleh detergen berdasarkan uji UV-Vis.
2. Mengetahui pengaruh variasi waktu radiasi terhadap karakteristik material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X tanpa dibantu oleh detergen berdasarkan uji UV-Vis.
3. Membandingkan karakteristik material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X yang dibantu oleh detergen dengan yang tanpa dibantu oleh detergen berdasarkan uji UV-Vis.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah

1. Bagi mahasiswa

- a. Mendapatkan informasi tentang pengaruh variasi waktu radiasi terhadap karakteristik material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X dengan dibantu oleh detergen berdasarkan uji UV-Vis.
- b. Mendapatkan informasi tentang pengaruh variasi waktu radiasi terhadap karakteristik material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X tanpa dibantu oleh detergen berdasarkan uji UV-Vis.
- c. Mendapatkan informasi tentang perbandingan karakteristik material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X yang dibantu oleh detergen dengan yang tanpa dibantu oleh detergen berdasarkan uji UV-Vis.
- d. Sebagai referensi penelitian selanjutnya tentang material GO.

2. Bagi Universitas

Sebagai referensi atau pengenalan penelitian yang kemudian dapat dilakukan lebih lanjut.

3. Bagi masyarakat

Sebagai pengetahuan baru tentang material *graphene* yang dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang di kehidupan sehari-hari.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

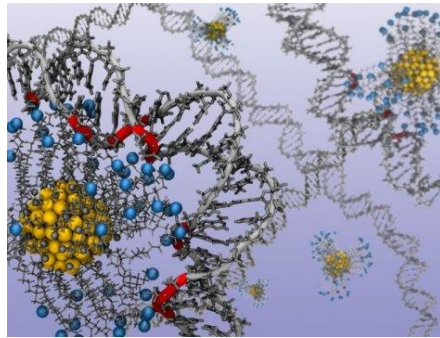
A. Sekilas tentang Nanosains, Nanoteknologi dan Nanomaterial

Dewasa ini, salah satu ilmu pengetahuan yang sedang berkembang dengan sangat pesat adalah nanosains. Nanosains adalah ilmu dimana manusia berusaha untuk mempelajari berbagai gejala-gejala alam yang berukuran nanometer (Dwandaru, 2012). Bagian terpenting dari kajian nanosains adalah rekayasa dalam pembuatan material, fungsional, maupun piranti dalam skala nanometer, yang dikenal dengan istilah nanoteknologi (Dwandaru, 2012). Material yang dikaji dalam nanosains adalah material-material berukuran nanometer sehingga disebut nanomaterial.

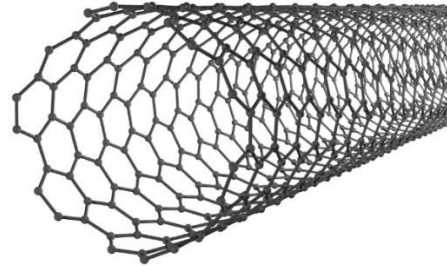
Nanosains dan nanoteknologi sangat berhubungan dengan sintesis, karakterisasi, eksplorasi, dan eksploitasi material berukuran nano (Rhao dan Cheetam, 2006). Material-material ini ditandai dengan ukuran sedikitnya satu dimensi dalam rentang nanometer ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Nanosains dan nanoteknologi tumbuh dengan pesat dalam satu dekade terakhir yang disebabkan karena penambahan ketersediaan metode-metode untuk mensistesis dan memanipulasi nanomaterial serta ketersediaan alat-alat untuk karakterisasi sampel nanomaterial (Rhao dan Cheetam, 2006).

Menurut Rhao dan Cheetam, yang termasuk dalam nanomaterial diantaranya DNA, *ceramic oxides*, *Carbon Nano Tube* (CNT), dan lain-lain.

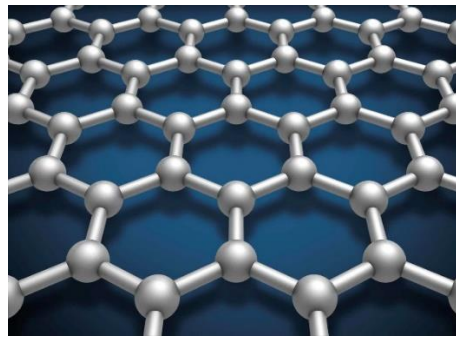
Contoh lain dari material nano adalah selapis karbon yang ditemukan pada tahun 2007 oleh Geim dan Novoselov disebut *Graphene*.



(a)



(b)



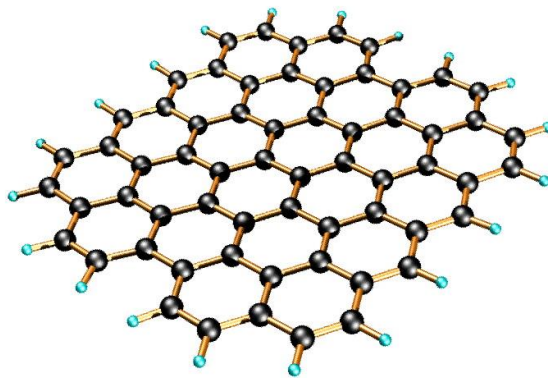
(c)

Gambar 2. Contoh-contoh nanomaterial (a) DNA (www.sciencedaily.com) (b) *Carbon Nanotube* (CNT) (www.digitaltrends.com) (c) *Graphene* (www.mfktalkradio.com)

Menurut sumber dari www.sciencedaily.com, terdapat dua pendekatan utama yang digunakan dalam pembuatan nanoteknologi, yaitu *bottom-up* dan *top-down*. Dalam pendekatan *bottom-up*, bahan dan perangkat dibangun dari komponen molekuler yang disusun secara kimiawi dengan prinsip-prinsip pengenalan molekuler. Sedangkan dalam pendekatan *top-down*, nanomaterial dibangun dari entitas yang berukuran besar dengan diberi perlakuan khusus tanpa kontrol tingkat atomik untuk menghasilkan material berukuran nano.

B. *Graphene* dan *Graphene Oxide* (GO)

Graphene merupakan material yang sangat berkembang saat ini. *Graphene* menjadi sangat menarik untuk dikaji oleh para peneliti dari berbagai bidang ilmu baik Fisika, Kimia, Biologi maupun Teknik material. Pada dasarnya *graphene* adalah allotropi karbon yang menjadi struktur dasar untuk pembentukan material berbasis karbon seperti grafit (stacked *graphene*), *Carbon Nanotube*/CNT (beberapa layer *graphene* yang digulung melingkar terhadap aksial) dan *Fullerence* (Junaidi dan Susanti, 2014).

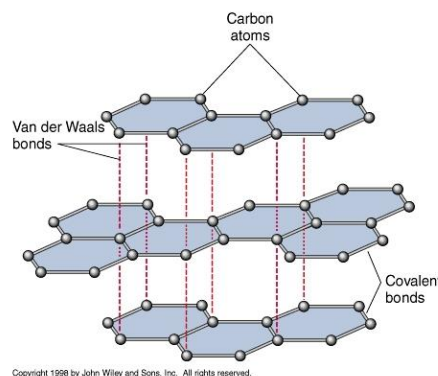


Gambar 3. *Graphene* (www.cnx.org).

Graphene adalah satu lapis atom karbon yang tersusun dalam bentuk kisi heksagonal menyerupai sarang lebah. *Graphene* menjadi sangat menarik untuk dikaji karena memiliki sifat kelistrikan, termal, dan mekanik yang luar biasa. Struktur yang unik dari *graphene* memberikan peningkatan sifat *graphene*, misalnya mobilitas pembawa yang tinggi ($\sim 10,000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$), efek Quantum Hall pada temperatur ruangan, transparansi optik yang baik (97.7%), luas permukaan spesifik ($2630 \text{ m}^2/\text{g}$), Modulus Young ($\sim 1 \text{ Tpa}$), dan konduktivitas panas yang sangat baik $\sim 3000 \text{ W/mK}$ (Junaidi dan Susanti,

2014). Sifat lain yang unggul dari *graphene* adalah keelastisan bahannya (Geim, 2007). Karena perkembangannya yang luar biasa, sifat optik dan mekanik *graphene* memiliki potensi besar untuk digunakan dalam berbagai aplikasi (Pinto, 2014). Dengan ditemukannya *graphene*, era baru material 2D untuk ilmu pengetahuan dan teknologi telah dimulai.

Graphene dapat diperoleh dengan mensintesis material *graphite*. Menurut Geim (2007), *graphite* merupakan material yang terdiri dari banyak lembaran *graphene* yang ditumpuk secara bersama. Lembaran *graphene* satu dengan lainnya diikat oleh ikatan *van der waals*. Jarak antara lembar *graphene* satu dengan yang lainnya adalah 0,335 nm dan jarak antar lembar *graphene* yang sejajar adalah 0,67 nm. Panjang ikatan kovalen rangkap antar atom C pada lembar *graphene* adalah 0,142 nm.



Gambar 4. Ikatan kovalen dan van der waals pada *graphite* (www.geo.arizona.edu).

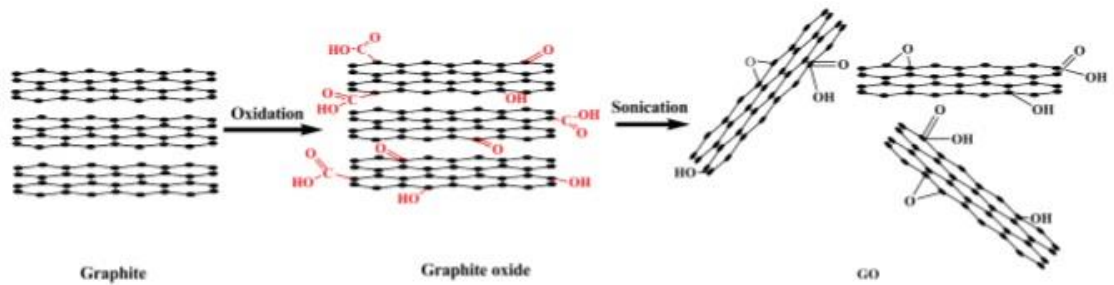
Material *graphene* pertama kali berhasil disintesis oleh Andre K. Geim dan Konstantin Novoselov pada tahun 2004 (Randviir, dkk, 2014). Geim dan Novoselov membuat *graphene* dengan cara mengelupas lapisan-lapisan

kristalin *graphite* atau karbon hingga skala mikrometer menggunakan selotip (Geim, 2007). Metode material *graphene* tersebut dinamakan metode *scotch tape* atau metode *mechanical exfoliation* (Geim, 2007).

Menurut Li, dkk (2014), terdapat dua masalah utama dalam usaha memperoleh *graphene*. Masalah pertama adalah tentang bagaimana dapat menghasilkan lembaran *graphene* pada skala yang cukup. Seperti telah diketahui bahwa *graphite*, meskipun harganya murah dan tersedia dalam jumlah banyak, *graphite* tidak mudah terkelupas untuk menghasilkan lembaran *graphene* satu lapis. Masalah kedua adalah bahwa lembaran *graphene* sulit digabungkan dan didistribusikan secara homogen ke berbagai matriks untuk aplikasi. Sebagai solusi, *graphene oxide* (GO) yang mengandung banyak kelompok berbasis oksigen dapat diperoleh dengan mudah dari oksidasi *graphite*. GO dipandang sebagai pendahulu untuk menghasilkan *graphene* (mengurangi GO) dengan reaksi kimia dan termal. Selanjutnya, dalam beberapa tahun terakhir banyak turunan GO seperti komposit berbasis GO, lapisan berbasis GO dan film tipis, serta nanopartikel berbasis GO muncul sebagai bahan fungsional untuk berbagai aplikasi.

Proses preparasi GO melibatkan dua langkah seperti yang ditunjukkan pada gambar. Langkah pertama yaitu pembuatan GO dari serbuk *graphite* yang dapat dilakukan dengan mendispersi *graphite* dalam air atau pelarut polar lainnya karena adanya gugus hidroksil dan epoksida di bidang basal gugus GO dan karbonil serta karboksil pada bagian tepi. Langkah kedua, bongkahan GO dapat dikelupas oleh sonikasi atau perlakuan lainnya untuk membentuk

suspensi koloid dari lapisan monolayer, lapisan dua lapis atau beberapa lapisan GO dalam pelarut yang berbeda. Titik kritis dalam preparasi GO adalah pemilihan bahan pengoksidasi yang sesuai untuk mengoksidasi *graphite* (Li, dkk, 2014).



Gambar 5. Preparasi GO (Li, dkk, 2014).

C. Metode Sintesis *Graphene*

Seiring dengan perkembangannya, telah dikenal berbagai metode pembuatan *graphene* dan GO baik melalui pendekatan *bottom-up* maupun pendekatan *top-down*. Dari kedua pendekatan tersebut yang paling banyak digunakan adalah pendekatan *top-down* dengan mensintesis material-material yang berupa *graphite* (karbon multi *layer*) menjadi *graphene* dan GO.

Pada dasarnya, metode untuk mensintesis *graphene* dan GO hampir sama. Menurut Krane (2013), secara umum terdapat 2 metode untuk membuat *graphene*, yaitu *Exfoliation* (pengelupasan kulit) dan *Growth on Surfaces*. Metode *exfoliation* merupakan metode pembuatan *graphene* dengan pendekatan *top-down*. Sedangkan metode *growth on surface* merupakan metode dengan pendekatan *bottom-up*. Metode *exfoliation* meliputi *scotch tape*

method (mechanical exfolition), dispersion of graphite, graphite oxide exfoliation, dan substrate preparation. Sintesis *graphene* yang pertama kali dilakukan oleh Geim dan Novoselov pada tahun 2004 menggunakan selotip merupakan contoh dari *scotch tape method* atau *mechanical exfoliation*. Sedangkan metode *growth on surfaces* meliputi *epitaxial growth* dan *chemical vapour deposition*.

Menurut Truong (2013), ada beberapa metode dengan pendekatan *top-down* untuk memperoleh *graphene* yaitu *mechanical exfoliation* (ME), *reduction of graphene oxide* (rGO), *liquid exfoliation* (LE) dan lain sebagainya. Metode ME dilakukan dengan cara mengelupas lapisan-lapisan kristalin *graphite* atau karbon hingga skala mikrometer menggunakan selotip (Geim, 2017). Selain itu, metode ME dapat dilakukan menggunakan blender secara terus-menerus dalam jangka waktu tertentu misalnya 1 jam hingga 5 jam (Pratiwi, 2016). Di dalam blender terdapat pisau yang berfungsi untuk memotong *graphite* agar terbentuk *graphene* halus.

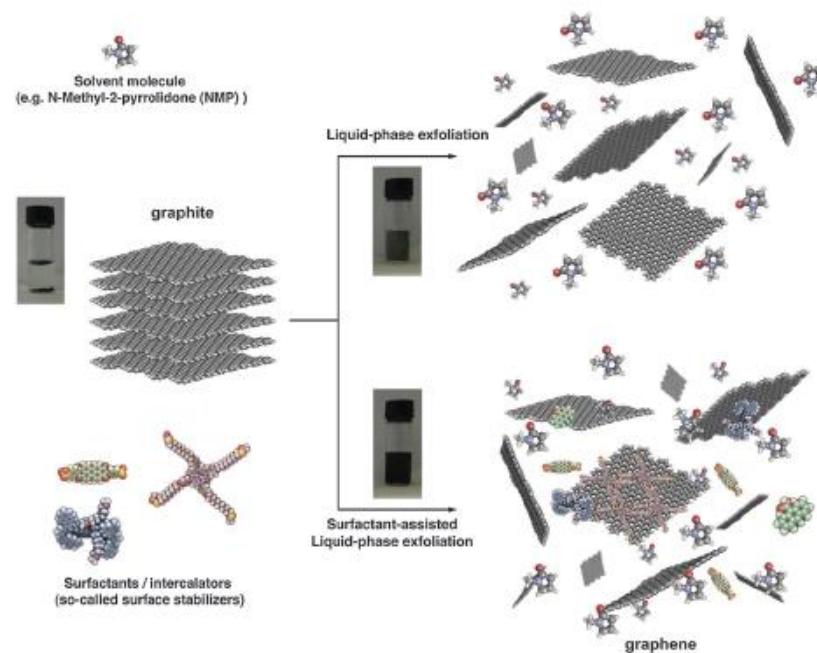
Metode rGO adalah metode sintesis *graphene* secara kimiawi, dimana serbuk *graphite* dioksidasi menggunakan bahan kimia seperti asam sulfat, asam nitrat, kalium klorat, dan lain sebagainya (Vita, 2015). Metode rGO melewati dua tahap pengoksidaan yaitu dari *graphite* menjadi *graphite oxide* dan *graphite oxide* menjadi *graphene oxide* (Vita, 2015). Setelah melalui kedua tahap itu barulah didapatkan material *graphene* atau lembaran *graphene* yang tipis (Vita, 2015).

Metode LE 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).

D. *Liquid-Phase Exfoliation* (LE)

Metode *liquid-phase exfoliation* pertama kali diperkenalkan oleh Coleman dkk pada tahun 2008. LE adalah salah satu metode sintesis *graphene* dalam fasa cair yang menggunakan teknologi surfaktan (Wang, dkk, 2014). Sintesis menggunakan LE dilakukan dengan cara mencampur serbuk *graphite* ke dalam surfaktan anionik (fungsi pembersih) yang kemudian didiamkan selama satu malam (Pratiwi, 2016). Surfaktan akan bekerja selama satu malam agar didapatkan material *graphene*. Teknologi surfaktan dalam metode ini berfungsi untuk melemahkan ikatan *van der waals* antar lembaran *graphene* pada material *graphite*.

Menurut Fikri (2016), pelemahan ikatan *van der waals* menyebabkan lembaran-lembaran *graphene* saling terlepas. Material *graphite* yang terdiri dari banyak lembaran *graphene* dapat disintesis menjadi beberapa lembar *graphene* berkat peran dari surfaktan.



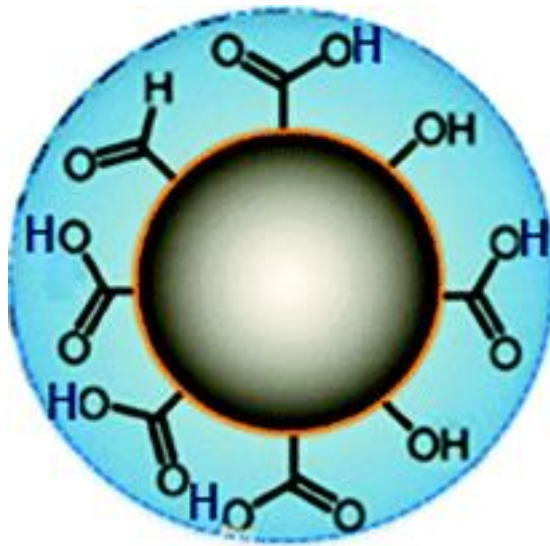
Gambar 6. Skematik peran surfaktan dalam sintesis material *graphene* (Ciesielski dan Samori, 2013).

E. *Carbon Quantum Dots (CQD)*

Selama dua dekade terakhir, *quantum dots* (QDs) menjadi subyek penelitian yang hebat karena kombinasi sifat yang unik, terutama sifat optiknya yang mudah disetel dan tahan terhadap fotodegradasi bila dibandingkan dengan bahan organik. QDs dapat memberikan manfaat yang sangat menjanjikan dalam bidang *biosensing* dan *bioimaging* jika permasalahan seperti kondisi sintesis yang ketat, harga tinggi, dan toksisitas dapat ditangani. Dengan demikian, upaya signifikan telah dilakukan khusus untuk sintesis QDs menggunakan bahan alternatif dengan toksisitas rendah namun tetap mempertahankan sifat optik yang menguntungkan (Peng dan Sejdic, 2009). Salah satu alternatif bahan QDs terbuat dari karbon.

