

**SINTESIS *GRAPHENE OXIDE* DAN *CARBON NANODOTS* BERBAHAN
DASAR LIMBAH DAUN PISANG KERING DENGAN METODE *LIQUID
SONICATION EXFOLIATION* DAN PEMANASAN OVEN**

SKRIPSI

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



**Disusun oleh
SARTINI
15306141017**

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

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

**SINTESIS GRAPHENE OXIDE DAN CARBON NANODOTS BERBAHAN
DASAR LIMBAH DAUN PISANG KERING DENGAN METODE LIQUID
SONICATION EXFOLIATION DAN PEMANASAN OVEN**

Disusun oleh

Sartini

15306141017

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

Yogyakarta, 12 Februari 2019

Mengetahui,
Ketua Program Studi,


Drs. Nur Kadarisman, M.Si.
NIP. 19640205199101 1 001

Disetujui,
Dosen Pembimbing,


Wipar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D.
NIP. 19800129200501 100 3

HALAMAN PENGESAHAN

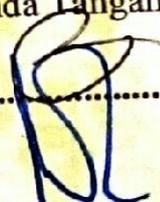
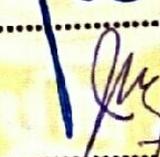
Tugas Akhir Skripsi

**SINTESIS GRAPHENE OXIDE DAN CARBON NANODOTS BERBAHAN
DASAR LIMBAH DAUN PISANG KERING DENGAN METODE LIQUID
SONICATION EXFOLIATION DAN PEMANASAN OVEN**

Disusun oleh
Sartini
NIM. 15306141017

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi
Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Pada tanggal 28 Maret 2019

TIM PENGUJI

Nama/Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
W. S. Brams D., M.Sc., Ph.D. Ketua Penguji		07-05-2019
Dr. Restu Widiyatmono, M.Si. Penguji I		06-05-2019
Sumarna, M.Si, M.Eng. Penguji II		07-05-2019

Yogyakarta, 8 Mei 2019
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Dekan,



Dr. Hartono
NIP. 196203291987021002

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sartini

NIM : 15306141017

Program Studi : Fisika

Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi *Graphene Oxide*, *Carbon Nanodots*, dan *Graphene Oxide/Carbon Nanodots* Berbahan Dasar Limbah Daun Pisang Kering dengan Metode Kombinasi Oven dan Sonikasi

menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya ataupun pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Yogyakarta, 04 Maret 2019

Yang menyatakan,



Sartini

NIM.15306141017

MOTTO

"Ilmu itu lebih baik daripada harta. Ilmu akan menjaga engkau dan engkau menjaga harta. Ilmu itu penghukum (hakim) sedangkan harta terhukum. Harta akan berkurang jika dibelanjakan, namu ilmu malah bertambah jika diinfakkan".

(Sayidina Ali bin Abi Thalib)

"Tidak ada yang lebih utama di sisi Allah daripada doa".

(HR Ahmad)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya tulis ini saya persembahkan untuk kedua orang tua dan sahabat-sahabatku yang selalu memberikan dukungan dan doa sehingga saya terus semangat dalam menyelesaikan karya ini. Terima kasih dan semoga karya ini dapat memberikan kebermanfaatan.

Sintesis *Graphene Oxide* dan *Carbon Nanodots* Berbahan Dasar Limbah Daun Pisang Kering dengan Metode *Liquid Sonication Exfoliation* dan Pemanasan Oven

Oleh
Sartini
15306141017

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh sintesis larutan GO dan C-dots berbahan dasar limbah daun pisang kering. Hasil sintesis larutan GO dan C-dots juga dicampurkan untuk menghasilkan kombinasi campuran GO/C-dots dengan perbandingan tertentu. Pencampuran ini untuk mengetahui karakteristik bahan hasil pencampuran larutan GO dan C-dots. Sintesis larutan GO dilakukan dengan metode LSE (*Liquid Sonication Exfoliation*). Serbuk daun pisang kering dicampurkan dengan aquades dan larutan deterjen kemudian disonikasi dengan frekuensi 35k Hz sehingga larutan akan tereksfoliasi dan menghasilkan lembaran GO. Sintesis larutan C-dots diperoleh dengan metode pemanasan. Pemanasan dilakukan menggunakan oven melalui dua fase pemanasan. Hasil dari pemanasan oven berupa bubuk karbon yang kemudian dicampurkan dengan pelarut aquades untuk mendapatkan larutan C-dots. Hasil larutan sintesis GO dan C-dots dicampurkan untuk membuat campuran GO/C-dots dengan perbandingan 1 : 2, 2 : 1, 1 : 1, 1 : 5, dan 5 : 1.

Hasil uji sampel GO dengan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan dua puncak absorbansi pada panjang gelombang 227,5 nm dan 260 nm, sedangkan untuk larutan C-dots menghasilkan puncak absorbansi pada panjang gelombang 216 nm. Hasil karakterisasi GO dan C-dots dengan FTIR menghasilkan gugus fungsi yang sama yaitu O – H, C – O, dan C = C. Hasil karakterisasi GO dan C-dots dengan PL menghasilkan satu puncak emisi pada panjang gelombang 499 nm dengan pendaran warna hijau. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan morfologi permukaan GO dan C-dots yang diperoleh terdiri dari banyak partikel dengan bentuk tidak teratur dan dapat diamati bahwa partikel-partikelnya cenderung menggabung dengan persebaran yang merata. Berdasarkan hasil karakterisasi tersebut dapat disimpulkan bahwa larutan GO dengan metode LSE dan larutan C-dots dengan metode pemanasan oven telah berhasil dibuat. Hasil pencampuran dari larutan GO dan C-dots berdasarkan uji UV-Vis, FTIR, PL, dan SEM menunjukkan terbentuknya nanomaterial rGO. Hasil pencampuran larutan GO dan C-dots menjadikan C-dots sebagai agen pereduksi GO. Sehingga, C-dots menyebabkan lapisan-lapisan GO terkelupas membentuk rGO.

Kata kunci : GO, C-dots, pemanasan oven, LSE, UV-Vis, FTIR, PL, dan SEM

Synthesis of Graphene Oxide and Carbon Nanodots Made from Dry Banana Leaf Waste with Liquid Sonication Exfoliation Method and Oven Heating

Oleh
Sartini
15306141017

ABSTRACT

This research aims to obtain the synthesis of GO and C-dots solutions made from dried banana leaf waste. The synthesis of GO and C-dots is also mixed to produce a mixture of GO / C-dots with a certain ratio. This mixing is to know the characteristic potential of the mixture of GO and C-dots. This research began with making GO solutions and C-dots solutions. GO solution is synthesis by the LSE (Liquid Sonication Exfoliation) method. Dried banana leaf powder mixed with distilled water and detergent solution and then sonication with a frequency of 35 kHz so that the solution will be exfoliated and produce GO sheet. synthesis of C-dots solution by heating method. In the heating method, the oven is used and two heating phases are used. The results of oven heating are carbon powder which is then mixed with distilled water solvent to obtain a C-dots solution. The results of the GO and C-dots synthesis solution are mixed to make a mixture of GO / C-dots with a ratio of 1: 2, 2: 1, 1: 1, 1: 5, and 5: 1.

The results of the GO sample test with a UV-Vis spectrophotometer showed two absorbance peaks at a wavelength of 227.5 nm and 260 nm. Whereas for C-dots solution produces absorbance peaks at wavelength 216 nm. The results of GO and C-dots characterization with FTIR produce the same functional groups namely O - H, C - O, and C = C. The results of GO characterization and C-dots with PL produce one emission peak at 499 nm with green luminescence . The results of SEM characterization showed that the surface morphology of GO and C-dots obtained consisted of many particles with irregular shapes and it could be observed that the particles tended to combine with even distribution. Based on the results of the characterization it can be concluded that the GO solution with the LSE method and C-dots solution by oven heating method was successfully made. The mixture of GO and C-dots solution based on UV-Vis, FTIR, PL, and SEM tests showed the formation of rGO nanomaterials. The results of mixing GO and C-dots solutions make C-dots as GO reducing agents.. Thus, C-dots cause GO layers to peel to form rGO.

Keywords: *GO, C-dots, oven heating, LSE, UV-Vis, FTIR, PL, and SEM*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya. Tidak ada daya dan upaya melainkan atas segala kehendaknya sehingga sampai hari ini penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "**Sintesis *Graphene Oxide* dan *Carbon Nanodots* Berbahan Dasar Limbah Daun Pisang Kering dengan Metode *Liquid Sonication Exfoliation* dan Pemanasan Oven**".

Terselesaikannya penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan serta bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih 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. Wipar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis selama penelitian berlangsung hingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Suparno, M.App.S.,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 laboran lab fisika koloid yang telah membantu dalam pengadaan alat penelitian.
8. Kedua orang tua, Ayah Wagiran, Ibu Sri Muryani, dan Adik-adikku Aji Gunawan dan Lambang Setiawan atas segala cinta, kasih sayang, dan doa sepanjang perjuangan.
9. Teman-teman seperjuangan fisika b 2015 yang dengan penuh kekompakan memberikan dukungan moral.

10. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Yogyakarta, 04 Maret 2019

Penulis,

Sartini

NIM. 15306141017

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	8
A. <i>Graphene</i>	8
B. <i>Graphene Oxide (GO)</i>	9
C. <i>Carbon Nanodots (C-dots)</i>	11
D. Metode sintesis GO.....	12
E. Metode sintesis C-dots.....	14
F. Tanaman Pisang	15
G. Surfaktan	17
H. Ultrasonikasi/Sonikasi.....	18
I. Spektrofotometer UV-Vis	20
J. Spektrofotometer FTIR	25
K. Spektrofotometer <i>Photoluminescence (PL)</i>	27
L. Spektrofotometer <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	29
M. Kerangka berpikir	33

BAB III METODE PENELITIAN	35
A. Tempat dan Waktu Penelitian	35
B. Variabel Penelitian	35
C. Jenis penelitian	36
D. Alat dan Bahan	36
E. Langkah Penelitian	38
F. Diagram Alur Penelitian	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
A. Hasil sintesis GO dan C-dots	44
B. Hasil karakterisasi GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots	47
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	60
A. Simpulan	60
B. Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	66

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Daun pisang kering	2
Gambar 2. Struktur <i>graphene</i>	8
Gambar 3. Struktur GO.....	9
Gambar 4. Tanaman Pisang	17
Gambar 5. Instrumen spektrofotometer UV- Vis	22
Gambar 6. Spektrum absorbansi UV-Vis dengan metode rGO	22
Gambar 7. Spektrum absorpsi UV-Vis dengan metode LE.....	23
Gambar 8. Spektrum absorpsi UV-Vis dengan metode LE dan elektrolisis	24
Gambar 9. Spektrum absorpsi UV-Vis C-dots	25
Gambar 10. Skematik prinsip kerja spektrofotometer FTIR	27
Gambar 11. Proses Luminesensi	28
Gambar 12. Interaksi <i>specimen</i> yang dikenai berkas elektron pada SEM.	30
Gambar 13. Skema dasar SEM	32
Gambar 14. Morfologi dari material <i>graphite</i> sebelum disintesis.....	32
Gambar 15. Hasil uji SEM terhadap sintesis material <i>graphene</i> menggunakan metode elektrolisis	33
Gambar 16. Daun pisang kering (a) potongan daun pisang kering dan (b) serbuk daun pisang kering yang sudah di oven	39
Gambar 17. Sonikasi GO	40
Gambar 18. Serbuk daun pisang yang sudah di oven	40
Gambar 19. Bagan diagram alur penelitian	43
Gambar 20. Perbandingan larutan sebelum dan sesudah perlakuan sonikasi (a) larutan GO sebelum di sonikasi dan (b) larutan sesudah disonikasi dan dipisahkan dari endapan serbuk daun pisang	44
Gambar 21. Hasil sintesis C-dots	43
Gambar 22. Campuran GO/C-dots (a) 1:1, (b) 2 : 1, (c) 1 : 2, (d) 5 : 1, dan (e) 1: 5	46
Gambar 23. Pendaran dari sampel (a) GO, (b) C-dots, dan perbandingan GO/C-dots (c) 1 : 2, (d) 2 : 1, (e) 1 : 1, (f) 1 : 5, dan (g) 5 : 1	47
Gambar 24. Hasil karakterisasi GO dan C-dots menggunakan UV-Vis	48
Gambar 25. Hasil karakterisasi perbandingan GO/C-dots menggunakan UV-Vis (a) 1 : 2, 2 : 1, 1 : 1, dan 1 : 5 dan (b) 1 : 5	49
Gambar 26. Ilustrasi dari pencampuran GO dengan C-dots	50
Gambar 27. Hasil karakterisasi GO, C-dots, dan GO/C-dots dengan FTIR	51
Gambar 28. Hasil karakterisasi menggunakan PL pada sampel (a) GO dan C-dots dan (b)perbandingan GO/C-dots	54

Gambar 29. Hasil karakterisasi SEM (a) sampel GO dengan perbesaran 5000x, (b) sampel GO dengan perbesaran 20000x, (c) sampel C-dots dengan perbesaran 5000x, (d) sampel C-dots dengan perbesaran 20000x, (e) sampel GO/C-dots dengan perbesaran 5000x, dan (f) sampel GO/C- dots dengan perbesaran 20000x	56
Gambar 30. Hasil pengolahan gambar SEM menggunakan ImageJ (a) GO, (b) C-dots, dan (c) GO/C-dots	58

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Korelasi bilangan gelombang dengan jenis ikatan	26
Tabel 2. Hasil karakterisasi GO, C-dots, dan GO/C-dots dengan FTIR	53
Tabel 3. Hasil karakterisasi sampel dengan PL	55

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Dokumentasi alat dan bahan	68
Lampiran 2. Hasil karakterisasi GO dan C-dots dengan UV-Vis	69
Lampiran 3. Hasil karakterisasi GO, C-dots, dan GO/C-dots dengan FTIR	73
Lampiran 4. Hasil karakterisasi SEM C-dots, GO, dan campuran GO/C-dots ...	76

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanaman pisang merupakan salah satu jenis tanaman yang hidup pada daerah tropis. Di Indonesia tanaman pisang tersebar luas hampir di seluruh wilayahnya. Tanaman pisang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat secara luas untuk memenuhi kebutuhan hidup, mulai dari buah, daun, pelepah, batang, hingga akar tanamannya. Secara tradisional daun pisang yang masih berwarna hijau banyak digunakan sebagai pembungkus makanan dan pemberi rasa dalam pengolahan bahan pangan (Mohapatra, *et al*, 2010). Pada penelitian yang dilakukan oleh Sahaa, *et al* (2013) diketahui bahwa daun pisang berpotensi digunakan dalam bidang medis karena diketahui adanya aktivitas antimikroba dan antioksidan. Sahaa, *et al* (2013) juga menjelaskan bahwa ekstrak daun pisang mengandung asam galat yang merupakan tipe dari *katekin*. *Katekin* termasuk dalam golongan polifenol dan merupakan salah satu senyawa sumber penghasil aroma. Selain itu daun pisang yang sudah kering memiliki kandungan selulosa dan polifenol (Chu, *et al*, 1993). Diketahui selulosa ini dapat diuraikan menjadi karbon (Adinata, 2013), sehingga daun pisang kering memiliki potensi sebagai bahan GO dan C-dots.



Gambar 1. Daun pisang kering

Graphene oxide (GO) dan *carbon nanodots* (C-dots) merupakan dua produk nanoteknologi yang memiliki banyak keunggulan yang sampai saat ini masih dan terus dikembangkan dalam berbagai penelitian. *Graphene* merupakan material yang disusun oleh atom karbon yang membentuk struktur kisi atom segienam seperti sarang lebah (Efelina, 2015). *Graphene* memiliki sifat-sifat yang luar biasa. Sifat-sifat tersebut diantaranya adalah mobilitas elektron yang tinggi mencapai $200.000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, konduktivitas listrik yang tinggi ($0,96 \times 10^6 \text{ }^{-1}$), konduktivitas termal yang tinggi (5000W/mK), transparansi optik yang baik ($97,7\%$), serta memiliki kekuatan tarik 200 kali lebih keras dari baja dan 20 kali lebih keras dari berlian. Satu lembar *graphene* dengan luas 1 cm^2 beratnya hanya 0,77 miligram. Karena sangat tipis lapisan *graphene* ini merupakan salah satu contoh dari material berdimensi dua (Naufal, *et al*, 2013).

Graphene oxide (GO) merupakan senyawa turunan dari *graphene* yang memiliki karakteristik dan struktur serupa dengan *graphene*. Bedanya pada

struktur GO yang terbentuk tidak hanya mengandung karbon tetapi juga oksigen dan hidrogen (Ma, *et al*, 2011). GO telah dikaji pemanfaatannya dalam berbagai bidang seperti elektroda transparan untuk LED dan alat sel surya (Bo, *et al*, 2014), sebagai media distribusi obat kanker sebagai, sumber larutan air, dan larutan serum dari obat (Sun, *et al*, 2008). GO juga diterapkan pada cat ramah lingkungan yang memanfaatkan konduktivitas super dari GO sehingga mampu memperlambat konduksi panas melalui dinding (Ramadhiani, 2017).

Carbon nanodots (C-dots) merupakan salah satu nanomaterial karbon yang berukuran dibawah ~10 nm, berstruktur amorf serta berbentuk bola. C-dots memiliki kerangka karbon sp^2 dan permukaannya dilapisi dengan kelompok yang mengandung oksigen, polimer, atau spesies lainnya (Bao, *et al*, 2015). C-dots memiliki beberapa kelebihan yaitu toksisitas rendah (Li, *et al*, 2012) dan sifat fotoluminesensi yang kuat (Soni dan Maria, 2016). Penerapan untuk C-dots diantaranya *white LED* (Wang, *et al*, 2011), *bioimaging* (Li, *et al*, 2014), *biolabelling and imaging* (Wang, *et al*, 2011), dan *metal-ion sensing* (LiQin, *et al*, 2011).

