

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOMATERIAL *CARBON-DOT*
BERBAHAN DASAR AMPAS TEH TUBRUK MENGGUNAKAN
METODE SONIKASI AUDIOSONIK**

TUGAS AKHIR SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh

Kukuh Prasetyo Idzharul Haq

NIM 12306141040

PRODI FISIKA

JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2019

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul **"SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOMATERIAL CARBON-DOT BERBAHAN DASAR AMPAS TEH TUBRUK MENGGUNAKAN METODE SONIKASI AUDIOSONIK"** yang disusun oleh KUKUH PRASETYO IDZHARUL HAQ, NIM 12306141040 ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 28 Desember 2018 dan dinyatakan lulus.

DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Wipar Sunu Brams</u> <u>Dwandaru, Ph.D.</u> 198001292005011003	Ketua Penguji		14/1 2019
<u>Nur Kadarisman, M. Si</u> 196402051991011001	Penguji 1		11/1 2019
<u>Dr. Kuncoro A N, S.Pd.,</u> <u>M.Pd., M. Sc</u> 197706152002121003	Penguji 2		14/1 2019

Yogyakarta, 15 Januari 2019

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,



Dr. Hartono

NIP. 196203291987021002

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan judul

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOMATERIAL *CARBON-DOT*
BERBAHAN DASAR AMPAS TEH TUBRUK MENGGUNAKAN
METODE SONIKASI AUDIOSONIK**

Disusunoleh :

Kukuh Prasetyo Idzharul Haq

NIM 12306141040

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

Yogyakarta, 14 Desember 2018

Menyetujui,

Pembimbing 1



Wipsar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D

NIP 198001292005011003

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kukuh Prasetyo Idzharul Haq

NIM : 12306141040

Program Studi : Fisika

Jurusan : Pendidikan Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul skripsi : **“Sintesis dan Karakterisasi Nanomaterial *Carbon-Dot* Berbahan Dasar Ampas Teh Tubruk Menggunakan Metode Sonikasi Audiosonik”**

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

Tanda tangan dosen penguji yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi ditunda yudisium pada periode berikutnya.

Yogyakarta, 14 desember 2018

Yang menyatakan,



Kukuh Prasetyo Idzharul Haq

NIM 12306141040

MOTTO

Orang – orang yang mampu membuat perubahan adalah orang – orang yang sanggup mengorbankan sesuatu yang penting baginya. Dan orang-orang yang tidak sanggup mengorbankan sesuatu, tidak akan bisa mengubah apapun.

Hanya karena seseorang tersesat, bukan berarti dia tersesat selamanya.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk Kakek saya

Jalalludin Darusman,

ibu dan abah saya:

Mukti Rahayu dan Abdurrahman,

adik – adik:

Dewi Maryam,

Istinganah,

Qudsiyatuz Zahro,

Adiba Kanza Az-zahra,

SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOMATERIAL *CARBON-DOT* BERBAHAN DASAR AMPAS TEH TUBRUK MENGGUNAKAN METODE SONIKASI AUDIOSONIK

Oleh :

Kukuh Prasetyo Idzharul Haq
12306141040

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sintesis Cdots berbahan dasar ampas teh menggunakan metode sonikasi audiosonik dan mengetahui pengaruh variasi massa ampas teh terhadap karakteristik material Cdots yang dihasilkan.

Penelitian ini menggunakan variasi massa sebanyak 4 variasi, sehingga menghasilkan delapan sampel larutan Cdots. Sampel tersebut meliputi 4 sampel sebelum sonikasi dan 4 sampel setelah sonikasi. Cara pembuatan sampel adalah dengan menjemur ampas teh untuk menghilangkan kadar air dalam ampas teh, selanjutnya teh yang sudah kering dioven hingga menyala agar teh menjadi carbon, kemudian carbon yang berasal dari ampas teh dihaluskan dan disaring agar memperoleh serbuk carbon yang halus, setelah itu baru dilakukan pencampuran serbuk karbon halus dengan aquades menggunakan blander selama 1 menit. Variasi massa serbuk karbon yang digunakan adalah sebanyak 4 variasi, yaitu 0,5 gram, 1 gram, 1,5 gram, dan 2 gram, sampai tahap ini dihasilkan 4 sampel. Kemudian 4 sampel tersebut masing-masing ditetesi dengan larutan detergen sebanyak 4 tetes yang bertujuan untuk membantu proses sintesis, selanjutnya dilakukan sonikasi audiosonik dengan frekuensi 170 Hz pada 4 sampel tersebut, sehingga menghasilkan 4 sampel larutan yang disonikasi.

Pengujian karakterisasi absorbansi UV-Vis pada variasi massa 0,5 gram, 1 gram, 1,5 gram dan 2 gram menunjukkan bahwa semakin besar massa maka puncak absorbansi semakin bergeser kekanan (*red shift*), hal ini menunjukkan material Cdots yang terbentuk semakin sedikit. Pengujian karakteristik intensitas PL pada variasi massa 0,5 gram, 1 gram, 1,5 gram dan 2 gram menunjukkan rentang antara 480 nm-489 nm, baik sampel sebelum disonikasi ataupun sampel setelah disonikasi. Hal ini menunjukkan variasi massa tidak mempengaruhi karakteristik intensitas PL material yang terbentuk, material yang terbentuk pada setiap variasi massa menunjukkan pendaran warna biru (450 nm-495 nm). Pengujian karakteristik transmitansi menggunakan FTIR pada 1 gram dan 2 gram menunjukkan interpretasi yang sama, yaitu terdapat ikatan O-H, C=O dan C≡C. Hal ini menunjukkan variasi massa tidak mempengaruhi ikatan yang terbentuk pada material. Pengujian karakterisasi SEM dilakukan pada massa 1 gram dan memperoleh hasil morfologi permukaan berbentuk bola-bola kecil berukuran 4 nm sampai 11 nm.

Kata Kunci : Cdots, Ampas Teh, Karbon, Sonikasi, Luminisensi

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF CARBON-DOT NANOMATERIALS MADE FROM DREGS OF BREWED TEA AS BASIC MATERIAL USING AUDIOSONIC SONICATION METHOD

By :

Kukuh Prasetyo Idzharul Haq

12306141040

ABSTRACT

This study aims to determine the synthesis of Cdots made from dregs of brewed tea as basic material using audiosonic sonication method and to find out the effect of its mass variations on the characteristics of the Cdots that produced.

This study uses a mass variation of 4 types, so it produces eight solution samples of Cdots. The sample included 4 samples before sonication and 4 samples after sonication. The way to make a sample is to dry the tea dregs to remove the water content in the tea dregs, then the dried tea is heated until it glows to become carbon, then, the carbon from the tea dregs is smoothed and filtered to obtain fine carbon powder, after that, a fine carbon powder with distilled water was mixed using a blender for 1 minute. The carbon powder mass variations that they use are 4 variations, namely 0.5 gram, 1 gram, 1.5 gram, and 2 gram, until this stage produces 4 samples. Then 4 of these samples, each of them are dripped with 4 drops of detergent solution which aims to assist the synthesis process, then audiosonic sonication was carried out with a frequency of 170 Hz in the 4 samples, so that it produced 4 samples of the solution which were sonicated.

The UV-Vis absorbance characterization test on the variation of mass 0.5 gram, 1 gram, 1.5 gram and 2 gram shows that the greater the mass the absorbance peak shifts to the red shift, this shows that the Cdots material is formed less and less. Testing the characteristics of PL intensity in variations in mass of 0.5 grams, 1 gram, 1.5 grams and 2 grams showed a range between 480 nm-489 nm, both samples before sonification or samples after sonication. This shows that the variation of mass does not affect the characteristics of the PL intensity of the material formed, the material formed in each variation of mass refers to blue luminescence (450 nm-495 nm). Testing of transmittance characteristics using FTIR at 1 gram and 2 grams shows the same interpretation, namely there are O-H, C=O and C≡C bonds. This shows that variations in mass do not affect the bonds formed in the material. SEM characterization tests were carried out at a mass of 1 gram and obtained surface morphological results in the form of small balls measuring 4 nm to 11 nm.

Keyword : Cdots, Tea dregs, Carbon, Sonication, Luminescence

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, Tuhan Semesta Alam yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi dengan judul **“Sintesis dan Karakterisasi Nanomaterial *Carbon-Dot* Berbahan Dasar Ampas Teh Tubruk Menggunakan Metode Sonikasi Audiosonik”**

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, tugas akhir skripsi ini tidak akan terwujud dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis dengan segala kerendahan hati ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Dr. Hartono, M.Si selaku Dekan FMIPA UNY atas segala fasilitas dan bantuannya untuk memperlancar administrasi tugas akhir.
2. Yusman Wiyatmo, M.Si selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian skripsi.
3. Nur Kadarisman, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan skripsi ini.
4. Juli Astono, M.Si selaku Penasehat Akademik yang selalu memberikan motivasi dan arahan mulai dari awal semester hingga skripsi ini selesai.
5. Wipsar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D selaku Dosen Pembimbing dalam penelitian ini dari awal sampai akhir yang membimbing dengan penuh

kesabaran, motivasi, semangat dan dukungan baik dukungan secara moral maupun spiritual.

6. Haris Murtanto selaku Laboran Laboratorium Fisika Lanjut yang telah memberikan bantuan dan izin dalam melakukan penelitian ini di Laboratorium Fisika lantai 2.
7. Dosen-dosen Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA UNY yang telah mendidik dan membekali ilmu pengetahuan kepada penulis.
8. Lia Desi Parwati Terima kasih karena selalu menemani, memarahi dan sabar untuk menunggu. Tanpamu, skripsi ini tidak akan bisa selesai.
9. Penasihat-penasihatku: Ustadz Firman Maulana, Irwan Ahmad (Dajjal) Akbar S. Pd., Ahmad Solahuddin Dunkring, K.H. Jamaludin, Solihul Huda Ali Ahmad Sidrotul Muntaha, S. H. I.
10. Semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dan memiliki banyak kekurangan. Sebagai koreksi, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk proses penyempurnaan skripsi ini. Semoga sepotong karya ilmiah ini menyumbangkan pengetahuan, khususnya pada cabang ilmu Fisika Material di Indonesia.

Yogyakarta, 10 Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN	ii
MOTTO	iii
PERSEMBAHAN	Iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
G. Manfaat Penelitian	4
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	6
A. Kajian Teori	6
1. Nanoteknologi	6
2. Carbon-dots (Cdots).....	6
3. Frekuensi	8
4. Sonikasi	10
5. Ampas Teh	12
6. Spektrofotometer Uv-Vis	13
7. Photoluminescence	15
8. Spektrofotometer Fourier Transform Infra-Red (FTIR)	17
9. Scanning electron microscope (SEM)	24
B. Kerangka Berpikir	25
III. METODE PENELITIAN	27
A. Waktu dan Tempat Penelitian	27
B. Objek Penelitian	28
C. Variabel Penelitian	28
D. Alat dan Bahan Penelitian	29
E. Prosedur Penelitian	31
F. Teknik Pengambilan Data	34
G. Teknik Analisis Data	35
H. Diagram Alir Penelitian	37
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
A. Sintesis Cdots Menggunakan Metode Sonikasi Audiosonik	38
B. Pengujian Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis	41
C. Pengujian Menggunakan PL	44

D.	Pengujian Menggunakan FTIR	47
E.	Pengujian Menggunakan SEM	50
V.	SIMPULAN DAN SARAN	53
A.	Simpulan	53
B.	Saran	54
	DAFTAR PUSTAKA	56
	LAMPIRAN	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Karakterisasi Cdots menggunakan berbagai instrumen	7
Gambar 2. Sifat <i>Photoluminescent</i> dari Cdots	8
Gambar 3. Ampas daun teh	12
Gambar 4. prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis	14
Gambar 5. Prinsip Spektroskopi PL	16
Gambar 6. Vibrasi molekul regangan (<i>stretching</i>) simetri dan asimetri	19
Gambar 7. Vibrasi molekul bengkokan (<i>bending</i>)	19
Gambar 8. Instrumen spektrofotometer FTIR	23
Gambar 9. Skema dasar SEM	25
Gambar 10. Ampas teh yang telah dioven	31
Gambar 11. Menghaluskan karbon ampas teh	31
Gambar 12. Memisahkan karbon halus dan kasar	32
Gambar 13. Menimbang serbuk karbon	32
Gambar 14. Pemplenderan serbuk karbon ampas teh dengan aquades	33
Gambar 15. Larutan detergen	33
Gambar 16. Sonikasi larutan ampas teh	34
Gambar 17. Diagram alir	37
Gambar 18. Sampel sebelum disonikasi (a) massa 0,5 gram, (b) massa 1 gram, (c) massa 1,5 gram, (d) massa 2 gram	38
Gambar 19. Sampel setelah disonikasi (a) massa 0,5 gram, (b) massa 1 gram, (c) massa 1,5 gram, (d) massa 2 gram	39
Gambar 20. Sampel sebelum disonikasi (a) massa 0,5 gram (b) massa 1 gram (c) massa 1,5 gram (d) massa 2 gram yang disinari dengan sinar UV	40
Gambar 21. Sampel setelah disonikasi (a) massa 0,5 gram (b) massa 1 gram (c) massa 1,5 gram (d) massa 2 gram yang disinari dengan sinar UV	40
Gambar 22. Hasil karakterisasi sampel sebelum disonikasi dengan UV-Vis .	41

Gambar 23. Hasil karakterisasi sampel setelah disonikasi dengan UV-Vis ...	43
Gambar 24. Hasil karakterisasi sampel sebelum disonikasi dengan PL	44
Gambar 25. Hasil karakterisasi sampel setelah disonikasi dengan PL	46
Gambar 26. Hasil karakterisasi sampel sebelum sonikasi dengan FTIR	48
Gambar 27. Hasil karakterisasi sampel setelah sonikasi dengan FTIR	49
Gambar 28. Hasil karakterisasi SEM sampel sebelum sonikasi massa 1 gram dengan perbesaran 20000x	50
Gambar 29. Hasil analisis <i>ImageJ</i> karakterisasi SEM (a) filter image (b) partikel analisis	51

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pembagian daerah berdasarkan jenis ikatan	20
Tabel 2. Korelasi bilangan gelombang dengan jenis ikatan	20
Tabel 3. Hasil analisis karakterisasi SEM menggunakan <i>ImageJ</i>	52

DAFTAR LAMPIRAN

1. Dokumentasi	58
2. Frekuensi sonikasi audiosonik yang digunakan	60
3. Hasil uji UV-Vis	62
4. Hasil uji FTIR	70
5. Hasil uji SEM	74

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Teh adalah salah satu minuman yang paling banyak dikonsumsi di berbagai negara. Begitupun di Indonesia, teh menjadi salah satu minuman yang hampir selalu dikonsumsi di setiap rumah, cafe, restoran, kantor dan beberapa tempat lainnya. Tahun 2015 *International Tea Committee* mencatat Indonesia memproduksi 129 ribu ton teh. Jumlah tersebut menempatkan Indonesia sebagai negara penghasil teh terbesar ke-7 dunia. Konsumsi dan produksi teh yang besar di Indonesia menyebabkan banyaknya limbah ampas teh yang dihasilkan. Di Indonesia masih sekitar 67 persen limbah ampas teh belum dimanfaatkan secara optimal dan dibiarkan membusuk secara alami. Ampas teh sendiri adalah bagian dari teh yang tidak larut dalam air ketika diseduh. Apabila dilihat dari komposisi kimianya, ampas teh mempunyai kandungan selulosa sebesar 34,16 %, lignin 29,01 %, tan 1,70 % dan abu 3,25 % (Susanto, 1983). Ampas teh ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan material *carbon-dot* (Cdots).