Carbon quantum dots (CQDs, C-dots atau CDs), yang secara umum adalah nanopartikel karbon (berukuran kurang dari 10 nm) dengan berbagai sifat unik, telah banyak ditemukan dan semakin banyak dalam beberapa tahun terakhir. Quantum dots berbasis karbon terdiri dari *graphene* quantum dots dan CQDs. CQDs pertama kali diperoleh selama pemurnian nanotube karbon berdinding tunggal melalui elektroforesis preparatif pada tahun 2004, dan kemudian melalui ablasi laser dari serbuk *graphite* dan semen pada tahun 2006. CQDs dengan sifat luar biasa secara berangsur-angsur telah menjadi satu bintang sebagai anggota baru dalam anggota nanokarbon karena ramah lingkungan, berlimpah dan murah (Wang dan Hu, 2014). CQDs adalah jenis bahan karbon kuasi-bola dengan diameter kurang dari 10 nm. CQDs tidak memiliki efek toksik yang diamati dari logam berat karena CQDs mengandung sejumlah besar karbon dan jumlah oksigen, hidrogen, dan nitrogen yang relatif rendah (Kang, dkk, 2015). Material ini digunakan secara luas sebagai fotokatalis, sensor, laser, LED, dan alat-alat untuk mengubah atau mengumpulkan energi (Sugiarti dan Darmawan, 2015).

CQDs dapat disintesis dari berbagai material yang mengandung karbon, dan setiap sumber yang berbeda dari material akan memberikan fluoresensi yang berbeda pula. CQDs yang telah disintesis oleh para ilmuwan/peneliti, berasal dari asam sitrat, jelaga lilin, susu kedelai, putih telur dan kuning telur, kulit buah jeruk, dan berbagai asam amino.



Gambar 7. Struktur CQDs (www.igtrcn.org).

Terdapat dua metode sintesis CQDs, yaitu metode *bottom-up* dan metode *top-down*. Metode *bottom-up*, sebuah proses sintesis yang lebih simpel, termasuk sintesis menggunakan elektrokimia, *microwave*/ultrasonik, pembakaran oksidasi, hidrotermal, atau teknik oksidasi asam. Dalam metode *bottom-up*, yang disebut juga metode kimia, asam organik secara luas digunakan sebagai material bahan awal. Metode *top-down* merupakan metode sintesis dimana struktur ikatan karbon yang lebih besar dipecah sehingga membentuk partikel CQDs. Contoh metode *top-down* diantaranya *arc discharge*, *laser ablation* dan oksidasi elektrokimia (Sugiarti dan Darmawan, 2015).

Karbon biasanya adalah sebuah material berwarna hitam, dan umumnya memiliki daya larut yang rendah dalam air dan pendaran yang lemah. Namun yang harus diperhatikan adalah bahwa CQDs memiliki daya

larut yang baik dan luminesensi yang kuat, seperti yang ditunjukkan oleh karbon *nanolight* (Wang dan Hu, 2014).

F. Limbah Karbon Baterai ZnC

Perangkat penyimpan listrik pertama kali ditemukan oleh Ewald Georg von Kleist pada tahun 1745 kemudian diikuti oleh Pieter van Musschenbroek pada tahun 1746 (Katz, 2003). Perangkat ini merupakan sebuah kapasitor yang memungkinkan ilmuwan untuk menyimpan muatan listrik statis dan membawanya ke lokasi yang berbeda. Penjelasan tentang cara kerja perangkat ini dilakukan oleh Benjamin Franklin pada tahun 1747 (Katz, 2003).

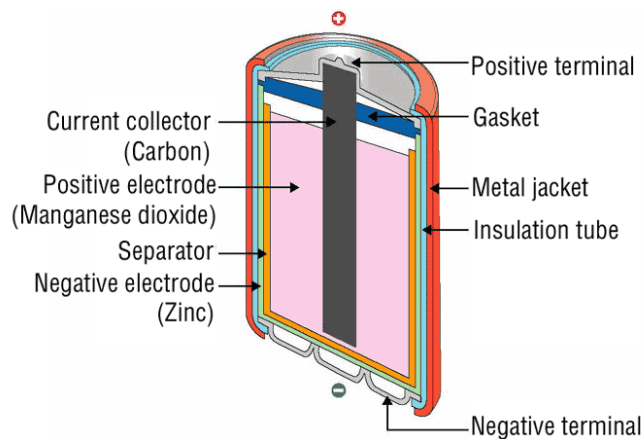
Baterai kimia pertama dikembangkan pada tahun 1960 oleh George Leclanche. Baterai ini berupa sel basah dengan elektroda yang direndam dalam larutan elektrolit (Katz, 2003). Baterai ini mudah diproduksi dan memiliki daya ketahanan yang baik sehingga menjadi sangat terkenal. Kemudian baterai ini ditingkatkan dengan memasukkan elektrolit ke dalam pasta basah. Akibatnya, sel tersebut diproduksi sebagai unit tertutup tanpa elektrolit cairan bebas. Baterai ini merupakan cikal bakal *zinc-carbon dry cell* yang masih digunakan sampai hari ini (Katz, 2003).

Baterai *dry cell* adalah perangkat yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. *Dry cell* banyak digunakan dalam keperluan rumah tangga seperti mainan, radio, senter, kalkulator, perekam suara, jam tangan,

remote control, kamera, dan peralatan lainnya. Baterai ini tidak dapat diisi ulang dan akan dibuang setelah selesai pemakaian.

Menurut Fricke (2007), terdapat berbagai jenis baterai yaitu *zinc carbon* (ZnC), *alkaline manganese* (AlMn), *zinc air* (ZnAir), *silver oxide* (AgO), *lithium manganese dioxide* (LiMnO₂), *nickel cadmium* (NiCd), *nickel metal hydride* (NiMH), *lithium ion* (Li Ion), dan *lithium polymer* (Li Polymer). Dari berbagai jenis baterai tersebut, ZnC *dry cell* adalah jenis baterai tertua dan paling banyak digunakan di dunia (Khan dan Kurni, 2011).

Baterai ZnC menggunakan anoda seng, katoda mangan dioksida, dan elektrolit amonium klorida dan/atau seng klorida yang dilarutkan dalam air (Linden dan Reddy, 1995). Karbon (asetilena hitam) dicampur dengan mangan dioksida untuk meningkatkan konduktivitas dan mempertahankan kelembaban (Linden dan Reddy, 1995). Diagram baterai ZnC seperti pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Diagram baterai ZnC (www.upsbatterycenter.com).

Menurut Linden dan Reddy (1995), pada silinder baterai seng berfungsi sebagai wadah sel dan anoda. Mangan dioksida dicampur dengan asetilena hitam dalam bentuk pasta elektrolit yang dimampatkan di bawah

tekanan untuk membentuk gelendong. Batang karbon dimasukkan ke dalam gelendong. Batang karbon berfungsi sebagai pengumpul arus untuk elektroda positif. Batang karbon ini juga memberikan kekuatan struktural dan cukup berpori untuk memungkinkan pelepasan gas yang menumpuk di dalam sel tanpa membiarkan kebocoran elektrolit. Separator berfungsi sebagai pemisah antara dua elektroda dan sebagai sarana untuk transfer ion melalui elektrolit. Sel tunggal ditutupi dengan jaket logam untuk keperluan estetika dan untuk meminimalkan efek kebocoran elektrolit melalui pembatasan.

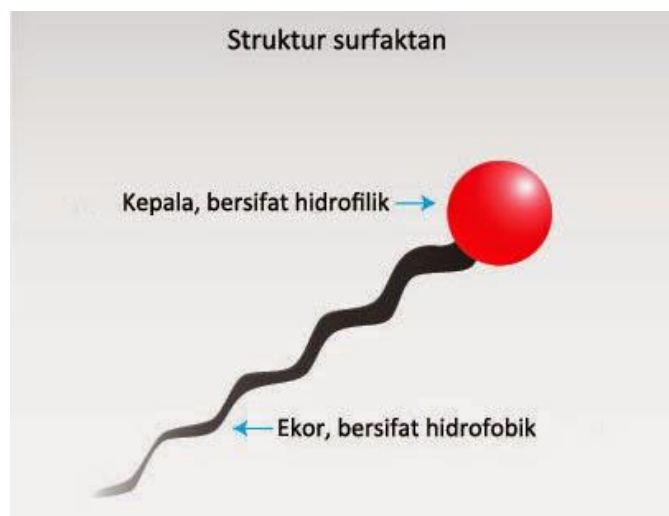
Komponen-komponen dalam penyusun baterai merupakan unsur kimia yang dapat membahayakan dan mencemari lingkungan (Khakim, 2014). Menurut Andhika, dkk (2014), Komponen baterai kering adalah logam berat dan zat-zat kimia lain, maka berdasarkan Surat Keputusan Menteri Perindustrian Nomor : 148/MISK/1985, batu baterai kering dapat digolongkan ke dalam kategori Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Sehingga penggunaan karbon baterai sebagai bahan dasar sintesis *graphene* ini diharapkan dapat berperan dalam pemanfaatan kembali limbah baterai ZnC.

G. Surfaktan

Surfaktan berasal dari kata *surfactant* yang merupakan kependekan dari *surface active agent* yakni bahan yang bekerja secara aktif di permukaan (Suparno, 2012). Sebuah molekul surfaktan terdiri dari dua bagian (Tai dan Rataj, 2001). Salah satu bagian bersifat *hydrophobic* (tidak larut dalam air) dan yang lainnya bersifat *hydrophilic* (larut dalam air). Molekul ini sangat aktif

dalam permukaan antara udara dan air atau minyak dan air (Tai dan Rataj, 2001).

Menurut Suparno (2012), bagian dari surfaktan yang bersifat *hydrophilic* adalah bagian kepala (*head*) dan bagian yang bersifat *hydrophobic* adalah bagian ekor (*tail*). Bagian kepala tersusun dari bahan garam-garaman, dan bagian ekor tersusun dari rantai *hydrocarbon*.



Gambar 9. Struktur molekul surfaktan (www.edubio.info).

Bagian kepala surfaktan memiliki solubilitas yang tinggi di dalam air (Suparno, 2012). Bagian tersebut pada umumnya tersusun dari grup hidrofilik (*hydrophilic group*) seperti sulfonat, sulfat, karboksilat, fosfat, dan ammonium. Grup hidrofilik pada umumnya terbagi menjadi dua kelompok yakni bahan yang mengalami proses ionisasi di dalam air dan bahan yang tidak terionisasi (Suparno, 2012). Berdasarkan sifat tersebut, surfaktan diklasifikasikan menjadi empat kelompok :

1. Surfaktan anionik, yaitu surfaktan yang grup hidrofiliknya bermuatan negatif.

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

Surfaktan dengan berbagai jenisnya merupakan bahan yang memiliki banyak fungsi. Fungsi-fungsi surfaktan itu antara lain sebagai bahan pemberi muatan (*charging agent*), bahan pembersih (*cleaning agent*), bahan pengemulsi (*emulsifying agent*), bahan pembuat busa (*foaming agent*), dan bahan pelapis (*coating agent*). Dari fungsi-fungsi surfaktan tersebut yang dapat digunakan untuk mensintesis *graphene* adalah fungsi pembersih (*cleaning agent*). Sintesis *graphene* dengan menggunakan surfaktan berada dalam fase cair sehingga disebut dengan metode *liquid exfoliation* (LE). Cara kerja surfaktan dalam mensintesis *graphene* sama dengan cara kerja surfaktan sebagai pembersih pada saat mencuci pakaian.

Menurut Suparno (2012), pada saat mencuci pakaian, surfaktan bekerja di permukaan kotoran dan permukaan kain. Ekor molekul-molekul surfaktan masuk ke dalam kotoran dan kepalanya berada di luar menutup seluruh permukaan kotoran. Ekor molekul-molekul surfaktan yang lain masuk ke dalam kain dan kepalanya menutupi permukaan kain, sehingga kepala yang melingkupi kotoran dan kain saling berhadapan. Begitu pula pada sintesis *graphene*, ekor molekul-molekul surfaktan masuk ke dalam lembaran-

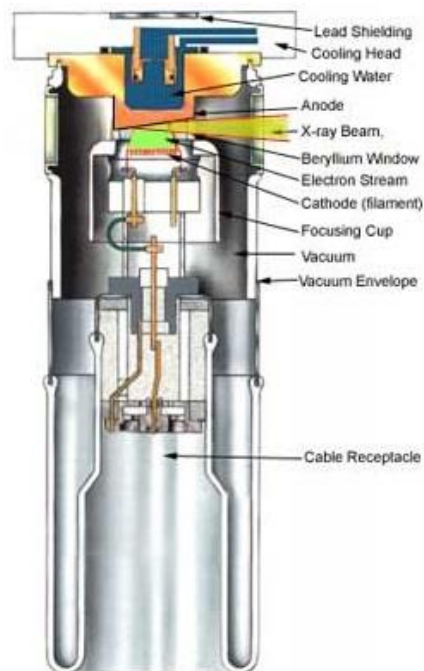
lembaran *graphene* sehingga akan memecah ikatan *van der waals* antar lembaran *graphene*.

Surfaktan yang digunakan untuk mencuci pakaian bukanlah surfaktan murni, akan tetapi sudah dicampur dengan berbagai bahan lain dalam suatu detergen. Menurut Tai dan Rataj (2001), terdapat beberapa jenis surfaktan yang biasanya terdapat dalam detergen dari masing-masing klasifikasi. Surfaktan anionik yang biasanya terdapat dalam detergen adalah *alkylbenzene sulfonates* (ABS), *secondary alkane sulfonates* (SAS), *primary alcohol sulfates* (PAS), *fatty alcohol ether sulfates* (FES), *methyl ester sulfonates* (MES) dan *soaps*. Surfaktan nonionik yang biasanya terdapat dalam detergen adalah *fatty alcohol ethoxylate* (FAE), *ethylene oxide* (EO) dan *propylene oxide* (PO) *copolymers* (EO/PO *adducts*), *alkyl polyglucosamides*, dan *alkyl polyglucosides* (APG). Sedangkan untuk surfaktan amfoterik yang biasanya terdapat dalam detergen adalah *alkyl sulfobetaines*, *alkyl amidopropyl sulfobetaines*, dan *ethoxylated betaine*.

Dari berbagai macam jenis-jenis surfaktan yang biasanya terdapat dalam detergen tersebut, yang paling banyak digunakan adalah *alkylbenzene sulfonate* (ABS). Terdapat dua macam ikatan rantai ABS yaitu bercabang (sebagai contoh *tetrapropylenebenzene sulfonate* atau TPS) dan linier (contoh *linear alkylbenzene sulfonates* atau LAS).

H. Radiasi Sinar-X

Sinar-X ditemukan oleh Wilhelm Conrad Rontgen seorang berkebangsaan Jerman pada tahun 1895 (Suyatno, 2008). Penemuannya diilhami dari hasil percobaan sebelumnya antara lain dari J.J Thomson mengenai tabung katoda dan Heinrich Hertz tentang fotolistrik. Kedua percobaan tersebut mengamati gerak elektron yang keluar dari katoda menuju ke anoda yang berada dalam tabung kaca yang hampa udara (Suyatno, 2008).



Gambar 10. Skematik tabung sinar-X (www.nde-ed.org).

Menurut Suryanarayana dan Norton (1998), sinar-X diproduksi di dalam sebuah tabung sinar-X yang berisi dua logam elektroda di dalam suatu ruang vakum, seperti pada Gambar 10. Elektron diproduksi dengan memanaskan tungsten filamen katoda. Katoda dalam potensial negatif tinggi dan elektron dipercepat menuju anoda yang normalnya dalam potensial

ground. Elektron, yang memiliki kecepatan sangat tinggi, bertumbukan dengan *water-cooled* anoda. Energi yang hilang dari elektron karena tumbukan dengan logam anoda tersebut disebut sinar-X.

Sinar-X adalah radiasi elektromagnetik energi tinggi. Sinar-X memiliki rentang energi dari sekitar 200 eV hingga 1 MeV, dimana berada diantara sinar gamma dan radiasi ultraviolet (UV) dalam spektrum elektromagnetik. Hal ini penting untuk menyadari bahwa tidak ada batasan-batasan tajam diantara perbedaan daerah dari spektrum elektromagnetik dan bahwa menempatkan batasan-batasan diantara daerah spektrum elektromagnetik adalah kesewenangan (Suryanarayana dan Norton, 1998). Bagian-bagian dari spektrum elektromagnetik ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spektrum Radiasi Elektromagnetik.

Spectrum of Electromagnetic Radiation				
Region	Wavelength (Angstroms)	Wavelength (centimeters)	Frequency (Hz)	Energy (eV)
Radio	$> 10^9$	> 10	$< 3 \times 10^9$	$< 10^{-5}$
Microwave	$10^9 - 10^6$	$10 - 0.01$	$3 \times 10^9 - 3 \times 10^{12}$	$10^{-5} - 0.01$
Infrared	$10^6 - 7000$	$0.01 - 7 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{12} - 4.3 \times 10^{14}$	$0.01 - 2$
Visible	$7000 - 4000$	$7 \times 10^{-5} - 4 \times 10^{-5}$	$4.3 \times 10^{14} - 7.5 \times 10^{14}$	$2 - 3$
Ultraviolet	$4000 - 10$	$4 \times 10^{-5} - 10^{-7}$	$7.5 \times 10^{14} - 3 \times 10^{17}$	$3 - 10^3$
X-Rays	$10 - 0.1$	$10^{-7} - 10^{-9}$	$3 \times 10^{17} - 3 \times 10^{19}$	$10^3 - 10^5$
Gamma Rays	< 0.1	$< 10^{-9}$	$> 3 \times 10^{19}$	$> 10^5$

Sinar gamma dan sinar-X pada dasarnya identik, sinar gamma memiliki energi yang sedikit lebih tinggi dan panjang gelombang lebih pendek

dibanding sinar-X. Perbedaan utama sinar gamma dan sinar-X terletak pada bagaimana keduanya diproduksi dalam atom. Sinar-X diproduksi oleh interaksi di antara sebuah sinar eksternal dari elektron dengan elektron pada kulit atom. Sedangkan sinar gamma diproduksi oleh perubahan dalam inti atom (Suryanarayana dan Norton, 1998).

Dalam salah satu metode pembuatan *graphene* yaitu metode LE, biasanya menggunakan surfaktan dan ultrasonikasi untuk membantu melemahkan ikatan *van der waals* di antara lembaran-lembaran *graphene*. Ultrasonikasi dilakukan dengan rentang frekuensi antara 25 kHz sampai 35 kHz. Di sisi lain, sinar-X memiliki energi dan frekuensi yang besar. Hal ini lah yang mendasari pemikiran untuk menggunakan sinar-X dalam mensintesis material *graphene* dengan memanfaatkan energi radiasi sinar-X.

I. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri adalah ilmu yang mempelajari tentang penggunaan spektrofotometer (Neldawati, dkk, 2013). Spektrofotometri merupakan salah satu metode dalam kimia analisis yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya (Mukti, 2012). Spektrofotometri serap merupakan pengukuran interaksi antara radiasi elektromagnetik panjang gelombang tertentu yang sempit dan mendekati monokromatik, dengan molekul atau atom dari suatu zat kimia (Henry, dkk, 2002). Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa molekul selalu mengabsorpsi cahaya elektromagnetik

jika frekuensi cahaya tersebut sama dengan frekuensi getaran dari molekul tersebut. Elektron yang terikat dan elektron yang tidak terikat akan tereksitasi pada suatu daerah frekuensi, yang sesuai dengan cahaya ultraviolet dan cahaya tampak (UV-Vis) (Henry, dkk, 2002).