Pada penelitian ini GO disintesis dengan metode *liquid sonication exfoliation* (LSE). Metode ini merupakan metode sintesis GO dalam fase cair menggunakan gelombang ultrasonik untuk mengupas (*peeling*), mengikis atau memecah permukaan grafit menjadi lembaran-lembaran grafena (Aisyah, 2016). Metode ini dipilih karena caranya yang mudah, murah, dan efisien namun dapat menghasilkan lembaran GO dengan kualitas yang baik (Wang,

et al, 2014). Sedangkan untuk C-dots disintesis dengan metode pemanasan sederhana menggunakan oven. Hal ini dengan memanfaatkan perpindahan panas secara konveksi (Saputra, *et al*, 2010). Metode pemanasan oven digunakan karena dapat mengubah bentuk fisik (bubuk, pipih, atau butiran) dan struktur dari bahan yang dioven (Mujumdar, 2004). Hasil sintesis GO dan C-dots yang diperoleh juga dicampurkan untuk menghasilkan kombinasi campuran GO/C-dots dengan perbandingan tertentu untuk mengetahui karakteristik bahan dari hasil pencampuran tersebut.

Karakteristik GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots diketahui dengan karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui keberadaan GO, C-dots dan campuran GO/C-dots pada larutan, *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsional yang dimiliki oleh sampel, *Photoluminescence* (PL) untuk mengetahui emisi pada sampel, dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) digunakan untuk mengetahui struktur morfologi material yang terbentuk. Karakterisasi tersebut dilakukan untuk menentukan tingkat keberhasilan dalam sintesis GO, C-dots dan untuk mengetahui karakteristik hasil dari pencampuran GO/C-dots.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan di atas dapat diidentifikasi beberapa permasalahan diantaranya adalah

1. Pemanfaatan potensi limbah daun pisang kering sebagai bahan sintesis GO dan C-dots perlu dikaji.

2. Metode sintesis limbah daun pisang kering untuk bahan GO dan C-dots dengan metode LSE dan pemanasan dengan oven perlu diketahui tingkat keberhasilannya.
3. Karakteristik GO dan C-dots yang diperoleh dari hasil sintesis perlu diketahui.
4. Karakteristik campuran dari hasil sintesis GO dan C-dots yang telah diperoleh juga perlu diketahui karakteristiknya.

C. Batasan Masalah

Dari identifikasi masalah pada penelitian ini perlu adanya batasan masalah untuk membatasi penelitian. Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah

1. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu limbah daun pisang kering dari tanaman pisang jenis kepok (*Musa paradisiaca Linn*)
2. Daun pisang kering yang digunakan adalah daun yang terhitung 3 hari setelah pelepah daun pisang tersebut jatuh.

D. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana hasil sintesis GO dan C-dots dengan bahan dasar limbah daun pisang kering?
2. Bagaimana hasil karakterisasi GO dan C-dots menggunakan

spektrofotometer UV-Vis, FTIR, PL, dan SEM?

3. Bagaimana hasil karakteristik campuran hasil sintesis GO dan C-dots dengan perbandingan tertentu menggunakan spektrofotometer UV-Vis, FTIR, PL, dan SEM?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah

1. Memperoleh sintesis larutan GO dan C-dots dari bahan dasar limbah daun pisang kering.
2. Mengetahui hasil karakterisasi GO dan C-dots menggunakan spektrofotometer UV-Vis, FTIR, PL, dan SEM.
3. Mengetahui hasil karakterisasi campuran hasil sintesis GO dan C-dots dengan perbandingan tertentu menggunakan spektrofotometer UV-Vis, FTIR, PL, dan SEM.

F. Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Menemukan sebuah alternatif untuk memanfaatkan limbah daun pisang kering.
 - b. Mendapatkan informasi bahwa sudah ditemukan material berskala nano bernama GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots yang dapat dihasilkan dari sintesis limbah daun pisang kering.

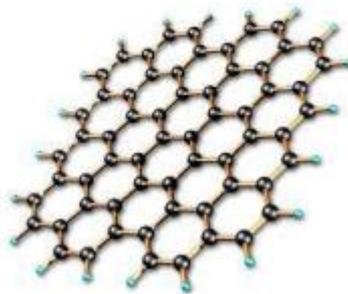
- c. Memberikan informasi hasil pengujian spektrofotometer UV-Vis, FTIR, PL, dan SEM pada bahan GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots.
 - d. Sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut mengenai sintesis GO dan C-dots.
2. Bagi Universitas
- Sebagai referensi penelitian dalam bidang nanosains dan nanoteknologi yang kemudian dapat dikembangkan lebih lanjut.
3. Bagi Masyarakat
- a. Sebagai salah satu alternatif untuk memanfaatkan limbah daun pisang kering.
 - b. Memberikan informasi pemanfaatan limbah daun pisang kering dalam bidang nanoteknologi.
 - c. Penelitian ini dapat menjadi sumber referensi dan dikembangkan bagi masyarakat dalam menunjukkan aplikasi nanosains dan nanoteknologi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Graphene*

Graphene merupakan modifikasi struktural karbon yang berbentuk lembaran datar tipis dimana setiap atom karbon memiliki ikatan kovalen dan dikemas rapat dalam bentuk kisi kristal seperti sarang lebah (Rahardiandyah, 2012). Lembaran *graphene* satu dengan lainnya diikat oleh ikatan *Van der Waals*. Jarak antara lembar *graphene* satu dengan yang lainnya adalah 0,335 nm dan jarak antar lembar *graphene* yang sejajar adalah 0,67 nm. Panjang ikatan kovalen rangkap antar atom C pada lembar *graphene* adalah 0,142 nm.



Gambar 2. Struktur *graphene* (Murtiaji, 2010)

Material *graphene* ini pertama kali disintesis oleh Andre K.Geim dan Konstantin Novoselov pada tahun 2004 (Edward, *et al*, 2014; Pratiwi, 2016). Geim dan Novoselov membuat *graphene* dengan cara mengelupas lapisan-lapisan kristalin *graphite* atau karbon hingga skala mikrometer

menggunakan selotip. Satu lembar *graphene* teramati menggantung pada substrat silikon oksida dengan mikroskop optik. Metode sintesis material *graphene* tersebut dinamakan metode *scotch tape* atau metode *mechanical exfoliation* (Geim, 2007).

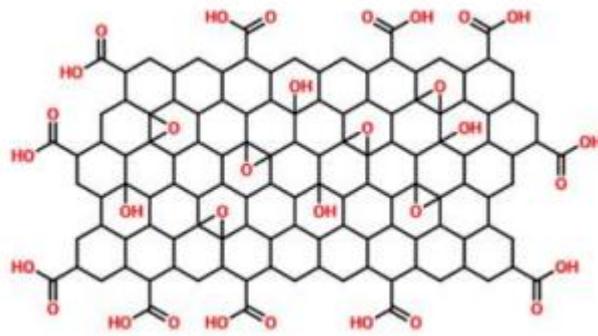
Keistimewaan *graphene* antara lain mobilitas elektron yang tinggi ($200.000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-2}$), efek *quantum hall* pada suhu ruangan, transparansi optik yang baik (97.7%), luas permukaan spesifik (2630 m^2), modulus elastis 0,25 TPa, konduktivitas termal yang sangat baik ($5.000 \text{ Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$), dan kekuatan sebesar 42 N m^{-2} (Brownson, 2014: 19).

B. *Graphene Oxide* (GO)

Li, *et al* (2014) menyatakan terdapat dua masalah utama dalam memperoleh *graphene*. Masalah pertama adalah bagaimana dapat menghasilkan lembaran *graphene* pada ukuran yang sesuai. 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, GO yang mengandung banyak kelompok berbasis oksigen dapat diperoleh dengan mudah dari oksidasi *graphite* dan juga dapat dikelupas menjadi lembaran *graphene oxide* (GO) menggunakan perangkat ultrasonik. GO dipandang sebagai pendahulu untuk menghasilkan *graphene* oleh reduksi kimia dan termal. GO merupakan

senyawa turunan dari *graphene* yang tidak hanya mengandung karbon, tetapi juga oksigen dan hidrogen.

GO adalah *graphene* yang teroksidasi, yang mempunyai ikatan dengan gugus fungsi. Struktur GO bersifat hidrofilik, dan pada bagian basal dan tepi-tepinya mengandung gugus-gugus fungsional oksigen yaitu gugus karboksil, alkoksil dan epoksil. Oleh karena itu, GO mengandung atom karbon hibrid sp^2 dan sp^3 , dan bersifat isolator (Fathia, 2018). Gambaran dari struktur GO dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur GO (Ossila, 2013)

Sintesis GO dapat dilakukan dengan membentuk *graphite oxide* terlebih dahulu. Secara sederhana *graphite* dioksidasi menjadi oksida *graphite*, kemudian lembaran-lembaran oksida *graphite* tersebut dapat dikelupas (*exfoliated*) dari dalam air hingga terbentuk GO. Konsentrasi oksigen dalam GO dapat direduksi hingga kadar oksigen berkurang dan terbentuk lapisan *graphene* dengan menggunakan agen pereduksi. GO diyakini dapat menjadi material awal yang menjanjikan untuk produksi grafena dalam skala besar (Syakir, 2015).

C. *Carbon Nanodots (C-dots)*

Carbon nanodots (C-dots) merupakan salah satu nanomaterial karbon yang berukuran dibawah ~10 nm, berstruktur amorf serta berbentuk bola. C-dots memiliki kerangka karbon sp^2 dan permukaannya dilapisi dengan kelompok yang mengandung oksigen, polimer, atau spesies lainnya (Bao, *et al*, 2015). C-dots dengan fotostabilitasnya yang tinggi (kemampuan untuk menyesuaikan diri ketika terpapar cahaya, sehingga tidak terjadi perubahan molekul), biokompatibilitas yang baik (kemampuan untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan dimana C-dots tersebut diletakkan atau ditanamkan, tidak membahayakan tubuh, dan non-toksik), preparasi yang mudah, serta sifat optik yang unik berpotensi sebagai pengganti *semiconductor quantum dots* (QDs) dalam berbagai macam aplikasi seperti *biomedical imaging*, *analyte detection*, *full color display* dan *light-emitting devices (LED)* (Bao, *et al*, 2015). Material ini pertama kali diperoleh dalam pemurnian *single-walled carbon nanotube* (SWCNT) melalui proses elektroforensis pada tahun 2004 (Li, *et al*, 2017).

C-dots yang telah disintesis memiliki karakteristik luminisensi yang dapat dilihat pada sumber eksitasi sinar UV. Sinar UV yang diserap mampu membangkitkan elektron yang semula berada di pita valensi kemudian meloncat ke pita konduksi, yang di kenal dengan *hole*. Keadaan tereksitasi bukan merupakan keadaan stabil. Elektron hanya bertahan beberapa saat di keadaan eksitasi, setelah itu kembali ke keadaan awal mengisi kembali

keadaan kosong yang semula ditinggalkannya. Proses ini disebut deeksitasi atau rekombinasi. Pada proses deeksitasi terjadi pelepasan energi berupa panas atau pancaran cahaya (Abdullah, 2007). Diantara pita valensi dan pita konduksi terdapat celah pita energi. Celah pita energi inilah yang akan menunjukkan karakteristik pancaran warna pada C-dots yang dihasilkan saat peristiwa luminesensi (Li, *et al*, 2012).

Warna pendaran C-dots yang dihasilkan bergantung pada lebar celah pita energi antara pita valensi dan pita konduksi. Jika celah pita energi semakin besar, panjang gelombang emisi yang dihasilkan semakin kecil (Abdillah, *et al*, 2016). Intensitas warna pendaran C-dots menurut Hui, *et al*, (2016) bergantung pada kepadatan molekul penyusun C-dots.

Beberapa peneliti yang mengkaji sumber karbon C-dots dari organik maupun anorganik, diantaranya Zhang (2015) melihat tingginya fotoluminesen karbon C-dots dari putih telur, Sahu (2012) menggunakan sumber karbon C-dots dari sari jeruk, Liu (2007) menggunakan sumber karbon dari jelaga lilin, Zhai *et al* (2012) menggunakan sumber karbon dari citric acid, dan Zhu *et al* (2012) menggunakan sumber karbon dari susu kedelai.

D. Metode sintesis GO

Sintesis material *graphene* dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu dengan metode *top down* dan *metode bottom-up* (Troung, 2013). Metode *bottom-up* (secara kimia) merupakan suatu proses mendapatkan molekul dengan ukuran nano melalui senyawa-senyawa yang digabungkan, sedangkan

pendekatan *top-down* (secara fisika) merupakan proses mendapatkan molekul dengan ukuran nano dengan cara penghancuran molekul yang lebih besar (Abdullah, *et al*, 2008).

Proses sintesis *graphene* yang termasuk dalam metode *top-down* antara lain *mechanical exfoliation* (ME), reduksi *graphene oxide* (rGO), *liquid exfoliation* (LE) dan lainnya (Truong, 2013). Metode ME merupakan metode pertama yang dipakai untuk mensintesis *graphene* oleh penemu *graphene* sendiri yaitu Geim dan Novoselov (Low, *et al*, 2012). 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 dengan melewati dua tahap pengoksidasian yaitu dari *graphite* menjadi *graphite oxide* dan *graphite oxide* menjadi *graphene oxide* (Efelina, 2015). Sedangkan LE merupakan metode sintesis *graphene* dalam fase cair menggunakan surfaktan. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Coleman, *et al* pada tahun 2008. Sintesis menggunakan LE dilakukan dengan cara mencampur serbuk *graphite* ke dalam larutan surfaktan anionik yang kemudian didiamkan satu malam. Surfaktan akan bekerja selama satu malam agar didapatkan material *graphene* (Pratiwi, 2016).

Metode *liquid sonication exfoliation* (LSE) adalah metode sintesis GO dalam fase cair menggunakan gelombang ultrasonik. Metode ini merupakan salah satu jenis dari metode *liquid exfoliation* (LE) yang menggunakan proses sonikasi yaitu terdapat gaya pengikisan dan kavitasi yang menyebabkan kemunculan dan pemecahan gelembung berukuran mikrometer. Hal ini

mengakibatkan eksfoliasi pada material yang berukuran besar (*bulk*). Proses sonikasi langsung tanpa bantuan surfaktan pada larutan *graphite* dapat disebut juga dengan metode LSE (Ciesielski, 2013).

Salah satu contoh metode *bottom-up* adalah *chemical vapor deposition* (CVD). CVD adalah metode sintesis *graphene* yang menggunakan substrat SiO₂ sebagai media penggabungan atau pertumbuhan atom-atom karbon menjadi *graphene*. Metode ini dapat menghasilkan *graphene* dalam jumlah banyak tetapi kualitasnya tidak sebaik metode lainnya (Ilhami, 2014).

E. Metode sintesis C-dots

Metode dalam sintesis C-dots secara umum diklasifikasikan kedalam dua cara, yaitu metode *top-down* dan *bottom-up*. Sintesis nanopartikel dengan cara memecah partikel berukuran besar menjadi partikel berukuran nanometer disebut metode *top-down*. Pada metode *top-down* dibagi menjadi beberapa metode diantaranya metode oksidasi elektrokimia, metode *arc-discharge* dan teknik ablasi laser. Metode *bottom-up* menggunakan atom-atom atau molekul-molekul yang membentuk partikel berukuran nanometer yang dikehendaki seperti metode pemanasan sederhana, *supported synthesis*, dan microwave (Baker dan Baker, 2010).

Metode pemanasan memanfaatkan perpindahan panas secara konveksi sehingga bahan dapat terkarbonasi dan didapatkan karbon sebagai dasar untuk sintesis C-dots (Saputra, *et al*, 2010). Karbonasi merupakan proses pemecahan atau penguraian selulosa menjadi karbon karena pemanasan.

Proses karbonasi ini dilakukan dengan membakar bahan baku dalam situasi yang kurang oksigen (Adinata, 2013). Metode pemanasan dapat mengubah bentuk fisik (bubuk, pipih atau butiran) dan struktur dari bahan yang dioven (Mujumdar, 2004). Adapun fase pemanasan awal berada pada suhu 20° C - 120 ° C, fase pengeringan pada suhu 120 ° C - 200 ° C, fase karbonasi awal pada suhu 200 ° C – 400 ° C, fase karbonasi utama pada suhu 400 ° C- 520 ° C, dan fase past karbonasi pada suhu 520 ° C – 700 ° C (Widodo, 2008). Pada metode pemanasan oven dilakukan dua fase pemanasan. Fase pemanasan pertama untuk pengeringan bahan. Fase pemanasan kedua untuk mengubah bentuk fisik dan struktur bahan sehingga menyebabkan rantai-rantai karbon mengalami penyusunan ulang dan didapatkan hasil akhir berupa bubuk karbon. Bubuk karbon hasil pemanasan dicampurkan dengan pelarut aquades. Hasil endapan dari pencampuran bubuk karbon dan pelarut aquades dipisahkan sehingga hanya didapatkan larutan C-dots saja.

F. Tanaman pisang

Tanaman pisang (*Musa spp*) telah diproklamirkan sejak sebelum masehi (SM). Nama *Musa* diambil dari nama seorang dokter bernama Antonius Musa pada zaman Kaisar Romawi Octavianus Augustus (63 SM–14 M), beliau selalu menganjurkan pada kaisarnya untuk makan pisang setiap harinya agar tetap kuat, sehat, dan segar (Mudjajanto, ES & Lilik K.2008). Tanaman pisang dapat dikatakan sebagai tanaman serbaguna, mulai dari akar, batang (bonggol), batang semu (pelepah), daun, bunga, buah sampai kulitnyapun

dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan (Prihatini dkk,1999: 94).

Tanaman pisang merupakan tanaman yang mudah dibudidayakan baik dilahan khusus maupun ditanam sembarangan, karena hampir semua lapisan masyarakat Indonesia mengenal tanaman pisang dan penyebaran tanaman pisang mulai dari dataran rendah sampai dataran tinggi (Munadjim, 2006).