Cdots adalah sebuah material berdaya guna tinggi dalam pembuatan produk-produk yang lebih berkualitas, khususnya untuk pembuatan produk elektronik. Selain itu, perkembangan nanoteknologi sangat pesat. Nanoteknologi merupakan salah satu bidang penting pada

riset modern yang berkaitan dengan desain, sintesis, dan rekayasa struktur material berskala 1 sampai 100 nm. Nanoteknologi secara cepat berkembang dengan menghasilkan produk-produk nano dan nanopartikel dengan sifat fisika-kimia yang berhubungan dengan ukurannya (Tran, *et. al*, 2013). Berbeda dengan material berukuran besar (*bulk*), karakteristik atau sifat nanopartikel didasarkan pada ukuran, bentuk, dan morfologi permukaan.

Salah satu perkembangan nanoteknologi yang sedang berkembang adalah material Cdots. Menurut penelitian sebelumnya (Wang & Hu, 2014) Cdots memiliki sifat kelarutan yang baik, tidak toksik, dan memiliki pendaran yang tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan untuk banyak hal, di antaranya sebagai *bioimaging*, sensor, *drug delivery*, katalis, dan perangkat *photovoltaic* (Liu, W. *et. al*, 2017). Bahan baku yang melimpah yang ada di alam menyebabkan banyaknya penelitian Cdots dengan berbagai macam bahan seperti susu kedelai (Zhu, *et. al*, 2012), sari jeruk (Sahu, *et. al*, 2012), *citric acid* (Zhai, *et. al*, 2012), buah tomat (Liu, W. *et. al*, 2017), kopi nescafe (Jiang, *et. al*, 2014), dan masih banyak lagi.

Sintesis ampas teh menjadi Cdots dilakukan dengan terlebih dulu membakar ampas teh sehingga menjadi material karbon, kemudian diolah menjadi Cdots. Salah satu metode pengolahan karbon menjadi nanomaterial adalah dengan metode sonikasi audiosonik (Arum, 2018). Metode ini merupakan sintesis nanomaterial dalam fase cair yang mudah dilakukan, efisien, sederhana, dan murah. Sonikasi biasanya dilakukan

dengan frekuensi ultrasonik, namun dalam penelitian kali ini, frekuensi yang digunakan adalah frekuensi audiosonik (20 Hz – 20.000 Hz).

B. Identifikasi Masalah

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

1. Belum banyak yang mengembangkan Cdots dari ampas teh.
2. Belum banyak dikembangkan metode sintesis Cdots dengan metode sonikasi audiosonik.
3. Pemanfaatan limbah ampas teh yang belum optimal dan dibiarkan membusuk.

C. Batasan Masalah

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

1. Penelitian ini difokuskan pada sintesis Cdots. Metode sintesis dan preparasi Cdots yang digunakan yaitu sonikasi audiosonik.
2. Untuk bahan dasar, peneliti memilih menggunakan ampas teh.
3. Untuk frekuensi sonikasi audiosonik, peneliti menggunakan frekuensi 170 Hz.
4. Untuk menentukan tingkat keberhasilan dalam sintesis Cdots dilakukan karakterisasi menggunakan uji spektrofotometer UV-

Vis, uji FTIR, uji *Photoluminescence* (PL), uji SEM.

D. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana sintesis Cdots berbahan dasar ampas teh menggunakan metode sonikasi audiosonik?
2. Bagaimana pengaruh variasi massa ampas teh terhadap karakteristik material Cdots yang dihasilkan?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah

1. Mensintesis Cdots berbahan dasar ampas teh menggunakan metode sonikasi audiosonik.
2. Mengetahui pengaruh variasi massa ampas teh terhadap karakteristik material Cdots yang dihasilkan.

F. Manfaat Penelitian

Berbagai manfaat yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan, yaitu:

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Memperkenalkan penelitian tentang sintesis Cdots di Universitas dan di Indonesia.
 - b. Mendapatkan informasi metode dan hasil dari sintesis Cdots

berbahan dasar ampas teh dengan metode sonikasi audiosonik.

- c. Mendapatkan informasi karakteristik material Cdots berbahan dasar ampas teh yang disintesis menggunakan metode sonikasi audiosonik.
- d. Sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut tentang material Cdots.

2. Bagi Universitas

Sebagai referensi bagi mahasiswa dalam meneliti tentang sintesis Cdots yang kemudian dapat dikembangkan lebih lanjut.

3. Bagi Masyarakat

- a. Sebagai pengetahuan baru tentang sintesis Cdots dalam dunia nanosains dan nanoteknologi yang dapat dimanfaatkan dan diaplikasikan pada berbagai bidang dalam kehidupan masyarakat.
- b. Ikut berperan dalam kegiatan pemanfaatan limbah ampas teh menjadi material yang berdaya guna tinggi.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

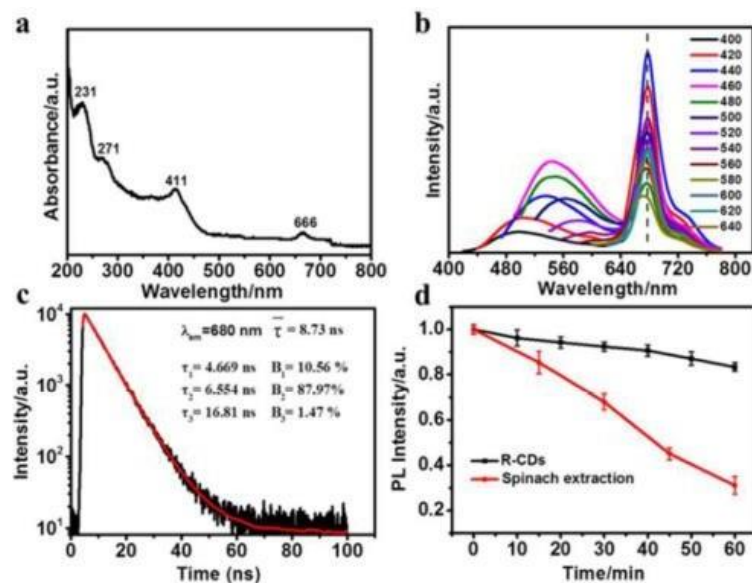
1. Nanoteknologi

Nanoteknologi adalah bidang penelitian modern yang berhubungan dengan desain, sintesis, dan manipulasi struktur material mulai dari kira-kira 1-100 nm. Pertumbuhan yang signifikan dalam teknologi baru ini telah berpengaruh pada ilmu dasar dan terapan, termasuk sintesis bahan nanomaterial dan eksplorasi atau pemanfaatan sifat fisika dan kimia. Aplikasi nanoteknologi telah menjangkau berbagai bidang, yaitu kesehatan, kosmetik, makanan dan pakan, kesehatan lingkungan, mekanik, optik, biomedis, industri kimia, elektronik, industri ruang angkasa, energi, optoelektronik, katalisis, transistor elektron tunggal, pemancar cahaya, perangkat optik nonlinier, dan aplikasi elektrokimia (Hassan & Siavash, 1994).

2. Carbon-dot (Cdots)

Cdots merupakan material yang termasuk ke dalam kelas nanopartikel 0 dimensi yang berukuran ~10 nm, memiliki kerangka karbon sp^2 , dan permukaannya dilapisi dengan kelompok yang mengandung oksigen, polimer, atau spesies lainnya (Bao, *et. al*, 2015). Material ini pertama kali diperoleh dalam pemurnian *single-*

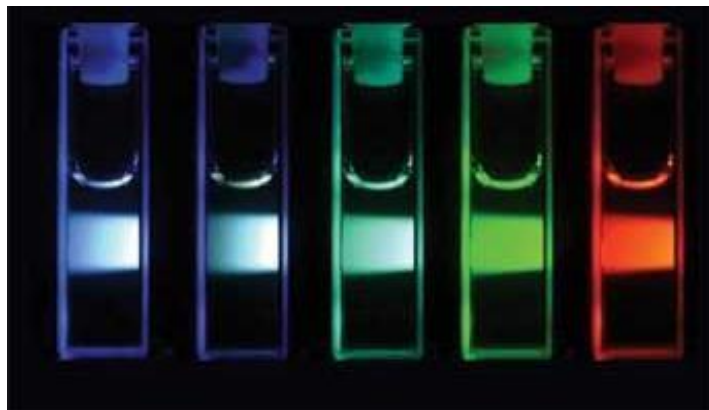
walled carbon nanotube (SWCNT) melalui proses elektroforensis pada tahun 2004. Berikut merupakan hasil karakterisasi Cdots menggunakan UV-Vis, PL, TRPL, dan kestabilan Cdots dengan PL pada daun bayam (Li, L. *et. al*, 2017).



Gambar 1. Karakterisasi Cdots menggunakan berbagai instrumen (Li, L. *et. al*, 2017)

Salah satu yang menjadi ciri dari Cdots adalah luminisensi. Luminisensi merupakan fenomena fisika berupa pancaran yang melibatkan penyerapan energi dan emisi cahaya. Cdots yang telah disintesis memiliki karakteristik luminisensi dapat dilihat pada sumber eksitasi sinar UV. Sinar UV yang diserap mampu membangkitkan elektron dan menghasilkan cahaya yang disebabkan oleh elektron yang mengalami proses rekombinasi (deeksitasi), karena elektron bergabung kembali dengan *hole* sehingga *hole* menjadi hilang. Proses deeksitasi ini melepaskan energi berupa panas atau pemancaran cahaya. Deeksitasi yang disertai pelepasan

panas disebut transisi tanpa radiasi, sedangkan deeksitasi disertai pemancaran gelombang elektromagnetik disebut transisi radiatif (Rahmayanti, 2015). Pada transisi radiatif, energi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan kira-kira sama dengan lebar celah pita energi.



Gambar 2. Sifat *Photoluminescent* dari Cdots (Abdullah, 2010)

Salah satu sifat istimewa yang dimiliki oleh nanomaterial adalah luas permukaannya. Luas permukaan akan meningkat dengan mengecilnya ukuran partikel. Meningkatnya jumlah atom pada permukaan akan meningkatkan reaktivitas partikel sehingga dapat berpengaruh pada partikel yang berfungsi sebagai katalis (Abdullah, 2010).

3. Frekuensi

Frekuensi diartikan sebagai jumlah perubahan tekanan dalam setiap detiknya dalam satuan *cycles per second* (cps) atau *Hertz* (Hz). Sifat dari bunyi ditentukan oleh frekuensi dan intensitasnya. Medium dan suhu mempengaruhi kecepatan rambatan suara yang bervariasi,

untuk kecepatan perambatan suara. Udara pada suhu 20°C berkisar 344 m/s. Pada kondisi tersebut, maka panjang gelombang suara berkisar 13 inch (0,344 m) pada frekuensi 1000 Hz (Wardhana, 2001). Menurut Gabriel (1996) berdasarkan jenis frekuensinya, bunyi dibedakan menjadi 3 daerah frekuensi, yaitu:

a. Daerah Infrasonik

Gelombang infrasonik merupakan suara dengan frekuensi yang terlalu rendah untuk dapat didengar oleh telinga manusia. Bunyi infrasonik memiliki frekuensi kurang dari 20 Hertz, sehingga bunyi ini hanya dapat didengar oleh hewan tertentu. Hewan yang dapat mendengar bunyi gelombang infrasonik tersebut yaitu jangkrik dan anjing. Bunyi infrasonik berada dalam rentang 17 Hertz sampai 0,001 Hertz. Rentang frekuensi ini sama dengan seismometer untuk mendeteksi gempa bumi. Gelombang infrasonik dapat menjangkau jarak yang jauh serta mampu melewati halangan tanpa kehilangan kekuatannya (Gabriel, 1996).

b. Daerah Audiosonik

Gelombang audiosonik merupakan bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia dengan frekuensi antara 20 sampai 20.000 Hertz (Gabriel, 1996).

c. Daerah Ultrasonik

Gelombang ultrasonik memiliki frekuensi di atas 20.000 Hertz. Gelombang ini dapat merambat dalam medium padat, cair

dan gas. Hal tersebut disebabkan gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik, sehingga mampu merambat sebagai interaksi dengan molekul dan sifat enersia medium yang dilaluinya (Gabriel, 1996).