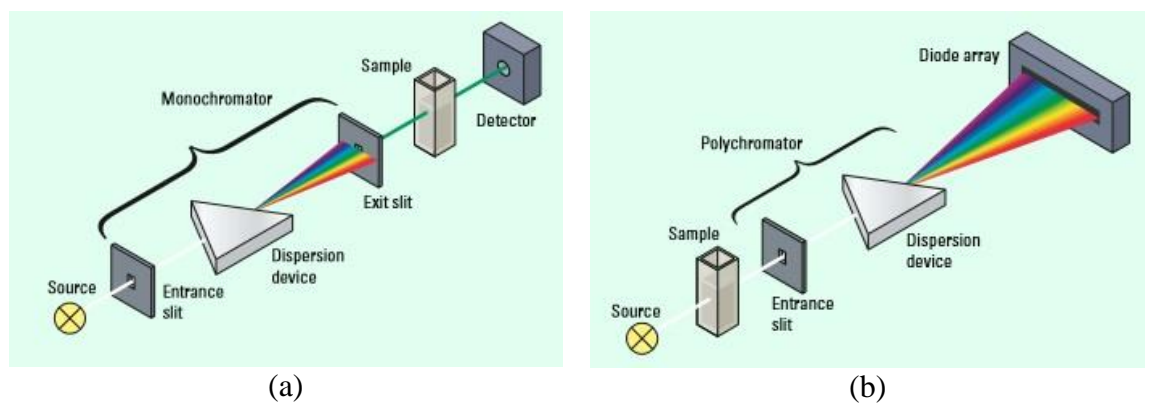
Spektrofotometri UV-Vis adalah metode analisis yang menggunakan sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat dan sinar tampak pada instrumen spektrofotometer (Budianto, 2015). Spektrum ultraviolet meliputi daerah bagian ultraviolet (190-380 nm), dan spektrum *visible* bagian sinar tampak (380-780 nm) (Henry, dkk, 2002).

Spektrofotometer UV-Vis adalah salah satu alat ukur untuk analisa unsur-unsur berkadar rendah secara kuantitatif maupun secara kualitatif (Noviarty dan Angraini, 2013). Penentuan secara kualitatif berdasarkan puncak-puncak yang dihasilkan pada spektrum suatu unsur tertentu pada panjang gelombang tertentu, sedangkan penentuan secara kuantitatif berdasarkan nilai absorbansi yang dihasilkan dari spektrum senyawa kompleks unsur yang dianalisa dengan pengkompleks yang sesuai (Noviarty dan Angraini, 2013).

Hasil karakterisasi menggunakan UV-Vis adalah grafik hubungan antara panjang gelombang dengan absorbansi. Radiasi UV-Vis yang memiliki frekuensi yang sama dengan partikel sampel akan beresonansi, sehingga radiasi akan diserap oleh sampel. Absorbansi oleh sampel akan mengakibatkan terjadinya transisi elektron, yaitu elektron-elektron dari orbital dasar tereksitasi ke orbital yang lebih tinggi. Ketika elektron kembali ke orbital asal, elektron

tersebut memancarkan energi dan energi itulah yang terdeteksi sebagai puncak-puncak absorpsi (Vita, 2015).

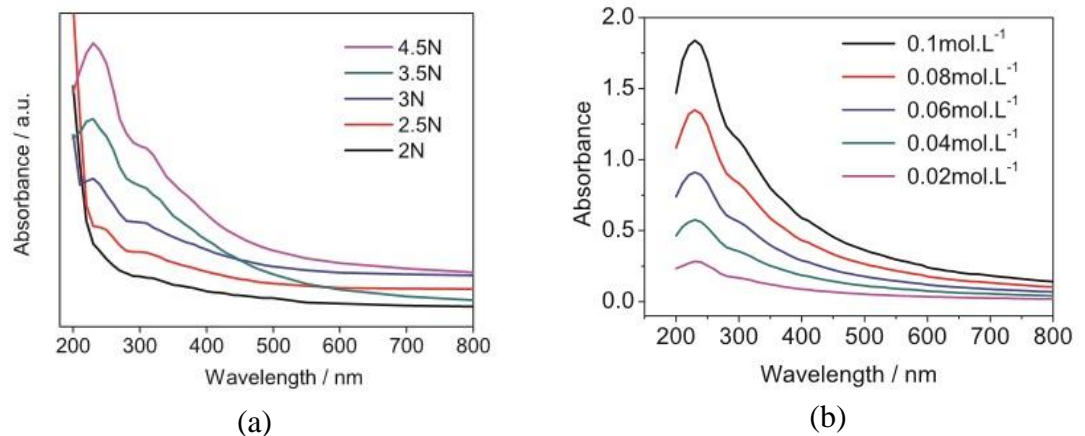
Menurut Owen (2000), pada dasarnya terdapat dua jenis spektrofotometer UV-Vis, yaitu spektrofotometer konvensional dan spektrofotometer *dioda array*. Spektrofotometer konvensional menggunakan cahaya polikromatis sebagai sumber cahaya yang didispersikan menjadi cahaya monokromatis menggunakan monokromator. Cahaya monokromatis ini dilewatkan pada sampel dan sinar transmisinya akan terdeteksi oleh detektor. Sedangkan pada spektrofotometer *dioda array* cahaya polikromatis dilewatkan pada sampel kemudian diteruskan pada polikromator. Dispersi cahaya dari polikromator akan terdeteksi oleh dioda.



Gambar 11. Spektrofotometer UV-Vis (a) konvensional, (b) *dioda array* (Owen, 2000).

Salah satu metode untuk mengkarakterisasi *graphene* adalah dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Karakteristik *graphene* dapat dianalisis dengan mengamati hasil panjang gelombang dari puncak-puncak absorpsi yang ditunjukkan oleh hasil UV-Vis. Karakterisasi *graphene* menggunakan UV-Vis ini telah dilakukan oleh para ilmuwan dan akademisi

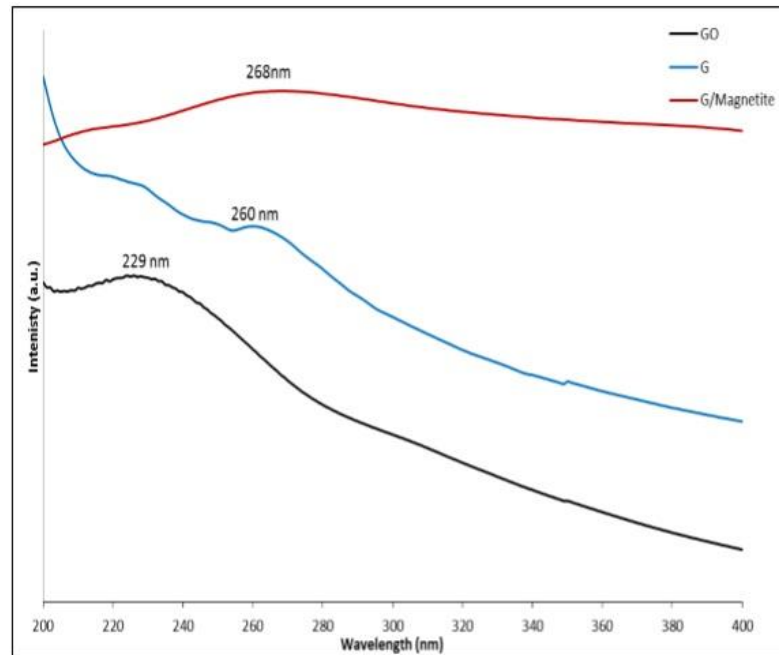
dengan metode sintesis *graphene* yang berbeda-beda. Lai, dkk (2012), berhasil mensintesis *graphene* dengan metode rGO yang dimodifikasi dengan metode Hummers menggunakan perbandingan massa KmnO_4 . Hasil uji UV-Vis dari sampel ditampilkan dalam Gambar 12.



Gambar 12. Hasil karakterisasi UV-Vis (a) spektrum absorpsi GO dengan variasi konsentrasi GO, (b) spektrum absorpsi GO dengan variasi KmnO_4 (Lai, dkk, 2012).

Berdasarkan Gambar 12, puncak yang muncul berada pada panjang gelombang 230 nm dan 310 nm. Pada daerah panjang gelombang tersebut merupakan karakteristik *graphene* dan *graphene oxide*.

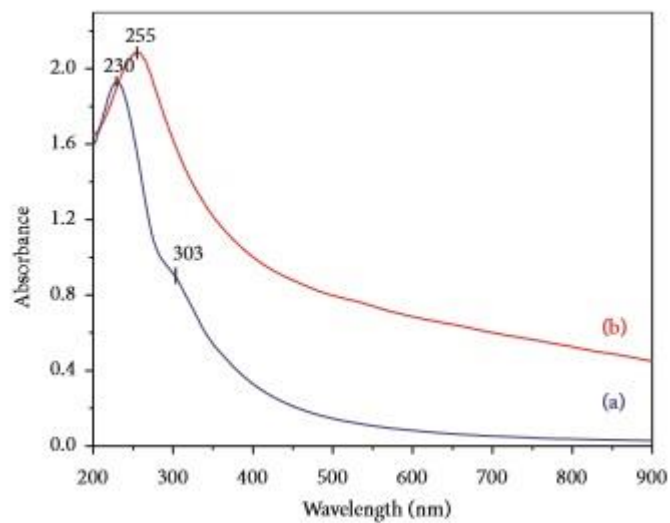
Farghali, dkk (2015), mensintesis *graphene oxide* (GO), *graphene* (G), dan *graphene nanocomposite* (G/ Fe_3O_4) dengan memodifikasi metode Hummers. Hasil karakterisasi UV-Vis seperti pada Gambar 13.



Gambar 13. Hasil Karakterisasi UV-Vis dari GO, G, dan G/ Fe_3O_4 (Farghali, 2015).

Berdasarkan Gambar 13, puncak GO muncul pada panjang gelombang 229 nm. Puncak G muncul pada panjang gelombang 260 nm. Sedangkan puncak G/ Fe_3O_4 muncul pada panjang gelombang 268 nm. Berdasarkan hasil karakterisasi ini menunjukkan bahwa panjang gelombang puncak absorbansi GO lebih pendek dibandingkan panjang gelombang puncak absorbansi G.

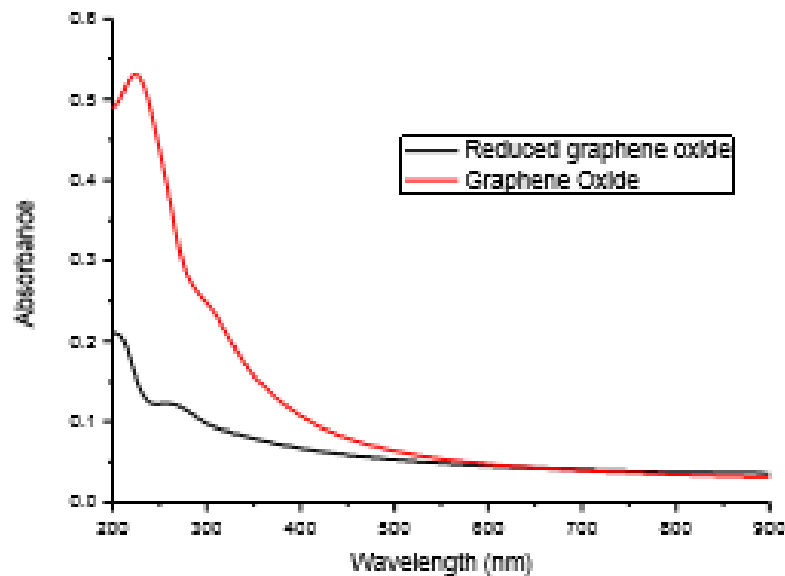
Ilmuwan lain, Loryuenyong, dkk (2013), mensintesis *graphene* dengan mengombinasikan metode LE dan rGO. Hasil karakterisasi UV-Vis seperti pada Gambar 14.



Gambar 14. Hasil karakterisasi UV-Vis dengan metode LE dan rGO (Luryenyong, dkk, 2013).

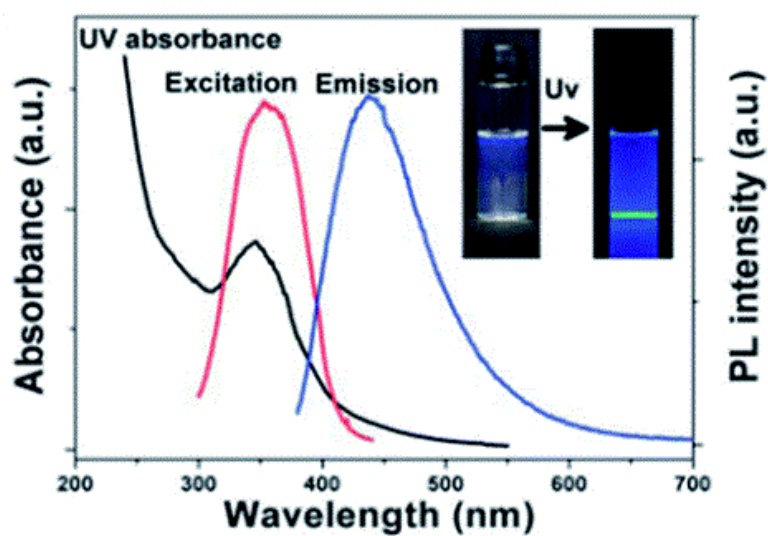
Berdasarkan Gambar 14, grafik (a) atau berwarna biru merupakan hasil sintesis *graphene* dengan metode LE, dan grafik (b) berwarna merah merupakan hasil sintesis *graphene* dengan metode rGO. Puncak yang muncul untuk LE berada pada panjang gelombang 230 nm dan puncak rGO berada pada panjang gelombang 255 nm.

Hasil sintesis GO yang menghasilkan GO pada panjang gelombang paling rendah seperti yang dilaporkan oleh *Nanoinnova Technologies SL*. Puncak GO yang dihasilkan berada pada panjang gelombang 223 nm. Dari beberapa hasil karakterisasi UV-Vis menunjukkan bahwa GO memiliki karakteristik puncak pada rentang panjang gelombang antara 223 nm – 270 nm.



Gambar 15. Hasil Karakterisasi UV-Vis material GO (www.nanoinnova.com).

Spektrofotometer UV-Vis juga dapat digunakan untuk mengkarakterisasi hasil sintesis CQDs. Seperti yang dilakukan oleh Wang dan Hu (2014) mensintesis CQDs dengan metode *co-doping*. Grafik spektrum serapan UV-Vis seperti pada Gambar 16 berikut.



Gambar 16. Spektrum serapan CQDs uji UV-Vis (www.pubs.rsc.org).

Berdasarkan gambar di atas, dapat diamati bahwa absorbansi berdasarkan uji UV-Vis terpusat pada panjang gelombang 350 nm. Rentang absorbansi dimulai dari panjang gelombang 300 nm hingga 400 nm. Pada rentang panjang gelombang ini merupakan karakteristik dari material CQDs.

J. Mikroskop Digital

Mikroskop adalah instrumen untuk membantu mengamati benda-benda yang sangat kecil karena kemampuan pembesarnya yang kuat. Mikroskop dapat digunakan dalam sains dan pendidikan, evaluasi sifat objek, domain medis, kontrol kualitas, penyelidikan film tipis, dan analisis biomedis (Hartati, dkk, 2011).

Sebagian besar mikroskop yang digunakan di Indonesia adalah mikroskop analog. Pengoperasian mikroskop analog mengharuskan pengguna untuk secara tepat menentukan kombinasi lensa untuk mendapatkan tingkat perbesaran dan fokus yang sesuai untuk pengamatan yang tajam dan jelas. Hal ini bukanlah sesuatu yang mudah bagi pengguna yang tidak terlatih dan lemah dalam penglihatan. Mikroskop ini diakuisisi bertahun-tahun yang lalu sebelum mikroskop digital dipasarkan (Hartati, dkk, 2011).

Mikroskop digital adalah mikroskop yang berisi kamera digital kecil (CMOS) dan terhubung ke komputer. Gambar yang terlihat melalui lensa mikroskop dapat ditampilkan di monitor komputer dan disimpan di *hard drive* sebagai gambar (dalam berbagai format) atau video (www.microscope-shop.com.au).

Beberapa mikroskop digital bersifat portabel dan mudah dipegang di tangan. Mikroskop digital lainnya masih berupa mikroskop konvensional dengan kamera digital sebagai pengganti lensa yang dekat dengan mata pada mikroskop konvensional. Mikroskop seperti ini memiliki keterbatasan yang sama seperti mikroskop konvensional karena dipasang di bangku belakang (tetap) namun juga memiliki keunggulan yaitu optik yang berkualitas lebih baik (www.microscope-shop.com.au).

Saat ini sudah dikenal berbagai jenis merek dan *series* mikroskop digital. Salah satunya yang digunakan untuk karakterisasi dalam penelitian ini adalah mikroskop digital Dino-Lite dengan *series* AM4515T5 seperti pada Gambar 17 berikut.



Gambar 17. Mikroskop digital dino-lite AM4515T5 (www.dino-lite.com).

Mikroskop digital genggam seri Dino-Lite AM4515T5 memiliki pembesaran yang tinggi (500x ~550x), optik yang disempurnakan untuk gambar lebih tajam, dan *Automatic Magnification Reading* (AMR) untuk memudahkan pengukuran. Perangkat lunak khusus yang digabungkan dengan produk ini yaitu DinoCapture 2.0 memungkinkan pengguna mengkalibrasi mikroskop,

menangkap dan membubuhkan keterangan pada gambar, mengukur fitur gambar, dan merekam video (www.dino-lite.com).

K. Kerangka Berpikir

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu radiasi terhadap karakteristik material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X dengan dibantu oleh detergen berdasarkan uji UV-Vis, mengetahui pengaruh variasi waktu radiasi terhadap karakteristik material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X tanpa dibantu oleh detergen berdasarkan uji UV-Vis, serta membandingkan karakteristik material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X yang dibantu oleh detergen dengan tanpa dibantu oleh detergen berdasarkan uji UV-Vis. Metode LE menggunakan surfaktan *sodium alkylbenzene sulfonate*. Dalam hal ini yang digunakan bukan surfaktan murni melainkan detergen yang mengandung surfaktan dengan kandungan sebanyak 26% dari keseluruhan komposisi detergen merek tertentu.

Sintesis GO diawali dengan mencampurkan *graphite* dari limbah karbon baterai dengan larutan detergen menggunakan blender selama 2 menit. Penggunaan blender hanya 2 menit dimaksudkan untuk mencampurkan karbon dan larutan detergen, tidak untuk mengeksfoliasi *graphite* karbon limbah baterai. Selanjutnya sampel diberi radiasi sinar-X dengan variasi waktu 0 jam (tanpa radiasi), 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Kemudian sampel didiamkan selama satu malam agar surfaktan bekerja secara maksimal untuk melepaskan ikatan

van der waals antar lembaran-lembaran GO pada *graphite*. Setelah itu sampel yang telah didiamkan selama satu malam dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan mikroskop digital. Karakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk melihat panjang gelombang serapan yang dihasilkan dan dibandingkan dengan literatur. Sedangkan karakterisasi dengan mikroskop digital digunakan untuk melihat morfologi permukaan sampel yang telah dikeringkan terlebih dahulu menggunakan *oven*. Tahap terakhir yaitu menganalisis hasil karakterisasi yang telah dilakukan.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai bulan April 2017. Tempat penelitian ini dilaksanakan di beberapa tempat, yaitu:

1. Sintesis nanomaterial GO: Laboratorium Koloid lantai II Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA, UNY.
2. Pengujian UV-Vis: Laboratorium Kimia lantai II Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA, UNY.