Kedudukan tanaman pisang dalam taksonomi tumbuhan menurut (Suryanti & Ahmad, 2008; Kaleka, 2013) adalah sebagai berikut:

Divisi : *Spermatophyta*

Sub Divisi : *Angiospermae*

Kelas : *Monocotyledonae*

Famili : *Musaceae*

Genus : *Musa*

Spesies : *Musa spp*



Gambar 4. Tanaman Pisang

G. Surfaktan

Surfaktan atau *surface active agent* adalah molekul-molekul yang mengandung gugus hidrofilik (suka air) dan lipofilik (suka minyak/lemak) pada molekul yang sama (Sheat dan Foster, 1997). Menurut Suparno (2012) molekul surfaktan terdiri dari kepala (*head*) dan ekor (*tail*). Bagian kepala bersifat *hydrophilic* (suka air) dan bagian ekor bersifat *hydrophobic* (tidak suka air). Berdasarkan sifatnya, surfaktan diklasifikasikan menjadi empat kelompok, yaitu:

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

Surfaktan dengan berbagai jenisnya merupakan bahan yang paling dibutuhkan oleh banyak dunia industri karena 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*) (Suparno, 2012).

Teknologi surfaktan dalam metode *liquid exfoliation* (LE) 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.

Larutan surfaktan dalam air menunjukkan perubahan sifat fisik yang mendadak pada daerah konsentrasi tertentu. Perubahan yang mendadak ini disebabkan oleh pembentukan agregat atau penggumpalan dari beberapa molekul surfaktan menjadi satu, yaitu pada konsentrasi kritik CMC. Dengan terbentuknya CMC, sifat larutan akan berubah secara mendadak, seperti tegangan permukaan, viskositas, daya hantar listrik, dan lain-lain (Hayyan, 2008).

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

H. Ultrasonikasi/Sonikasi

Ultrasonikasi adalah suatu teknologi yang memanfaatkan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi dengan frekuensi

yang lebih besar daripada batas frekuensi tertinggi yang didengar oleh telinga manusia yaitu frekuensi lebih dari 20 kHz. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang longitudinal, yaitu gelombang yang terjadi karena perapatan dan peregangan partikel-partikel dalam medium yang dilaluinya. Hal ini diakibatkan oleh gangguan benda yang bergetar (Fikri, 2016).

Proses ultrasonikasi mengubah sinyal listrik menjadi getaran fisik yang dapat diarahkan untuk suatu bahan dengan menggunakan alat yang bernama sonikator. Sonikasi ini biasanya dilakukan untuk memecah senyawa atau sel untuk pemeriksaan lebih lanjut. Getaran ini memiliki efek yang sangat kuat pada larutan, sehingga menyebabkan pecahnya molekul, putusnya sel, dan pecahnya partikel (Puspita, 2011).

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

Gelombang ultrasonik kekuatan tinggi diketahui mampu merusak atau mengikis dinding sel atau permukaan bahan padat (John, 2002). Dengan demikian, dalam metode ini sonikasi berfungsi untuk melemahkan ikatan *Van der Waals* antar lembaran GO pada sebuah material grafit. Pelemahan ikatan *Van der Waals* tersebut menyebabkan lembaran-lembaran GO saling terlepas. Material grafit yang terdiri dari banyak lembaran grafena dapat disintesis menjadi beberapa lembar GO berkat peran dari sonikasi. Metode sonikasi

menjadi metode yang efisien karena caranya yang mudah dan murah, namun dapat menghasilkan lembaran GO dengan kualitas yang baik (Wang, *et al*, 2014).

I. Spektrofotometer UV-Vis

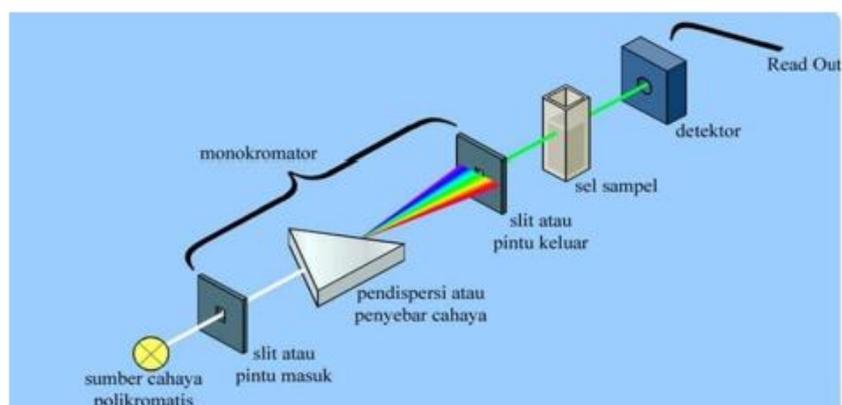
Spektrofotometri UV-Vis adalah anggota teknik analisis spektroskopik yang memakai sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) dengan memakai instrumen spektrofotometer. Spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan, atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu, dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi (Paingan, 2007).

Proses terjadinya absorpsi cahaya pada spektrofotometer yaitu ketika cahaya dengan berbagai panjang gelombang (cahaya polikromatis) mengenai suatu zat, maka cahaya dengan panjang gelombang tertentu yang akan diserap. Di dalam suatu molekul yang memegang peranan penting adalah elektron valensi dari setiap atom yang ada hingga terbentuk suatu materi. Elektron-elektron yang dimiliki oleh suatu molekul dapat berpindah (eksitasi), berputar (rotasi), dan bergetar (vibrasi) jika dikenai suatu energi (Seran, 2011).

Instrumen spektrofotometri yang disebut spektrofotometer terdiri dari: sumber cahaya, monokromator, sel sampel, detektor, dan *read out* (pembaca).

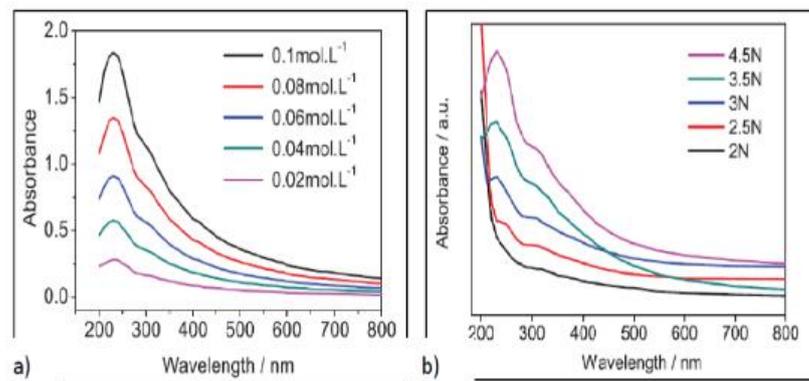
Sumber radiasi berasal dari sinar polikromatik (Octavia, 2014). Instrumen ini beroperasi dengan melewatkan seberkas sinar melalui sampel dan mengukur panjang gelombang cahaya yang mencapai detektor. Panjang gelombang memberi nilai informasi tentang struktur kimia dan intensitasnya terkait dengan jumlah molekul, yang berarti kuantitas atau konsentrasi. Informasi analitik dapat diungkap dalam istilah transmitansi, absorbansi atau daya serap energi (Patel, 2015).

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 absorbansi (Vita, 2015).



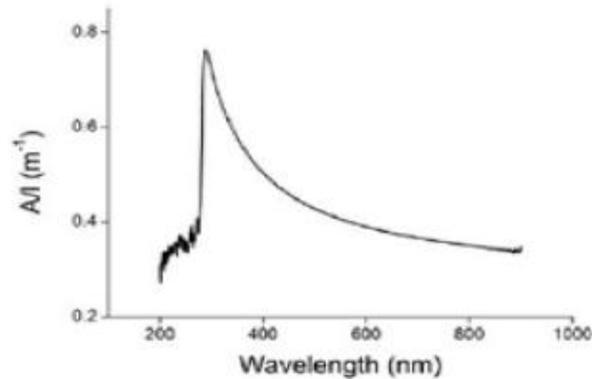
Gambar 5. Instrumen spektrofotometer UV- Vis (Seran, 2011).

Ada beberapa karakterisasi material *graphene* menggunakan UV-Vis yang telah dilakukan dengan metode yang berbeda-beda. Lai, *et al*, (2012) melakukan penelitian mengenai spektrum UV-Vis terhadap sintesis material *graphene* menggunakan metode rGO. Hasil karakterisasinya sebagai berikut:



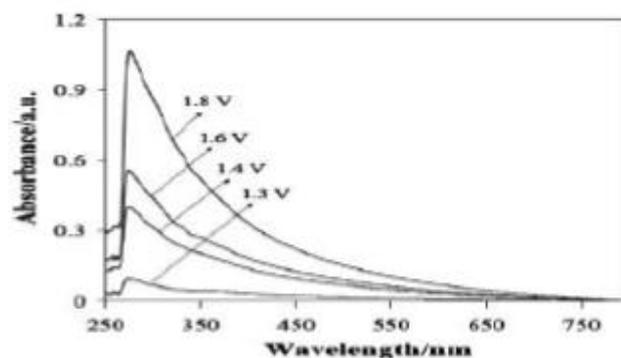
Gambar 6. (a) Spektrum absorpsi GO dengan variasi KMnO₄ yang didispersi dalam aquades dan (b) Spektrum absorpsi GO dengan variasi konsentrasi GO (Efelina, 2015).

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



Gambar 7. Spektrum absorbansi UV-Vis *graphene* dengan metode LE (Wang, 2014)

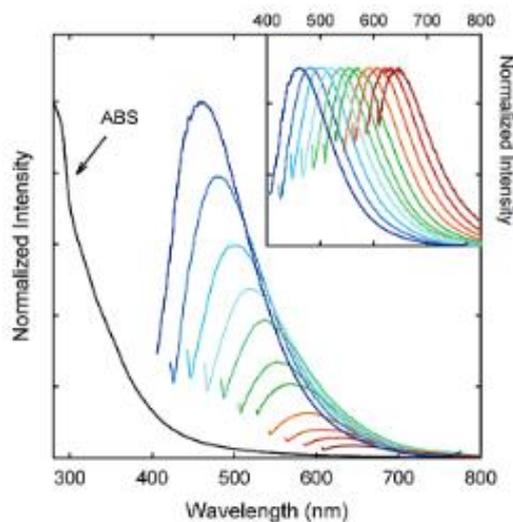
Puncak diamati pada panjang gelombang antara 200 nm sampai 400 nm yang merupakan karakter dari *graphene* atau *graphene oxide* (Wang, *et al*, 2014). Hasil karakterisasi menggunakan UV-Vis yang dilakukan Murat, *et al* (2011) dalam mensintesis material *graphene* menggunakan metode LE yang dikombinasikan dengan metode elektrolisis dapat dilihat pada Gambar 8. Puncak diamati pada panjang gelombang antara 250 nm sampai 350 nm yang merupakan karakter dari *graphene* atau *graphene oxide* (Murat, *et al*, 2011). Hasil karakterisasinya sebagai berikut :



Gambar 8. Spektrum absorpsi UV-Vis *graphene* dengan potensial masukan yang berbeda menggunakan metode LE dan elektrolisis (Murat, *et*

al, 2011)

C-dots yang disintesis dengan metode yang berbeda memiliki sifat optik yang berbeda dan berbeda pula penjelasan absorbansinya. Absorbansi diamati pada rentang UV, yang mana menunjukkan transisi dari *core* dan *surface state*, $n-*$ dan $-*$, gugus fungsi dan atau efek ukuran kuantum (Soni, 2016). C-dots pada umumnya juga dengan jelas menunjukkan serapan optik pada daerah UV dengan ekor memanjang hingga daerah visible (Sun, *et al*, 2006). Hasil karakterisasi UV-Vis dari penelitian Sun, *et al* ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 9. Spektrum UV-Vis C-dots dari *propionylethylene – imine – co - ethyleneimine* (PPEI-EI) (Sun, *et al*, 2006)

Puncak serapan diamati dari hasil karakterisasi UV-Vis yang dilakukan Sun, *et al* (2006) dalam mensintesis material C-dots berada pada panjang gelombang disekitar 320 nm dengan ekor memanjang hingga daerah tampak yang merupakan karakter dari material C-dots (Sun, *et al*, 2006).

J. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

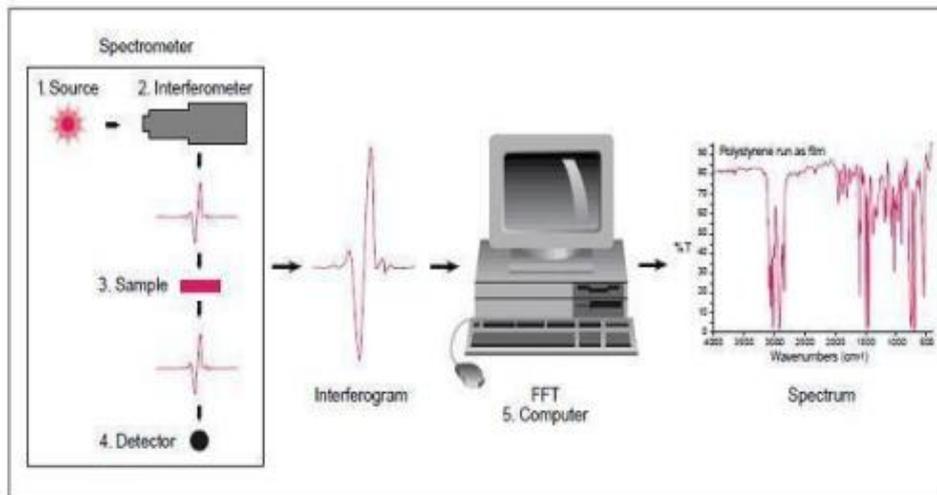
FTIR merupakan suatu metode spektroskopi infrared. Spektroskopi *infrared* (IR) dapat mengidentifikasi kandungan gugus kompleks dalam senyawa tetapi tidak dapat menentukan molekular unsur penyusunnya (Kencana, 2009). Analisis dengan spektroskopi inframerah (*infrared spectroscopy*) didasarkan pada fakta bahwa molekul memiliki frekuensi pada getaran internal tertentu. Frekuensi ini terjadi di daerah inframerah dari spektrum elektromagnetik: $\sim 4000 \text{ cm}^{-1}$ sampai $\sim 200 \text{ cm}^{-1}$ (Patel, 2015).

Ketika sampel diletakkan di berkas radiasi inframerah, sampel akan menyerap radiasi pada frekuensi yang sesuai dengan frekuensi getaran molekul, tapi akan mengirimkan semua frekuensi lainnya. Frekuensi radiasi yang diserap diukur dengan spektrometer inframerah dan hasil plot dari energi yang diserap vs frekuensi disebut spektrum inframerah material. Identifikasi suatu zat dimungkinkan karena bahan yang berbeda memiliki getaran yang berbeda dan menghasilkan spektrum inframerah yang berbeda. Selanjutnya, dari frekuensi penyerapannya memungkinkan untuk menentukan apakah berbagai gugus kimia ada atau tidak ada dalam struktur kimia (Patel, 2015). Untuk memperoleh interpretasi lebih jelas dibutuhkan tabel korelasi dari inframerah yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Korelasi bilangan gelombang dengan jenis ikatan (Nugraha, 2016).

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

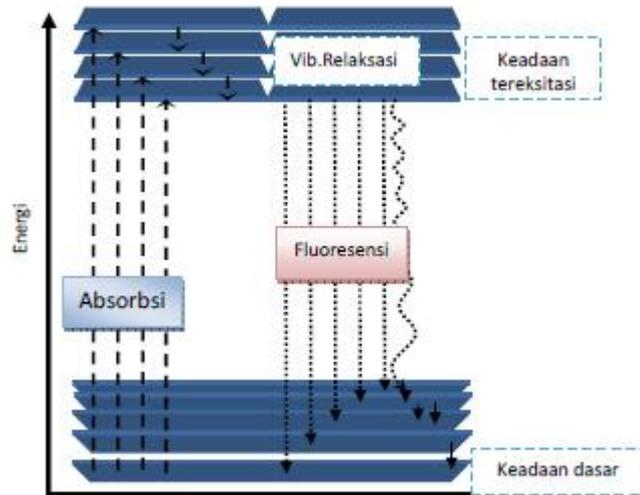
Prinsip kerja spektrofotometer FTIR berupa *infrared* yang melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa *infrared* diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar *infrared* lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer (Thermo, 2001).



Gambar 10. Instrumen spektroskopi FTIR (Lenohingide, 2018)

K. *Photoluminescence (PL)*

Emisi cahaya dari suatu proses selain radiasi benda hitam disebut sebagai luminisens. Luminisens merupakan suatu proses non-kesetimbangan dimana untuk dapat berlangsung harus menggunakan sumber eksitasi seperti lampu UV atau laser. Luminisens terjadi ketika elektron meloncat dari pita valensi menuju pita konduksi setelah dieksitasi oleh energi dari sumber eksitasi kemudian kembali lagi ke keadaan dasarnya karena tidak stabil. Luminisens terjadi ketika elektron pada material target kembali ke keadaan dasarnya setelah dieksitasi oleh energi dari sumber eksitasi dan kehilangan energi sebagai foton seperti diilustrasikan pada Gambar 11 (Kurniawan, 2008).



Gambar 11. Proses Luminesensi (Kurniawan, 2008)

Luminisens dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti reaksi kimia, energi listrik, pergerakan pada tingkat sub atomik, atau peregangan dalam kristal. Berdasarkan sumber eksitasinya, dikenal beberapa jenis luminisens seperti fotoluminisens jika digunakan sumber eksitasi optis, sementara istilah elektroluminisens digunakan jika eksitasi terjadi akibat arus listrik. Jenis lainnya yakni jika terjadi akibat pemborbardiran material target yang dikenal dengan katodoluminisens (Rahmayanti, 2015).