4. Sonikasi

Sonikasi merupakan salah satu teknik paling efektif dalam pencampuran, proses reaksi, dan pemecahan bahan dengan bantuan energi tinggi menggunakan gelombang ultrasonik (Pirrung, 2007). Ultrasonik merupakan vibrasi suara dengan frekuensi melebihi batas pendengaran manusia yaitu di atas 20 KHz (Tipler, 1998). Batas atas rentang ultrasonik mencapai 5 MHz untuk gas dan 500 MHz untuk cairan dan padatan (Mason & Lorimer, 2002). Penggunaan gelombang ultrasonik berdasarkan rentangnya yang luas ini dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama adalah gelombang yang beramplitudo rendah. Gelombang beramplitudo rendah ini secara umum digunakan untuk analisis pengukuran kecepatan dan koefisien penyerapan gelombang. Bagian kedua adalah gelombang yang beramplitudo tinggi. Gelombang ini dapat digunakan untuk pembersihan, pembentukan plastik, dan modifikasi bahan-bahan organik maupun anorganik (Mason & Lorimer, 2002).

Ultrasonikasi dengan amplitudo tinggi dapat menginduksi secara fisik dan kimia. Efek fisik dari ultrasonikasi amplitudo tinggi

salah satunya adalah emulsifikasi. Beberapa aplikasi ultrasonikasi ini adalah dispersi bahan pengisi dalam polimer dasar, emulsifikasi partikel anorganik pada polimer dasar, serta pembentukan dan pemotongan plastik (Suslick & Price, 1999).

Efek kimia pada ultrasonikasi ini menyebabkan molekul-molekul berinteraksi sehingga terjadi perubahan kimia. Interaksi tersebut disebabkan panjang gelombang ultrasonik lebih tinggi dibandingkan panjang gelombang molekul-molekul. Interaksi gelombang ultrasonik dengan molekul-molekul terjadi melalui media cairan. Gelombang yang dihasilkan oleh tenaga listrik diteruskan oleh media cair ke medan yang dituju melalui fenomena kavitasi akustik yang menyebabkan kenaikan suhu dan tekanan lokal dalam cairan (Wardiyati, *et. al*, 2004).

Sejauh ini, metode sonikasi dalam sintesis nanomaterial yang banyak dilakukan adalah menggunakan frekuensi ultrasonik. Namun metode sonikasi menggunakan frekuensi audiosonik mulai dikembangkan dan telah berhasil diaplikasikan dalam sintesis nanomaterial (Arum, 2018).

5. Ampas Teh



Gambar 3. Ampas Daun Teh

Teh adalah minuman yang mengandung kafein. Sebuah infusi yang dibuat dengan cara menyeduh daun, pucuk daun, atau tangkai daun yang dikeringkan dari tanaman *Camellia sinensis* dengan air panas. Istilah "teh" juga digunakan untuk minuman yang dibuat dari buah, rempah-rempah atau tanaman obat lain yang diseduh, misalnya, teh rosehip, camomile, krisan dan Jiaogulan. Teh yang tidak mengandung daun teh disebut teh herbal. Indonesia sendiri merupakan negara penghasil teh terbesar ketujuh di dunia dengan menghasilkan rata – rata 129 ribu ton teh per tahun. Konsumsi teh di Indonesia juga sangat tinggi.

Ampas teh sendiri adalah bagian dari teh yang tidak larut dalam air ketika diseduh dan biasanya dibuang karena tidak digunakan lagi. Apabila dilihat dari komposisi kimianya, ampas teh mempunyai kandungan selulosa sebesar 34,16 %, lignin 29,01 %, tan 1,70 % dan abu 3,25 % (Susanto, 1983). Maka sangat dimungkinkan ampas teh yang sudah tidak terpakai lagi dimanfaatkan menjadi material dengan

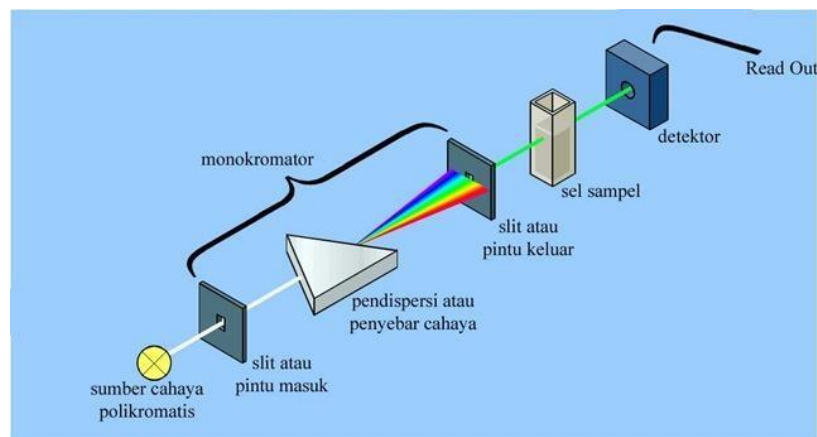
daya guna tinggi. Salah satunya adalah sebagai bahan dasar pembuatan Cdots. Ampas teh terlebih dahulu dibakar agar menjadi karbon, selanjutnya karbon akan diolah menjadi Cdots.

6. Spektrofotometer UV-Vis

Spektroskopi UV-Vis mempelajari tentang transisi elektronik dari molekul yang menyerap cahaya pada daerah UV dan tampak dari spektrum elektromagnetik. Spektroskopi UV-Vis digunakan untuk mengukur absorbansi atau transmisi pada padatan atau larutan yang transparan. Prinsip kerja dari alat ini, yaitu sebuah sinar akan ditembakkan ke sampel yang diuji. Sinar yang menembus (melewati) sampel akan ditangkap oleh detektor. Rentang panjang gelombang yang digunakan pada spektrometer UV-VIS yaitu 200-800 nm. Sinar yang tidak diteruskan menembus sampel diserap oleh beberapa molekul dalam sampel mengindikasikan struktur dan ikatan kimiawi yang akan diwujudkan dalam bentuk puncak pada panjang gelombang tertentu (Sharma, 2015: 40).

Radiasi UV-Vis yang diabsorpsi oleh bahan akan mengakibatkan terjadinya transisi elektronik. Elektron-elektron dari orbital dasar akan tereksitasi ke orbital yang lebih tinggi. Apabila radiasi atau cahaya putih dilewatkan pada suatu material, maka radiasi dengan panjang gelombang tertentu akan diserap (absorpsi) secara selektif dan radiasi lainnya akan diteruskan (transmisi). Lebih lanjut, transisi elektronik, yaitu elektron-elektron dari orbital dasar,

tereksitasi ke orbital yang lebih tinggi. Ketika elektron kembali ke orbital asal, elektron tersebut memancarkan energi dan energi itulah yang terdeteksi sebagai puncak-puncak absorpsi (Vita, 2015).



Gambar 4. Prinsip Kerja Spektrofotometer UV-Vis (Owen, 2010)

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

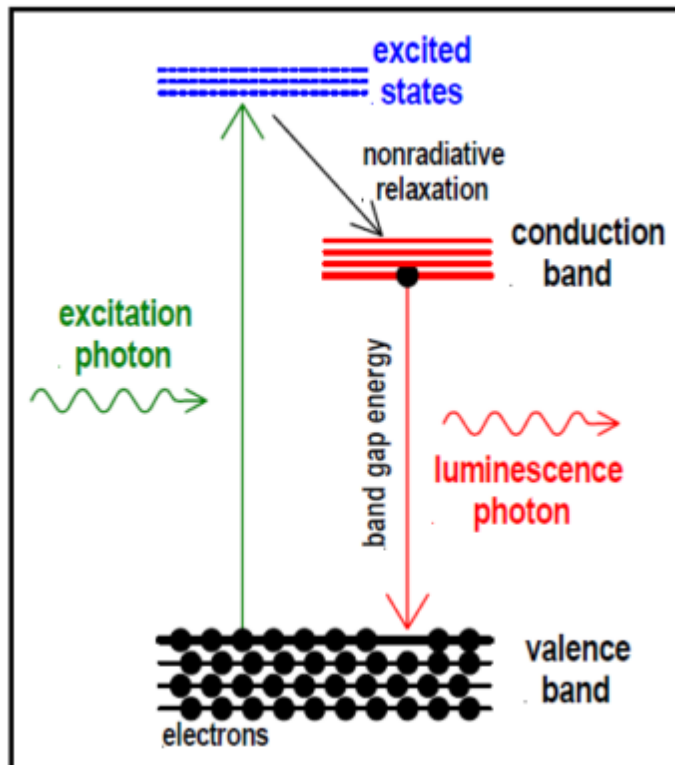
Hasil dari karakterisasi menggunakan UV-Vis adalah grafik hubungan antara absorpsi dengan panjang gelombang. Cdots yang disintesis dengan metode fisika dan kimia menunjukkan satu atau dua puncak absorpsi pada sekitar 247 nm dalam rentang UV untuk

Spektroskopi UV-Vis (Kukreja, *et. al*, 2015).

7. Photoluminescence (PL)

Luminesens (*luminescence*) merupakan fenomena emisi cahaya oleh suatu zat. Untuk dapat berlangsungnya proses luminesens 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 5 (Kurniawan, 2008).

Luminesens dapat disebabkan oleh beberapa faktor sebagai contoh, reaksi kimia, energi listrik, pergerakan pada tingkat sub atomik, atau peregangan dalam kristal. Berdasarkan sumber eksitasinya, dikenal beberapa jenis luminesens seperti fotoluminesens jika digunakan sumber eksitasi optis, sementara istilah elektroluminesens digunakan jika eksitasi terjadi akibat arus listrik. Jenis lainnya yakni jika terjadi akibat pembombardiran material target yang dikenal dengan katodoluminesens (Bilqis, 2017).



Gambar 5. Prinsip Spektroskopi PL (Patel, 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.

8. Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Pada suhu diatas suhu nol absolut, semua atom di dalam molekul bervibrasi antara satu dengan yang lainnya. Ketika frekuensi dari vibrasi spesifik sama dengan frekuensi dari radiasi inframerah (IR) yang mengenai langsung pada molekul, molekul tersebut akan menyerap radiasi.

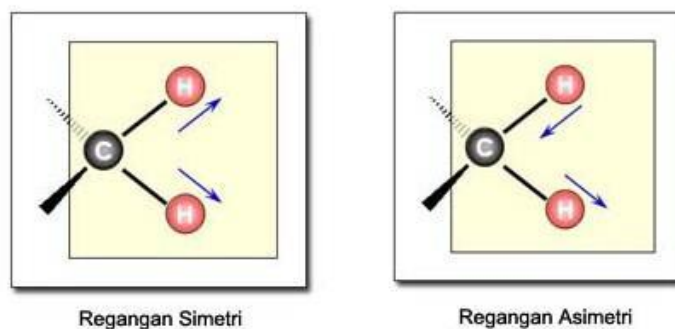
Gugus fungsi senyawa karbon merupakan gugus atom/sekelompok atom yang menentukan sifat khas senyawa karbon tersebut. Gugus fungsi senyawa karbon merupakan bagian yang aktif, sebab bila senyawa karbon tersebut bereaksi maka yang mengalami perubahan adalah gugus fungsinya. Senyawa karbon dikelompokkan menjadi alkohol, eter, aldehyd, keton, asam karboksilat dan ester (Sudarmo, 2006: 196).

Syarat suatu gugus fungsi dalam suatu senyawa dapat terukur pada spektra IR adalah adanya perbedaan momen dipol pada gugus tersebut. Vibrasi ikatan akan menimbulkan fluktuasi momen dipol

yang menghasilkan gelombang listrik. Pengukuran menggunakan IR biasanya berada pada daerah bilangan gelombang 400-4500 cm^{-1} . Daerah pada bilangan gelombang ini disebut daerah IR sedang, dan merupakan daerah optimum untuk penyerapan sinar IR bagi ikatan-ikatan dalam senyawa organik (Harjono, 1992).

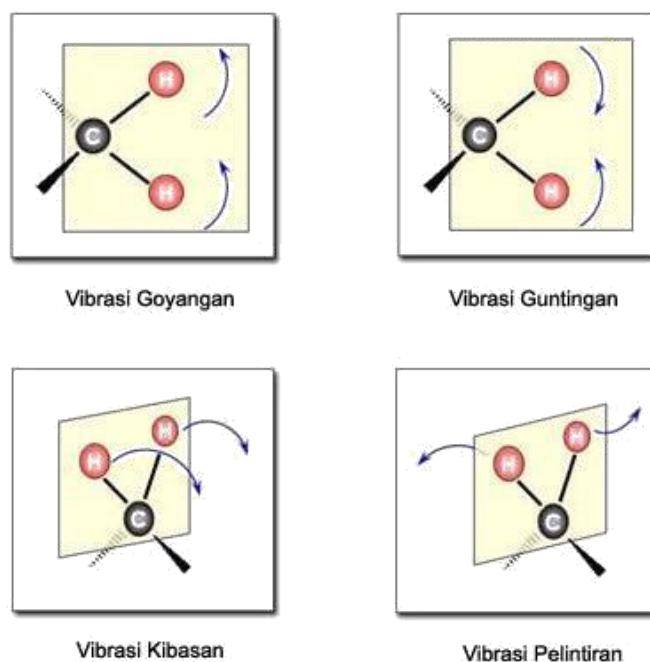
Suatu ikatan kimia dapat bervibrasi sesuai dengan level energinya sehingga memberikan frekuensi yang spesifik. Hal inilah yang menjadi dasar pengukuran spektroskopi inframerah. Manfaat lain dari spektrum inframerah adalah memberikan keterangan tentang molekul. Kisaran serapan yang kecil dapat digunakan untuk menentukan tipe ikatan.

Jenis-jenis vibrasi molekul biasanya terdiri dari dua macam kelompok besar, yaitu regangan (*stretching*) dan bengkokan (*bending*). Vibrasi regangan (*stretching*) adalah peristiwa bergerakanya atom sepanjang ikatan yang menghubungkannya sehingga akan terjadi perubahan jarak antara keduanya, walaupun sudut ikatan tidak berubah. Vibrasi regangan ada dua, yaitu regangan simetri atau *symmetrical stretching* (unit struktur bergerak bersamaan dan searah dalam satu bidang datar) dan regangan asimetri atau *assymmetrical stretching* (unit struktur bergerak bersamaan dan tidak searah tetapi masih dalam satu bidang datar).