B. Deskripsi Variabel

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab berubahnya variabel lain. Variabel bebas penelitian ini adalah penggunaan detergen dan tanpa penggunaan detergen, serta selang waktu pemberian radiasi sinar-X yaitu 0 jam (tanpa radiasi), 1 jam, 2 jam, dan 3 jam.

2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dapat terpengaruh akibat perubahan variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah panjang gelombang puncak-puncak absorbansi berdasarkan hasil uji UV-Vis.

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dibuat sama sehingga tidak mempengaruhi variabel lain. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah

- a. massa karbon baterai 0,6 gram,
- b. massa detergen 0,6 gram,
- c. volume aquades 100 ml,
- d. waktu pencampuran larutan dengan blender selama 2 menit.

C. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu radiasi terhadap karakteristik material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X dari sampel dengan dibantu oleh detergen maupun tanpa dibantu oleh detergen. Selain itu, eksperimen juga dilakukan untuk membandingkan karakteristik GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X yang dibantu oleh detergen dengan tanpa dibantu oleh detergen.

D. Alat dan Bahan

Berbagai alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Alat
 - a. blender Airlux (1 buah),
 - b. gelas beker 250 ml (2 buah),

- c. gelas ukur 500 ml (1 buah),
 - d. gelas ukur 20 ml (1 buah),
 - e. pipet tetes (1 buah),
 - f. palu (1 buah),
 - g. obeng (1 buah),
 - h. timbangan digital (1 buah),
 - i. tabung sampel (8 buah),
 - j. kaca preparat (8 buah),
 - k. aluminium foil,
 - l. stopwatch (1 buah),
 - m. oven (1 buah),
 - n. difraktometer sinar-X (1 buah),
 - o. spektrofotometer UV-Vis (1 buah)
 - p. dino-lite mikroskop digital (1 buah)
2. Bahan
- a. limbah karbon baterai ZnC (1,2 gram)
 - b. *sodium alkylbenzene sulfonate* dalam detergen (0,6 gram)
 - c. aquades (200 ml)

E. Langkah Kerja

1. Penghitungan cacah radiasi sinar-X

- a. Memasang detektor pada alat difraktometer sinar-X dan menghubungkan dengan *counter*.

- b. Menyalakan *counter* tanpa menyalakan difraktometer sinar-X.
- c. Menghitung cacah latar selama 1 jam.
- d. Menyalakan difraktometer sinar-X.
- e. Menghitung cacah radiasi sinar-X selama 1 jam.

2. Pembuatan serbuk karbon baterai

- a. Membuka limbah baterai ZnC menggunakan palu dan obeng.
- b. Mengambil batang karbon yang terdapat pada bagian tengah baterai.
- c. Menumbuk karbon baterai menggunakan palu hingga menjadi serbuk.

3. Proses sintesis GO menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X dibantu oleh detergen

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
- b. Menimbang serbuk karbon baterai sebanyak 0,6 gram menggunakan timbangan digital.
- c. Menimbang detergen sebanyak 0,6 gram menggunakan timbangan digital.
- d. Menyiapkan aquades sebanyak 100 ml menggunakan gelas ukur.
- e. Menuangkan serbuk karbon, detergen, dan aquades ke dalam blender.
- f. Menyalakan blender untuk mencampur serbuk karbon, detergen, dan aquades selama 2 menit.
- g. Menuangkan larutan campuran ke dalam gelas beker.
- h. Mengukur larutan campuran 15 ml sebanyak 4 kali menggunakan gelas ukur.

- i. Menuangkan 15 ml larutan campuran masing-masing ke dalam 4 buah tabung sampel.
 - j. Meradiasi larutan campuran tabung sampel pertama selama 1 jam menggunakan difraktometer sinar-X.
 - k. Meradiasi larutan campuran tabung sampel kedua selama 2 jam menggunakan difraktometer sinar-X.
 - l. Meradiasi larutan campuran tabung sampel ketiga selama 3 jam menggunakan difraktometer sinar-X.
 - m. Membiarkan larutan campuran tabung sampel keempat tanpa radiasi sinar-X.
4. **Proses sintesis GO menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X tanpa dibantu oleh detergen**
- a. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
 - b. Menimbang serbuk karbon baterai sebanyak 0,6 gram menggunakan timbangan digital.
 - c. Menyiapkan aquades sebanyak 100 ml menggunakan gelas ukur.
 - d. Menuangkan serbuk karbon dan aquades ke dalam blender.
 - e. Menyalakan blender untuk mencampur serbuk karbon dan aquades selama 2 menit.
 - f. Menuangkan larutan campuran ke dalam gelas beker.
 - g. Mengukur larutan campuran 15 ml sebanyak 4 kali menggunakan gelas ukur.

- h. Menuangkan 15 ml larutan campuran masing-masing ke dalam 4 buah tabung sampel.
- i. Meradiasi larutan campuran tabung sampel pertama selama 1 jam menggunakan difraktometer sinar-X.
- j. Meradiasi larutan campuran tabung sampel kedua selama 2 jam menggunakan difraktometer sinar-X.
- k. Meradiasi larutan campuran tabung sampel ketiga selama 3 jam menggunakan difraktometer sinar-X.
- l. Membiarkan larutan campuran tabung sampel keempat tanpa radiasi sinar-X.

5. Pembuatan sampel untuk karakterisasi mikroskop digital

- a. Membuat wadah berbentuk menyerupai balok tanpa tutup sebanyak 8 buah dengan aluminium foil.
- b. Menuangkan larutan campuran masing-masing 5 ml ke dalam masing-masing wadah.
- c. Meletakkan preparat ke dalam wadah yang berisi larutan campuran.
- d. Memanaskan larutan sampel dan preparat dalam wadah menggunakan oven pada suhu 200°C selama 20 menit.

6. Pengujian spektrofotometer UV-Vis

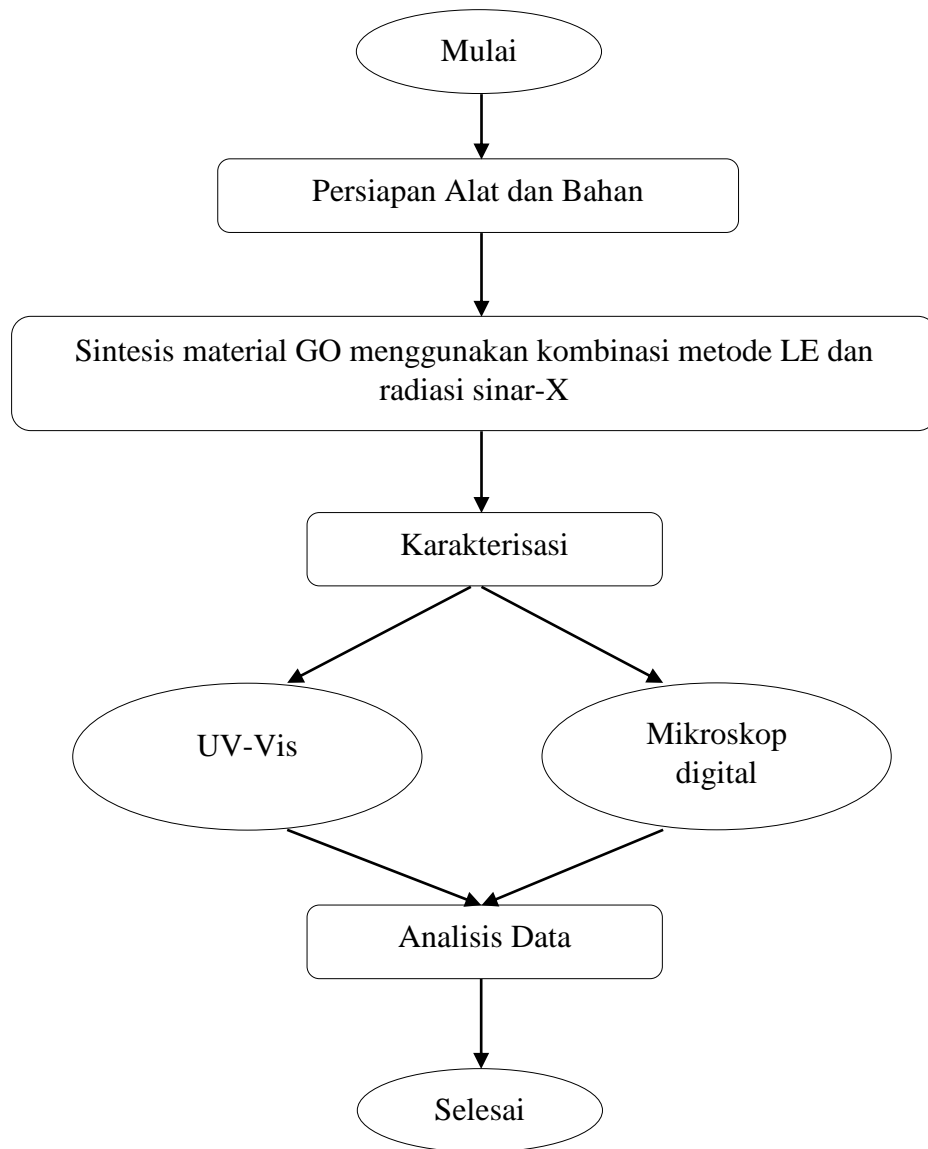
Sampel larutan hasil sintesis diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pada karakterisasi UV-Vis diperoleh grafik yang menunjukkan panjang gelombang dan absorbansi dari sampel larutan tersebut. Sampel larutan yang diuji yaitu

- a. Larutan campuran hasil sintesis dibantu oleh detergen. Seluruh campuran baik yang diradiasi ataupun tidak menjadi sampel analit. Pembanding/blanko menggunakan aquades.
- b. Larutan campuran hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen. Seluruh campuran baik yang diradiasi ataupun tidak menjadi sampel analit. Pembanding/blanko menggunakan aquades.
- c. Larutan campuran hasil sintesis dibantu oleh detergen. Sampel larutan yang tidak diradiasi sinar-X menjadi sampel pembanding/blanko dalam spektrofotometer UV-Vis dan sampel yang diradiasi sinar-X menjadi sampel analit.
- d. Larutan campuran hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen. Sampel larutan yang tidak diradiasi sinar-X menjadi sampel pembanding/blanko dalam spektrofotometer UV-Vis dan sampel yang diradiasi sinar-X menjadi sampel analit.

7. Pengujian mikroskop digital Dino-lite

Pengujian menggunakan mikroskop digital digunakan untuk mengetahui morfologi *graphene oxide*. Pada karakterisasi ini diperoleh data berupa gambar atau foto.

F. Diagram Alir



Gambar 18. Diagram Alir Penelitian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas berbagai hasil yang diperoleh dari penelitian sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi waktu radiasi terhadap karakteristik hasil sintesis material GO menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X dengan dibantu oleh detergen maupun tidak, serta untuk membandingkan hasil di antara keduanya.

A. Cacah Radiasi Sinar-X

Cacah radiasi sinar-X dapat dihitung menggunakan *counter* dan detektor yang dihubungkan dengan tabung difraktometer sinar-X. Cacah radiasi dapat dijadikan sebagai acuan jumlah radiasi yang dihasilkan oleh instrumen sinar-X meskipun nilai cacah radiasi tersebut bersifat *random*. Pengambilan data cacah radiasi sinar-X dilakukan pada variasi waktu 1 jam. Hasil cacah radiasi yang diperoleh sebanyak 7.183 cacah per jam. Selain itu, diperoleh pula cacah latar (tanpa menggunakan sumber radiasi) selama 1 jam sebanyak 907 cacah. Dengan demikian dapat diketahui bahwa nilai cacah radiasi sinar-X per jam sebesar 6.276 cacah. Nilai ini bukan merupakan nilai pasti namun hanya bersifat rata-rata. Artinya jika dilakukan pengukuran ulang belum tentu diperoleh hasil sama. Akan tetapi nilainya akan berada di sekitar nilai cacah radiasi yang diperoleh ini, sebesar 6.276 cacah per jam.

B. Hasil Sintesis Material GO

Proses sintesis GO pada penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu dengan dibantu oleh detergen dan tanpa dibantu oleh detergen. Pada setiap proses tersebut diberikan variasi waktu radiasi sinar-X mulai dari 0 jam (tanpa radiasi), 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Hasil sintesis material GO menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X ini disajikan pada Gambar 19 berikut. Dari Gambar 19, sampel hasil sintesis GO dengan dibantu oleh detergen menunjukkan warna larutan yang lebih keruh daripada sampel hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen. Gambar 19 (a), sampel larutan hasil sintesis dengan dibantu oleh detergen pada variasi waktu 1 jam, 2 jam, dan 3 jam memiliki kejernihan yang hampir sama sedangkan sampel tanpa radiasi lebih keruh daripada sampel yang diradiasi. Selanjutnya, Gambar 19 (b) menunjukkan bahwa sampel hasil sintesis GO tanpa dibantu oleh detergen memiliki warna larutan yang jernih. Hal ini disebabkan tidak adanya detergen dalam larutan. Dari Gambar 19 ini dapat diketahui bahwa penggunaan detergen menyebabkan warna larutan menjadi lebih keruh.

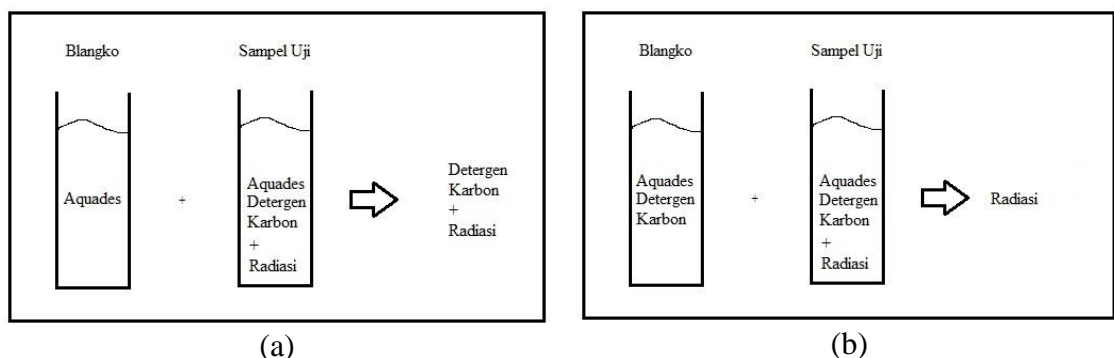


Gambar 19. Hasil sintesis GO (a) dengan dibantu oleh detergen, (b) tanpa dibantu oleh detergen.

C. Penggunaan Blangko/Standar Pembanding untuk UV-Vis

Karakterisasi GO yang telah disintesis menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Spektrofotometer UV-Vis yang digunakan adalah spektrofotometer UV-Vis Shimadzu seri 2450. Spektrofotometer UV-Vis ini merupakan jenis instrumen UV-Vis *double beam* (dua buah sumber sinar). Dua sinar ini dilewatkan pada sampel. Sinar pertama melewati sampel blangko/standar pembanding, sedangkan sinar kedua melewati sampel analit atau sampel yang diuji.

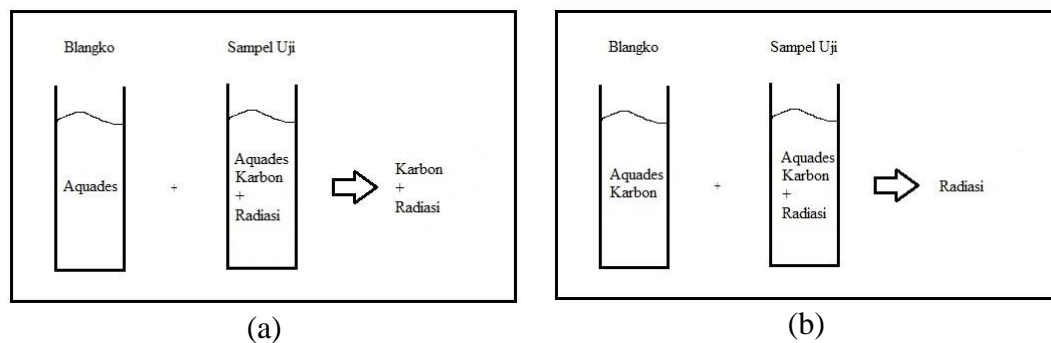
Karakterisasi UV-Vis pada penelitian ini dilakukan sebanyak dua kali dengan blangko yang berbeda untuk masing-masing variasi penggunaan detergen. Blangko pertama adalah aquades yang merupakan pelarut dalam proses sintesis material GO ini. Blangko kedua menggunakan sampel yang tidak diberi perlakuan radiasi. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui efek dari pemberian radiasi sinar-X pada sampel, seperti ditampilkan pada Gambar 20 dan Gambar 21.



Gambar 20. Penggunaan blangko pada karakterisasi UV-Vis (a) aquades (b) sampel tanpa radiasi, untuk proses sintesis GO dengan dibantu oleh detergen.

Gambar 20 merupakan penggunaan blangko untuk karakterisasi sampel hasil sintesis dengan dibantu oleh detergen. Pada penggunaan blangko aquades,

seperti Gambar 20, perbedaan antara blanko dan sampel analit adalah komposisi detergen, karbon, dan perlakuan radiasi pada sampel analit. Oleh karena itu, spektrum absorbansi yang dihasilkan adalah data absorbansi dari komposisi sampel analit yang tidak dimiliki blanko yaitu detergen, karbon, dan perlakuan radiasi. Sedangkan pada penggunaan blanko sampel tanpa radiasi, perbedaan antara blanko dan sampel analit hanya pada perlakuan radiasi sinar-X sehingga akan terlihat peran kerja sinar-X pada proses sintesis GO. Penggunaan blanko ini juga berlaku untuk proses sintesis GO tanpa dibantu oleh detergen seperti pada Gambar 21.



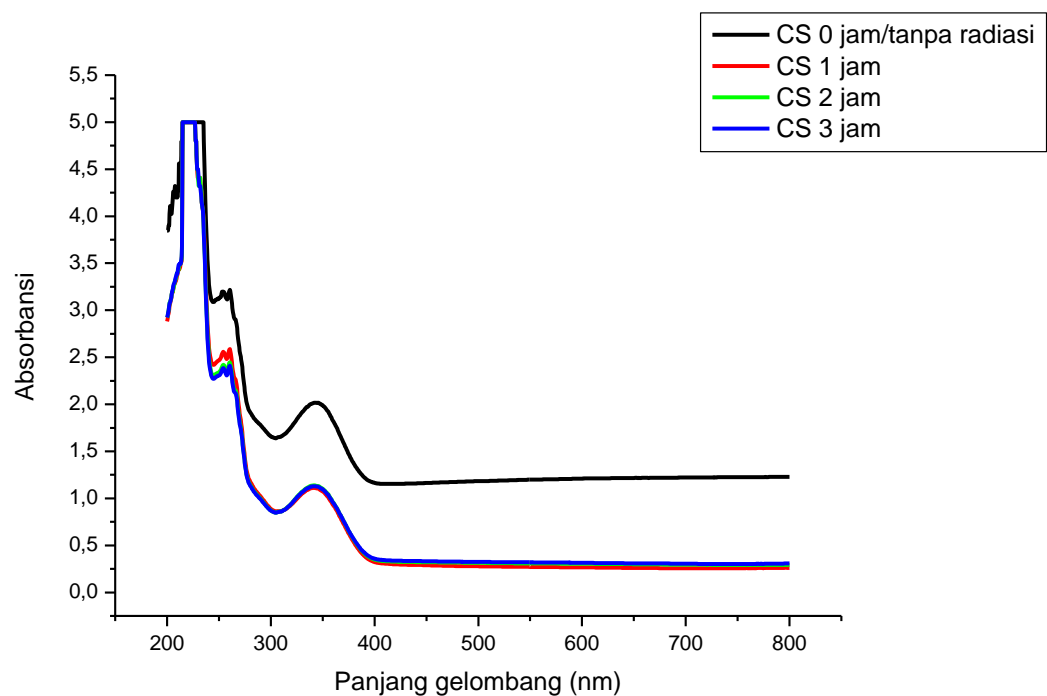
Gambar 21. Penggunaan blanko pada karakterisasi UV-Vis (a) aquades (b) sampel tanpa radiasi, untuk proses sintesis GO tanpa dibantu oleh detergen.