Prinsip dasar spektroskopi fotoluminesens adalah tanpa kontak, tidak merusak, dan metode optik yang kuat untuk menyelidiki struktur elektronik material. Cahaya dipancarkan pada sampel, selanjutnya cahaya tersebut diserap dan diberikan kelebihan energi ke dalam material (foto-eksitasi). Kelebihan energi ini dihilangkan oleh sampel melalui emisi cahaya atau *luminescence*. Dalam kasus foto-eksitasi, *luminescence* ini disebut *photoluminescence*. Jadi, PL adalah emisi cahaya spontan dari bahan di bawah

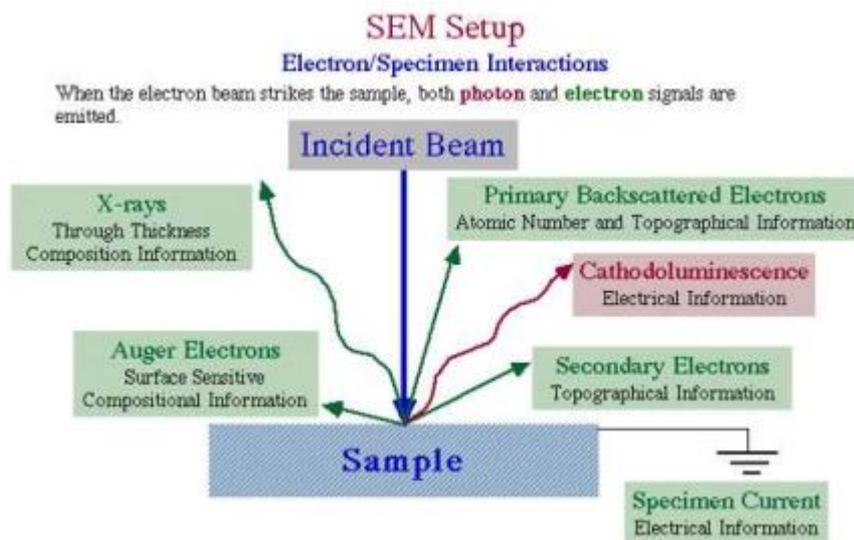
eksitasi optik. Cahaya ini dapat dikumpulkan dan dianalisis secara spektral, spasial dan juga temporal. Intensitas dan kandungan spektral dari PL ini adalah ukuran langsung dari berbagai sifat material penting (Patel, 2015).

Spektrum PL berbeda dengan spektrum absorpsi. Spektrum absorpsi mengukur transisi dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi, sementara PL kebalikannya, berhubungan dengan transisi dari keadaan tereksitasi ke keadaan dasar. Periode antara absorpsi dan emisi biasanya sangat singkat. Spektrum PL terdiri dari intensitas pada sumbu Y dan emisi panjang gelombang eksitasi pada sumbu X (Fadli, 2018).

L. *Scanning Electron Microscope (SEM)*

SEM dikembangkan pertama kali tahun 1938 oleh Manfred von Ardenne seorang ilmuwan Jerman (Oktaviana, 2009). SEM merupakan alat yang digunakan untuk mengkarakterisasi nanomaterial. Beberapa hal yang dikarakterisasi salah satunya adalah permukaan material. Jadi, setelah material diamati dengan SEM maka akan diperoleh bagaimana bentuk permukaan material tersebut. Pada SEM, permukaan material ditembak dengan berkas elektron berenergi tinggi. Elektron berenergi tinggi ini memiliki panjang gelombang yang sangat pendek yang bersesuaian dengan panjang gelombang *de Broglie*. Proses ini mengakibatkan adanya elektron yang dipantulkan atau dihasilkannya elektron sekunder. Elektron yang dipantulkan diterima oleh detektor. Kemudian hasil yang diterima diolah oleh program komputer (Abdullah, 2009).

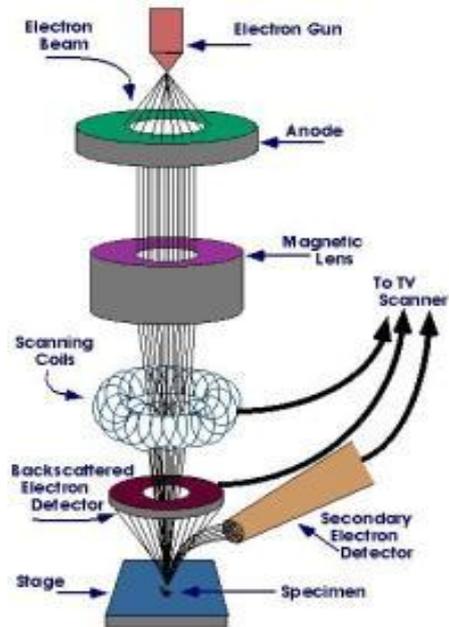
Struktur suatu material dapat diketahui dengan cara melihat interaksi yang terjadi jika suatu *specimen* padat dikenai berkas elektron. Berkas elektron yang jatuh tersebut sebagian lagi akan diserap dan menembus *specimen*. Bila *specimen*-nya cukup tipis, sebagian besar ditransmisikan dan beberapa elektron dihamburkan secara elastis tanpa kehilangan energi, sementara sebagian lagi dihamburkan secara tidak elastic. Interaksi dengan atom dalam *specimen* menghasilkan pelepasan energi rendah, foton sinar-X dan elektron *auger*, yang semuanya dapat digunakan untuk mengkarakterisasi material (Ariswan,2010). Interaksi pada suatu *specimen* padat saat dikenai berkas elektron dijelaskan pada gambar dibawah ini :



Gambar 12. Interaksi *specimen* yang dikenai berkas elektron pada SEM (Goldstein *et al*, 2007)

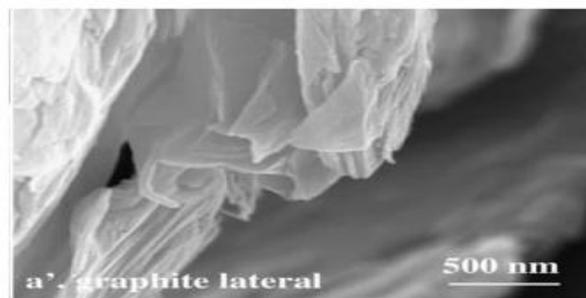
Pada sebuah alat SEM terdapat beberapa peralatan utama antara lain : pistol elektron, biasanya berupa filamen yang terbuat dari unsur yang mudah

melepas elektron misal tungsten, lensa untuk elektron, berupa lensa magnetis karena elektron yang bermuatan negatif dapat dibelokkan oleh medan magnet., dan sistem vakum untuk menghilangkan molekul udara. Prinsip kerja dari SEM berupa suatu sumber elektron dari filamen yang terbuat dari tungsten memancarkan berkas elektron. Tungsten biasanya digunakan pada elektron *gun* karena memiliki titik lebur tertinggi dan tekanan uap terendah dari semua logam sehingga memungkinkan dipanaskan untuk emisi elektron. Berkas electron difokuskan oleh satu atau dua lensa kondensor ke titik yang diameternya sekitar 0,4 nm sampai 5 nm. Permukaan bahan yang dikenai berkas elektron akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. *Scanning* pada permukaan bahan yang dikehendaki dapat dilakukan dengan mengatur *scanning* generator dan *scanning coils*. Elektron sekunder hasil interaksi antara elektron dengan permukaan *specimen* ditangkap oleh detektor *secondary electron* (SE) yang kemudian diolah dan diperkuat oleh amplifier dan kemudian divisualisasikan dalam monitor sinar katoda (Havancsak, 2016). Skema dasar SEM disajikan pada Gambar 13.



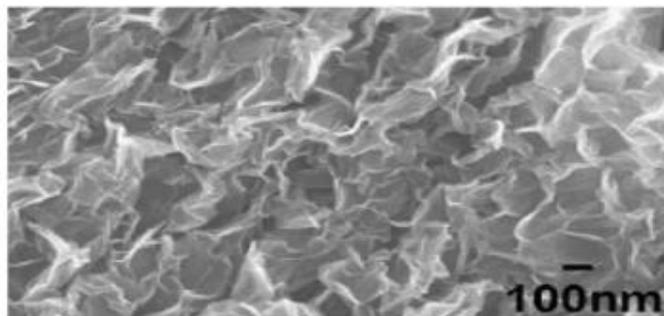
Gambar 13. Skema dasar SEM (Havancsak, 2016)

Ada beberapa hasil uji SEM dari hasil sintesis material *graphene* yang telah dilakukan para peneliti atau akademisi dengan metode sintesis yang berbeda-beda. Karakterisasi yang dilakukan oleh Xiaoqing, *et al* (2013) adalah morfologi dari material *graphite* sebelum disintesis yang dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Morfologi dari material *graphite* sebelum disintesis (Xiaoqing, *et al*, 2013)

Karakterisasi yang dilakukan oleh Low, *et al* (2013) dengan melakukan uji SEM terhadap hasil sintesis material *graphene* yang disintesis menggunakan metode elektrolisis. Hasil uji SEM yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Hasil uji SEM terhadap sintesis material *graphene* menggunakan metode elektrolisis (Low, *et al*, 2013)

M. Kerangka berpikir

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis GO dan C-dots menggunakan bahan dasar yang sama yaitu limbah daun pisang kering. Diketahui daun pisang mengandung zat selulosa yang dapat diuraikan menjadi karbon (Adinata, 2013), dimana ikatan rantai karbon tersebut sebagai sumber utama dalam pembuatan nanomaterial GO dan C-dots.

Bahan daun pisang kering yang berbentuk lembaran dipotong untuk mendapatkan ukuran yang lebih kecil. Kemudian potongan daun pisang tersebut diberi perlakuan dengan oven untuk proses karbonasi. Daun pisang yang telah di oven kemudian ditumbuk menjadi serbuk. Sintesis larutan GO dilakukan dengan metode LSE menggunakan serbuk daun pisang yang dicampurkan dengan aquades dan larutan surfaktan dari deterjen. Larutan GO

diberi perlakuan sonikasi selama 5 jam. Metode LSE digunakan karena caranya yang mudah, murah, dan efisien namun dapat menghasilkan lembaran GO dengan kualitas yang baik (Wang, *et al*, 2014). Sintesis C-dots dilakukan dengan metode pemanasan oven. Serbuk daun pisang dibakar menggunakan oven hingga berwarna hitam. Karbon dari hasil pemanasan oven selama 1 jam dicampurkan dengan aquades untuk mendapatkan larutan C-dots. Metode pemanasan oven ini digunakan karena dapat mengubah bentuk fisik (bubuk, pipih atau butiran) dan struktur dari bahan yang dioven (Mujumdar, 2004). Hasil sintesis larutan GO dan C-dots kemudian dicampurkan untuk membuat larutan GO/C-dots yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik bahan dari hasil pencampuran tersebut. Larutan GO dan C-dots dicampurkan dengan perbandingan 1 : 2, 2 : 1, 1 : 1, 1 : 5, dan 5 : 1 dimana masing-masing sampel ditambahkan dengan aquades sebanyak 4 ml.

Sampel hasil sintesis GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots akan dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, FTIR, PL, dan SEM. Karakterisasi spektrofotometer UV-Vis dilakukan untuk mengetahui keberadaan GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots pada larutan. Spektroskopi FTIR untuk mengetahui gugus fungsional penyusun yang dimiliki oleh sampel. Spektrofotometer PL untuk mengetahui emisi yang dihasilkan sampel. Karakterisasi SEM untuk mengetahui struktur morfologi yang terbentuk. Beberapa karakterisasi tersebut dilakukan untuk menentukan tingkat keberhasilan dalam sintesis GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2018 sampai bulan Februari 2019. Tempat penelitian ini dilaksanakan di beberapa tempat, yaitu:

1. Laboratorium Koloid lantai II Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA, UNY untuk sintesis GO, C-dots, dan GO/C-dots.
2. Laboratorium Kimia lantai II Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA, UNY untuk pengujian UV-Vis.
3. Laboratorium Fisika Dasar lantai II Jurusan Fisika, FMIPA, UII untuk pengujian FTIR.
4. Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu, UGM untuk pengujian PL.
5. Balai Pengembangan Proses dan Teknologi Kimia, LIPI, Gunung Kidul untuk Pengujian SEM.

B. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dapat divariasikan sepanjang eksperimen atau variabel yang menjadi sebab berubahnya variabel lain yaitu variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah volume perbandingan pada campuran GO/C-dots.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi akibat adanya variabel lain yaitu variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah absorbansi pada grafik hasil karakterisasi UV-Vis, transmitansi pada hasil karakterisasi FTIR, dan intensitas pada grafik hasil karakterisasi PL.

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dibuat sama sehingga tidak mempengaruhi variabel terikat. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah waktu pengovenan, waktu sonikasi, frekuensi sonikasi, suhu pada saat pengovenan, massa serbuk daun pisang, dan volume larutan GO dan larutan C-dots.

C. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk membuat GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots berbahan dasar limbah daun pisang kering. GO disintesis dengan metode LSE dan C-dots disintesis dengan metode pemanasan oven.

D. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a) gelas ukur 25 ml (2 buah),

- b) gelas kimia 200 ml (2 buah),
- c) pipet tetes (2 buah),
- d) saringan (1 buah),
- e) botol sampel 10 ml (8 buah),
- f) kaca preparat 1 cm x 1 cm (3 buah),
- g) *stopwatch* (1 buah),
- h) timbangan digital merk Scout Pro dengan batas ukur 2000 mg (1 buah),
- i) penumbuk (1 buah),
- j) piezoelektrik jenis (3 buah),
- k) AFG sebagai pembangkit sinyal frekuensi AFG sebagai pembangkit sinyal frekuensi merk Speco dengan batas ukur 2 MHz (1 buah),
- l) amplifier sebagai penguat sinyal dari AFG merk Uchida TA-2MS (1 buah),
- m) oven merk Mitseda *Electric Oven* dengan batas ukur 250⁰C (1 buah),
- n) laser UV dengan panjang gelombang 220 nm (1 buah),
- o) spektrofotometer UV-Vis merk Shimadzu UV-4250,
- p) FTIR merk Nicolet Avatar,
- q) PL rakitan menggunakan Ocean Optics USB 4000, dan
- r) SEM merk Hitachi SU 3500

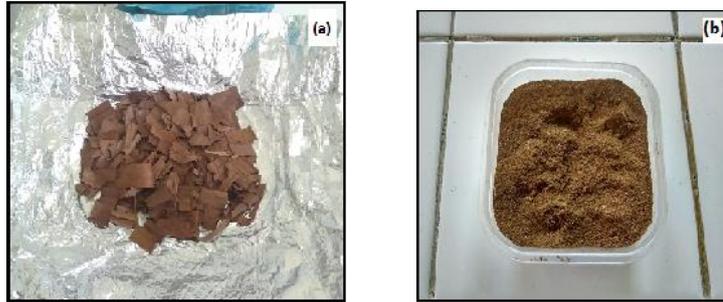
2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a. Pembuatan GO
 - 1) Limbah daun pisang kering
 - 2) Aquades
 - 3) Deterjen
- b. Pembuatan C-dots
 - 1) Limbah daun pisang kering
 - 2) Aquades

E. Langkah Penelitian

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Memotong-motong lembaran daun pisang kering menjadi ukuran yang lebih kecil.
3. Melakukan pemanasan dengan oven pada potongan-potongan daun pisang selama 1 jam dengan suhu 180° C. Pemanasan oven dengan suhu antara 120° C – 200° C dapat melepaskan kandungan air pada bahan dan merupakan suhu pada proses karbonasi tahap awal (Adinata, 2013).
4. Menumbuk potongan-potongan daun pisang yang sudah di oven hingga menjadi serbuk.
5. Menyaring serbuk hasil tumbukan dengan penyaring sehingga didapatkan hasil serbuk yang paling halus.



Gambar 16. Daun pisang kering (a) potongan daun pisang kering dan (b) serbuk daun pisang kering yang sudah di oven

a) Sintesis GO

- 1) Menimbang serbuk limbah daun pisang kering yang sudah di oven sebanyak 0,1 gr.
- 2) Membuat larutan detergen 0,6 gr dan aquades 100 ml.
- 3) Mencampurkan 0,1 gr serbuk limbah daun pisang dengan aquades 30 ml dan 3 tetes larutan detergen kemudian di sonikasi selama 5 jam.
- 4) Melakukan sonikasi pada larutan aquades dan serbuk limbah daun pisang kering selama 5 jam dengan frekuensi 35k Hz. Hal ini mengacu pada penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa semakin tinggi frekuensi dan waktu sonikasi akan menghasilkan lembaran GO yang lebih tipis (Wisnuwijaya, 2017; Aisyah 2016). Larutan yang telah disonikasi lalu disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan endapan serbuk daun pisang.



Gambar 17. Sonikasi GO

5) Membuat sampel untuk pengujian dengan spektrofometer UV-Vis, FTIR, PL, dan SEM.

b) Sintesis C-dots

1) Melakukan pemanasan dengan oven kembali pada serbuk limbah daun pisang kering yang sudah di oven sebanyak 0,1 gr selama 1 jam dengan suhu 200° C.



Gambar 18. Serbuk daun pisang yang sudah di oven

2) Mencampurkan 30 ml aquades dengan serbuk yang sudah di oven.

3) Menyaring hasil campuran aquades dengan serbuk daun pisang dengan kertas saring untuk memisahkan endapan serbuk daun

pisang.

- 4) Membuat sampel untuk pengujian dengan spektrofotometer UV-Vis, FTIR, PL, dan SEM.

c) Campuran GO/C-dots

- 1) Menyiapkan larutan hasil sintesis GO dan C-dots.
- 2) Membuat sampel perbandingan 1:2, 2:1, 1:1, 1:5, dan 5:1 dari larutan GO dan larutan C-dots untuk membuat campuran GO/C-dots dimana masing-masing sampel ditambahkan dengan aquades sebanyak 4 ml. Penambahan 4 ml aquades dimaksudkan agar sampel memiliki volume yang cukup untuk pengujian.

6. Pengujian spektrofotometer UV-Vis

Sampel larutan hasil sintesis GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil karakterisasi yang diperoleh berupa puncak absorbansi pada panjang gelombang tertentu.