Gambar 6. Vibrasi molekul regangan (*stretching*) simetri dan asimetri (Harjono, 1992)

Jika sistem tiga atom merupakan bagian dari sebuah molekul yang lebih besar, maka dapat menimbulkan vibrasi bengkokan atau vibrasi deformasi yang mempengaruhi osilasi atom molekul secara keseluruhan. Vibrasi bengkokan (*bending*) ini terbagi menjadi empat jenis, yaitu vibrasi goyangan (*rocking*), vibrasi guntingan (*scissoring*), vibrasi kibasan (*wagging*), dan vibrasi pelintiran (*twisting*).



Gambar 7. Vibrasi molekul bengkokan (*bending*) (Harjono, 1992)

Daerah FTIR dapat dibagi menjadi empat daerah, seperti terlihat pada Tabel 1 (Nugraha, 2008). Untuk memperoleh interpretasi lebih jelas dibutuhkan tabel korelasi dari inframerah yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Pembagian daerah berdasarkan jenis ikatan.

Rentang (cm^{-1})	Jenis ikatan
3700-2500	Ikatan tunggal ke hydrogen
2300-2000	Ikatan rangkap tiga
1900-1500	Ikatan rangkap dua
1400-650	Ikatan tunggal selain ke hydrogen

Tabel 2. Korelasi bilangan gelombang dengan jenis ikatan.

	Jenis ikatan	Bilangan gelombang (cm^{-1})	Keterangan
Ikatan tunggal ke hidrogen	C-H	3000-3850	Alkana jenuh
	=C-H	3100-3000	Alkana tak jenuh atau aromatik
	O=C-H	2800-2700	Aldehid, dua puncak lemah
	O-H	3400-3000	Alkohol, air, fenol
	O-H bebas	3600	
	N-H	3450-3100	Amina
Rangkap dua	C=O	1840-1800 dan 1780-1740	Anhidrida
	C=O	1750-1715	Ester
	C=O	1740-1680	Aldehid
	C=O	1725-1665	Asam karboksilat
	C=O	1690-1630	Amida
	C=C	1675-1600	
	C=N	1690-1630	
	N=O	1650-1510 dan 1370-1330	Senyawa nitro

Ikatan tunggal (bukan hidrogen)	C-C	Tak tetap	
	C-O, C-N	1400-1000	
Ikatan rangkap tiga	C rangkap tiga	2260-2120	
	CN rangkap tiga	2260-2220	

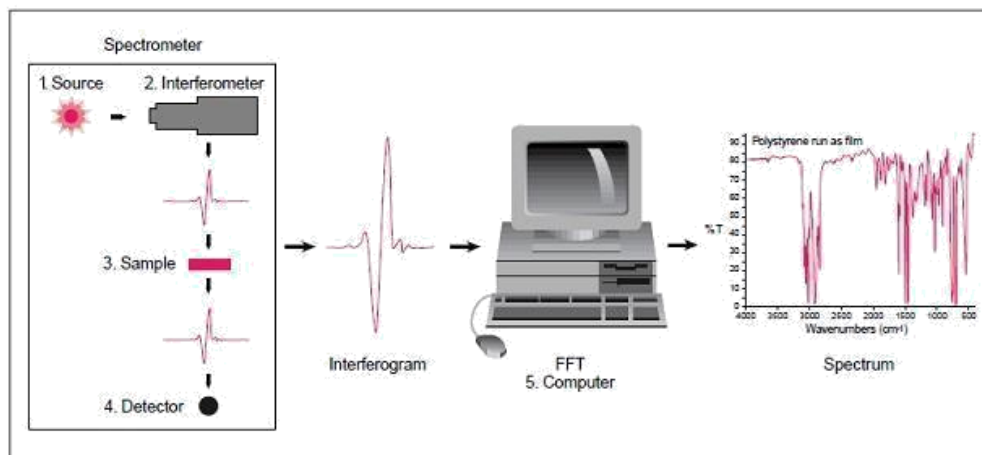
Bila radiasi infra merah dilewatkan melalui suatu cuplikan, maka molekul-molekulnya dapat menyerap (mengabsorpsi) energi dan terjadilah transisi diantara tingkat vibrasi (*ground state*) dan tingkat vibrasi tereksitasi (*excited state*). Pengabsorpsian energi pada berbagai frekuensi dapat dideteksi oleh spektrofotometer inframerah yang memplot jumlah radiasi infra merah yang diteruskan melalui cuplikan sebagai fungsi frekuensi (atau panjang gelombang) radiasi. Plot tersebut adalah spektrum inframerah yang memberikan informasi penting tentang gugus fungsional suatu molekul (Kristianingrum, 2014).

Pada alat spektrofotometri IR, satuan bilangan gelombang merupakan satuan yang umum digunakan. Bilangan gelombang adalah jumlah gelombang per 1 cm, yang merupakan kebalikan dari panjang gelombang. Nilai bilangan gelombang berbanding terbalik terhadap frekuensi atau energinya.

Spektrofotometer FTIR merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk identifikasi senyawa, khususnya senyawa organik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis dilakukan dengan

melihat bentuk spektrumnya yaitu dengan melihat puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa tersebut. Sedangkan analisis kuantitatif dapat dilakukan menggunakan senyawa standar yang dibuat spektrumnya pada berbagai variasi konsentrasi. Perhitungan secara matematika *Fourier Transform* untuk sinyal tersebut akan menghasilkan spektrum yang identik pada spektroskopi inframerah. FTIR terdiri dari 5 bagian utama, yaitu (Griffits, 1975):

- a. Sumber sinar, yang terbuat dari filamen Nerst yang dipanaskan menggunakan listrik hingga suhu 1000-1800 °C.
- b. *Beam splitter*, berupa material transparan dengan indeks relatif, sehingga menghasilkan 50% radiasi akan direfleksikan dan 50% radiasi akan diteruskan.
- c. Interferometer, merupakan bagian utama dari FTIR yang berfungsi untuk membentuk interferogram yang akan diteruskan menuju detektor.
- d. Daerah cuplikan, dimana berkas acuan dan cuplikan masuk ke dalam daerah cuplikan dan masing-masing menembus sel acuan dan cuplikan secara bersesuaian.
- e. Detektor, merupakan piranti yang mengukur energi pancaran yang lewat akibat panas yang dihasilkan. Detektor yang sering digunakan adalah termokopel dan balometer.



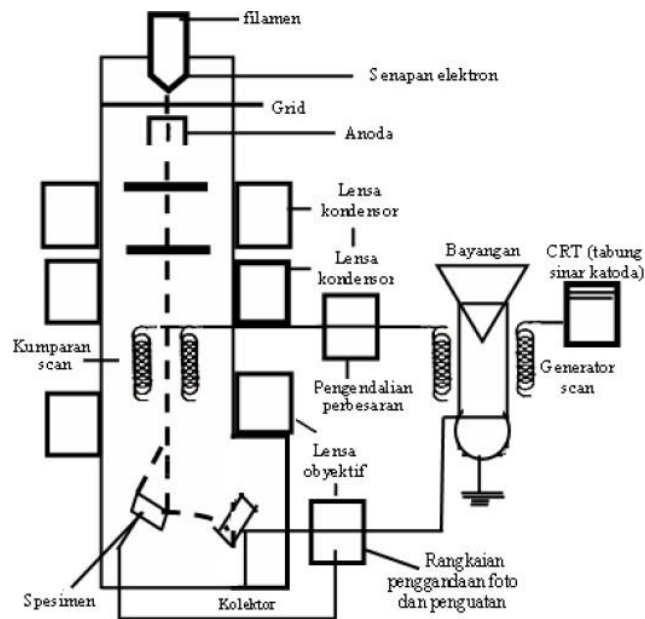
Gambar 8. Instrumen spektrofotometer FTIR
(<http://hendriksblog.blog.uns.ac.id/>).

Mekanisme yang terjadi pada alat FTIR dapat dijelaskan sebagai berikut. Sinar yang datang dari sumber sinar akan diteruskan, dan kemudian akan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian sinar yang saling tegak lurus. Sinar ini kemudian dipantulkan oleh dua cermin yaitu cermin diam dan cermin bergerak. Sinar hasil pantulan kedua cermin akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber. Gerakan cermin yang maju mundur akan menyebabkan sinar yang sampai pada detektor akan berfluktuasi. Fluktuasi sinar yang sampai pada detektor ini akan menghasilkan sinyal pada detektor yang disebut interferogram. Interferogram ini akan diubah menjadi spektra IR dengan bantuan komputer berdasarkan operasi matematika (Tahid, 1994).

9. *Scanning Electron Microscope (SEM)*

Scanning Electron Microscope (SEM) digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan bahan. Karakteristik bahan menggunakan SEM dimanfaatkan untuk melihat struktur morfologi permukaan, ukuran butir, cacat struktural, dan komposisi pencemaran suatu bahan. Hasil yang diperoleh berupa *scanning electron macrograph* yang menyajikan bentuk tiga dimensi berupa gambar atau foto.

Prinsip kerja dari SEM berupa suatu sumber elektron dari filamen yang terbuat dari tungsten memancarkan berkas elektron. Tungsten biasanya digunakan pada *electron gun* karena memiliki titik lebur tertinggi dan tekanan uap terendah dari semua logam, sehingga memungkinkan dipanaskan untuk emisi elektron. Berkas elektron difokuskan oleh satu atau dua lensa kondensor ke titik yang diameternya sekitar 0,4 nm sampai 5 nm. Permukaan bahan yang dikenai berkas elektron akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. *Scanning* pada permukaan bahan yang dikehendaki dapat dilakukan dengan mengatur *scanning generator* dan *scanning coils*. Elektron sekunder hasil interaksi antara elektron dengan permukaan spesimen ditangkap oleh detektor SE (*secondary electron*) yang kemudian diolah dan diperkuat oleh amplifier dan kemudian divisualisasikan dalam monitor sinar katoda (CRT). Skema dasar SEM disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Skema dasar SEM (smallman,2000:157)

B. Kerangka Berfikir

Ampas teh adalah bagian dari sisa teh yang telah diseduh dan tidak dapat terlarut dengan air, dan biasanya dibuang karena tidak digunakan lagi. Ampas teh dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan Cdots. Ampas teh terlebih dahulu dibuat menjadi karbon melalui pembakaran, kemudian karbon digunakan untuk membuat material Cdots. Pembuatan material ini dapat dilakukan dengan berbagai metode. Salah satunya menggunakan metode sonikasi audiosonik. Selain itu penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi massa ampas teh terhadap karakteristik material Cdots yang dihasilkan.

Penelitian ini dilakukan menggunakan serbuk karbon hasil pembakaran ampas teh yang dihaluskan dengan variasi massa ($0,50 \pm 0,01$) gr, ($1,00 \pm 0,01$) gr, ($1,50 \pm 0,01$) gr dan ($2,00 \pm 0,01$) gr

kemudian dilarutkan ke dalam aquades sebanyak (100 ± 1) ml. Pencampuran dilakukan dengan memblender selama 1 menit/ $(60,00 \pm 0,01)$ s. Kemudian membuat larutan surfaktan dengan $(0,30 \pm 0,01)$ gr detergen yang dilarutkan ke dalam aquades sebanyak (100 ± 1) ml. Selanjutnya, diambil $(25,0 \pm 0,1)$ ml larutan ampas teh dengan ditambah 4 tetes larutan surfaktan. Selanjutnya, dilakukan sonikasi pada masing-masing larutan ampas teh selama 2 jam/ $(7200,00 \pm 0,01)$ s dengan frekuensi 170 Hz. Frekuensi 170 Hz yang digunakan dalam sonikasi audiosonik telah divalidasi dengan menggunakan aplikasi *adobe audition* sebagaimana dilampirkan dalam lampiran. Uji karakterisasi untuk metode ini menggunakan uji spektrofotometer UV-Vis, FTIR, PL dan uji SEM.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus sampai November 2018.

2. Tempat penelitian

- a. Sintesis Cdots berbahan dasar ampas teh dilaksanakan di laboratorium Koloid serta laboratorium Gelombang, Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.
- b. Pengujian bahan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dilaksanakan di laboratorium Kimia Analitik lantai 2 Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Negeri Yogyakarta.
- c. Pengujian bahan menggunakan uji PL dilaksanakan di laboratorium Fisika lantai 2 Universitas Gajah Mada.
- d. Pengujian bahan menggunakan uji FTIR dilaksanakan di laboratorium Fisika terpadu lantai 2 Universitas Islam Indonesia.
- e. Pengujian bahan menggunakan uji SEM dilaksanakan di laboratorium LIPI Gunung Kidul Yogyakarta.

B. Objek Penelitian

Objek dari penelitian ini adalah ampas teh yang disintesis menjadi Cdots menggunakan metode sonikasi audiosonik. Sumber suara audiosonik berasal dari *loudspeaker* yang disambungkan dengan *audio frequency generator* (AFG) dan *amplifier*.

C. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab berubahnya variabel lain. Dalam penelitian ini, yang menjadi variabel bebas adalah massa ampas teh.

2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi akibat adanya variabel lain, yaitu variabel bebas. Dalam penelitian ini, yang menjadi variabel terikat adalah karakteristik material Cdots yang dihasilkan yaitu:

- a. absorbansi dari uji UV-Vis,
- b. transmitansi dari uji FTIR,
- c. intensitas dari uji PL,
- d. morfologi permukaan dan ukuran partikel dari uji SEM.

3. Variabel kontrol

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

- a. lama pengovenan ampas teh yaitu 2 jam,
- b. lama sonikasi 2 jam,
- c. larutan aquades sebanyak 100 ml,
- d. waktu memblender 1 menit,
- e. surfaktan 4 tetes,
- f. volume *amplifier* maksimal,
- g. mixing max pada *amplifier*,
- h. jenis *loudspeaker* yang digunakan,
- i. posisi penempatan *loudspeaker* dengan wadah larutan,
- j. frekuensi 170 Hz.

D. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
 - a. 1 buah timbangan digital,
 - b. 1 buah blender,
 - c. 2 buah gelas beker 100 ml,

- d. 2 buah gelas ukur,
 - e. 12 buah botol sampel,
 - f. 1 buah spatula kaca,
 - g. 1 buah *audio frequency generator* (AFG),
 - h. 1 buah *amplifier*,
 - i. 1 buah pipet,
 - j. 1 buah *loudspeaker*,
 - k. 1 buah botol aqua,
 - l. 1 buah oven,
 - m. 4 kaca preparat,
 - n. kabel penghubung,
 - o. aluminium foil secukupnya,
 - p. label secukupnya.
2. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
- a. aquades 5 liter,
 - b. limbah ampas teh,
 - c. detergen.

E. Prosedur Penelitian

1. Membuat larutan ampas teh

- a. Mengoven ampas teh sehingga menjadi karbon selama 2 jam/ (7200,00 $\pm 0,01$) s



Gambar 10. Ampas teh yang telah di oven

- b. Menghaluskan karbon ampas teh dengan menggunakan penggilingan.



Gambar 11. Menghaluskan karbon ampas teh

- c. Memisahkan karbon kasar dan halus hasil penggilingan.



Gambar 12. Memisahkan karbon halus dan kasar

- d. Menimbang serbuk karbon limbah ampas teh dengan variasi massa
($0,50 \pm 0,01$) gr, ($1,00 \pm 0,01$) gr, ($1,50 \pm 0,01$) gr dan ($2,00 \pm 0,01$) gr.



Gambar 13. Menimbang serbuk karbon

- e. Memasukan serbuk karbon limbah ampas teh ke dalam (100 ± 1) ml aquades
- f. Mencampurkan masing-masing variasi massa dengan aquades sebanyak

(100 ± 1) ml menggunakan blender dengan kecepatan rotasi ± 13.000 rpm selama 1 menit/ ($60,00 \pm 0,01$) s.



Gambar 14. Pemplenderan serbuk karbon ampas teh dengan aquades

2. Membuat larutan surfaktan
 - a. Mengukur massa detergen ($0,30 \pm 0,01$) gr
 - b. Larutkan ke dalam (100 ± 1) ml aquades



Gambar 15, Larutan detergen

3. Mengambil ($25,0 \pm 0,1$) ml larutan ampas teh dari masing-masing variasi massa

4. Mecampurkan 4 tetes larutan surfaktan ke dalam $(25,0 \pm 0,1)$ ml larutan ampas teh dari masing-masing variasi massa
5. Melakukan sonikasi dengan ferkuensi $(170,50 \pm 0,03)$ Hz pada masing-masing larutan ampas teh yang sudah di campur dengan larutan surfaktan selama 2 jam/ $(7200,00 \pm 0,01)$ s.



Gambar 16, Sonikasi larutan ampas teh

6. Menguji larutan sebelum sonikasi dan sesudah sonikasi dengan uji UV-Vis, PL, FTIR, dan SAM.

F. Teknik Pengambilan Data

1. Uji spektrofotometer UV-Vis

Sampel larutan hasil sintesis sebelum dan sesudah sonikasi diuji menggunakan spektrofotometer UV- Vis. Pada uji ini, diperoleh hasil grafik antara panjang gelombang serapan dan puncak absorbansi dari setiap larutan yang diuji.

2. Uji FTIR

Sampel larutan hasil sintesis sebelum dan sesudah sonikasi diuji menggunakan FTIR. Pada uji ini diperoleh grafik antara bilangan gelombang dan transmitansi dari masing-masing sampel.

3. Uji PL

Karakterisasi sampel PL dilakukan dalam bentuk larutan. Pengujian untuk mengetahui panjang gelombang emisi yang dihasilkan dengan alat uji PL. Laser yang digunakan berada pada panjang gelombang 420 nm.

4. Uji SEM

Sampel larutan hasil sintesis sebelum sonikasi di buat padatan dengan cara dioven hingga kering dan menempel pada preparat. Bahan berbentuk padat yang menempel pada preparat kemudian di uji SEM untuk mengetahui morfologi dan ukuran sampel.

G. Teknik Analisis Data

1. Uji karakteristik spektrofotometer UV-Vis

Hasil dari uji sampel menggunakan spektrofotometer UV-Vis berupa grafik, yang menyatakan hubungan antara panjang gelombang serapan dan puncak absorbansi. Hasil ini kemudian dibandingkan dengan rentang panjang gelombang menurut teori untuk Cdots. Selanjutnya masing-masing hasil dari variasi konsentrasi dibandingkan ke dalam satu grafik menggunakan MS Excel.

2. Uji karakteristik FTIR

Hasil dari uji sampel menggunakan FTIR berupa grafik antara bilangan gelombang dan transmitansi. Analisis serapan FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam sampel. Spektrum transisi IR memperlihatkan bilangan gelombang gugus – gugus fungsi yang dimiliki oleh sampel.

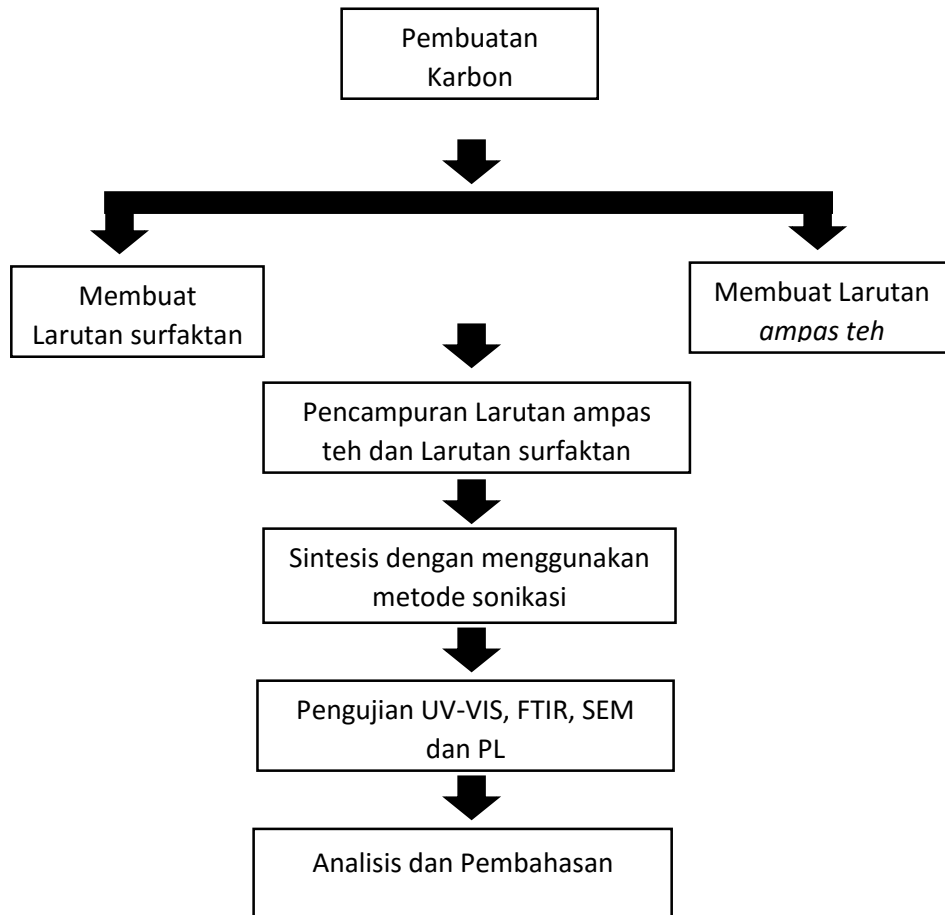
3. Uji karakteristik PL

Pengujian PL digunakan untuk mengetahui transmisi dari Cdots, hasil karakterisasi ini berupa grafik antara panjang gelombang dan intensitas.

4. Uji SEM

Hasil karakterisasi dengan SEM akan diperoleh hasil berupa gambar morfologi pada sampel. Gambar yang diperoleh dari uji SEM kemudian dianalisis dengan menggunakan *software ImageJ* untuk mengetahui ukuran sampel hasil sintesis.

H. Diagram Alir Penelitian



Gambar 17. Diagram Alir

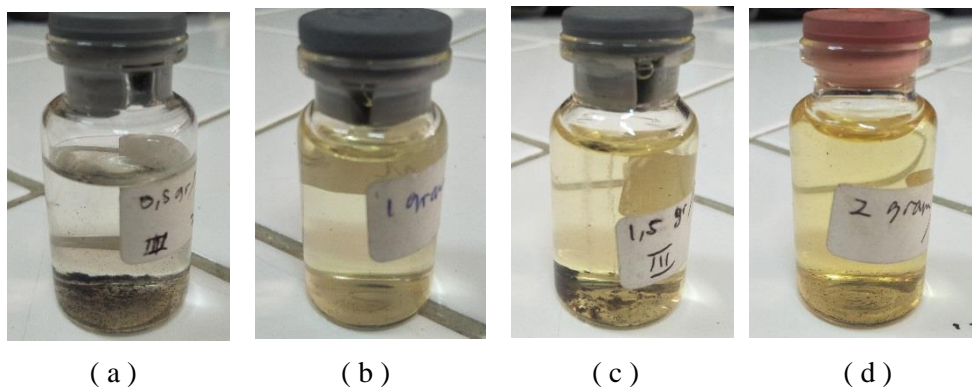
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan sintesis Cdots berbahan dasar ampas teh menggunakan metode sonikasi audiosonik dengan frekuensi $(170,50 \pm 0,03)$ Hz. Variasi yang digunakan adalah variasi massa serbuk teh: $(0,50 \pm 0,01)$ gram; $(1,00 \pm 0,01)$ gram; $(1,50 \pm 0,01)$ gram dan $(2,00 \pm 0,01)$ gram. Karakterisasi dilakukan pada sampel yang dihasilkan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR dan SEM. Karakterisasi dilakukan pada sampel sebelum dan setelah disonikasi.

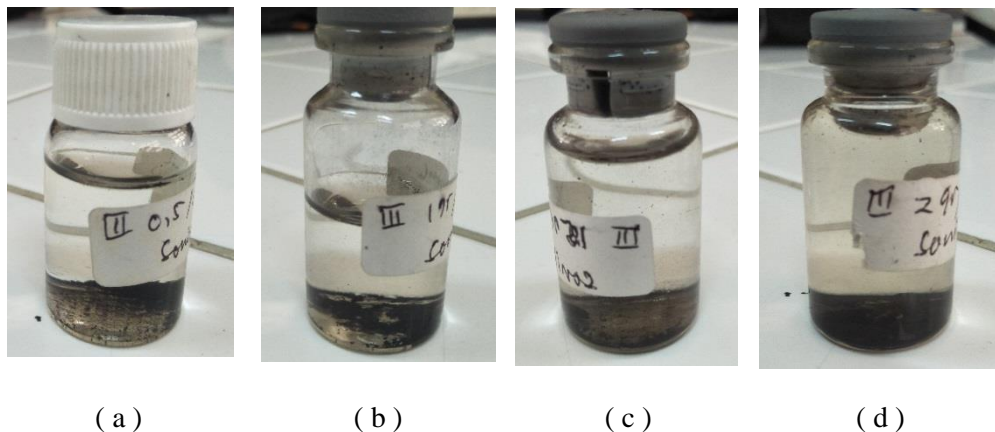
A. Sintesis Cdots menggunakan metode sonikasi audiosonik

Sampel dibuat dengan 4 variasi massa, yaitu $(0,50 \pm 0,01)$ gram; $(1,00 \pm 0,01)$ gram; $(1,50 \pm 0,01)$ gram dan $(2,00 \pm 0,01)$ gram. Sampel dibuat dengan mencampurkan serbuk karbon yang berasal dari ampas teh dengan (100 ± 1) ml aquades dan kemudian diblender dengan kecepatan rotasi ± 13.000 rpm selama $(60,00 \pm 0,01)$ s. Berikut adalah sampel sebelum sonikasi yang ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Sampel sebelum disonikasi dengan (a) massa 0,5 gram, (b) massa 1 gram, (c) massa 1,5 gram (d) massa 2 gram

Selanjutnya setiap sampel ditetesi dengan larutan detergen sebanyak 4 tetes dan diberikan perlakuan sonikasi selama 2 jam/ $(7200,00 \pm 0,01)$ s dengan frekuensi $(170,50 \pm 0,03)$ Hz. Sonikasi dilakukan untuk mendapatkan dispersi yang homogen (Kukreja, *et. al*, 2015). Berikut adalah sampel sesudah sonikasi yang ditunjukkan pada gambar 19.

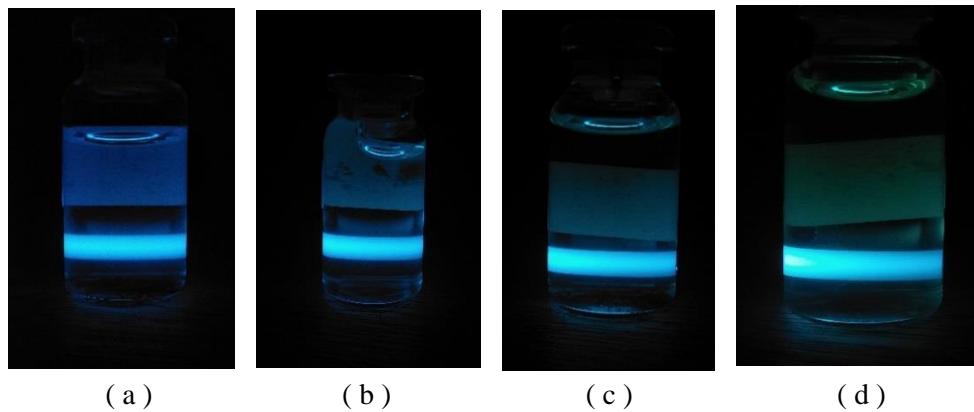


Gambar 19. Sampel setelah disonikasi dengan (a) massa 0,5 gram, (b) massa 1 gram, (c) massa 1,5 gram (d) massa 2 gram

Sampel kemudian dibandingkan antara sebelum sonikasi dan sesudah sonikasi. Terdapat perbedaan yang langsung dapat dilihat, yaitu pada warna larutan. Warna larutan sebelum sonikasi tampak kuning, terutama pada massa 2 gram yang ditunjukkan pada Gambar 18d. Larutan setelah sonikasi tampak bening seperti pada Gambar 19. Proses sonikasi yang dilakukan pada larutan menyebabkan molekul-molekul dalam larutan berinteraksi sehingga terjadi perubahan kimia yaitu larutan menjadi lebih homogen (Kukreja *et. al*, 2015). Sonikasi diharapkan membantu proses sintesis nanomaterial dalam memecah material carbon menjadi Cdots.