D. Hasil Karakterisasi UV-Vis

Karakteristik sifat optik dari GO yang telah disintesis, dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Data yang diperoleh dari pengujian sampel material dengan instrumen ini berupa panjang gelombang dan absorbansi dari sampel tersebut. Rentang panjang gelombang yang digunakan sesuai dengan panjang gelombang spektrum ultraviolet dan cahaya tampak (*visible*) yaitu dari 200 nm hingga 800 nm.

Pada penelitian ini, sampel hasil sintesis dengan dibantu oleh detergen dan tanpa dibantu oleh detergen dilakukan pengujian UV-Vis sebanyak dua kali. Pengujian UV-Vis yang pertama menggunakan blanko/standar pembanding dalam instrumen UV-Vis berupa aquades. Sedangkan pada pengujian UV-Vis kedua menggunakan sampel tanpa radiasi sebagai blanko/standar pembanding.

1. Hasil karakterisasi UV-Vis sampel hasil sintesis dengan dibantu oleh detergen



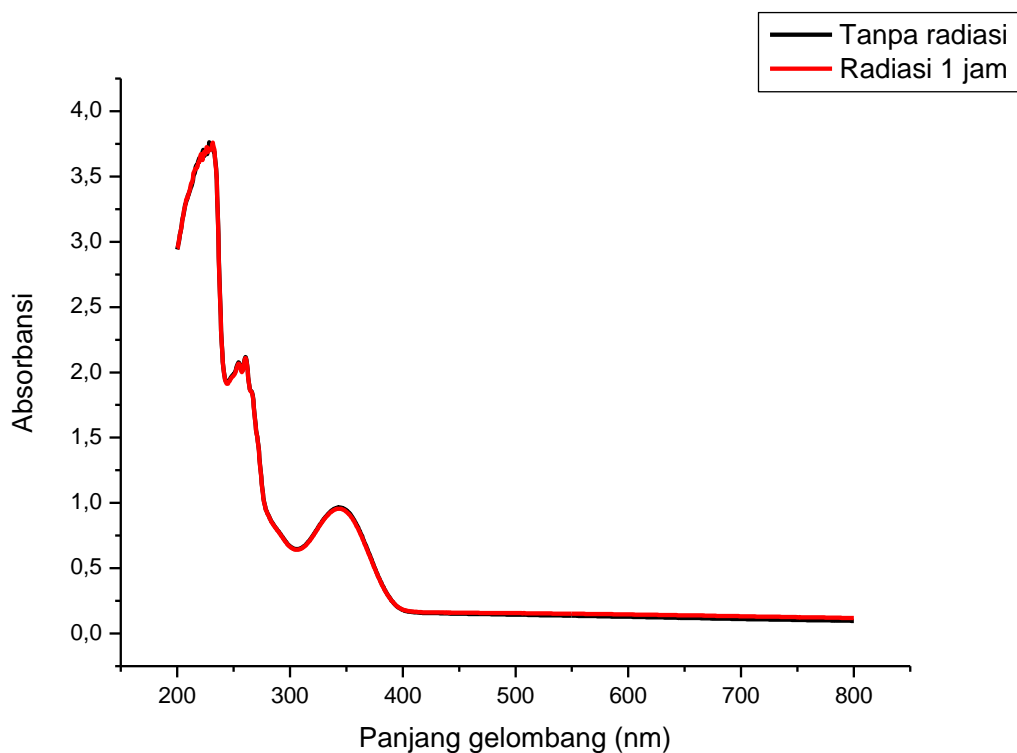
Gambar 22. Spektrum absorbansi GO hasil sintesis dengan dibantu oleh detergen menggunakan blanko aquades.

Tabel 2. Puncak-puncak absorbansi GO hasil sintesis dengan dibantu oleh detergen menggunakan blangko aquades.

Puncak	0 jam/tanpa radiasi		1 jam		2 jam		3 jam	
	panjang gelombang (nm)	abs	panjang gelombang (nm)	Abs	panjang gelombang (nm)	Abs	panjang gelombang (nm)	abs
1	795,5	1,230	796,0	0,262	795,0	0,294	787,5	0,306
2	768,5	1,227	776,0	0,260	781,0	0,293	739,0	0,303
3	673,0	1,219	342,0	1,112	342,0	1,137	342,0	1,130
4	659,0	1,218	260,5	2,587	260,5	2,447	260,5	2,409
5	533,5	1,193	254,0	2,558	254,5	2,420	254,0	2,386
6	442,5	1,161	215,0	5,000	215,0	5,000	215,0	5,000
7	424,5	1,156						
8	409,5	1,155						
9	345,5	2,018						
10	260,5	3,219						
11	253,0	3,197						
12	215,0	5,000						

Gambar 22 merupakan karakteristik GO hasil sintesis dengan dibantu oleh detergen yang diuji menggunakan blangko aquades. Puncak-puncak absorbansi yang terdeteksi oleh instrumen UV-Vis seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan Gambar 22 dan Tabel 2, dari empat sampel yang dikarakterisasi menggunakan UV-Vis terdapat puncak yang relatif tinggi muncul pada sekitar panjang gelombang 254 nm, 260,5 nm, dan 342 nm. Pada panjang gelombang antara 254 nm hingga 260,5 nm terjadi penurunan absorbansi akibat variasi pertambahan waktu radiasi sinar-X. Hal ini menunjukkan bahwa pertambahan waktu radiasi menyebabkan semakin banyak *graphite* yang tereksfoliasi sehingga lapisannya menjadi semakin tipis dan jumlah sinar yang diserap semakin sedikit.

Karakterisasi UV-Vis dengan blangko aquades ini belum dapat digunakan untuk menentukan hasil eksfoliasi *graphite* karbon baterai ZnC karena spektrum yang dihasilkan masih tercampur dengan komposisi lain dalam sampel analit. Oleh karena itu, dilakukan karakterisasi UV-Vis pada bahan detergen untuk mengetahui spektrumnya dan agar dapat dibandingkan dengan spektrum karakterisasi UV-Vis hasil sintesis GO Gambar 22. Spektrum hasil karakterisasi UV-Vis untuk bahan detergen dengan blangko aquades ditunjukkan pada Gambar 23 berikut.



Gambar 23. Spektrum absorbansi detergen.

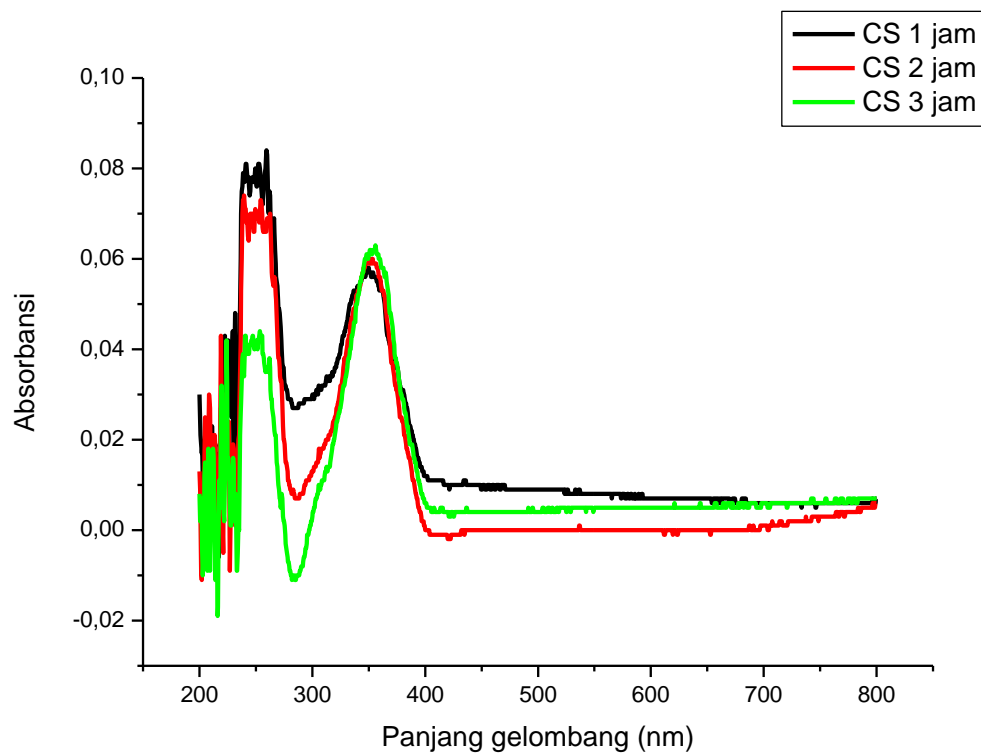
Tabel 3. Puncak-puncak absorbansi detergen.

Puncak	0 jam/tanpa radiasi		1 jam	
	panjang gelombang (nm)	abs	panjang gelombang (nm)	abs
1	344,0	0,965	343,5	0,956
2	260,5	2,118	260,5	2,111
3	254,5	2,076	254,5	2,066
4	228,5	3,763	231,5	3,761

Gambar 23 merupakan spektrum absorbansi UV-Vis untuk sampel detergen. Garis hitam menunjukkan sampel larutan detergen tanpa diberi perlakuan radiasi sinar-X dan garis merah menunjukkan sampel larutan detergen dengan perlakuan radiasi sinar-X selama 1 jam. Variasi waktu yang diambil hanya 1 jam saja karena hanya untuk mengetahui apakah radiasi juga berpengaruh terhadap bahan detergen. Tabel 3 merupakan puncak-puncak absorbansi yang terdeteksi. Dari Gambar 23, terlihat bahwa perlakuan radiasi sinar-X pada detergen tidak mengakibatkan pergeseran panjang gelombang puncak absorbansi. Sedangkan dari Tabel 3, terlihat absorbansi antara sampel yang diradiasi dengan tanpa radiasi hanya berbeda sangat sedikit. Dimana perbedaan absorbansi ini tidak menimbulkan perbedaan yang signifikan dari spektrum yang ditunjukkan oleh Gambar 23 sehingga dapat diketahui bahwa perlakuan radiasi sinar-X tidak berpengaruh terhadap spektrum absorbansi bahan detergen.

Gambar 23 jika dibandingkan dengan Gambar 22, maka akan terlihat spektrum yang mirip. Hal ini memberikan informasi bahwa spektrum karakterisasi UV-Vis pada Gambar 22 merupakan dominasi dari bahan

detergen yang terdapat pada sampel analit. Dengan kata lain, hasil eksfoliasi *graphite* menjadi GO belum terlihat karena masih tertutupi oleh bahan detergen. Namun unsur detergen pada hasil spektrum absorbansi dapat dihilangkan dengan melakukan karakterisasi UV-Vis menggunakan blangko sampel tanpa radiasi. Spektrum absorbansi yang dihasilkan seperti pada Gambar 24 berikut ini.



Gambar 24. Spektrum absorbansi GO hasil sintesis dengan dibantu oleh detergen menggunakan blangko sampel tanpa radiasi.

Tabel 4. Puncak-puncak absorbansi GO hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen menggunakan blanko sampel tanpa radiasi.

Puncak	1 jam		2 jam		3 jam	
	panjang gelombang	Abs	panjang gelombang	Abs	panjang gelombang	Abs
1	349,5	0,058	351,0	0,060	356,0	0,063
2	336,5	0,053	262,5	0,070	253,5	0,044
3	259,5	0,084	239,5	0,074	224,0	0,042
4	253,0	0,081	219,0	0,043	208,0	0,018
5	241,0	0,081				
6	231,5	0,048				
7	211,0	0,023				

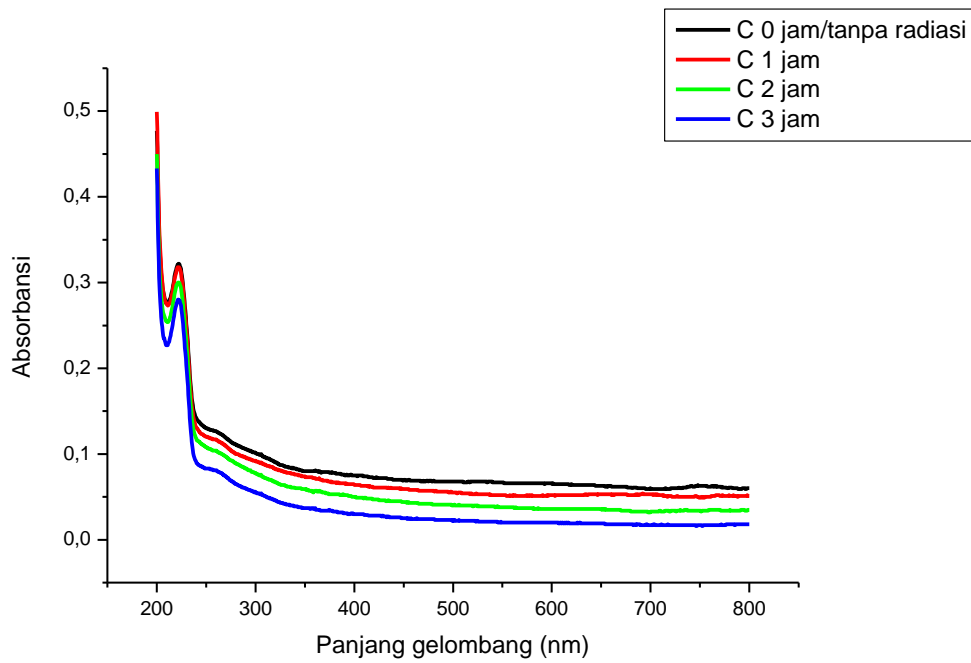
Tujuan penggunaan sampel tanpa radiasi sebagai blanko adalah untuk mencari informasi tentang efek pemberian radiasi sinar-X dalam sintesis material GO ini. Ketika blanko menggunakan sampel tanpa diberi perlakuan radiasi, artinya bahwa perbedaan antara sampel blanko dengan sampel analit terletak hanya pada perlakuan radiasi sinar-X.

Gambar 24 merupakan hasil karakterisasi sampel yang disintesis dengan dibantu oleh detergen menggunakan blanko sampel tanpa radiasi. Puncak-puncak absorbansi yang terdeteksi oleh instrumen UV-Vis seperti ditunjukkan pada Tabel 4. Berdasarkan Gambar 24 dan Tabel 4, terdapat dua daerah puncak absorbansi yang relatif lebih tinggi dari puncak-puncak absorbansi lain. Daerah puncak pertama bersesuaian dengan karakteristik material GO berada di rentang panjang gelombang dari 239 nm hingga 262,5 nm. Pada variasi waktu radiasi 1 jam, terdeteksi puncak di panjang gelombang 241 nm, 253 nm, dan 259,5 nm. Variasi waktu radiasi 2 jam, terdeteksi puncak di panjang gelombang 239,5 nm dan 262,5 nm. Sedangkan variasi waktu radiasi 3 jam, terdeteksi puncak muncul di panjang gelombang 253,5 nm.

Kemudian untuk daerah puncak kedua muncul pada rentang panjang gelombang 349,5 nm hingga 356 nm. Pada variasi waktu radiasi 1 jam terdeteksi puncak di panjang gelombang 349,5 nm, variasi waktu radiasi 2 jam terdeteksi puncak di panjang gelombang 351 nm, dan variasi waktu radiasi 3 jam terdeteksi puncak di panjang gelombang 356 nm. Pada rentang panjang gelombang ini bukan karakteristik dari GO namun diduga merupakan karakteristik dari material CQDs. Hal ini dikarenakan material yang disintesis berbahan dasar karbon dan hasil karakterisasi UV-Vis menunjukkan karakteristik panjang gelombang puncak absorbansi dari material CQDs. Variasi waktu radiasi sinar-X menyebabkan panjang gelombang dari puncak absorbansi CQDs bergeser ke kanan (*redshift*).

Berdasarkan Gambar 24 memperlihatkan bahwa variasi waktu radiasi yang diberikan berdampak pada perubahan puncak absorbansi. Pada daerah puncak pertama, semakin lama waktu radiasi sinar-X maka absorbansi semakin rendah. Sedangkan pada puncak kedua perubahan absorbansi semakin tinggi seiring bertambahnya waktu radiasi sinar-X. Dari perbedaan perubahan absorbansi pada kedua puncak ini menunjukkan bahwa seiring bertambahnya waktu radiasi menyebabkan kenaikan absorbansi pada material CQDs dan penurunan absorbansi pada material GO. Artinya bahwa semakin lama waktu radiasi sinar-X, jumlah material GO yang terbentuk semakin banyak dan jumlah material CQDs semakin sedikit karena tereksfoliasi menjadi GO.

2. Hasil karakterisasi UV-Vis sampel hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen



Gambar 25. Spektrum absorbansi GO hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen menggunakan blanko aquades.

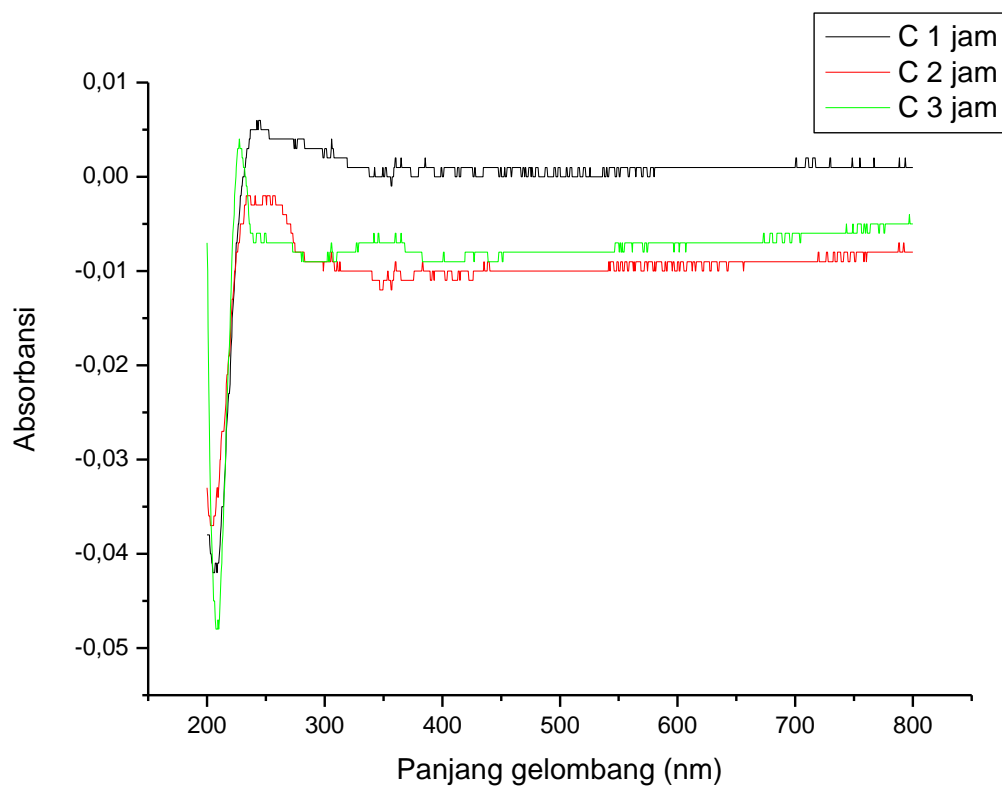
Tabel 5. Puncak-puncak absorbansi GO hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen menggunakan blanko aquades.