7. Pengujian spektrofotometer FTIR

Pengujian FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang dihasilkan oleh sampel GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots. Sampel yang digunakan untuk pengujian berupa larutan hasil sintesis dari GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots.

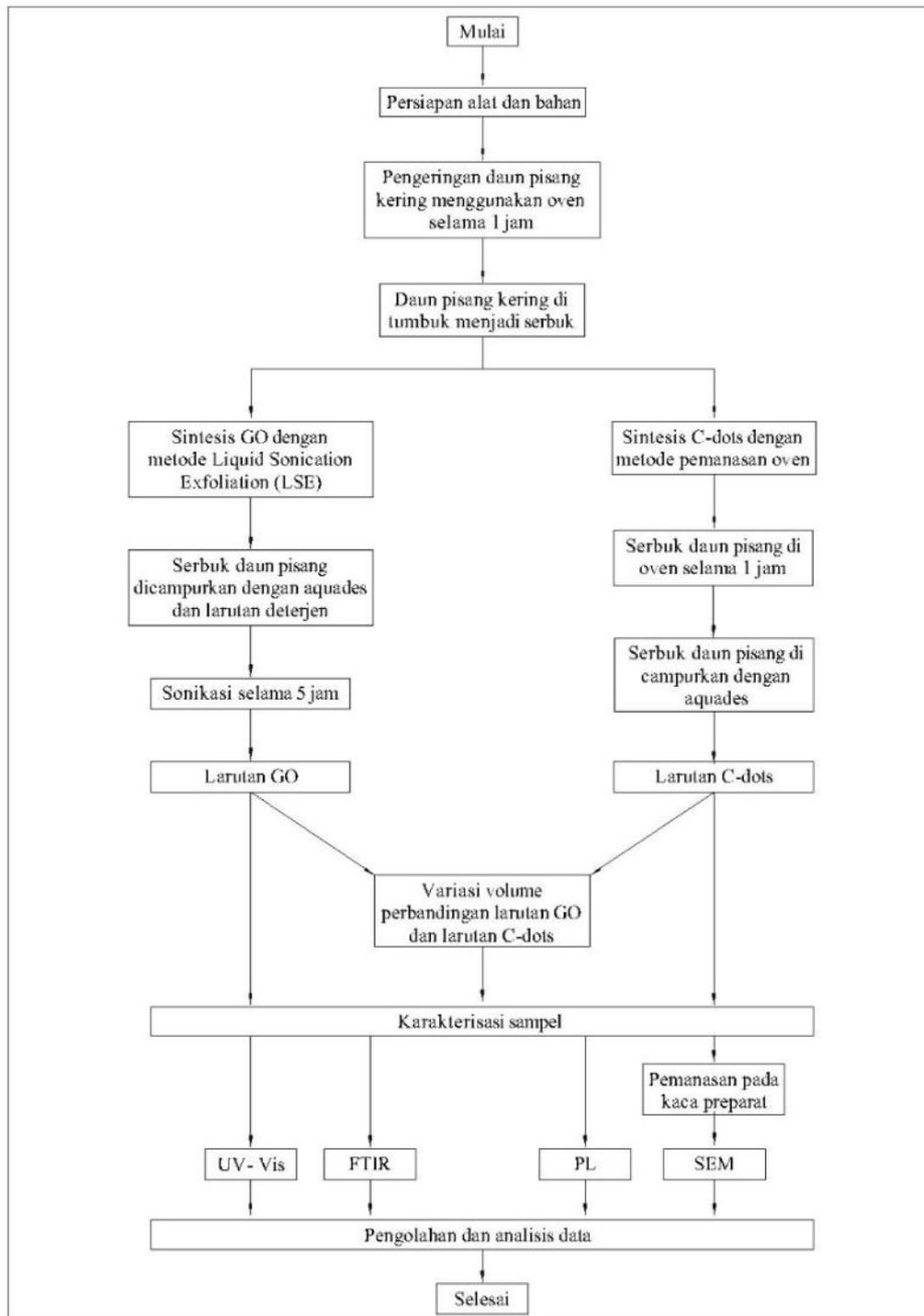
8. Pengujian spektrofotometer PL

Pengujian PL untuk mengetahui emisi cahaya dari sampel GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots. Hasil karakterisasi ini berupa grafik antara panjang gelombang dan intensitas. Sampel yang digunakan untuk pengujian berupa larutan hasil sintesis dari GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots.

9. Pengujian spektrofotometer SEM

Pengujian SEM untuk mengetahui morfologi permukaan dan ukuran partikel dari sampel GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots. Karakterisasi sampel menggunakan SEM dilakukan dengan menempelkan sampel larutan GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots pada kaca preparat berukuran $1 \times 1 \text{ cm}^2$. Menempelkan sampel larutan tersebut dilakukan dengan cara meneteskan larutan sampel menggunakan pipet di atas kaca preparat kemudian di oven dengan suhu 180°C selama 20 menit.

F. Diagram Alur Penelitian



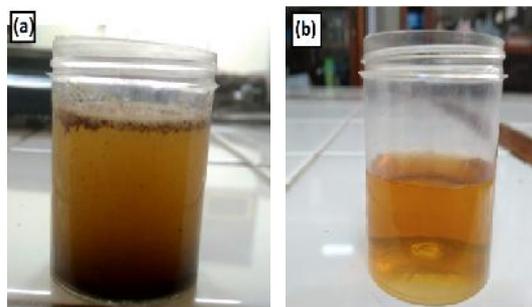
Gambar 19. Bagan diagram alur penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil sintesis GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots

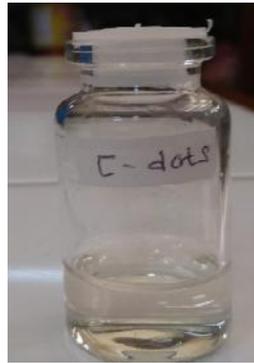
Hasil sintesis GO dari limbah daun pisang kering menggunakan metode LSE ditunjukkan pada Gambar 20. Setelah dilakukan sonikasi selama 5 jam dengan frekuensi 35k Hz menyebabkan larutan pada gambar 20 (b) menjadi lebih bening dibandingkan dengan larutan pada gambar 20 (a) sebelum disonikasi yang terlihat lebih keruh. Perubahan warna ini merupakan indikator terbentuknya GO karena eksfoliasi oleh gelombang ultrasonik.



Gambar 20. Perbandingan larutan sebelum dan sesudah perlakuan sonikasi (a) larutan GO sebelum di sonikasi dan (b) larutan sesudah disonikasi dan dipisahkan dari endapan serbuk daun pisang.

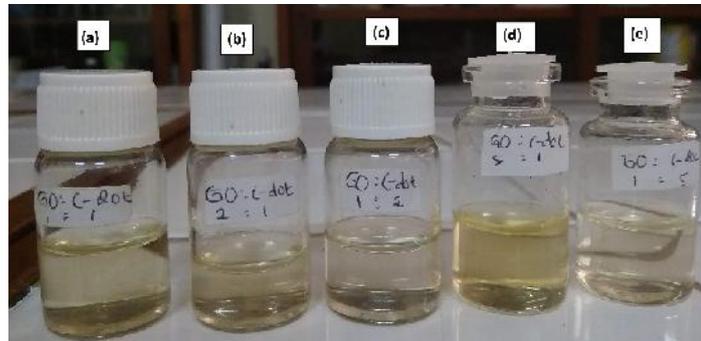
Hasil sintesis C-dots dari limbah daun pisang kering dengan metode pemanasan oven berupa serbuk daun pisang yang berwarna hitam. Serbuk tersebut dilarutkan dengan aquades 30 ml agar didapatkan sampel berupa larutan. Larutan dari aquades dan serbuk daun pisang kemudian disaring dengan tujuan memisahkan larutan C-dots dengan endapan. Larutan hasil

penyaringan tersebut telah menjadi sampel larutan C-dots tanpa endapan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 21.



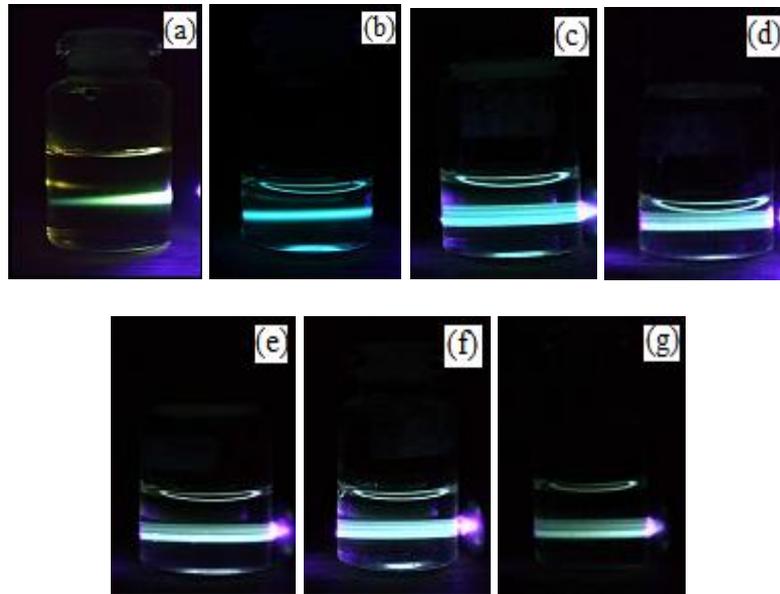
Gambar 21. Hasil sintesis C-dots

Hasil sintesis larutan GO dan larutan C-dots kemudian dicampurkan dengan perbandingan 1 : 2, 2 : 1, 1 : 1, 1 : 5, dan 5 : 1 untuk membuat larutan GO/C-dots. Secara visual pada sampel 5 : 1 terlihat lebih berwarna coklat bening dibandingkan dengan sampel perbandingan yang lain. Hal ini dikarenakan pada perbandingan 5 : 1 larutan GO yang dicampurkan lebih banyak daripada larutan C-dots sehingga warna yang terlihat seperti pada sampel larutan GO. Begitu juga dengan sampel 1 : 5 dimana warna yang terlihat lebih bening dibandingkan dengan sampel larutan yang lain. Hal ini juga dikarenakan pada perbandingan 1 : 5 C-dots yang dicampurkan lebih banyak daripada GO sehingga warna yang terlihat seperti sampel C-dots. Sedangkan untuk perbandingan 1 : 2, 2 : 1, dan 1 : 1 warna yang terlihat hampir sama yaitu bening dengan sedikit warna kecoklatan. Hasil dari pencampuran GO dan C-dots dapat diamati sebagaimana pada Gambar 22.



Gambar 22. Campuran GO/C-dots (a) 1:1, (b) 2 : 1, (c) 1 : 2, (d) 5 : 1, dan (e) 1: 5

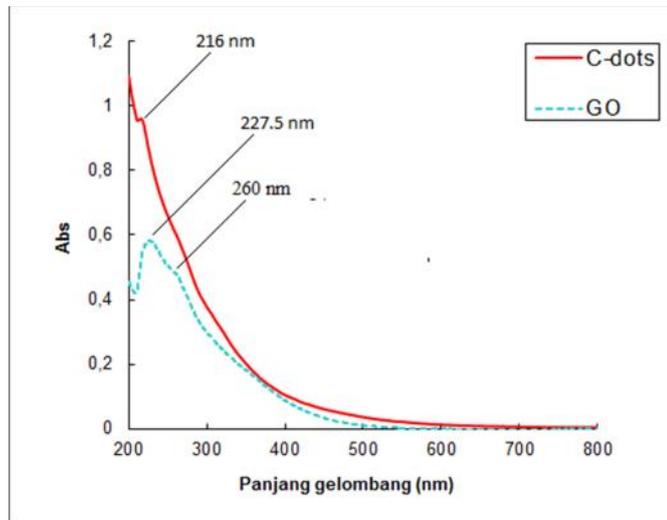
Sampel sintesis GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots kemudian diuji secara sederhana dengan menembakkan sinar UV pada sampel untuk mengetahui pendarannya (Fadli, 2018). Pada Gambar 23 sampel GO, C-dots, dan perbandingan campuran GO/C-dots secara visual dapat diamati memiliki pendaran yang sama yaitu warna hijau. Perbedaannya adalah pada intensitas cahaya yang dihasilkan. Intensitas pendaran tertinggi secara visual pada sampel C-dots dan untuk terendah pada sampel GO. Intensitas pendaran ini berkaitan dengan kepadatan molekul penyusun pada sampel yang diuji. Sehingga dimungkinkan, untuk sampel dengan intensitas yang lebih rendah partikelnya lebih sedikit (Hui, *et al*, 2016).



Gambar 23. Pendaran dari sampel (a) GO, (b) C-dots, dan campuran GO/C-dots dengan perbandingan (c) 1 : 2, (d) 2 : 1, (e) 1 : 1, (f) 1 : 5, dan (g) 5 : 1

B. Hasil karakterisasi GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots menggunakan spektrofotometer UV-Vis, FTIR, PL, dan SEM

GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots yang telah disintesis kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Karakterisasi UV-Vis dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya material GO dan C-dots yang dihasilkan pada penelitian ini. Hasil yang diperoleh dari pengujian ini berupa data panjang gelombang dan absorbansinya. Hasil karakterisasi UV-Vis untuk sampel GO dan C-dots ditunjukkan pada Gambar 24.

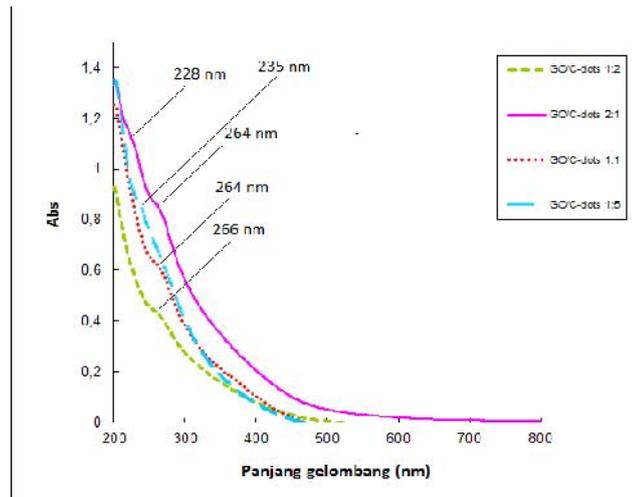


Gambar 24. Hasil karakterisasi GO dan C-dots menggunakan UV-Vis

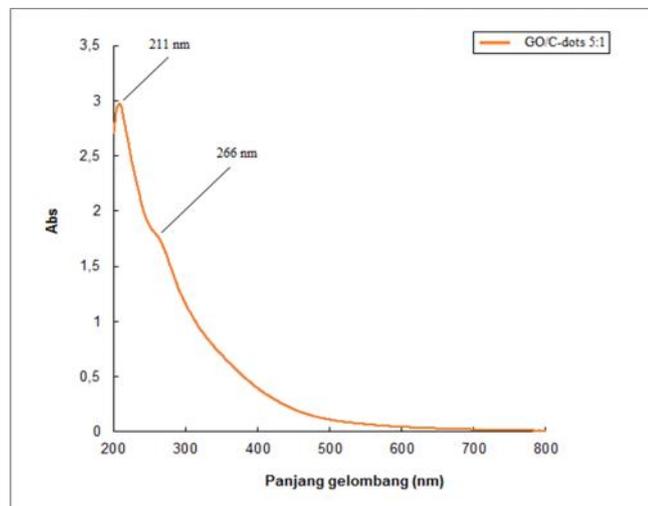
Hasil pengukuran dengan spektrofotometer UV-Vis pada sampel GO dengan metode LSE memiliki dua puncak absorbansi pada panjang gelombang 227,5 nm dan 260 nm. Puncak pada 227,5 nm menunjukkan transisi $\pi-\pi^*$ dari ikatan $C=C$, serta puncak pada 260 nm menunjukkan transisi $n-\pi^*$ dari ikatan $C-O$. Transisi elektronik yang terjadi menunjukkan eksitasi elektron dari keadaan dasar (*ground state*) ke keadaan lebih tinggi (*excited state*). Adanya dua puncak absorbansi pada panjang gelombang 227,5 nm dan 260 nm mengindikasikan GO berhasil dibuat, hal ini sesuai dengan yang dilaporkan oleh Wisnuwijaya (2017) bahwa puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang 223 nm - 270 nm merupakan rentang panjang gelombang untuk GO.

Berdasarkan spektrum UV-Vis pada Gambar 24 puncak absorbansi C-dots dengan metode pemanasan oven menunjukkan satu puncak absorbansi pada panjang gelombang 216 nm. Hal ini disebabkan oleh transisi $\pi-\pi^*$ dari

ikatan C = C. Adanya transisi elektronik - * mengindikasikan terbentuknya material C-dots pada sampel. Ini sesuai dengan yang dilaporkan Sun, *et al* (2006) bahwa C-dots pada umumnya menunjukkan dengan jelas serapan optik pada daerah UV dengan ekor memanjang hingga daerah visibel.