Pengujian sederhana yang dilakukan untuk mengetahui keberhasilan dari sintesis Cdots adalah dengan menyinari sampel tersebut dengan laser

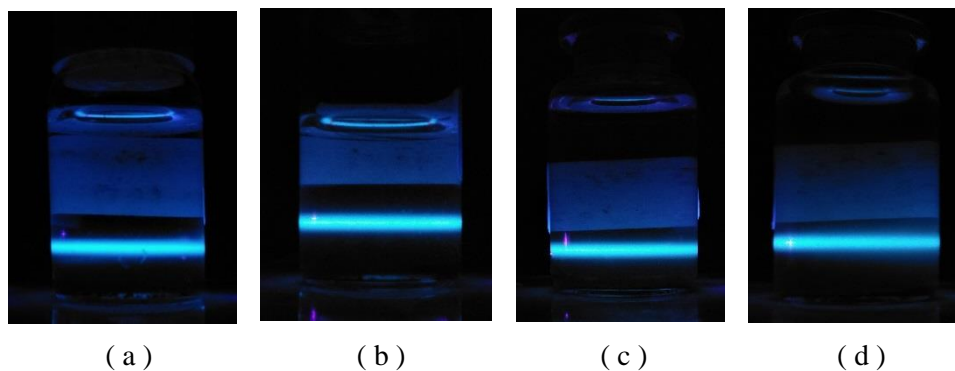
UV. Berikut adalah gambar sampel sebelum disonikasi yang disinari dengan laser UV.



Gambar 20. Sampel sebelum disonikasi dengan (a) massa 0,5 gram, (b) massa 1 gram, (c) massa 1,5 gram (d) massa 2 gram yang disinari dengan sinar UV

Gambar 20 secara kualitatif menunjukkan bahwa massa 0,5 gram dan 1 gram memiliki pendaran warna biru, sedangkan pada massa 1,5 gram dan 2 gram pendaran warnanya mulai sedikit berubah menjadi hijau.

Berikut adalah gambar sampel setelah sonikasi yang disinari dengan sinar UV.



Gambar 21. Sampel setelah disonikasi dengan (a) massa 0,5 gram, (b) massa 1 gram, (c) massa 1,5 gram (d) massa 2 gram yang disinari dengan sinar UV.

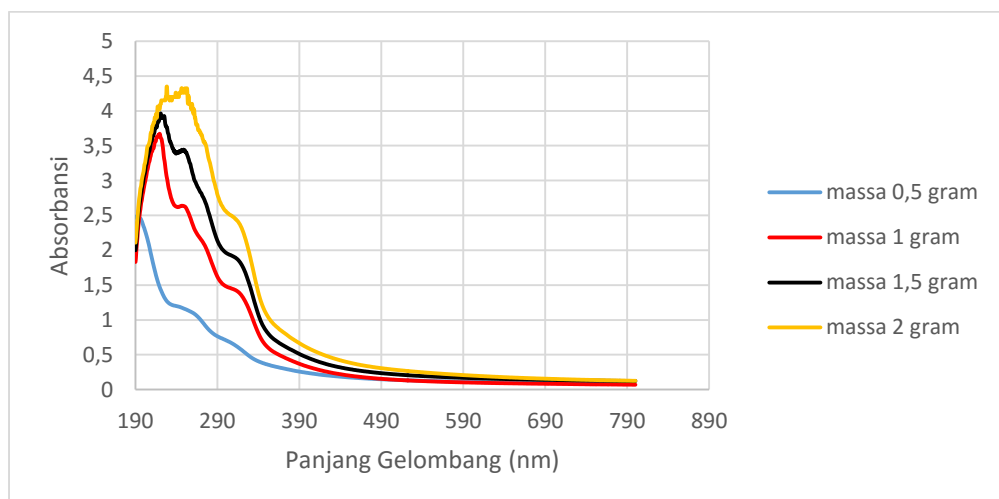
Gambar 21 menunjukkan bahwa setiap variasi massa memiliki pendaran warna yang sama yaitu warna biru. Secara kualitatif pendaran warna antara sampel

sebelum dan setelah disonikasi, terlihat bahwa sampel sebelum disonikasi, intensitas pendaran warna lebih tinggi dibandingkan pendaran warna sampel setelah disonikasi. Hal ini berkaitan dengan kepekatan larutan, semakin besar massa, larutan yang dihasilkan semakin pekat.

B. Pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui pola absorbansi dan panjang gelombang dari sampel yang dihasilkan. Hasil karakterisasi ini berbentuk grafik hubungan antara absorbansi dan panjang gelombang. Pengukuran dilakukan dengan rentang panjang gelombang 200 nm – 800 nm.

Pengukuran pertama dilakukan pada sampel sebelum disonikasi menggunakan blangko aquades. Hasil karakterisasi UV-Vis sampel sebelum disonikasi ditunjukkan pada Gambar 22. Grafik ini menunjukkan perbandingan variasi massa ampas teh.

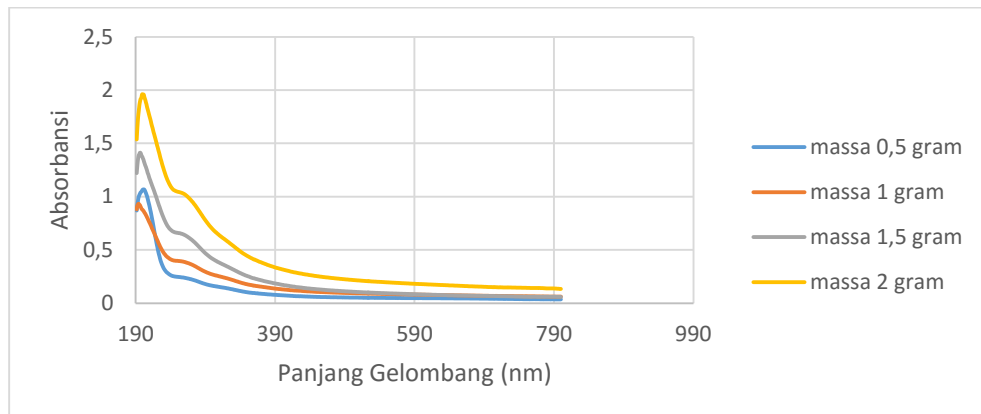


Gambar 22. Hasil karakterisasi sampel sebelum disonikasi dengan UV-Vis

Gambar 22 menunjukkan perbandingan hasil pengukuran absorbansi dan panjang gelombang pada masing-masing variasi massa sampel sebelum disonikasi. Uji absorbansi pada massa 0,5 gram dihasilkan 1 puncak yaitu pada nilai panjang gelombang ($202,50 \pm 0,01$) nm. Pada massa 1 gram dihasilkan 2 puncak yaitu pada nilai panjang gelombang ($246,00 \pm 0,01$) nm dan ($219,50 \pm 0,01$) nm. Pada massa 1,5 gram dihasilkan 2 puncak yaitu pada nilai panjang gelombang ($248,50 \pm 0,01$) nm dan ($225,00 \pm 0,01$) nm. Pada massa 2 gram terdapat 5 puncak ($250,50 \pm 0,01$) nm; ($243,50 \pm 0,01$) nm; ($232,50 \pm 0,01$) nm; ($228,00 \pm 0,01$) nm; ($217,00 \pm 0,01$) nm.

Grafik tersebut menunjukkan bahwa setiap variasi massa memiliki puncak yang menunjukkan adanya transisi elektronik dari π - π^* serta adanya konjugasi dalam struktur Cdots (Nisa, 2014). Perbedaannya, pada massa 0,5 gram hanya ada 1 puncak, pada massa 1 dan 1,5 gram ada 2 puncak, serta 5 puncak terdapat pada massa 2 gram. Selain itu dapat dikatakan bahwa pada tahap ini Cdots telah terbentuk karena terdapat puncak ($246,00 \pm 0,01$) nm pada massa 1 gram dan ($248,50 \pm 0,01$) nm pada massa 1,5 gram. Berdasarkan penelitian sebelumnya, untuk uji UV-Vis kandungan Cdots berada pada Panjang gelombang sekitar 247 nm (Kukreja, *et. al*, 2015).

Pengukuran juga dilakukan pada sampel setelah disonikasi dengan blangko aquades yang ditetesi dengan larutan detergen 4 tetes. Hasil karakterisasi ini digunakan untuk membandingkan sampel sebelum dan setelah disonikasi. Hasil karakterisasi UV-Vis ditunjukkan pada Gambar 23.



Gambar 23, Hasil karakterisasi sampel setelah disonikasi dengan UV-Vis

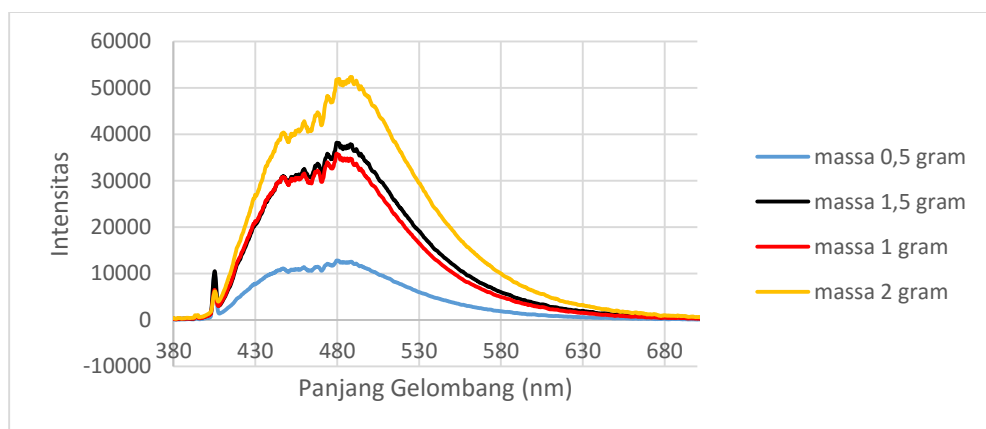
Gambar 23 menunjukkan perbandingan hasil pengukuran absorbansi dan panjang gelombang pada masing-masing variasi massa sampel setelah disonikasi. Uji absorbansi pada massa 0,5 gram dihasilkan 2 puncak yaitu pada nilai panjang gelombang ($201,50 \pm 0,01$) nm dan ($761,50 \pm 0,01$) nm. Pada massa 1 gram dihasilkan 2 puncak yaitu pada nilai panjang gelombang ($774,50 \pm 0,01$) nm dan ($194,00 \pm 0,01$) nm. Pada massa 1,5 gram dihasilkan 1 puncak yaitu pada nilai panjang gelombang ($196,50 \pm 0,01$) nm. Pada massa 2 gram terdapat 3 puncak ($200,00 \pm 0,01$) nm, ($762,50 \pm 0,01$) nm dan ($788,00 \pm 0,01$) nm.

Hasil karakterisasi UV-Vis dapat disimpulkan bahwa Cdots telah terbentuk sebelum dilakukan sonikasi pada sampel. Hal ini dilihat dari panjang gelombang yang dihasilkan sesuai dengan penelitian Cdots sebelumnya yang dilakukan oleh Kukreja, *et. al*, (2015). Adapun sonikasi mempengaruhi hasil UV-Vis dari sisi absorbansinya, dimana setelah dilakukan sonikasi absorbansi pada sampel turun. Hal ini disebabkan karena sonikasi menyebabkan interaksi antar molekul pada sampel, interaksi ini menyebabkan terjadinya pengendapan sehingga sampel lebih jernih.

C. Pengujian menggunakan PL

Pengujian selanjutnya yaitu adalah uji PL. Uji PL digunakan untuk mengukur transisi dari keadaan tereksitasi ke keadaan dasar. Ini berbeda dengan uji UV-Vis yang mengukur transisi dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. Spektrum PL terdiri dari emisi panjang gelombang eksitasi dalam nm pada sumbu X dan intensitas pada sumbu Y. Wilson et al. (1993) menjelaskan bahwa emisi yang dihasilkan fotoluminisens nanopartikel dari permukaan terpasivasi akibat adanya rekombinasi radiatif dari pasangan elektron-hole. Spektrum fluoresens digunakan untuk mengetahui sampel yang dihasilkan. Selain itu akan menghasilkan intensitas fluoresens yang kuat pada panjang gelombang emisi maksimum saat dieksitasi di panjang gelombang tertentu.

Karakterisasi PL dilakukan pada semua variasi massa baik sampel sebelum sonikasi atau setelah sonikasi dengan panjang gelombang eksitasi 420 nm. Hasil karakterisasi PL dari sampel sebelum sonikasi ditunjukkan pada Gambar 24.