Puncak	0 jam/tanpa radiasi		1 jam		2 jam		3 jam	
	panjang gelombang	abs	panjang gelombang	abs	panjang gelombang	abs	panjang gelombang	abs
1	748,0	0,064	766,5	0,052	735,0	0,035	221,5	0,280
2	222,0	0,322	692,0	0,054	629,5	0,036		
3			221,5	0,318	360,5	0,057		
4					222,0	0,300		

Gambar 25 merupakan karakteristik hasil sintesis GO tanpa dibantu oleh detergen berdasarkan pengujian UV-Vis dengan blanko aquades. Puncak-puncak yang terdeteksi seperti ditunjukkan pada Tabel 5. Berdasarkan Gambar 25 dan Tabel 5, terdapat puncak yang muncul pada panjang

gelombang 222 nm untuk variasi waktu 0 jam dan 2 jam, serta pada panjang gelombang 221,5 nm untuk variasi waktu 1 jam dan 3 jam. Pada panjang gelombang ini bukan karakteristik yang dimiliki GO karena berdasarkan laporan penelitian dari Nanoinnova bahwa GO mulai terbentuk pada panjang gelombang 223 nm.

Berdasarkan Tabel 5 untuk variasi waktu radiasi 2 jam, hasil karakterisasi UV-Vis menunjukkan munculnya puncak pada panjang gelombang 360,5. Seperti yang sudah dijelaskan pada bagian karakterisasi GO hasil sintesis dengan dibantu oleh detergen, puncak 360,5 merupakan karakteristik dari CQDs. Namun puncak pada panjang gelombang ini tidak terdeteksi pada variasi waktu 1 jam dan 3 jam. Hal ini diduga karena jumlah CQDs yang dihasilkan masih sangat sedikit sehingga tidak terdeteksi secara sempurna oleh spektrofotometer UV-Vis dengan blangko yang digunakan adalah aquades.



Gambar 26. Spektrum absorbansi GO hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen menggunakan blangko sampel tanpa radiasi.

Tabel 6. Puncak-puncak absorbansi GO hasil sintesis dengan dibantu oleh detergen menggunakan blangko sampel tanpa radiasi.

Puncak	1 jam		2 jam		3 jam	
	panjang gelombang	abs	panjang gelombang	Abs	panjang gelombang	abs
1	420,0	0,001	401,0	-0,010	360,5	-0,006
2	365,0	0,002	383,0	-0,009	306,0	-0,007
3	306,0	0,004	360,5	-0,009	227,0	0,004
4	244,0	0,006	353,5	-0,010		
5			236,5	-0,002		

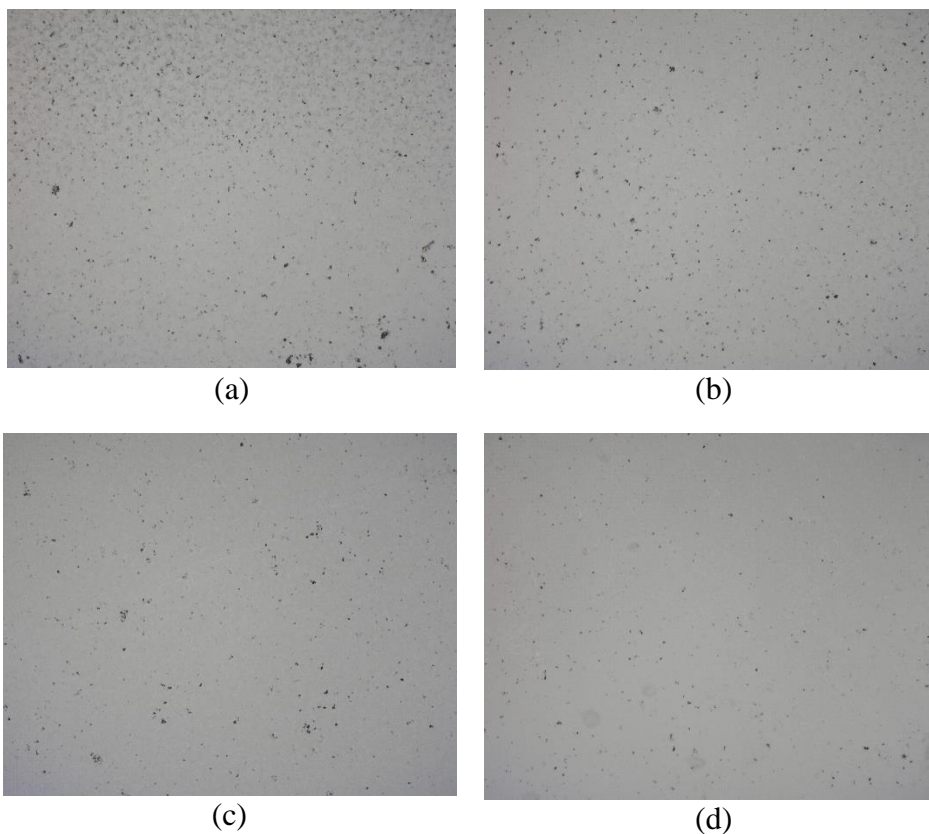
Gambar 26 merupakan hasil karakterisasi sampel yang disintesis tanpa dibantu oleh detergen menggunakan blanko sampel tanpa radiasi.

Puncak-puncak yang terdeteksi seperti terlihat pada Tabel 6. Berdasarkan Gambar 26 dan Tabel 6, puncak tertinggi muncul pada daerah rentang panjang gelombang 227 nm sampai 244 nm. Pada rentang panjang gelombang ini merupakan karakteristik dari material GO. Namun variasi waktu yang diberikan tidak menunjukkan perubahan absorbansi yang konsisten. Selain itu, nilai absorbansi relatif sangat kecil. Pada rentang panjang gelombang tersebut variasi waktu 1 jam memiliki absorbansi tertinggi, diikuti oleh variasi waktu 3 jam, dan 2 jam. Pada pengujian sampel ini spektrofotometer UV-Vis juga mendeteksi puncak pada rentang panjang gelombang 360,5 nm hingga 365 nm. Rentang panjang gelombang ini merupakan karakteristik dari material CQDs. Namun puncak absorbansi yang muncul masih sangat rendah, berbeda jauh dengan puncak CQDs pada sampel yang disintesis dengan dibantu oleh detergen. Begitu juga pada puncak GO, absorbansi yang muncul relatif sangat rendah dibandingkan hasil sintesis dengan dibantu oleh detergen. Artinya bahwa penggunaan sinar-X untuk mensintesis GO akan memberikan hasil yang lebih maksimal ketika dibantu oleh detergen daripada tanpa dibantu oleh detergen.

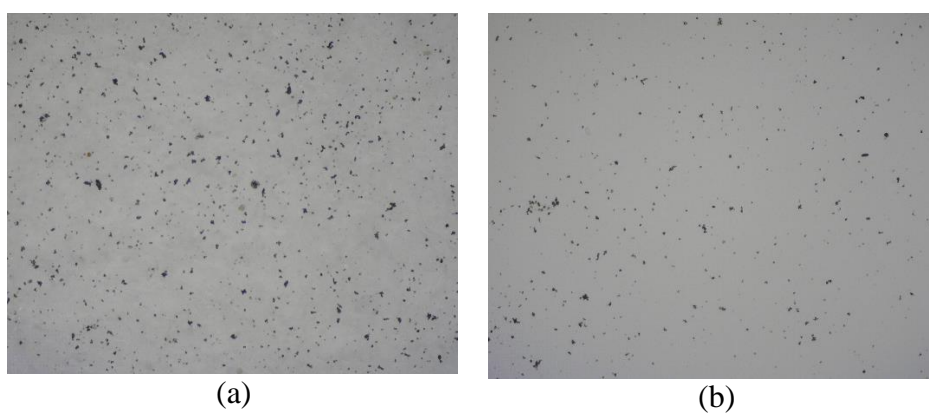
E. Hasil Karakterisasi Mikroskop Digital

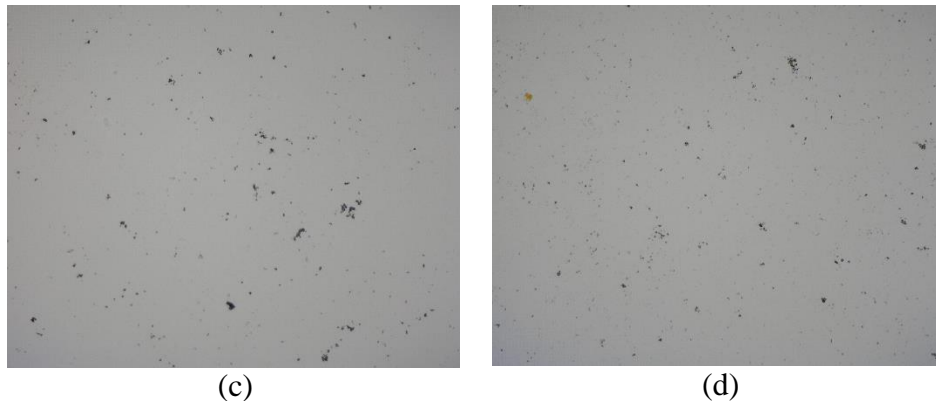
Karakterisasi material GO yang telah disintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X juga dilakukan dengan mikroskop digital. Karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan

dan bentuk partikel dari GO. Mikroskop digital yang digunakan adalah Dino-lite seri AM4515T5 dengan perbesaran ~500 kali.



Gambar 27. Hasil karakterisasi mikroskop digital material GO hasil sintesis yang dibantu oleh detergen dengan variasi waktu radiasi (a) 0 jam/tanpa radiasi (b) 1 jam (c) 2 jam (d) 3 jam.





Gambar 28. Hasil karakterisasi mikroskop digital material GO hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen dengan variasi waktu radiasi (a) 0 jam/tanpa radiasi (b) 1 jam (c) 2 jam (d) 3 jam.

Gambar 27 merupakan hasil karakterisasi menggunakan mikroskop digital untuk sampel-sampel yang disintesis dengan dibantu oleh detergen dan Gambar 28 tanpa dibantu oleh detergen. Pertambahan waktu radiasi memberikan pengaruh pada ukuran *graphite* yang masih dapat dilihat oleh mikroskop. Seiring bertambahnya waktu radiasi, ukuran *graphite* menjadi relatif lebih kecil. Selain itu, jarak antar *graphite-graphite* menjadi semakin menjauh. Jika dibandingkan antara Gambar 27 dan Gambar 28, pada Gambar 27 ukuran *graphite* mayoritas lebih kecil daripada Gambar 28. Hal ini disebabkan oleh penggunaan detergen yang mempermudah proses eksfoliasi bersama dengan radiasi sinar-X karena detergen mengikat lapisan-lapisan GO.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil karakterisasi UV-Vis, menunjukkan bahwa variasi waktu radiasi berpengaruh terhadap material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X dengan dibantu oleh detergen. Semakin lama waktu radiasi menyebabkan penurunan puncak absorbansi material GO. Penurunan puncak absorbansi menunjukkan bahwa semakin banyak GO yang tereksfoliasi sehingga menjadi semakin tipis. Selain itu, pada proses ini dihasilkan pula material CQDs. Material CQDs yang dihasilkan mengalami pergeseran panjang gelombang puncak absorbansi ke arah kanan (*redshift*) dari 349,5 nm pada variasi waktu 1 jam, 351 nm pada variasi waktu 2 jam, dan 356 nm pada variasi waktu 3 jam.
2. Berdasarkan hasil karakterisasi UV-Vis, menunjukkan bahwa variasi waktu radiasi berpengaruh terhadap material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X tanpa dibantu oleh detergen. Semakin lama waktu radiasi menyebabkan penurunan puncak absorbansi material GO. Namun material GO yang dihasilkan dari proses ini belum memberikan hasil eksfoliasi yang maksimal.

3. Karakteristik material GO hasil sintesis menggunakan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X yang dibantu oleh detergen memberikan hasil yang lebih baik daripada hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen.

B. Saran

Setelah terselesaikannya penelitian ini, terdapat saran yang perlu diperhatikan bagi penelitian selanjutnya. Beberapa saran tersebut adalah

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memvariasi waktu yang lebih banyak agar menghasilkan data yang lebih baik dan maksimal.
2. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memvariasi massa limbah karbon baterai agar diperoleh data yang lebih baik.
3. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan surfaktan asli agar diperoleh hasil yang lebih valid.
4. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan kombinasi metode LE dan radiasi sinar-X untuk mensintesis GO berbahan dasar karbon lainnya selain limbah baterai.

DAFTAR PUSTAKA

- Andhika, A. F., dkk. (2014). Penggunaan Karbon Batu Baterai sebagai Elektroda dalam Metode ARC Discharge untuk Pembuatan TiO₂ Termodifikasi Karbon. *Alchemy Jurnal Penelitian Kimia*, vol.10, 186-194.
- Budianto. (2015). Pengaruh Penambahan Nanopartikel Perak pada Setiap Sel Elemen Basah (ACCU) Terhadap Tegangan Keluaran Elemen Basah (ACCU). Dwandaru, W. S. B. 2012. Aplikasi Nanosains dalam Berbagai Bidang Kehidupan: Nanoteknologi. *Skripsi*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Farghali, M. A., et al. (2015). Graphene/Magnitude Nanocomposite for Potential Environment Application. *Int J Electrochem*, vol.10, 529-537.
- Fikri, A. A. (2016). Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan dan Waktu Ultrasonikasi terhadap Sintesis Material Graphene dengan Metode Liquid Sonification Exfoliation menggunakan Tweeter Ultrasonication Graphite Oxide Generator. *Skripsi*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Fricke, J. (2007). *The World of Batteries*. Hamburg: GRS Batterien.
- Geim, A. K. & Novoselov, K. S. (2007). The Rise of Graphene. *Nature Materials*, vol.6. 1-14.
- Hartati, Sri., dkk. (2011). The Digital Microscope and Its Image Processing Utility. *Telkomnika*, vol.9, 565-574.
- Henry, A., dkk. (2002). Analisis Spektrofotometri UV-Vis Pada Obat Influenza dengan menggunakan Aplikasi Sistem Persamaan Linier. Depok: Universitas Indonesia.
- http://www.dino-lite.com/products_detail.php?index_m1_id=9&index_m2_id=10&index_id=37, diakses tanggal 4 Mei 2017 pukul 20.20 WIB.
- http://www.microscope-shop.com.au/what_is_a_digital_microscope.html, diakses tanggal 4 Mei 2017 19.00 WIB
- <http://www.nanoinnova.com/uploads/features/7652871.pdf>, diakses tanggal 30 April 2017 pukul 19.45 WIB.
- <http://www.sciencedirect.com/>, diakses tanggal 28 April 2017 pukul 19.15 WIB.
- Junaidi, M., dan Susanti, D. (2014). Pengaruh Variasi Waktu Ultrasonikasi dan

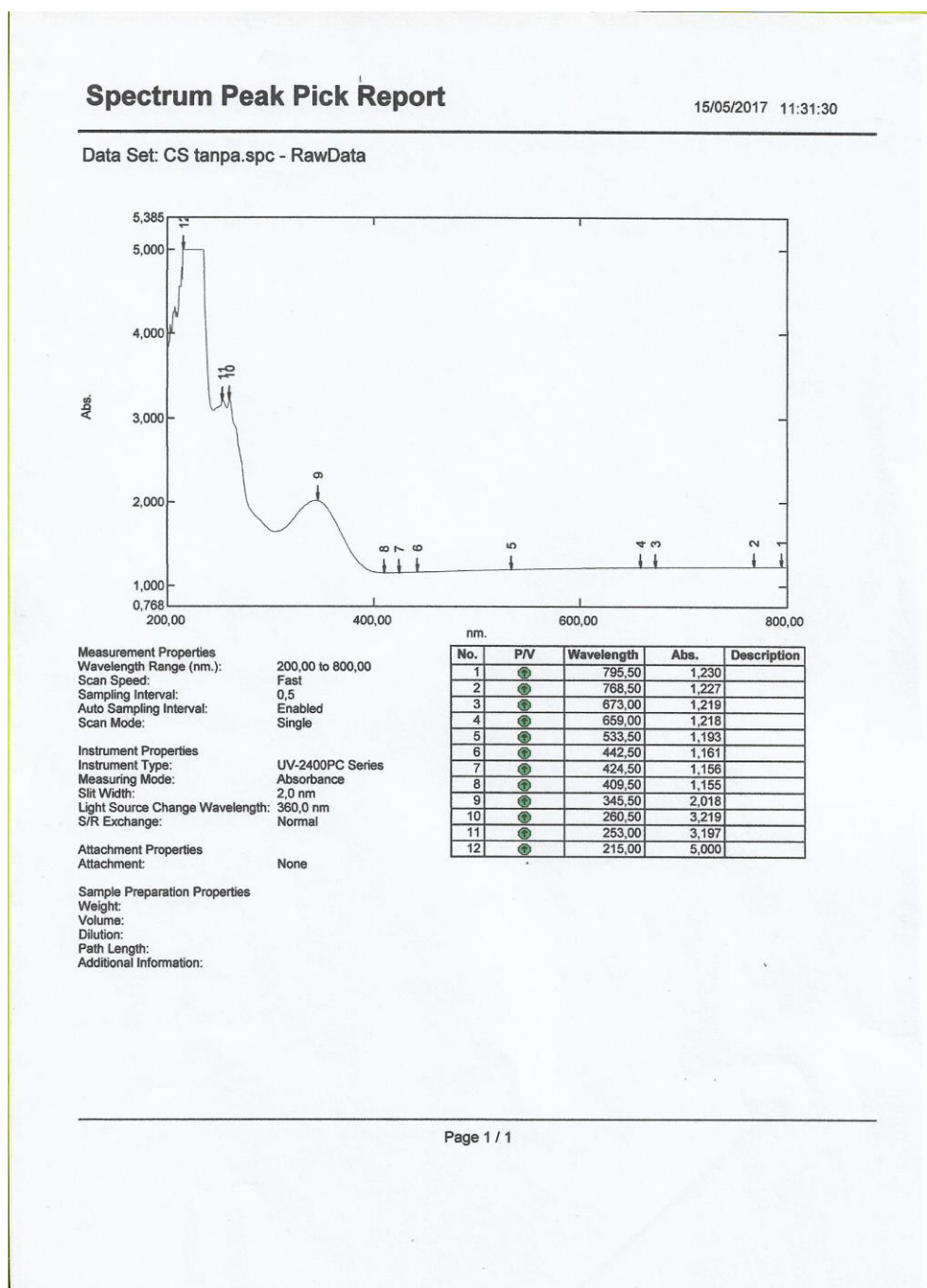
- Waktu Tahan Hydrothermal terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik Material Graphene. *Jurnal Teknik Pomits*, vol.3, 1-6.
- Kang, Y. F., et al. (2015). Carbon Quantum Dots for Zebrafish Fluorescence Imaging. *Scientific Report*.
- Katz, D. A. (2003). Batteries.
- Khakim, A. (2014). Pembuatan nanokarbon dari Limbah Baterai untuk Aplikasi Elektroda pada Superkapasitor. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- Khan, M. H. & Kurny, A. S. W. (2011). Recovery of Zinc from the Spent Zinc Carbon Dry Cell Batteries Through Pyrometallurgical Route. *Journal of Metals, Materials and Minerals*, Vol.21, 41-45.
- Krane, N. (2013). Preparation of Graphene Selected Topics in Physics of Nanoscale Carbon.
- Lai, Q., et al. (2012). Ultraviolet-Visible Spectroscopy of Graphene Oxide. *AIP Advances*, vol.2, 1-5.
- Li, J, et al. (2014). The Preparation of Graphene Oxide and Its Derivatives and Their Application in Bio-Tribological Systems. *Lubricants*, vol.2, 137-161.
- Linden, D. & Reddy, T. B. (Ed). (1995). *Handbook of Batteries*. New York: McGraw-Hill.
- Loryueyong, V., et al. (2013). Preparation and Characterization of Reduce Graphene Oxide Sheets via Water-Based Exfoliation and Reduction Methods. *Hindawi Publishing Corporation*, vol.13, 1-5.
- Mukti, W. K. (2012). Analisis Spektroskopi UV-Vis Penentuan Konsentrasi Permanganat (KmnO_4).
- Neldawati, dkk. (2013). Analisis Nilai Absorbansi dalam Penentuan Kadar Flavonoid untuk Berbagai Jenis Daun Tanaman Obat. *Pillar of Physics*. vol.2, 76-83.
- Noviarty & Anggraini, D. (2013). Analisis Neodimium menggunakan Metoda Spektrofotometri UV-Vis.
- Owen, T. (2000). *Fundamental of Modern UV-Visible Spectroscopy*. Berlin: Agilent Technologies.
- Peng, H., & Sejdic, J. T. (2009). Simple Aqueous Solution Route to Luminescent