(a)

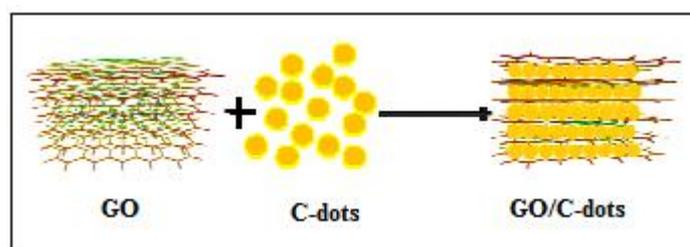


(b)

Gambar 25. Hasil karakterisasi campuran GO/C-dots menggunakan UV-Vis dengan perbandingan (a) 1 : 2, 2 : 1, 1 : 1, dan 1 : 5 dan (b) 1 : 5

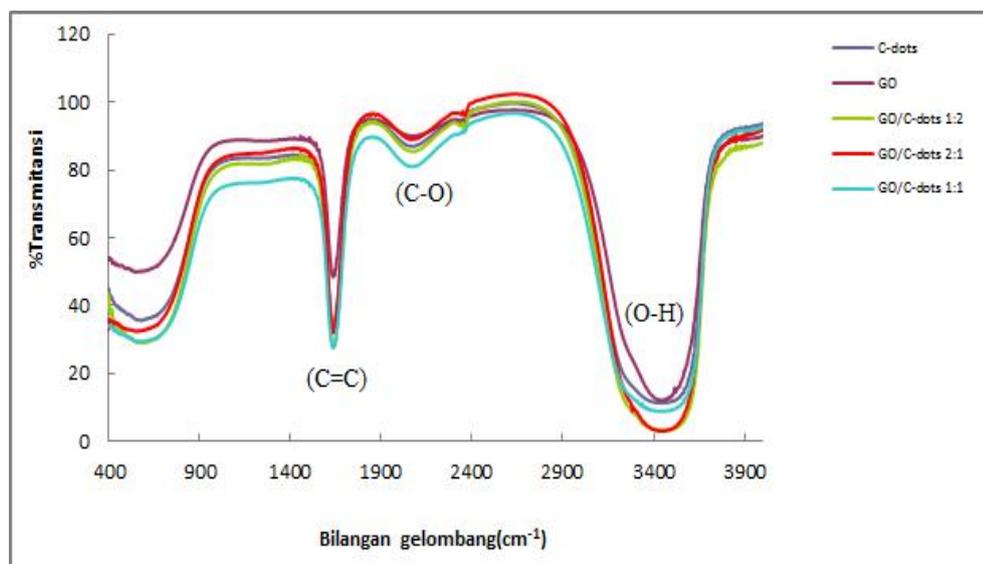
Gambar 25 menunjukkan hasil karakterisasi UV-Vis pada sampel

campuran GO/C-dots. Campuran GO/C-dots dengan perbandingan 1 : 2 menunjukkan puncak absorbansi pada panjang gelombang 226 nm, 1 : 1 menunjukkan puncak absorbansi pada panjang gelombang 264 nm, 1 : 5 menunjukkan puncak absorbansi pada panjang gelombang 235 nm, 2 : 1 menunjukkan puncak absorbansi pada panjang gelombang 228 nm dan 264 nm, dan 5 : 1 menunjukkan puncak absorbansi pada panjang gelombang 211 nm dan 266 nm. Pencampuran antara GO dengan C-dots ini menjadikan C-dots sebagai agen pereduksi GO (Wang *et al*, 2013). Selain sebagai pereduksi untuk mengurangi oksigen, C-dots juga mengeksfoliasi lapisan-lapisan GO. C-dots yang masuk ke sela-sela lapisan GO menjadikan bertambahnya jarak antar lapisan graphene sehingga gaya *van der waals* antar lapisan GO menjadi berkurang dan menyebabkan lapisan-lapisan GO terkelupas. Hal ini diilustrasikan pada Gambar 26. Puncak-puncak absorbansi pada campuran GO/C-dots mengarah pada karakteristik material GO dimana puncak absorbansinya berada pada rentang panjang gelombang 223 nm – 270 nm (Wisnuwijaya, 2017).



Gambar 26. Ilustrasi dari pencampuran GO dengan C-dots (S. Hu, *et al*, 2014)

Kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk dalam sampel GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots. Pada spektrum FTIR adanya puncak (pita) menunjukkan interaksi partikel dengan radiasi inframerah pada panjang gelombang tersebut. Pita energi tersebut menunjukkan adanya unsur gugus ikatan pada sampel yang diuji. Hasil karakterisasi FTIR diperlihatkan pada Gambar 27.



Gambar 27. Hasil karakterisasi GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots dengan perbandingan 1 : 2, 1 : 1, dan 2 : 1 menggunakan FTIR

Gugus fungsi yang terdapat pada sampel GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots pada Gambar 27 menunjukkan bahwa masing-masing sampel memiliki gugus fungsi yang sama. Selain memiliki gugus fungsi yang sama, masing-masing sampel juga memiliki puncak-puncak transmitansi yang hampir sama pada masing-masing gugus fungsinya. Puncak transmitansi pada

gugus fungsi O - H (asam karboksilat) dan C = C (alkena) pada semua sampel menunjukkan puncak transmitansi di sekitar bilangan gelombang 3340 cm^{-1} sampai 3454 cm^{-1} dan 1633 cm^{-1} sampai 1635 cm^{-1} . Sedangkan adanya puncak transmitansi lain diduga gugus fungsi C - O yang berada pada bilangan gelombang di sekitar 2065 cm^{-1} sampai 2080 cm^{-1} . Adanya gugus fungsi C = C mengindikasikan bahwa larutan GO, C-dots, dan GO/C-dots berhasil dibuat, dimana gugus fungsi C = C merupakan gugus fungsi utama pada material GO dan C-dots (Fathia, 2018; Bilqis, 2017). Demikian pula, gugus fungsi O - H dan C - O menunjukkan adanya senyawa oksigen dalam masing-masing sampel GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots. Puncak transmitansi dan gugus fungsi yang dimiliki masing-masing sampel ditunjukkan pada Tabel 2.

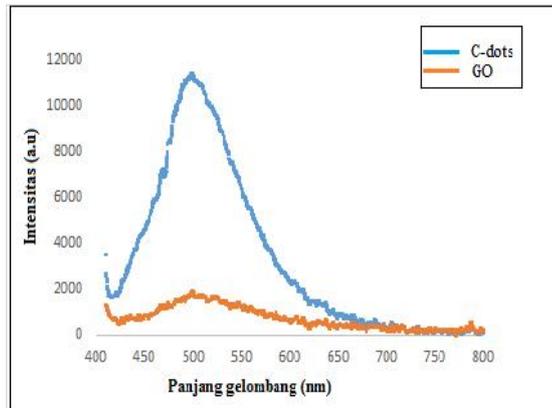
Pada hasil karakterisasi FTIR, jika dibandingkan dengan sampel GO ataupun C-dots terlihat terjadi penurunan transmitansi pada gugus fungsi yang mengandung oksigen pada sampel campuran GO/C-dots. Hal ini terjadi karena C-dots mereduksi GO sehingga senyawa oksigen dalam masing-masing sampel berkurang. Tersisipnya C-dots pada lapisan GO menunjukkan bilangan gelombang yang sama dengan hasil penelitian Fathia (2018) dengan sampel GO-AgNP sebesar 1638 cm^{-1} pada ikatan aromatik C=C. Hasil penelitian lain juga menunjukkan AgNP-rGO memiliki puncak pada bilangan gelombang 1597 cm^{-1} sebagai ikatan aromatik C=C (Goldsheikh, *et al.*, 2014). Fathia (2018) menyatakan bahwa material rGO memiliki rentang puncak bilangan gelombang sekitar 1500 cm^{-1} hingga lebih dari 1600 cm^{-1} , sehingga

pada sampel campuran GO/C-dots ini mengindikasikan telah terbentuknya material rGO dari hasil pencampuran larutan GO dengan larutan C-dots yang memiliki puncak pada bilangan gelombang disekitar 1633 cm^{-1} sampai 1635 cm^{-1} .

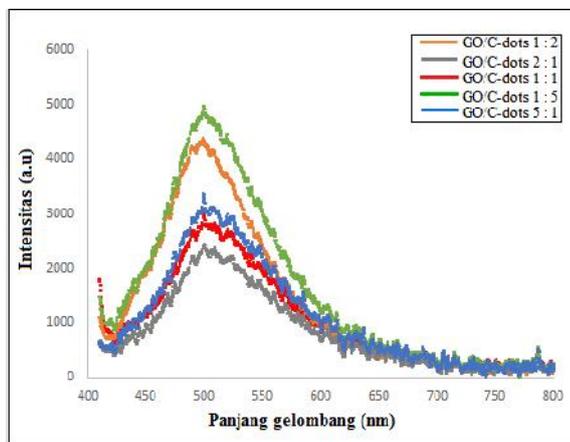
Tabel 2. Hasil karakterisasi GO, C-dots, dan GO/C-dots dengan FTIR

Sampel	Bilangan gelombang (cm^{-1})	Gugus fungsi
C-dots	3440,36	O-H
	2069,49	C-O
	1634,51	C=C
GO	3445,48	O-H
	2080,97	C-O
	1633,36	C=C
GO/C-dots 1:2	3454,69	O-H
	2065,96	C-O
	1634,52	C=C
GO/C-dots 2:1	3453,43	O-H
	2076,12	C-O
	1633,57	C=C
GO/C-dots 1:1	3451,85	O-H
	2065,5	C-O
	1635,63	C=C

Karakterisasi selanjutnya menggunakan PL dengan panjang gelombang eksitasi 405 nm. Hasil yang diperoleh dari pengujian ini berupa data intensitas emisi dan panjang gelombang yang dipancarkan oleh sampel GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots. Hasil karakterisasi dari sampel GO dan C-dots ditunjukkan pada Gambar 28 (a) dan hasil karakterisasi dari sampel campuran GO/C-dots ditunjukkan pada Gambar 28 (b).



(a)



(b)

Gambar 28. Hasil karakterisasi menggunakan PL pada sampel (a) GO dan C-dots dan (b) campuran GO/C-dots dengan perbandingan 1 : 2, 2 : 1, 1 : 1, 1 : 5, dan 5 : 1

Pada grafik hasil karakterisasi PL di atas menunjukkan semua sampel memiliki satu puncak emisi maksimum. Berikut adalah tabel puncak serapan pada hasil karakterisasi PL.

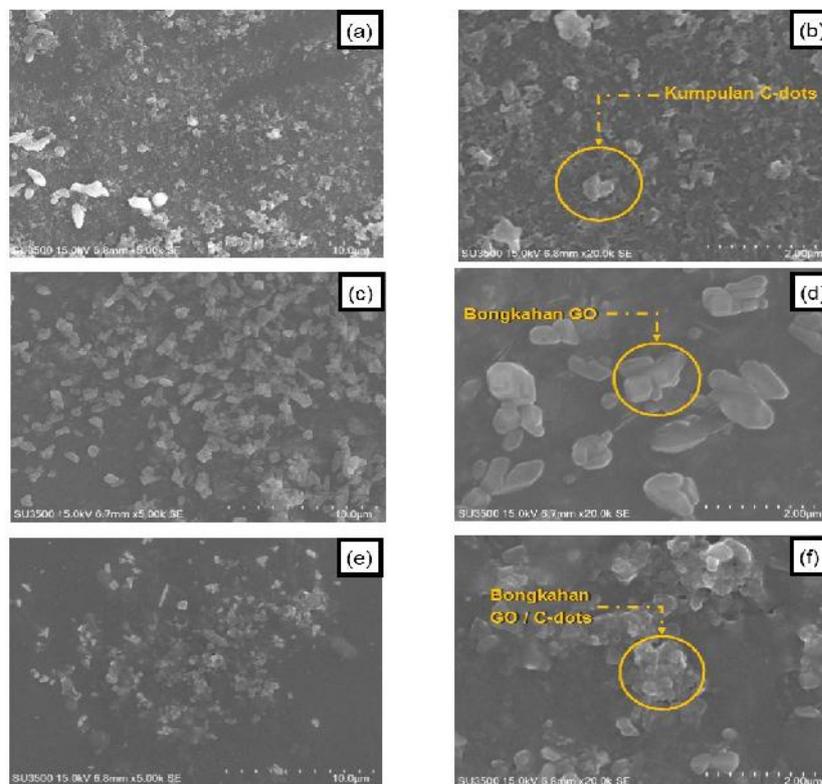
Tabel 3. Hasil karakterisasi sampel dengan PL

Sampel	Panjang Gelombang (nm)	Intensitas (a.u)
C-dots	499,17	11.474,66
GO	499,77	1979,72
GO/C-dots 1 : 2	499,37	2999,23
GO/C-dots 2 : 1	499,17	4400,78
GO/C-dots 1 : 1	499,77	2448,59
GO/C-dots 1 : 5	499,77	4993,85
GO/C-dots 5 : 1	499,57	3374,27

Panjang gelombang dari sampel GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots tergolong ke dalam panjang gelombang cahaya tampak dengan pendaran warna hijau, sama seperti saat sampel disinari dengan laser UV dengan panjang gelombang 420 nm (Gambar 23). Meskipun panjang gelombang yang diperoleh sama akan tetapi intensitas cahaya dari semua sampel berbeda hal ini ditunjukkan pada Tabel 3. Grafik hasil karakterisasi PL pada Gambar 27 menunjukkan intensitas tertinggi pada C-dots. Mengenai intensitas warna pendaran C-dots menurut Hui, *et al*, (2016) intensitas emisi yang dihasilkan bergantung pada kepadatan molekul penyusun C-dots. Sehingga dimungkinkan, untuk sampel dengan intensitas yang lebih rendah partikelnya lebih sedikit dibandingkan dengan C-dots. Dari grafik hasil karakterisasi dengan PL pada Gambar 27 juga menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan intensitas pada masing-masing sampel terjadi ketika sampel larutan C-dots yang dicampurkan untuk membuat GO/C-dots lebih banyak dibandingkan dengan sampel GO.

Pengujian sampel GO, C-dots, dan GO/C-dots menggunakan uji SEM

menghasilkan gambar struktur morfologi permukaan. Pada penelitian ini ada tiga sampel yang dikarakterisasi menggunakan SEM yaitu GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots. Campuran GO/C-dots yang diuji dengan SEM adalah perbandingan 1 : 1, dimana perbandingan ini merupakan perbandingan dengan campuran GO dan C-dots yang sama serta memiliki perbandingan yang berbeda dari perbandingan campuran GO/C-dots yang lain.

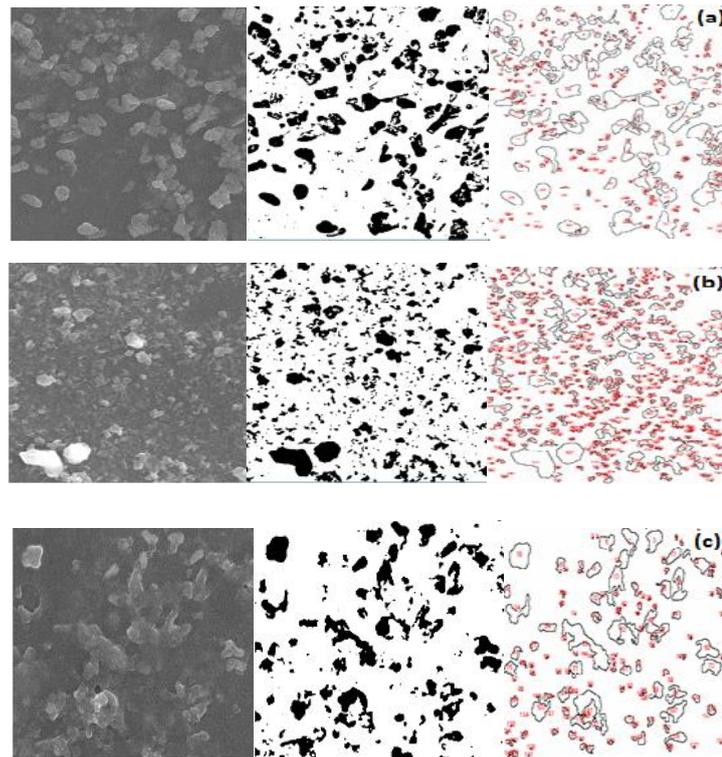


Gambar 29. Hasil karakterisasi SEM (a) sampel C-dots dengan perbesaran 5000x, (b) sampel C-dots dengan perbesaran 20000x, (c) sampel GO dengan perbesaran 5000x, (d) sampel GO dengan perbesaran 20000x, (e) sampel campuran GO/C-dots dengan perbesaran 5000x, dan (f) sampel GO/C-dots dengan perbesaran 20000x

Gambar 29 merupakan gambar morfologi permukaan dari sampel GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots pada perbesaran 5000x dan 20000x. Morfologi permukaan pada gambar (a) dan gambar (b) terlihat menyerupai karang dengan persebaran partikel-partikel yang merata. Pada gambar (c) morfologi permukaannya terlihat seperti koloni yang berbentuk tak beraturan. Morfologi permukaan pada gambar (d) semakin terlihat bahwa masing-masing partikelnya berbentuk tak beraturan dan dipermukaan sisi-sisinya terlihat datar. Morfologi permukaan pada gambar (e) terlihat seperti butiran-butiran tak beraturan yang tersebar tidak merata, sedangkan morfologi permukaan gambar (f) menunjukkan butiran-butiran tersebut setelah diperbesar terlihat seperti gumpalan yang menyatu dan berbentuk tak beraturan. Hasil karakterisasi GO dengan SEM menunjukkan kesamaan dengan hasil penelitian dari Qinghong (2018) dimana morfologi GO yang diperoleh terdiri dari partikel dengan bentuk tidak teratur dan dapat diamati bahwa partikel cenderung menggabung. Hasil karakterisasi C-dots dengan SEM juga menunjukkan partikel yang terbentuk bukanlah partikel C-dots melainkan kumpulan dari banyak partikel C-dots, meski demikian hal ini tetap mengindikasikan terbentuknya partikel C-dots. Hal ini seperti yang diungkapkan oleh Zhang, *et al*, (2012) bahwa setiap bongkahan kristalin yang berukuran 800-900 nm dalam hasil SEM miliknya mengandung banyak C-dots setelah diuji menggunakan HRTEM.

Gambar hasil karakterisasi dengan SEM kemudian diolah menggunakan software pengolah data digital Image-J untuk mendapatkan distribusi ukuran

partikel pada masing-masing sampel GO, C-dots, dan GO/C-dots. Gambar yang digunakan pada pengolahan data ini berupa sampel GO, C-dots, dan GO/C-dots dengan perbesaran 10000x.