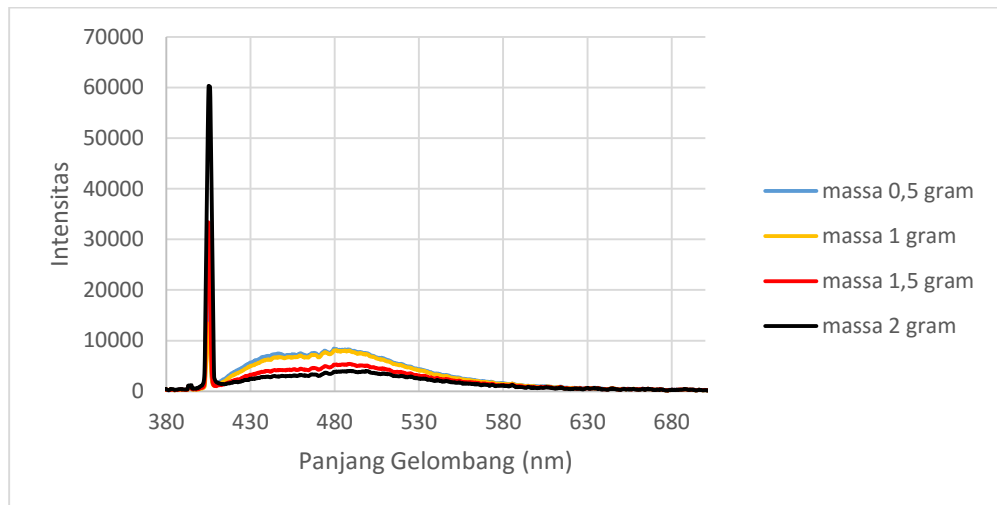


Gambar 24. Hasil karakterisasi sampel sebelum disonikasi dengan PL.

Gambar 24 menunjukkan hasil pengujian PL untuk sampel sebelum sonikasi dengan massa 0,5 gram, 1 gram, 1,5 gram dan 2 gram. Pada massa 0,5 gram dan 1 gram, puncak tertinggi terletak pada panjang gelombang 480 nm, kemudian ketika disinari dengan sinar UV sampel ini berwarna biru. Kemudian pada massa 1,5 gram memiliki 2 puncak tertinggi yang terletak pada Panjang gelombang 480 nm; 489 nm, dan pada sampel 2 gram memiliki puncak tertinggi dengan panjang gelombang 489 nm. Pendaran warna yang dihasilkan pada sampel 1,5 gram dan 2 gram juga menghasilkan warna biru, hal ini sesuai dengan teori yang ada bahwa pendaran warna biru memiliki rentang panjang gelombang antara 450 nm hingga 495 nm.

Hasil pengujian karakteristik intensitas PL menunjukan bahwa semakin besar massa karbon maka intensitas PLnya semakin tinggi, hal ini sesuai dengan hasil kualitatif keempat sampel yang disinari laser UV pada gambar Gambar 20.

Pengujian PL juga dilakukan pada sampel setelah disonikasi. Gambar 25 menunjukkan hasil karakterisasi menggunakan uji PL sampel setelah disonikasi.



Gambar 25. Hasil karakterisasi sampel setelah disonikasi dengan PL

Gambar 25 menunjukkan hasil pengujian sampel setelah sonikasi pada massa 0,5 gram, 1 gram, 1,5 gram dan 2 gram. Pada massa 0,5 gram, puncak tertinggi ada pada panjang gelombang 480 nm. Pada massa 1 gram, puncak tertinggi ada pada panjang gelombang 481 nm. Pada massa 1,5 gram, puncak tertinggi ada pada panjang gelombang 489 nm. Pada massa 2 gram, puncak tertinggi ada pada panjang gelombang 489 nm. Hal ini yang menyebabkan pendaran warna yang tercipta ketika disinari dengan sinar UV sampel ini berwarna biru, karena warna biru memiliki pendaran dengan rentang 450 nm - 495 nm.

Bila dibandingkan, Intensitas dari sampel sebelum sonikasi jauh lebih tinggi dibandingkan sampel setelah sonikasi. Sebelum sonikasi, intensitas tertinggi ada pada sampel 2 gram dengan intensitasnya 52351, sedangkan setelah sonikasi intensitas tertinggi ada pada sampel 0,5 gram dengan intensitas 8421. Penurunan intensitas yang cukup drastis ini dimungkinkan

karena proses sonikasi pada sampel yang menyebabkan sampel lebih jernih dibuktikan dengan adanya endapan pada sampel setelah disonikasi.

Nilai panjang gelombang yang diperoleh dari karakterisasi PL tidak berbeda jauh antar sampel, baik pada variasi massa ataupun pada sampel sebelum dan setelah sonikasi. Dapat disimpulkan bahwa Cdots yang telah disintesis menghasilkan pendaran warna biru, karena warna biru memiliki rentang panjang gelombang 450 nm – 495 nm. Hal ini sesuai dengan hasil kualitatif ketiga sampel ketika disinari laser UV (Gambar 20 dan Gambar 21).

D. Pengujian menggunakan FTIR

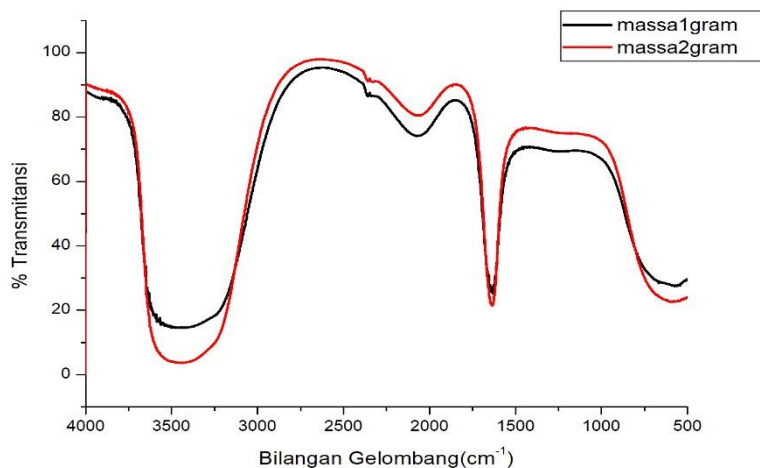
Pengukuran FTIR digunakan untuk mengamati interaksi molekul terhadap gelombang inframerah pada bilangan gelombang 13000 cm^{-1} hingga 10 cm^{-1} . Interaksi molekul dan radiasi elektromagnetik ini mampu menunjukkan molekul yang terkandung dalam suatu bahan pada panjang gelombang tertentu.

Cekungan yang terdapat pada spektrum transmitansi menunjukkan adanya partikel yang berinteraksi dengan radiasi inframerah pada panjang gelombang tersebut. Cekungan tersebut menunjukkan ikatan atom pada sampel yang diuji. Bilangan gelombang yang berada di sebelah kanan dari 1400 cm^{-1} disebut daerah sidik jari atau *fingerprint*, dimana pada daerah ini terjadi absorpsi yang disebabkan oleh bermacam-macam interaksi sehingga tidak mungkin dapat menginterpretasikan dengan tepat, sedangkan untuk bilangan gelombang 1400 cm^{-1} sampai 4000 cm^{-1} yang berada di bagian kiri

spektrum IR merupakan daerah khusus yang berguna untuk identifikasi gugus-gugus fungsional (Lilis, 2017).

Pada penelitian sebelumnya, gugus fungsi yang terdapat pada material Cdots adalah ikatan O-H dan ikatan N-H pada pita serapan 3100-3450 cm^{-1} . Selain itu, terdapat gugus fungsi lainnya pada pita serapan 1600- 1770 cm^{-1} yaitu ikatan C=O (Liu et al. 2007). Sifat hidrofilisitas dan kestabilan Cdots dalam larutannya akan semakin meningkat bila terdapat gugus O-H dan N-H. (Pavia et al. 2001).

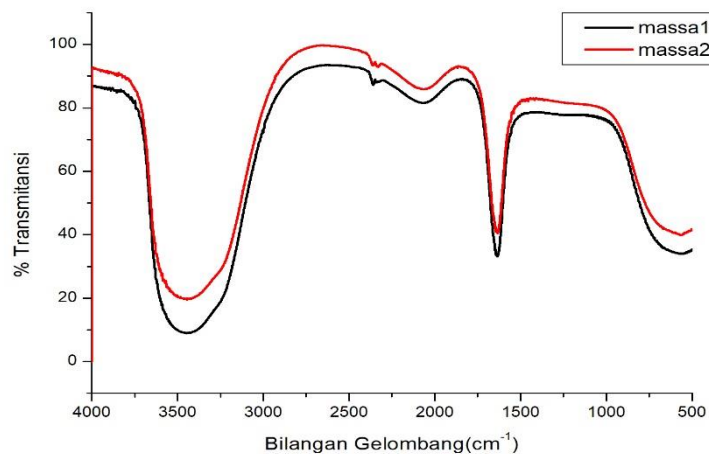
Hasil FTIR sampel sebelum sonikasi ditunjukkan pada Gambar 26, sedangkan untuk hasil FTIR sampel setelah sonikasi ditunjukkan pada Gambar 27.



Gambar 26. Hasil karakterisasi sampel sebelum sonikasi dengan FTIR

Sampel sebelum sonikasi memperoleh hasil yang mendekati dalam setiap variasi massa, baik 1 gram ataupun 2 gram. Berdasarkan tabel 2, hasil interpretasi pada gambar 26 terdapat ikatan O-H pada bilangan gelombang 3417,90 untuk massa 1 gram dan 3437,07 untuk massa 2 gram, ikatan C=O

pada bilangan gelombang 1633,64 untuk massa 1 gram dan 1634,08 untuk massa 2 gram, dan terdapat ikatan $C\equiv C$ dengan cekungan lemah pada bilangan gelombang 2072,69 untuk massa 1 gram dan 2066,07 untuk massa 2 gram.



Gambar 27, Hasil karakterisasi sampel setelah sonikasi dengan FTIR

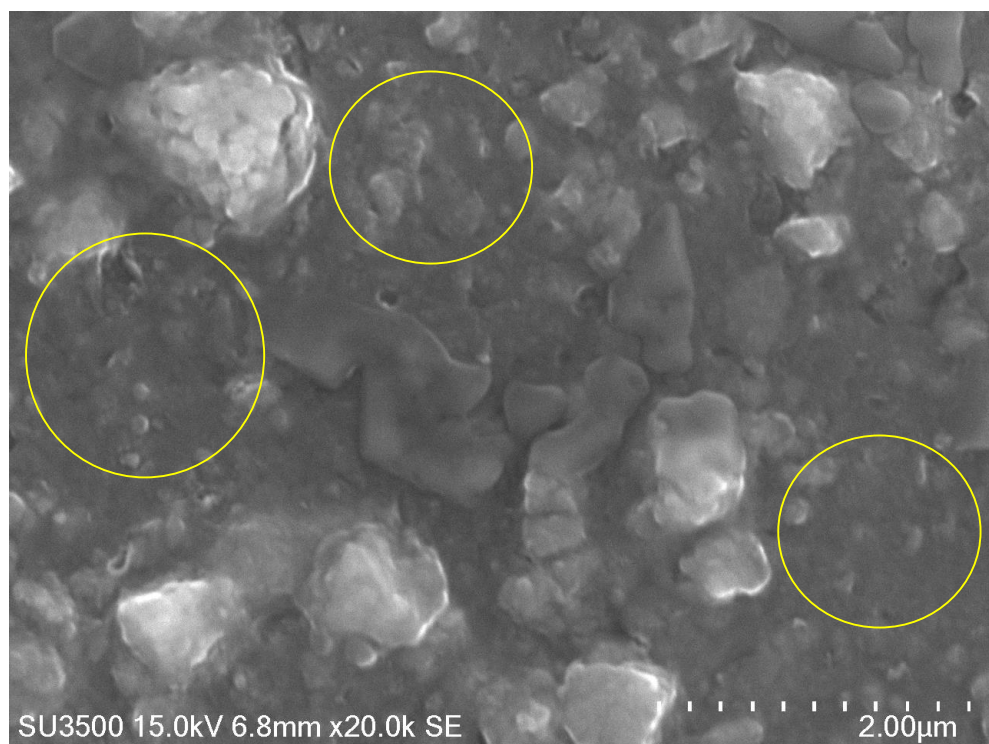
Pada sampel setelah sonikasi diperoleh juga hasil yang mendekati dalam setiap variasi massa, baik 1 gram ataupun 2 gram. Hasil interpretasi pada gambar 27 terdapat ikatan O-H pada bilangan gelombang 3445,51 untuk massa 1 gram dan 3444,32 untuk massa 2 gram, ikatan C=O pada bilangan gelombang 1634,13 untuk massa 1 gram dan 1634,30 untuk massa 2 gram, dan terdapat ikatan $C\equiv C$ dengan cekungan lemah pada bilangan gelombang 2068,51 untuk massa 1 gram dan 2070,02 untuk massa 2 gram.

Hasil FTIR menunjukkan di dalam sampel terdapat gugus fungsi ikatan O-H, C=O dan $C\equiv C$ pada setiap variasi massa baik sampel sebelum sonikasi ataupun setelah sonikasi. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya tentang material Cdots, sehingga dapat disimpulkan sampel

sebelum sonikasi sudah menghasilkan Cdots (Liu et al. 2007). Dari hasil tersebut juga dapat disimpulkan bahwa variasi massa dan perlakuan sonikasi tidak mempengaruhi gugus fungsi yang terbentuk pada sampel.

E. Pengujian menggunakan SEM

Pengujian menggunakan SEM digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan dari sampel. Sampel yang diuji menggunakan uji SEM adalah sampel sebelum sonikasi pada variasi massa 1 gram. Hasil SEM berupa foto morfologi permukaan sampel dengan perbesaran tertentu. Hasil SEM dapat dilihat pada gambar berikut.