- Carbogenic Dots from Carbohydrates. *Chemistry of Materials Communication*, vol.21, 5563-5565.
- Pinto, H., & Markevich, A. (2014). Electronic and Electrochemical Doping of Graphene by Surface Adsorbates. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, vol.6, 1842-1848.
- Pratiwi, P. D. (2016). Preparasi Nanomaterial Karbon Menggunakan Metode Liquid Mechanical Exfoliation Dibantu Oleh Linear Alkylbenzene Sulfonate dengan Variasi Waktu Pencampuran.
- Randviir, E. P., et al. (2014). A Decade of Graphene Research: Production, Applications and Outlook. *Materials Today*, vol.17.
- Rao, C. N. R., & Cheetam, A. K. (2006). *Nanomaterial Handbooks: Materials Science at The Nanoscale*. New York: CRC Press.
- Sugiarti, S. & Darmawan, N. (2015). Synthesis of Fluorescence Carbon Nanoparticles from Ascorbic Acid. *Indones J Chem*, vol.15, 141-145.
- Suparno. (2012). *Dinamika Partikel Koloid*. Yogyakarta: UNY Press.
- Suryanarayana, C. & Norton, M. G. (1998). *X-Ray Diffraction*. New York and London: Plenum Press.
- Suyatno. F. (2008). Aplikasi Radiasi Sinar-X di Bidang Kedokteran untuk Menunjang Kesehatan Masyarakat.
- Tai, L. H. T. & Rataj, V. N. (2001). Detergents. *Oleaginous, Body Fat, Lipids*. Vol.8, 141-164.
- Truong & Lee. (2013). Graphene From Fundamental to Future Application. South Korea: Chonbuk National University.
- Vita, E. (2015). Kajian Pengaruh Konsentrasi Urea Dalam Sifat Optik Nanofiber Graphene Oxide/PVA (Polyvinyl Alcohol) yang Difabrikasi Menggunakan Teknik Electrospinning. *Skripsi*. Universitas Gadjah Mada.
- Wang, P. & Hu, A. (2014). Carbon Quantum Dots: Synthesis, Properties and Applications. *The Royal Society of Chemistry*, vol.2, 6921-6939.
- Wang, S., dkk. (2014). The Effect of Surfactant and Their Concentrations On The Liquid-Exfoliation of Graphene. Cina: Beijing University.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Karakterisasi UV-Vis.

1. Sampel hasil sintesis dibantu oleh detergen tanpa radiasi sinar-X menggunakan blangko aquades.

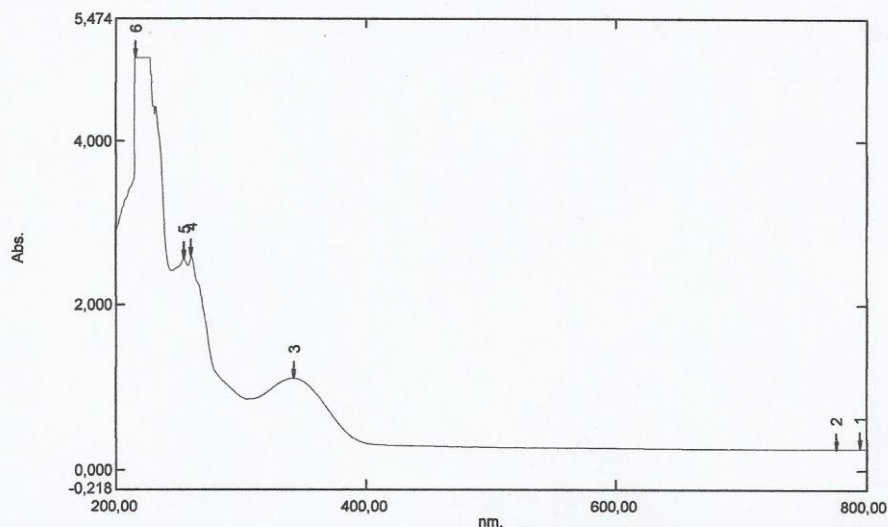


2. Sampel hasil sintesis dibantu oleh detergen dengan radiasi sinar-X 1 jam menggunakan blangko aquades.

Spectrum Peak Pick Report

15/05/2017 11:34:49

Data Set: CS 1-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

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:

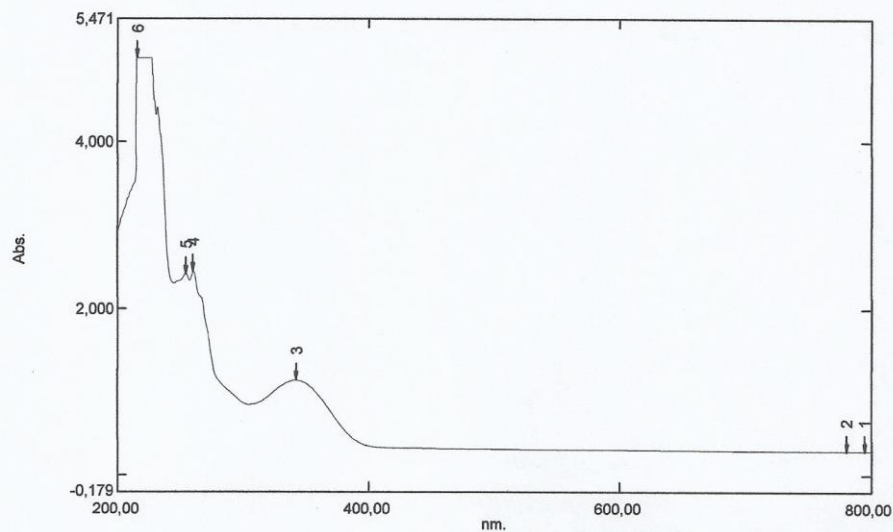
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	796,00	0,262	
2	●	776,50	0,260	
3	●	342,50	1,112	
4	●	260,50	2,587	
5	●	254,00	2,558	
6	●	215,00	5,000	

- Sampel hasil sintesis dibantu oleh detergen dengan radiasi sinar-X 2 jam menggunakan blangko aquades.

Spectrum Peak Pick Report

15/05/2017 11:36:59

Data Set: CS 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

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:

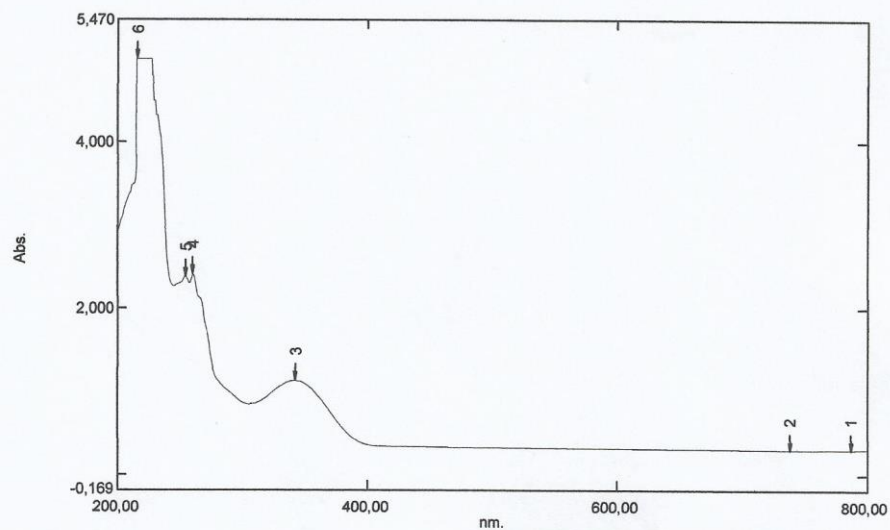
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	795,50	0,294	
2	●	781,00	0,293	
3	●	342,00	1,137	
4	●	260,50	2,447	
5	●	254,50	2,420	
6	●	215,00	5,000	

4. Sampel hasil sintesis dibantu oleh detergen dengan radiasi sinar-X 3 jam menggunakan blangko aquades.

Spectrum Peak Pick Report

15/05/2017 11:39:03

Data Set: CS 3 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

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:

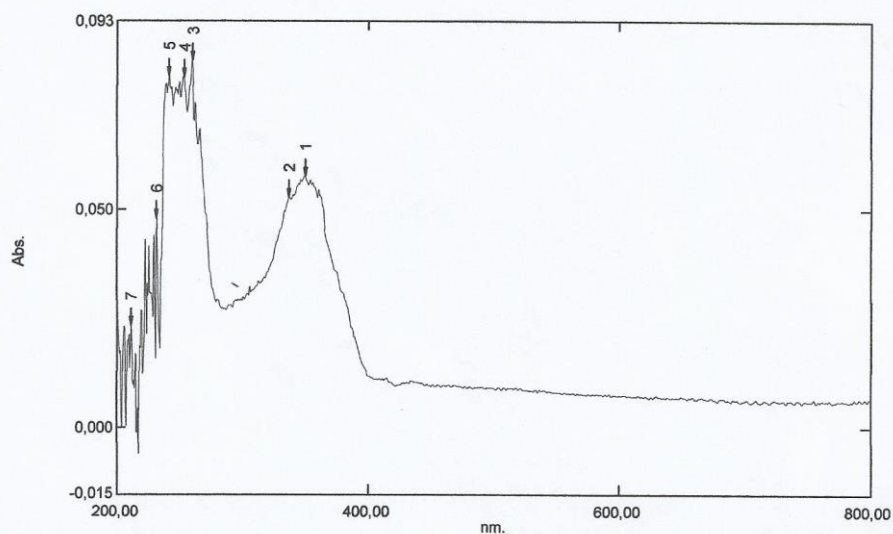
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	787,50	0,306	
2	●	739,00	0,303	
3	●	342,00	1,130	
4	●	260,50	2,409	
5	●	254,00	2,386	
6	●	215,00	5,000	

5. Sampel hasil sintesis dibantu oleh detergen dengan radiasi sinar-X 1 jam menggunakan blangko sampel tanpa radiasi.

Spectrum Peak Pick Report

01/01/2002 00:13:17

Data Set: CS 1jam.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

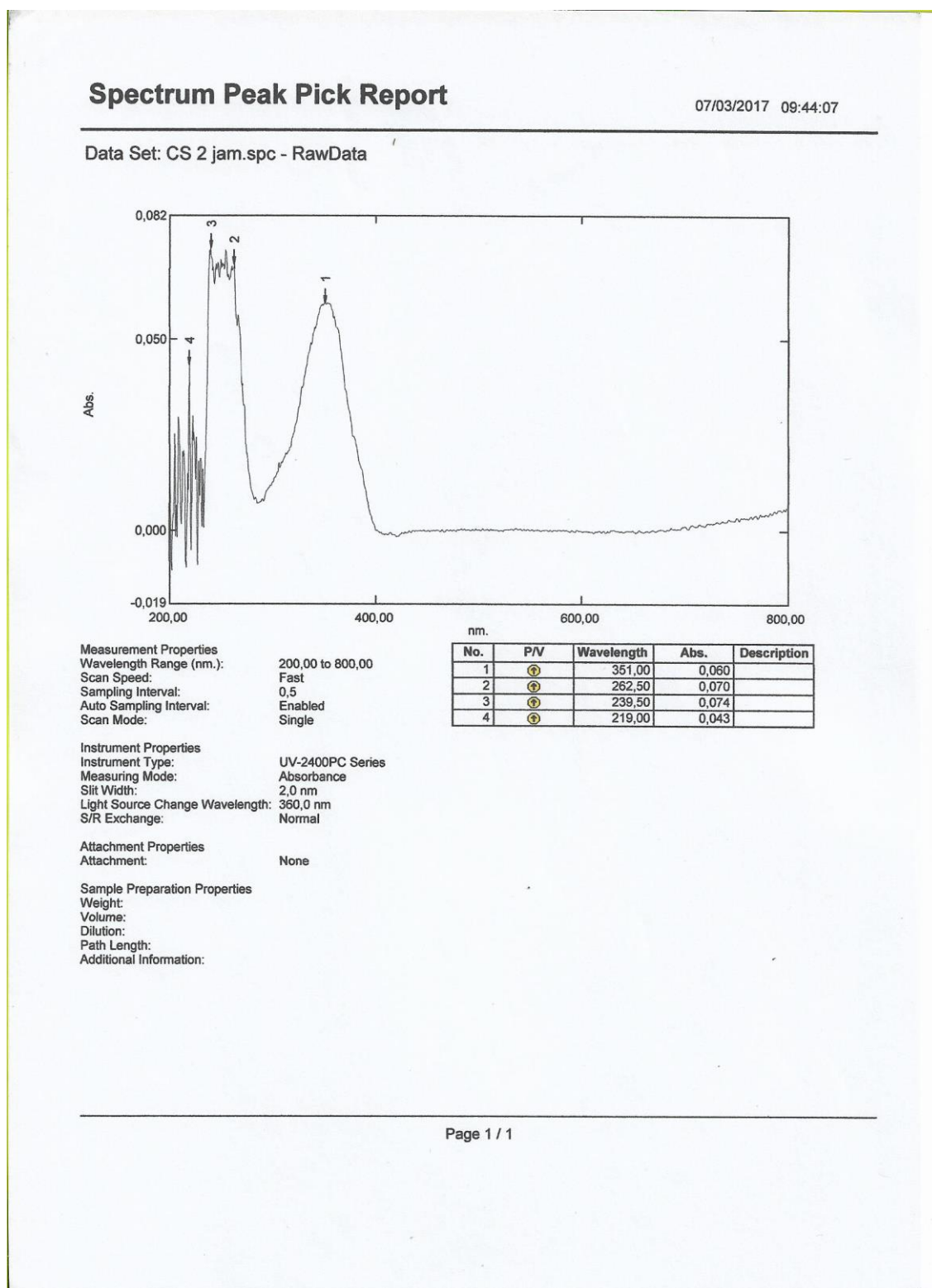
Instrument Properties
Instrument Type: UV-2400PC Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 2,0 nm
Light Source Change Wavelength: 360,0 nm
S/R Exchange: Normal

Attachment Properties
Attachment: None

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

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⊕	349,50	0,058	
2	⊕	336,50	0,053	
3	⊕	259,50	0,084	
4	⊕	253,00	0,081	
5	⊕	241,00	0,081	
6	⊕	231,50	0,048	
7	⊕	211,00	0,023	

6. Sampel hasil sintesis dibantu oleh detergen dengan radiasi sinar-X 2 jam menggunakan blangko sampel tanpa radiasi.

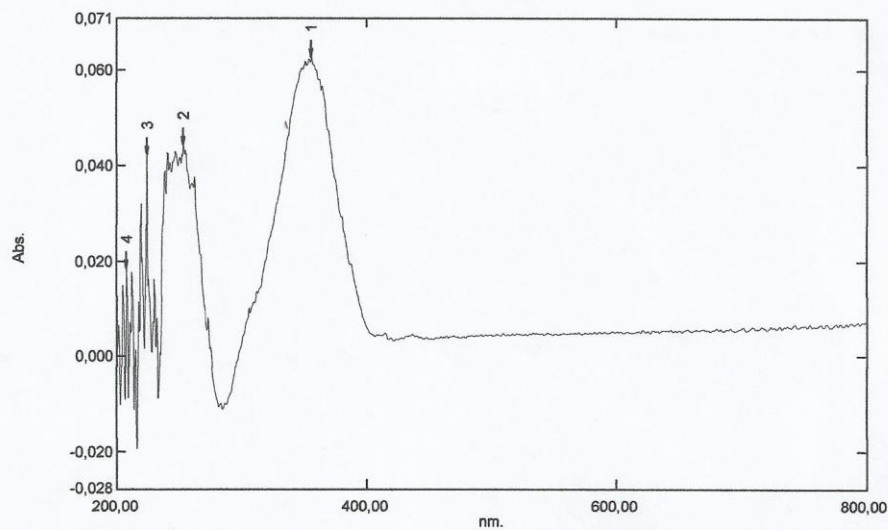


7. Sampel hasil sintesis dibantu oleh detergen dengan radiasi sinar-X 3 jam menggunakan blangko sampel tanpa radiasi.

Spectrum Peak Pick Report

07/03/2017 09:49:11

Data Set: CS 3.spc - RawData



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

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:

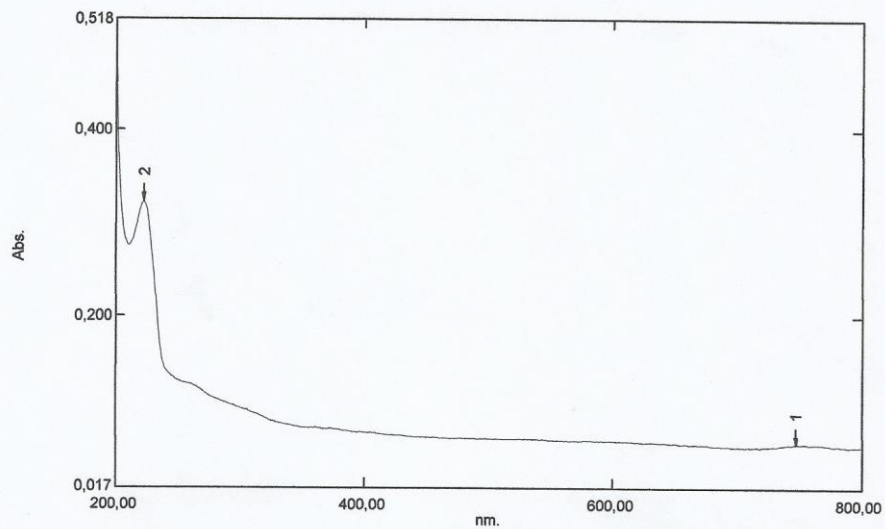
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⊕	356,00	0,063	
2	⊕	253,50	0,044	
3	⊕	224,00	0,042	
4	⊕	208,00	0,018	

8. Sampel hasil sintesis dibantu oleh detergen tanpa radiasi sinar-X menggunakan blangko aquades.

Spectrum Peak Pick Report

15/05/2017 11:07:32

Data Set: C tanpa.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:

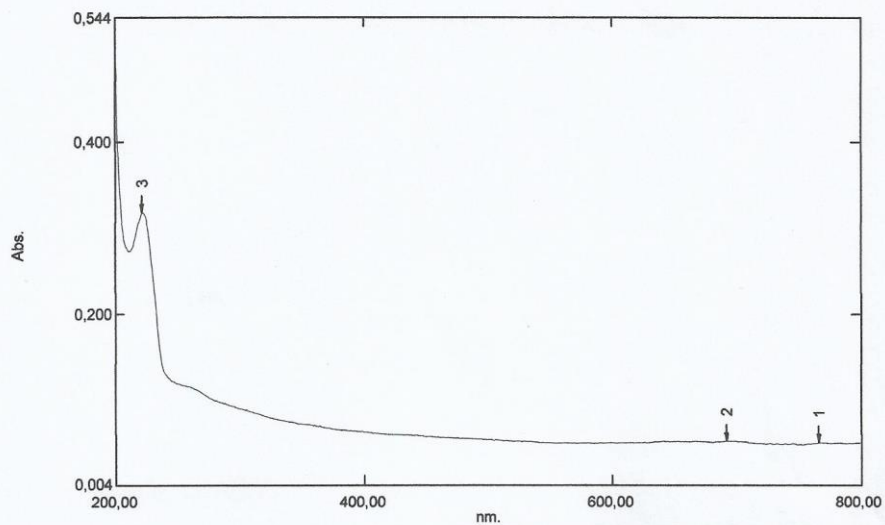
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	Ⓜ	748,00	0,064	
2	Ⓜ	222,00	0,322	

9. Sampel hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen dengan radiasi sinar-X 1 jam menggunakan blangko aquades.