Gambar 30. Hasil pengolahan gambar SEM menggunakan ImageJ

(a) GO, (b) C-dots, dan (c) campuran GO/C-dots

Gambar 30 menunjukkan hasil pengolahan gambar menggunakan analisis ImageJ. Kemudian untuk mengetahui ukuran diameter partikel rata-rata digunakan fitur Analyze Particles. Hasil ukuran diameter partikel GO rata-rata adalah 215,85 nm, diameter partikel C-dots rata-rata adalah 139,19 nm, dan diameter partikel GO/C-dots rata-rata adalah 192,22 nm. Ukuran dari GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots yang diperoleh belum sesuai dengan referensi yang mengatakan

ukuran nanomaterial berkisar pada orde 1 sampai dengan 100 nm (Wijaya, 2012). SEM dalam kasus ini belum dapat melihat partikel GO dan C-dots sehingga untuk mengetahui ukuran partikel dari GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots diperlukan pengujian lebih lanjut menggunakan TEM. TEM dapat memberikan informasi morfologi, ukuran dan struktur dari bahan yang diuji dengan resolusi tinggi. TEM memiliki resolusi superior 0,1-0,2 nm, resolusi ini lebih besar dari SEM yang hanya mampu memberikan resolusi 1-3 nm (Malik, 2018).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Sintesis GO dan C-dots berbahan dasar limbah daun pisang kering telah dapat dihasilkan. Sintesis GO dilakukan dengan metode LSE dengan frekuensi 35 kHz. Sintesis C-dots dilakukan dengan metode dua fase pemanasan oven dan dilarutkan dengan aquades untuk memperoleh larutan C-dots.
2. Pengujian UV-Vis pada larutan GO memperoleh dua puncak absorbansi pada panjang gelombang 227,5 nm dan 260 nm, adanya dua puncak absorpsi ini menjadi indikasi keberhasilan sintesis GO. Larutan C-dots menghasilkan puncak absorbansi pada panjang gelombang 216 nm dimana puncak yang terbentuk juga mengindikasikan keberhasilan sintesis C-dots. FTIR menghasilkan gugus fungsi yang sama yaitu O – H, C – O, dan C = C, yang menjadi indikasi keberhasilan sintesis GO dan C-dots. Hasil karakterisasi GO dan C-dots dengan PL menghasilkan satu puncak emisi pada panjang gelombang 499 nm dengan pendaran warna hijau, yang juga menjadi indikasi keberhasilan sintesis GO dan C-

dots. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan morfologi permukaan GO dan C-dots yang diperoleh terdiri dari banyak partikel dengan bentuk tidak teratur dan partikel-partikelnya cenderung menggabung dengan persebaran yang merata.

3. Hasil pencampuran larutan GO dan C-dots dengan perbandingan 1 : 2, 2 : 1, 1 : 1, 1 : 5, dan 5 : 1 memperoleh karakteristik yang sama yaitu mengarah pada terbentuknya nanomaterial rGO.

B. Saran

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

1. Dapat dilakukan karakterisasi menggunakan TEM agar didapatkan ukuran partikel pada GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots yang lebih akurat.
2. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pengaplikasian GO, C-dots, dan campuran GO/C-dots.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, dkk. 2016. *Sintesis Dan Sifat Luminensi*. Bandung : ITB.
- Abdullah M, dkk. 2008. Review : Sintesis Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 1 (2) : 33-57 ISSN 1979-0880
- Adinata, Mirsa. 2013. *Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Sebagai Karbon Aktif*. Jawa Timur : FTI Kimia UPN.
- Andrijanto, E., Shoerya Shoelarta, Gatot Subiyanto, Sadur Rifki. 2016. *Facile synthesis of graphene from graphite using ascorbic acid as reducing agent*. AIP Conference Proceedings 1725, 020003.
- Baker SN, Baker GA. 2010. *Luminescent carbon nanodots: Emergent nanolights*. *Angewandte Chemie International Edition*. 49:672667:44. doi:10.1002/anie.200906623
- Bilqis, S. M. (2017). *Perbandingan Sifat Optik Carbon Nanodots Berbahan Dasar Gula Pasir dan Air Jeruk dengan Metode Sintesis Hydrothermal dan Microwave*. Skripsi: Universitas Negeri Yogyakarta
- Bo, Z., et al. (2014). *Green Preparation of Reduced Graphene Oxide for Sensing and Energy Storage Applications*. *Sci. Rep.* 4 (4684), 1-8.
- Brownson, Dale A. C. 2014. *The Handbook of Graphene electrochemistry*. Manchester: Springer.
- Budianto. 2015. *Pengaruh Penambahan Nanopartikel Perak Pada Setiap Sel Elemen Basah (ACCU) Terhadap Tegangan Keluaran Elemen Basah (ACCU)*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Choi, S. M., Wonbong, Lee, Jo-won. 2011. *Synthesis and characterization of graphene -supported metal nanoparticles by impregnation method with heat treatment in H₂ atmosphere*. *Synthetic Metals*, 161: 2405-2411.
- Citra, P.P. 2016. *Pemanfaatan Campuran Kulit Pisang Kepok Putih dan Daun Pisang Kering dalam Pembuatan Kompos di Sentra Industri Keripik Pisang Bandar Lampung*. Bandar Lampung. Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- Ciesielski Artur, samori Paolo. 2013. *Graphene via Sonication assisted liquid-*

phase exfoliation. RSC Publishing.

- Chu H.L., Yeh, D.B., & Shaw, J.F., 1993, *Production of L-DOPA by Banana Leaf Polyphenol Oxidase*, *Bot. Bull. Acad. Sin.*, **34**, 57–60
- Efelina Vita. 2015. *Kajian Pengaruh Konsentrasi Urea Dalam Sifat Optik Nanofiber Graphene Oxide/PVA (Polyvinyl Alcohol) yang Difabrikasi Menggunakan Teknik Electrospinning*. Yogyakarta: UGM.
- Fadli, L.F. 2018. Sintesis Dan Karakterisasi Nanomaterial *Carbon-Dot*, *Carbon-Dot/Sulfur*, Dan *Carbon-Dot/Silver Nanoparticle* Berbahan Dasar Buah Namnam (*Cynometra Cauliflora L*) Dengan Metode Penggorengan Berbasis Minyak. Yogyakarta : FMIPA UNY.
- Fathia, Azka. 2018. Sintesis Dan Karakterisasi *Graphene Oxide* Terkombinasi Nanopartikel Perak Dalam Fase Cair. Yogyakarta : FMIPA UNY.
- Fikri. 2016. *Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan dan Waktu Ultrasonikasi Terhadap Sintesis Material Graphene dengan Metode Liquid Sonification Menggunakan Tweeter Ultrasonication Graphene Oxide Generator*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Flores-Vélez, L.M and Domínguez, O . (2018). *Graphene Oxide / Multilayer Graphene Synthesized from Electrochemically Exfoliated Graphite and Its Influence on Mechanical Behavior of Polyurethane Composites*. *Materials Sciences and Applications*, 9, 565-575.
- Geim A.K, Novoselov. 2007. *The Rise of Graphene*. Manchester : University of Manchester.
- Hananto F.S., dkk. 2011. *Application Of Piezoelectric Material Film PVDF (Polyvinylidene Flouride) As Liquid Viscosity Sensor*. *Jurnal Neutrino* Vol 3, No 2.
- Horrison, Judy. 2000. *Preserving Food: Drying fruit and vegetable*. University of Georgia.
- Huang P, Zhang C, Xu C, Bao L, Li Z. 2010. *Preparation and Characterization of Near-infrared region absorption enhancer carbon nanotubes hybrid materials*. *Nano Biomed Eng.* 2010;2:231-8.
- Hui D., Shang B. Y., Wei J. S., and Huan M. X., Full-Color Light-Emitting Carbon Dots with a Surface-State-Controlled Luminescence Mechanism, *ACS Nano.*, 10, 484-491, 2016.

- Kurniawan, Cepi. 2008. *Studi Sifat Luminisens iNanopartikel CaxSrl xTiO3:RE(RE=Pr³⁺, Eu³⁺ dan Tb³⁺) yang Dipreparasi dengan Metode Sonokimia*. Tesis. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Lai, Q., Zhu, S., Luo, X., Zou, M. and Huang, S. 2012. *Ultraviolet-Visible Spectroscopy of Graphene Oxides*. AIP Advances, 2, Article ID: 032146.
- Lenohingide, N. 2018. *Sintesis komposit graphene oxide/Aerogel Sebagai Bahan Penyerap Limbah Minyak*. Kendari : FMIPA Universitas Haluoleo.
- Liu H, Ye T, Mao C. 2007. *Preparation of fluorescent carbon nanoparticles from candle soot*. *Angewandte Chemie International Edition*. 46:6473-6475. doi: 10.1002/anie.200701271.
- Malik, P., Choudhary, O. 2018. *Uses of Transmission Electron Microscope in Microscopy and its Advantages and Disadvantages*. India: Rajasthan University dan Central Agricultural University.
- Mohapatra, dkk. 2010. *Banana and its by-product utilisation: an overview*. *Journal of Scientific & Industrial Research*. vol 69: 323-329.
- Mudjajanto, Eddy Setyo & Lilik Kustiyah. 2008. *Membuat Aneka Olahan Pisang (Peluang Bisnis yang Menjanjikan)*. Agromedia.
- Patel, N. H. 2015. *Basic Principle, Working and Instrumentation of Experimental Techniques*. Gujarat: Sardar Patel University.
- Prihatini, Diah. Saptarini Nuswamarhaeni, Endang Puspita Pohan. 1999. *Mengenal Buah Unggul Indonesia*. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Rahmayanti, H.D., Aji, M.P., & Sulhadi. 2014. Effect of Sulfur Particles on Absorbance and the Band Gap Energy of Carbon Dots. *Prosiding International Conference on Advanced Materials and Technology (ICAMST 2014) 16-17*.
- Ramadhiani, Arimbi. (2017). *Graphenestone Diklaim sebagai Cat Paling Ramah Lingkungan di Dunia*. <https://properti.kompas.com/read/2017> diunduh pada tanggal 3 Desember 2018.
- Sahaa, R.K., Srijan A., Syed Sohedul H.S., Priyanka R., (2013), Medicinal activities of the leaves of *Musa sapientum var. sylvestris* in vitro, *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3 (6), 476-482.
- Sahu, S., Birendra, B., Tapas K., Maiti & Mohapatra, S. 2012. *Simple one-step*

synthesis of highly luminescent carbon dots from orange juice: application as excellent bio-imaging agents, *Chem. Commun* (2012). 48 : 8835–8837.

Saputra, A., Ningrum, D.K. 2010. *Pengeringan Kunyit Menggunakan Microwave Dan Oven*. Semarang : Universitas Diponegoro.

Suparno. 2012. *Dinamika Partikel Koloid*. Yogyakarta: UNY Press.

Sun, Y. P., Zhou, B., Lin, Y., Wang, W., Fernando, K. S., Pathak, P., & Luo, P. G. 2006. *Quantum-sized carbon dots for bright and colorful photoluminescence*. *J. Am. Chem. Soc*, 128(24): 7756-7757

Syakir, Norman, dkk. 2015. *Kajian Oksida Grafit untuk Produksi Grafena dalam Jumlah Besar*. Sumedang: Departemen Fisika Universitas Padjadjaran.

S. Hu, Q. Huang, Y. Lin, C. Wei, H. Zhang, W. Zhang, Z. Guo, X. Bao, J. Shi, A. Hao, Reduced graphene oxide-carbon dots composite as an enhanced material for electrochemical determination of dopamine, *Electrochimica Acta* (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2014.02.150>

Utomo, A. D., Rahayu, W. S. & Dhiani, B. A. 2009. *Beberapa Metode Pengeringan Terhadap Kadar Flavonoid Herba Sambilotto (Andrographis paniculata)*. *Pharmacy*, 06(01), 58-68. doi: 10.30595/pji.v6i1.402

Wang, G., Wang, B., Park, J., Yang, J., Shen, X. and Yao, J. 2009. *Synthesis of Enhanced Hydrophilic and Hydrophobic Graphene Oxide Nanosheets by a Solvothermal Method*. *Carbon*, 47, 68-72. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2008.09.002>

X. Wang, Y. Long, Q. Wang, H. Zhang, X. Huang, R. Zhu, P. Teng, L. Liang, H. Zheng. 2013. *Reduced state carbon dots as both reductant and stabilizer for the synthesis of gold nanoparticles*, *Carbon* 64 (2013) 499.

Zhang, Z., Wenhui, S., & Peiyi. 2015. *Highly photoluminescent carbon dots derived from egg white: facile and green synthesis, photoluminescence properties and multiple applications*. *Article ASC Sustainable Chem Eng* (2015). 1 : 29.

Wisnuwijaya, Rhyko Irawan. (2016). *Preparasi dan Sintesis Graphene Oxide dengan Metode Liquid Sonication Exfoliation dan Random Collision Marbles Shaking dengan Bahan Dasar Graphite Limbah Baterai*

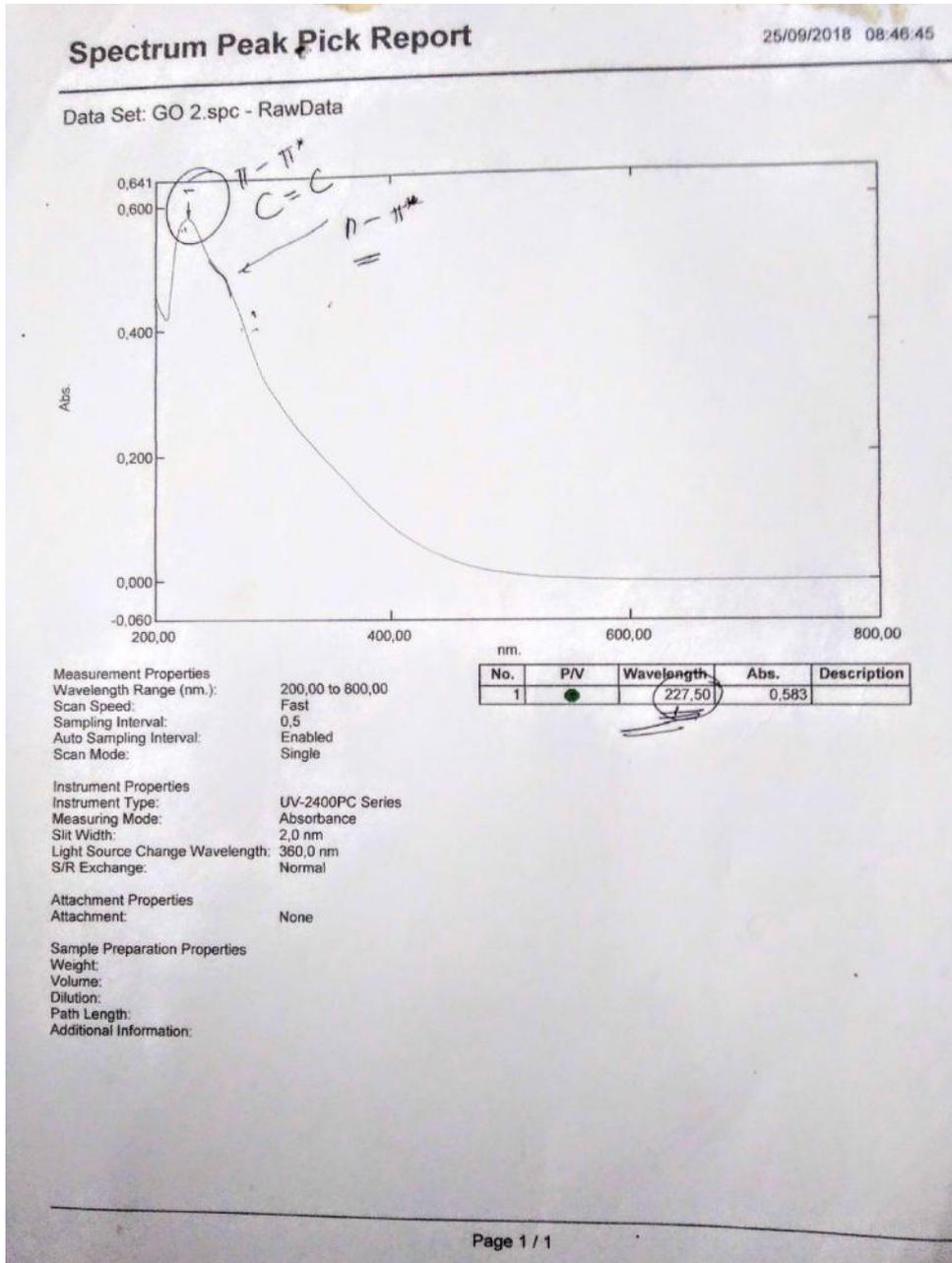
ZincCarbon Berdasarkan Uji Spektrofotometer Uv-Vis. Yogyakarta :
FMIPA UNY.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi alat dan bahan



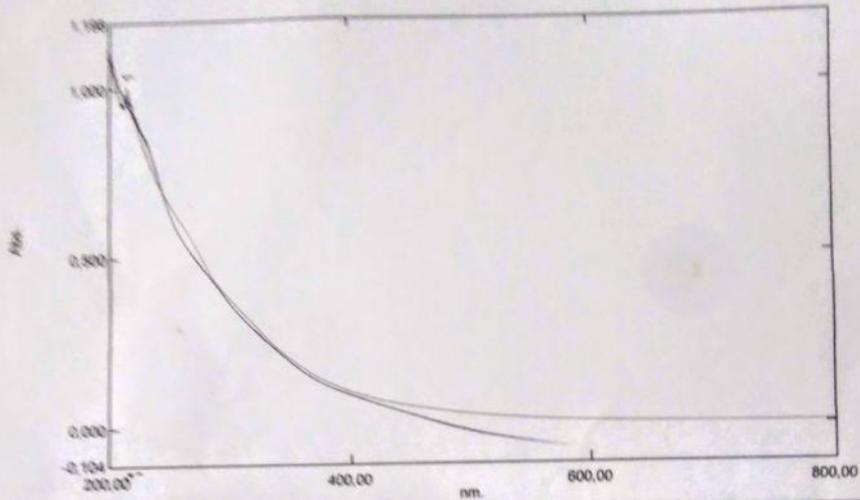
Lampiran 2. Hasil karakterisasi GO, C-dots, dan perbandingan C-dots dengan UV-Vis



Spectrum Peak Pick Report

25/09/2018 08:40:35

Data Set: C Dot.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

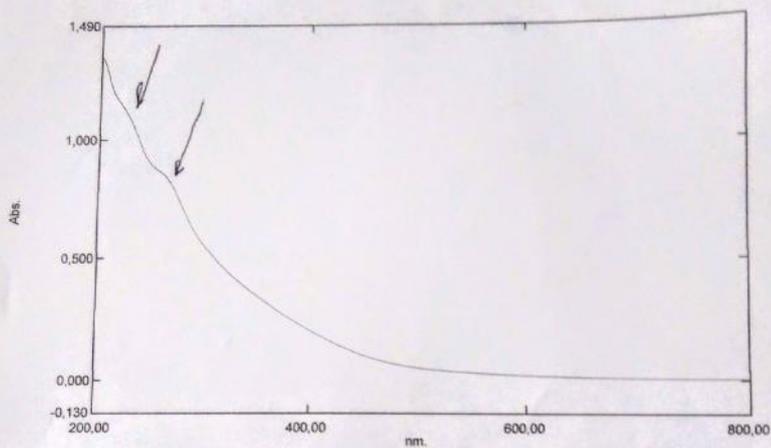
Sample Preparation Properties
Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	216.00	0.961	

Spectrum Peak Pick Report

01/10/2018 11:02:43

Data Set: GCD 2, 1.spc - RawData



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

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

Attachment Properties
Attachment: None

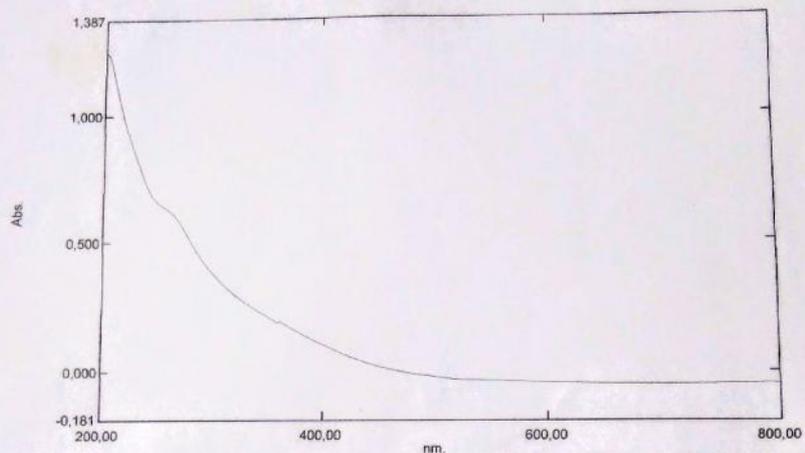
Sample Preparation Properties
Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

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

Spectrum Peak Pick Report

01/10/2018 11:07:19

Data Set: GCD 1,1.spc - RawData



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

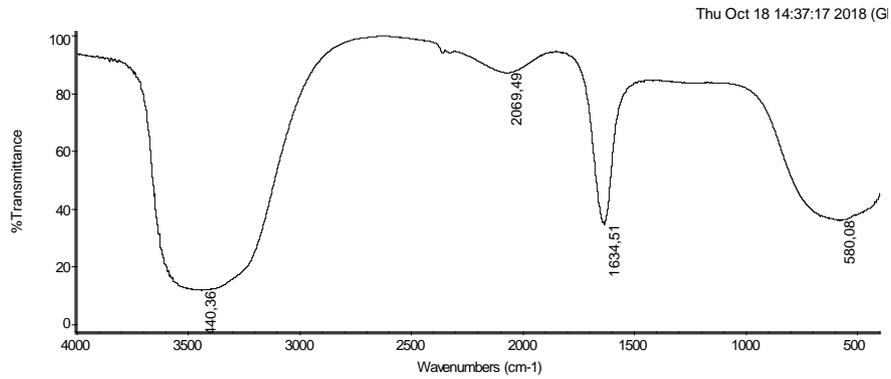
Instrument Properties
Instrument Type: UV-2400PC Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 2,0 nm
Light Source Change Wavelength: 360,0 nm
S/R Exchange: Normal

Attachment Properties
Attachment: None

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

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

Lampiran 3. Hasil karakterisasi GO, C-dots, dan GO/C-dots dengan FTIR



Collection time: Thu Oct 18 09:11:30 2018 (GMT+07)

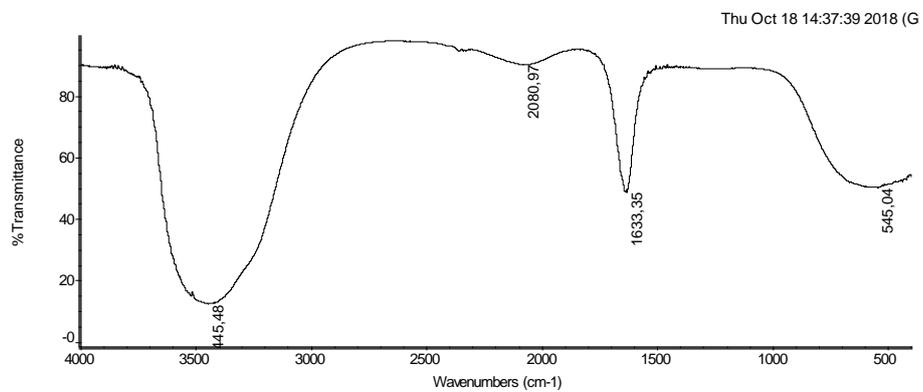
Thu Oct 18 14:37:15 2018 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2204-1 C-dots
 Region: 4000,00 400,00
 Absolute threshold: 102,668
 Sensitivity: 50

Peak list:

Position: 3440,36	Intensity: 11,172
Position: 1634,51	Intensity: 34,170
Position: 580,08	Intensity: 35,538
Position: 2069,49	Intensity: 86,962



Collection time: Thu Oct 18 09:20:17 2018 (GMT+07)

Thu Oct 18 14:37:38 2018 (GMT+07:00)

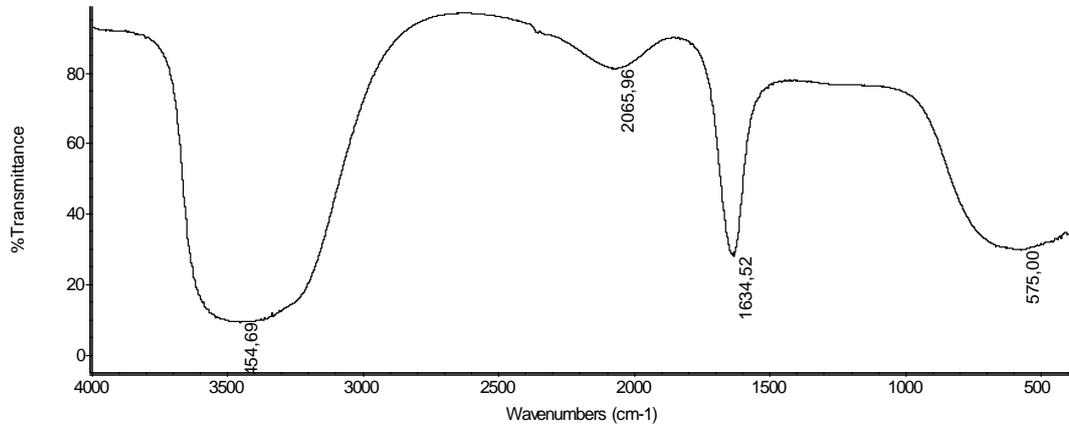
FIND PEAKS:

Spectrum: 2204-2 GO
 Region: 4000,00 400,00
 Absolute threshold: 100,508
 Sensitivity: 50

Peak list:

Position: 3445,48	Intensity: 11,951
Position: 1633,35	Intensity: 48,441
Position: 545,04	Intensity: 49,814
Position: 2080,97	Intensity: 89,957

Thu Oct 18 14:37:57 2018 (G)



Collection time: Thu Oct 18 09:35:19 2018 (GMT+07)

Thu Oct 18 14:37:56 2018 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2204-3 GHO:C-dots 1:1

Region: 4000,00 400,00

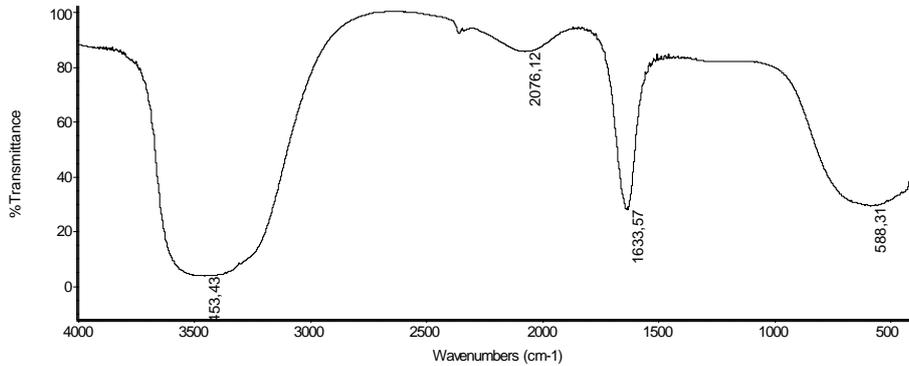
Absolute threshold: 99,655

Sensitivity: 50

Peak list:

Position: 3454,69	Intensity: 8,684
Position: 1634,52	Intensity: 27,426
Position: 575,00	Intensity: 29,220
Position: 2065,96	Intensity: 80,937

Thu Oct 18 14:38:13 2018 (G)



Collection time: Thu Oct 18 09:41:29 2018 (GMT+07)

Thu Oct 18 14:38:11 2018 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2204-4 GO:C-dots 1:2

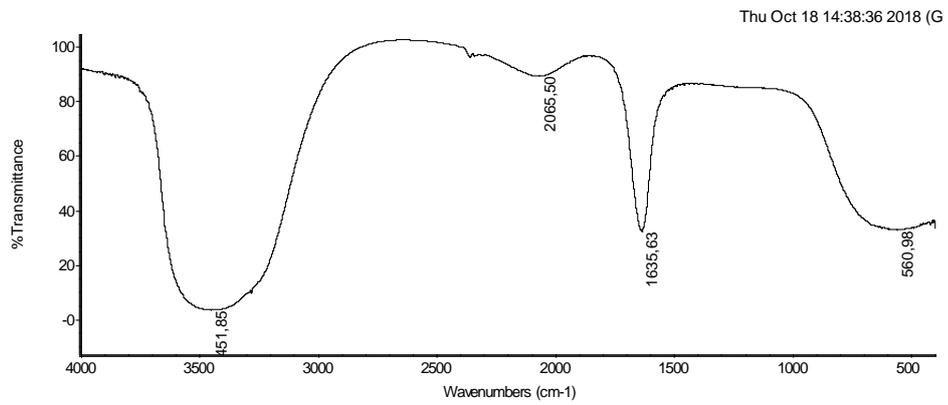
Region: 4000,00 400,00

Absolute threshold: 102,908

Sensitivity: 50

Peak list:

Position: 3453,43	Intensity: 3,140
Position: 1633,57	Intensity: 27,573
Position: 588,31	Intensity: 28,903
Position: 2076,12	Intensity: 85,433



Collection time: Thu Oct 18 09:45:05 2018 (GMT+07)

Thu Oct 18 14:38:33 2018 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2204-5 GO:C-dots 2:1

Region: 4000,00 400,00

Absolute threshold: 105,687

Sensitivity: 50

Peak list:

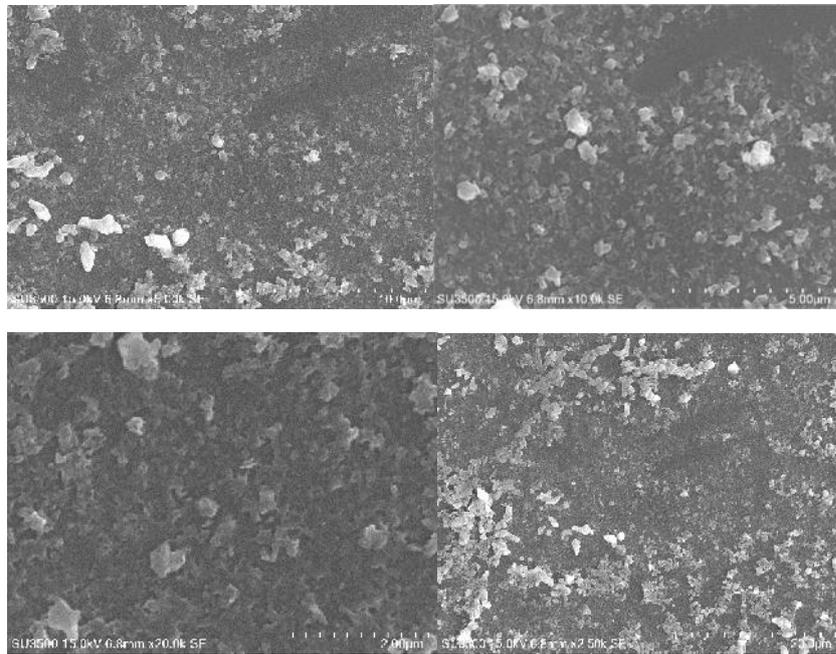
Position: 3451,85 Intensity: 2,883

Position: 1635,63 Intensity: 31,901

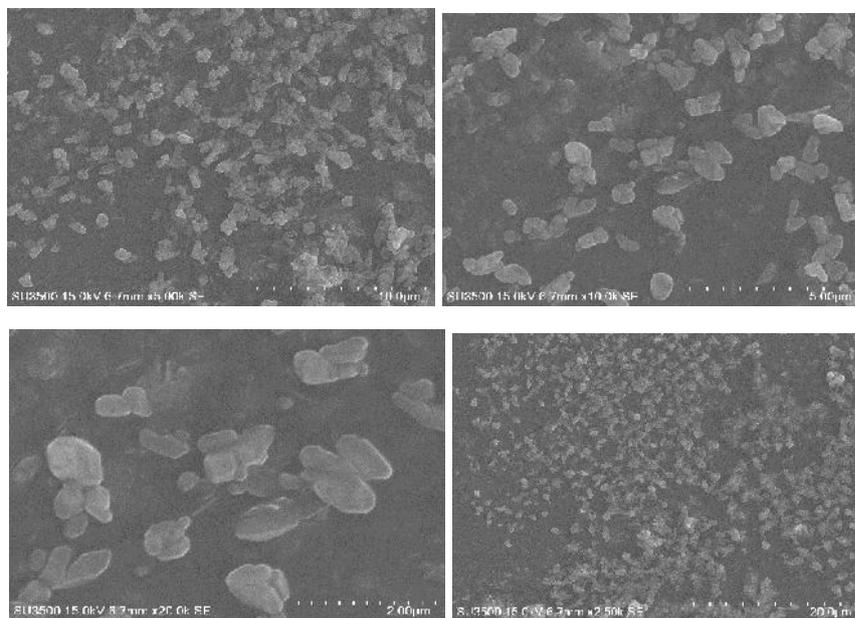
Position: 560,98 Intensity: 32,336

Position: 2065,50 Intensity: 88,975

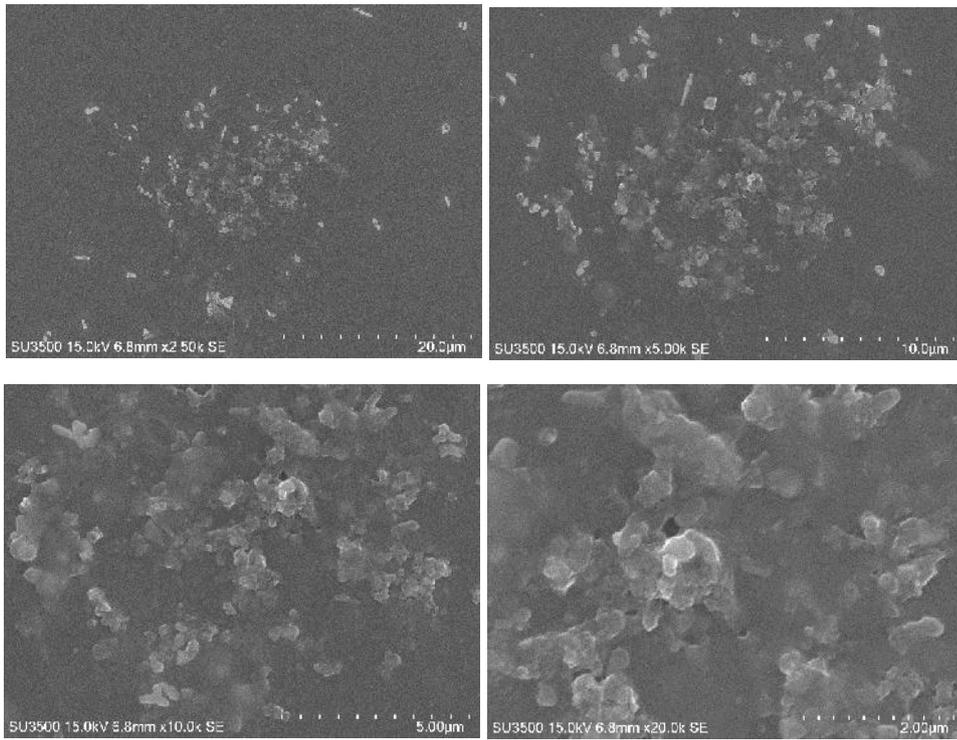
Lampiran 4. Hasil karakterisasi SEM C-dots, GO, dan campuran GO/C-dots



(a) C-dots



(b) GO



(c) Campuran GO/C-dots