Spectrum Peak Pick Report

15/05/2017 11:06:25

Data Set: C 1 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

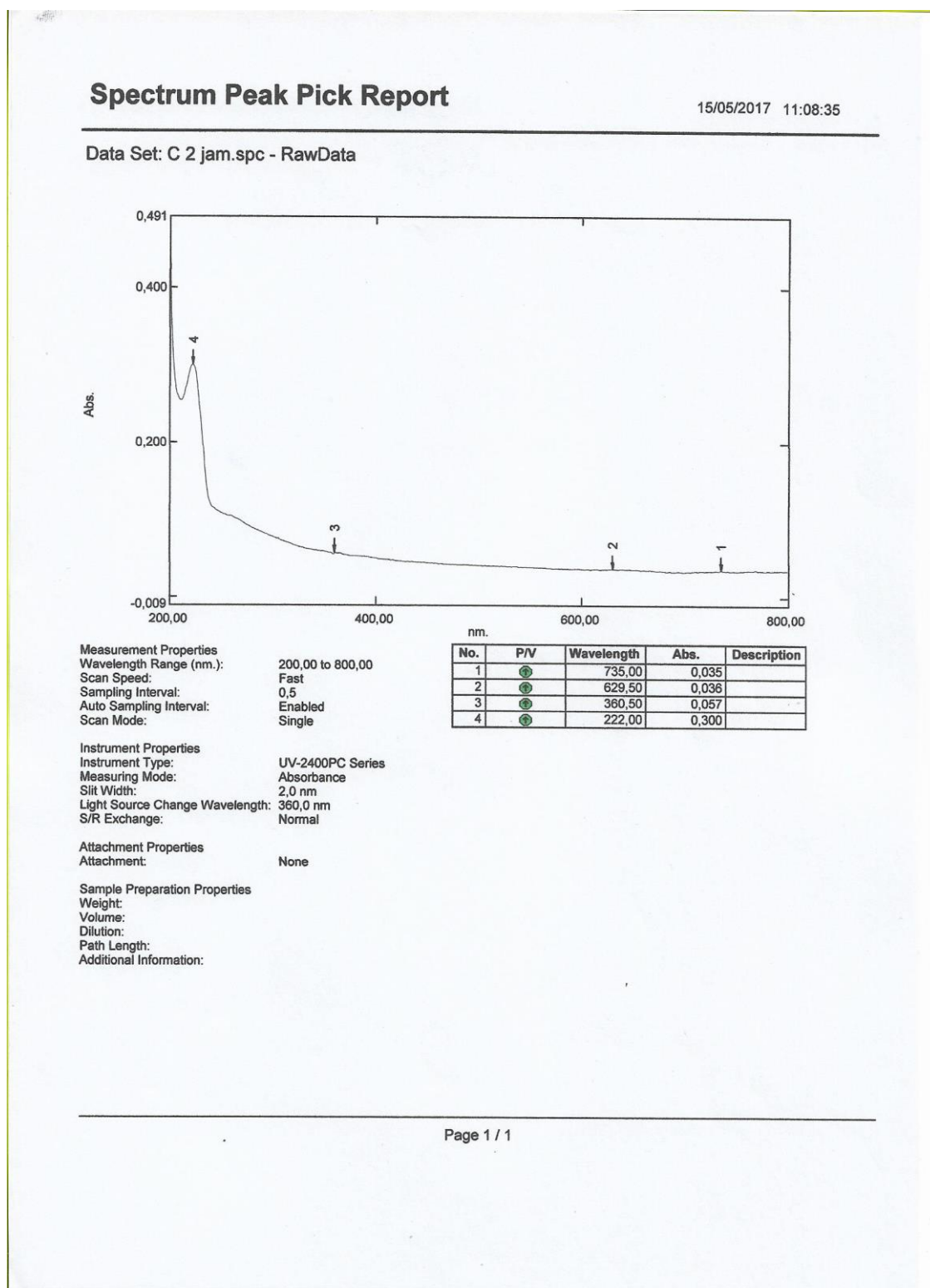
Instrument Properties
Instrument Type: UV-2400PC Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 2,0 nm
Light Source Change Wavelength: 360,0 nm
S/R Exchange: Normal

Attachment Properties
Attachment: None

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

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	766,50	0,052	
2	●	692,00	0,054	
3	●	221,50	0,318	

10. Sampel hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen dengan radiasi sinar-X 2 jam menggunakan blangko aquades.

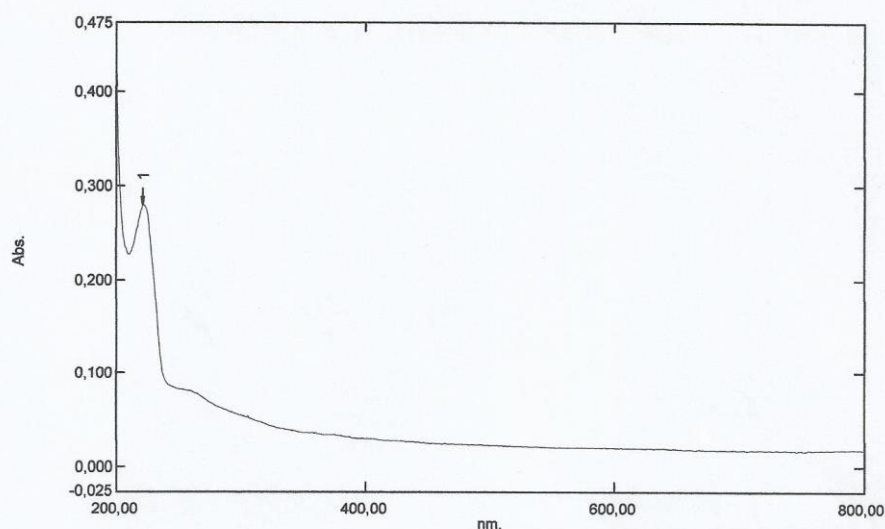


11. Sampel hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen dengan radiasi sinar-X 3 jam menggunakan blangko aquades.

Spectrum Peak Pick Report

15/05/2017 11:10:51

Data Set: C 3 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

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

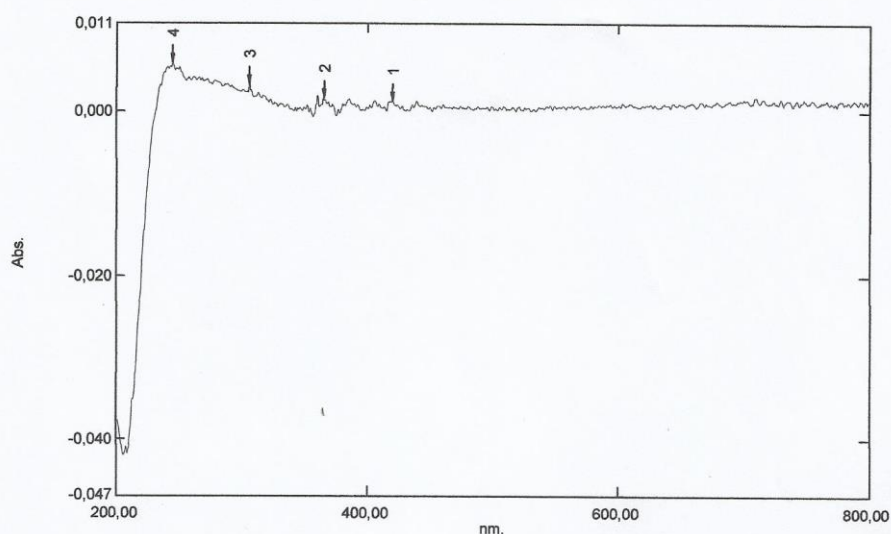
Sample Preparation Properties
Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

12. Sampel hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen dengan radiasi sinar-X 1 jam menggunakan blangko sampel tanpa radiasi.

Spectrum Peak Pick Report

08/03/2017 14:20:16

Data Set: C 1 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

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:

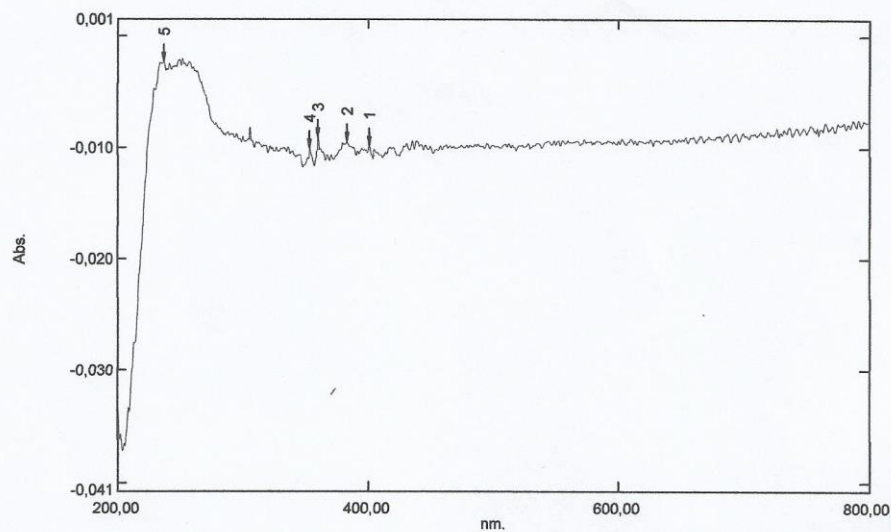
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⊕	420,00	0,001	
2	⊕	365,00	0,002	
3	⊕	306,00	0,004	
4	⊕	244,50	0,006	

13. Sampel hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen dengan radiasi sinar-X 2 jam menggunakan blangko sampel tanpa radiasi.

Spectrum Peak Pick Report

08/03/2017 14:22:37

Data Set: C 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

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:

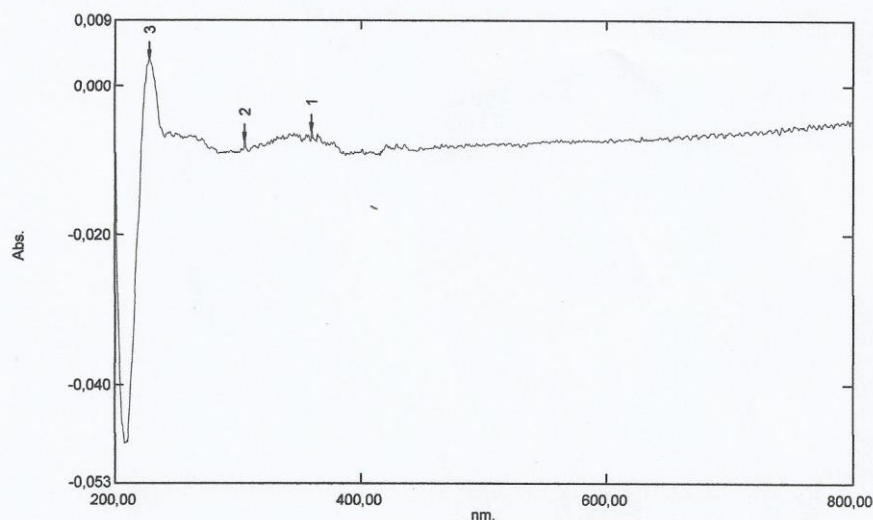
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	Ⓟ	401,00	-0,010	
2	Ⓟ	383,00	-0,009	
3	Ⓟ	360,50	-0,009	
4	Ⓟ	353,50	-0,010	
5	Ⓟ	236,50	-0,002	

14. Sampel hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen dengan radiasi sinar-X 3 jam menggunakan blangko sampel tanpa radiasi.

Spectrum Peak Pick Report

08/03/2017 14:24:48

Data Set: C 3 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	⊕	360,50	-0,006	
2	⊕	306,00	-0,007	
3	⊕	227,50	0,004	

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

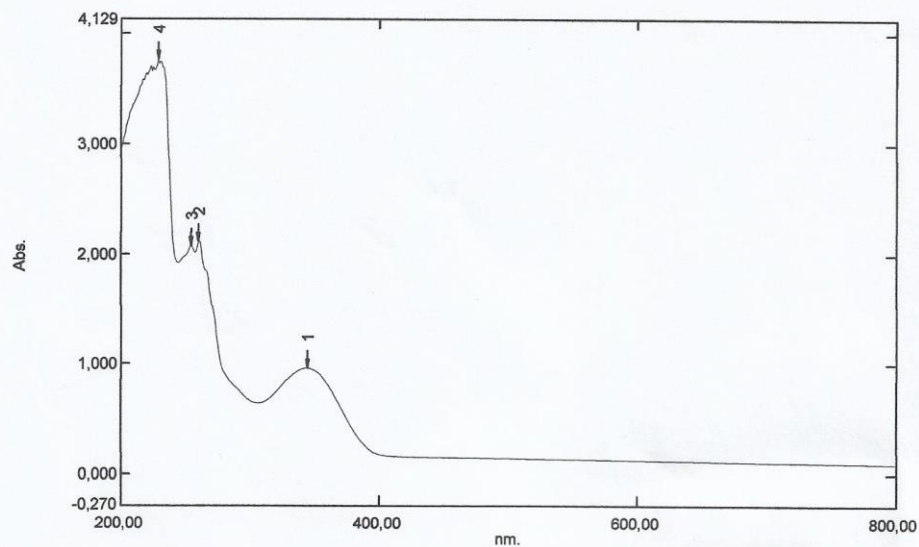
Sample Preparation Properties
Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

15. Sampel detergen tanpa radiasi sinar-X menggunakan blangko aquades.

Spectrum Peak Pick Report

17/05/2017 10:30:13

Data Set: S tnp.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:

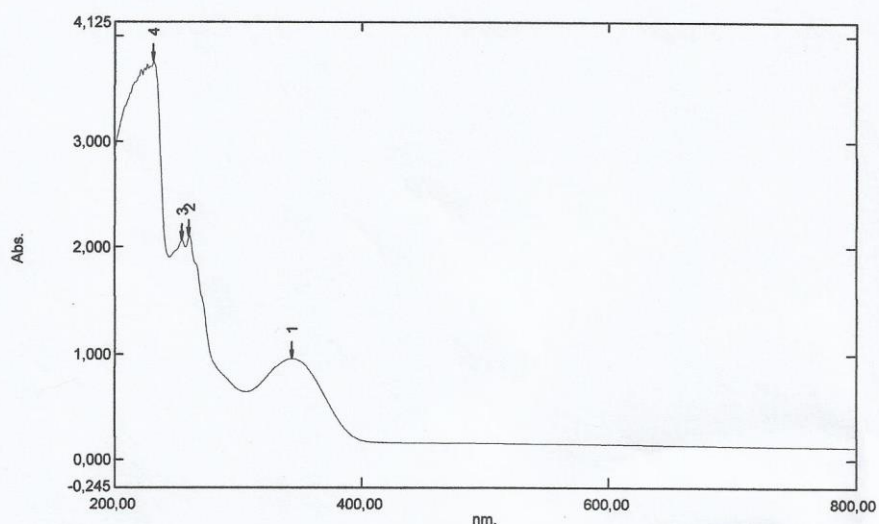
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	344,00	0,965	
2	●	260,50	2,118	
3	●	254,50	2,076	
4	●	228,50	3,763	

16. Sampel detergen dengan radiasi sinar-X 1 jam menggunakan blangko aquades.

Spectrum Peak Pick Report

17/05/2017 10:32:44

Data Set: S Sinar.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	●	343,50	0,956	
2	●	260,50	2,111	
3	●	254,50	2,068	
4	●	231,50	3,761	

Lampiran 2. Hasil Karakterisasi Mikroskop Digital.

1. Sampel hasil sintesis dibantu oleh detergen tanpa radiasi sinar-X.



2. Sampel hasil sintesis dibantu oleh detergen dengan radiasi sinar-X 1 jam.



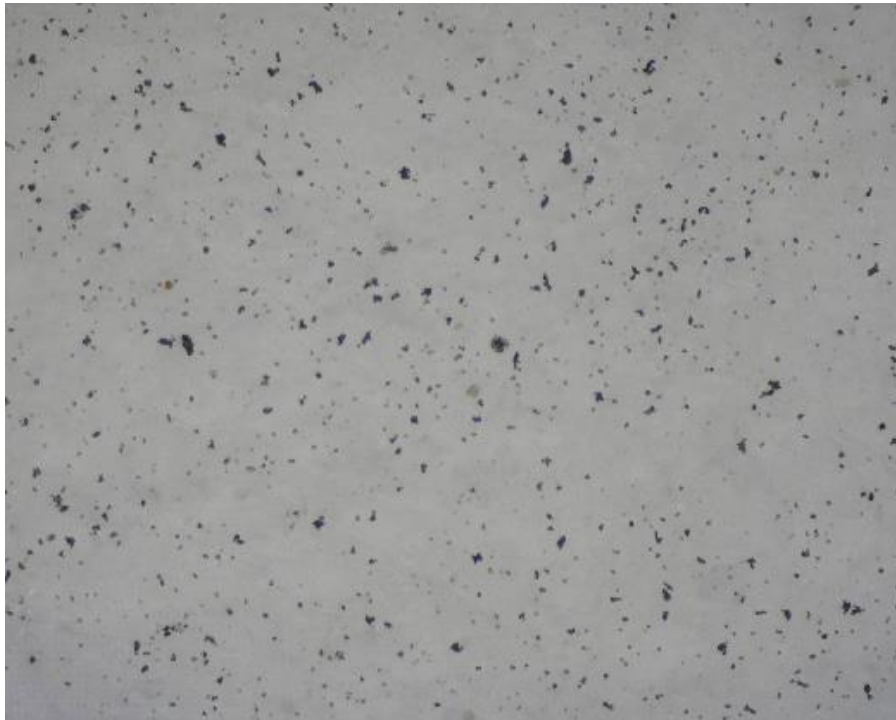
3. Sampel hasil sintesis dibantu oleh detergen dengan radiasi sinar-X 2 jam.



4. Sampel hasil sintesis dibantu oleh detergen dengan radiasi sinar-X 3 jam.



5. Sampel hasil sintesis tanpa dibantu oleh detergen dan tanpa radiasi sinar-X 1 jam.



6. Sampel hasil sintesis tanpa oleh detergen dengan radiasi sinar-X 1 jam.



7. Sampel hasil sintesis tanpa oleh detergen dengan radiasi sinar-X 2 jam.



8. Sampel hasil sintesis tanpa oleh detergen dengan radiasi sinar-X 3 jam.



Lampiran 3. Dokumentasi Proses Pengambilan Data.