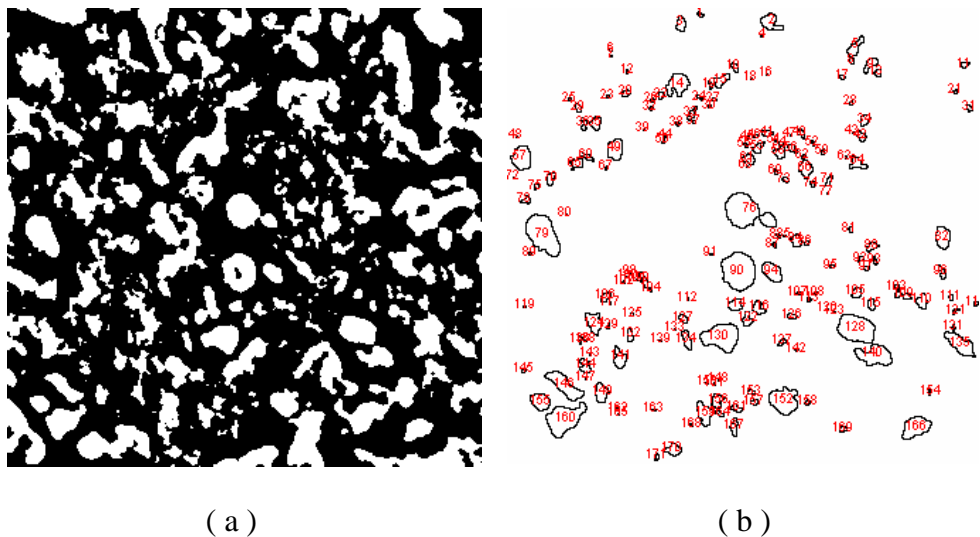


Gambar 28. Hasil karakterisasi SEM sampel sebelum sonikasi massa 1 gram dengan perbesaran 20000x

Gambar 28 menunjukkan morfologi permukaan sampel, dimana terdapat bongkahan-bongkahan besar dan bongkahan-bongkahan kecil. Bongkahan-

bongkahan kecil seperti yang ditunjukkan dalam lingkaran kuning dalam gambar 28 diindikasikan sebagai material Cdots. Menurut penelitian sebelumnya, morfologi permukaan Cdots memperlihatkan struktur berbentuk bola – bola kecil (Jumardin, 2017).

Selain morfologi permukaan, dari gambar tersebut juga dapat diperoleh ukuran partikel dengan menggunakan aplikasi *ImageJ*. Berikut adalah hasil analisis menggunakan aplikasi *ImageJ*.



Gambar 29. Hasil analisis *ImageJ* karakterisasi SEM (a) filter image (b) partikel analisis

Gambar 29a menunjukkan filter gambar hasil analisis menggunakan *ImageJ*, bertujuan untuk memperjelas objek yang akan dianalisis ukurannya. Warna putih pada gambar 29a menunjukkan partikel yang akan dianalisis ukurannya, sedangkan warna hitam menunjukkan background. Gambar 29b adalah hasil analisis partikel dari *ImageJ*, dimana terdapat angka – angka yang mewakili setiap partikel yang diukur. Analisis partikel menggunakan aplikasi *ImageJ* menghasilkan 172 area, dan kemudian diambil area – area yang diameternya

sekitar atau di bawah 10 nm. Berikut adalah hasil partikel analisis menggunakan *ImageJ*.

Tabel 3 Hasil analisis karakterisasi SEM menggunakan *ImageJ*

No	Diameter $\pm 0,0001$ (nm)	No	Diameter $\pm 0,0001$ (nm)	No	Diameter $\pm 0,0001$ (nm)
4	9,2508	68	6,5413	119	9,2508
7	6,5413	72	6,5413	120	6,5413
16	6,5413	77	6,5413	123	9,2508
18	6,5413	80	6,5413	133	6,5413
30	11,3299	85	9,2508	138	9,2508
39	6,5413	91	11,3299	139	9,2508
43	6,5413	98	6,5413	143	6,5413
44	11,3299	100	9,2508	147	6,5413
47	6,5413	101	6,5413	148	6,5413
48	6,5413	102	11,3299	150	9,2508
51	6,5413	112	9,2508	151	9,2508
63	9,2508	117	9,2508	165	6,5413

Dapat dilihat dari tabel tersebut bahwa dari 172 area yang dianalisis, terdapat setidaknya 36 area (20,9 % dari area yang dianalisis) yang menunjukkan ukuran sekitar atau di bawah 10 nm. Hal ini menunjukkan bahwa berdasarkan analisis *ImageJ* pada hasil karakterisasi SEM, telah terdapat material berukuran nano pada sampel dan memperkuat bahwa pada sampel terdapat material Cdots.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. SIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Telah dihasilkan material Cdots berbahan dasar ampas teh berdasarkan hasil uji UV-Vis, PL, FTIR dan SEM dengan cara memblender karbon dari ampas teh kemudian dilakukan sonikasi audiosonik.
2. Pengujian karakterisasi absorbansi UV-Vis pada massa 0,5 gram sebelum disonikasi menunjukkan 1 puncak absorbansi yaitu pada panjang gelombang 202,50 nm dan setelah disonikasi menunjukkan 2 puncak absorbansi yaitu pada panjang gelombang 201,50 nm; 761,50 nm, pada massa 1 gram sebelum disonikasi menunjukkan 2 puncak absorbansi yaitu pada panjang gelombang 246,00 nm; 219,50 nm dan setelah disonikasi menunjukkan 2 puncak absorbansi yaitu pada panjang gelombang 194,00 nm; 774,50 nm, pada massa 1,5 gram sebelum disonikasi menunjukkan 2 puncak absorbansi yaitu pada panjang gelombang 248,50 nm; 225,50 nm dan setelah disonikasi menunjukkan 1 puncak absorbansi yaitu pada panjang gelombang 196,50 nm, pada massa 2 gram sebelum disonikasi menunjukkan 5 puncak absorbansi yaitu pada panjang gelombang 250,50 nm; 243,50 nm; 232,50 nm; 228,00 nm; 217,00 nm dan setelah disonikasi menunjukkan 3 puncak absorbansi yaitu pada panjang gelombang 200,00 nm; 762,50 nm; 788,00 nm. Hasil karakterisasi absorbansi tersebut

menunjukkan bahwa semakin besar massa maka puncak absorbansi semakin bergeser kekanan (*red shift*), hal ini menunjukkan material Cdots yang terbentuk semakin sedikit, dan hasil terbaik berdasarkan penelitian sebelumnya yaitu pada massa 1 gram dengan puncak absorbansi pada panjang gelombang 246,00 nm. Pengujian karakteristik intensitas PL pada setiap variasi massa menunjukkan rentang antara 480 nm-489 nm, baik sampel sebelum disonikasi ataupun sampel setelah disonikasi. Hal ini menunjukkan variasi massa tidak mempengaruhi karakteristik intensitas PL material yang terbentuk, material yang terbentuk pada setiap variasi massa menunjukkan pendaran warna biru (450 nm-495 nm). Pengujian karakteristik transmitansi menggunakan FTIR pada 1 gram dan 2 gram menunjukkan interpretasi yang sama, yaitu terdapat ikatan O-H, C=O dan C≡C. Hal ini menunjukkan variasi massa tidak mempengaruhi ikatan yang terbentuk pada material. Pengujian karakterisasi SEM dilakukan pada massa 1 gram dan memperoleh hasil morfologi permukaan berbentuk bola-bola kecil berukuran 4 nm sampai 11 nm, hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya tentang ukuran dan morfologi permukaan material Cdots.

B. SARAN

Berbagai saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan sintesis dengan metode yang lain.

2. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan sampai pada tahap aplikasi dari Cdots yang dihasilkan.
3. Melakukan uji SEM-EDX agar mendapatkan ukuran partikel yang lebih tepat dan distribusi ukuran partikel dari sampel yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2010). *Karakterisasi Nanomaterial Teori, Penerapan, dan Pengolahan Data*. Bandung: CV Rezeki Putera.
- Arum, S. C. (2018). *Sintesis Graphene Oxide Berbahan Dasar Graphite Limbah Baterai Zinc-Carbon dalam Fase Cair menggunakan Frekuensi Audiosonik dan Ultrasonik*. Yogyakarta : FMIPA UNY.
- Bao, L., Liu, C., Zhang, Z. L., & Pang, D. W. (2015). Photoluminescence-tunable carbon nanodots: Surface-state energy-gap tuning. *Advanced Materials*, 27(10), 1663–1667. Diambil pada tanggal 6 Oktober 2018, dari <https://doi.org/10.1002/adma.201405070>.
- Bilqis, S. M. (2017). *Perbandingan Sifat Optik Carbon Nanodots Berbahan Dasar Gula Pasir dan Air Jeruk dengan Metode Sintesis Hydrothermal dan Microwave*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Gabriel, J.F., 1996, Fisika Kedokteran, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Griffiths, P.R. (1975). *Chemical Infrared Fourier Transform Spectroscopy*. US : John Wiley & Sons.
- Harjono, S. (1992). *Spektroskopi Inframerah Edisi Pertama*. Yogyakarta: Liberty.
- Hassan, K., & Siavash, I. (1994). Silver Nanoparticles. *The Delivery of Nanoparticles*, 4–20. Diambil pada tanggal 6 Oktober 2018, dari <https://doi.org/10.5772/34157>.
- Hendrik.(2010). Fourier Transform Infrared. <http://hendriksblog.blog.uns.ac.id/2010>, diakses pada 3 November 2018.
- Jumardin. (2017). *Sintesis Nanopartikel Karbon (C-Dot) dengan Metode Ablasi Laser untuk Aplikasi Bio-Imaging*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Kristianingrum, Susila. (2014). *Handout Spektroskopi Infra Merah*. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kukreja, D., et. al, (2015). Synthesis of Fluorescent Carbon Dots from Mango Peels. *International Journal of ChemTech Research*. 61-64. Diambil pada tanggal 10 Oktober 2018, dari <https://www.researchgate.net/publication/283132389>.

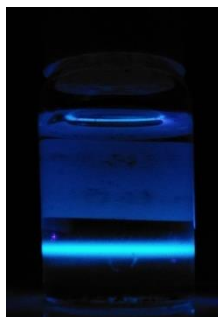
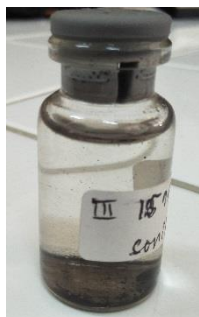
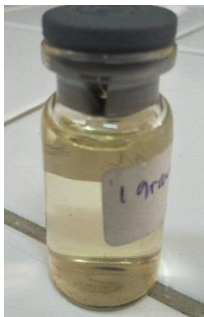
- Li, L., *et. al*, (2017). In Situ Synthesis of NIR-Light Emitting Carbon Dots Derived from Spinach For Bio-Imaging Applications. *J. Mater. Chem. B*, 5(35), 7328–7334. Diambil pada tanggal 27 Oktober 2018, dari <https://doi.org/10.1039/C7TB00634A>.
- Lilis, M. (2017). *Karakterisasi Sampel Hasil Preparasi dan Sintesis Graphene Oxide Berbahan Dasar Minyak Jelantah Menggunakan Metode Liquid Mechanical Exfoliation dalam Pelarut N-Heksana dengan Variasi Waktu Blender dan Konsentrasi Larutan sebagai Upaya Pemanfaatan Limbah Minyak Goreng*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Liu, W., *et. al*, (2017). Highly Crystalline Carbon Dots from Fresh Tomato: UV Emission and Quantum Confinement. *Nanotechnology*, 28(48), 0–18. Diambil pada tanggal 7 Oktober 2018, dari <https://doi.org/10.1088/1361-6528/aa900b>.
- Nisa, A. K. (2014). *Sintesis Nanopartikel Karbon Berfluoresens*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Nugraha, Febrinaldo Eka. (2008). Optimasi Pemecahan Emulsi Air dalam Pelumas Bekas Menggunakan Campuran Larutan NaCl-Etanol. Bandung : Prodi Kimia FMIPA ITB.
- Owen, T. (2010). *Fundamentals of Modern UV-Visible spectroscopy*. Agilent Technology.
- Patel, N. H. (2015). Basic Principle, Working and Instrumentation of Experimental Techniques, 74–79. Diambil pada tanggal 7 Oktober 2018, dari <https://doi.org/10.1021/es0508121>.
- Pavia, L., Lampman, G., & Goerge, S. K. (2001). *Introduction to Spectroscopy: a Guide for Students or Organic Chemistry*. Philadelphia: Harcourt College.
- Rahmayanti, H. D. (2015). *Sintesis Carbon Nanodots Sulfur (C-Dots Sulfur) dengan Metode Microwave*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Rhyko, I. W. (2016). *Preparasi dan Sintesis Graphene Oxide dengan Metode Liquid Sonication Exfoliation dan Random Collision Marbles Shaking dengan Bahan Dasar Graphite Limbah Baterai Zinc-Carbon Berdasarkan Uji Spektrofotometer Uv-Vis*. Yogyakarta: FMIPA UNY.

- Sahu, S, *et. al*, (2012). *Simple One-Step Synthesis of Highly Luminescent CARBON Dots from Orange Juice: Application as Excellent Bioimaging Agents*. *Chem. Commun.*, 48: 8835-8837.
- Smallman, R..E & Bishop, J.R. (2000). *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.
- Soni, S. (2016). Luminescent Carbon Dots : Characteristics and Applications. Top Master Nanoscience: University of Groningen.
- Susanto, C. (1983). Hubungan anaiisis kimia dan organik dalam pengendalian kualitas teh hitam. *Warta BPTK* 9(1): 73-79.
- Sudarmo, (2006). *Kimia*. Jakarta: Erlangga
- Tahid, (1994). *Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier No II Th VIII*. Bandung: *Warta Kimia Analitis*.
- Tran, *et. al*, (2013). Silver nanoparticles: synthesis, properties, toxicology, applications and perspectives. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, 4 033001. Diambil pada 14 Agustus 2018, dari <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/2043-6262/4/3/033001/pdf>
- Vita, E. (2015). *Kajian Pengaruh Konsentrasi Urea Dalam Sifat Optik Nanofiber Graphene Oxide/ Pva (Polyvinyl Alcohol) Yang Difabrikasi Menggunakan Teknik Electrospinning*. Yogyakarta: UGM.
- Wang, Y., & Hu, A. (2014). Carbon Quantum Dots: Synthesis, Properties, and Applications. *Journal of Materials Chemistry C*, 2(34), 6921. Diambil pada tanggal 23 Oktober 2018, dari <https://doi.org/10.1039/C4TC00988F>.
- Wilson WL, Szajowski PF, Brus LE. 1993. Quantum confinement in size-selected, surface-oxidized silicon nanocrystals. *Science*. 262:1242-1244.

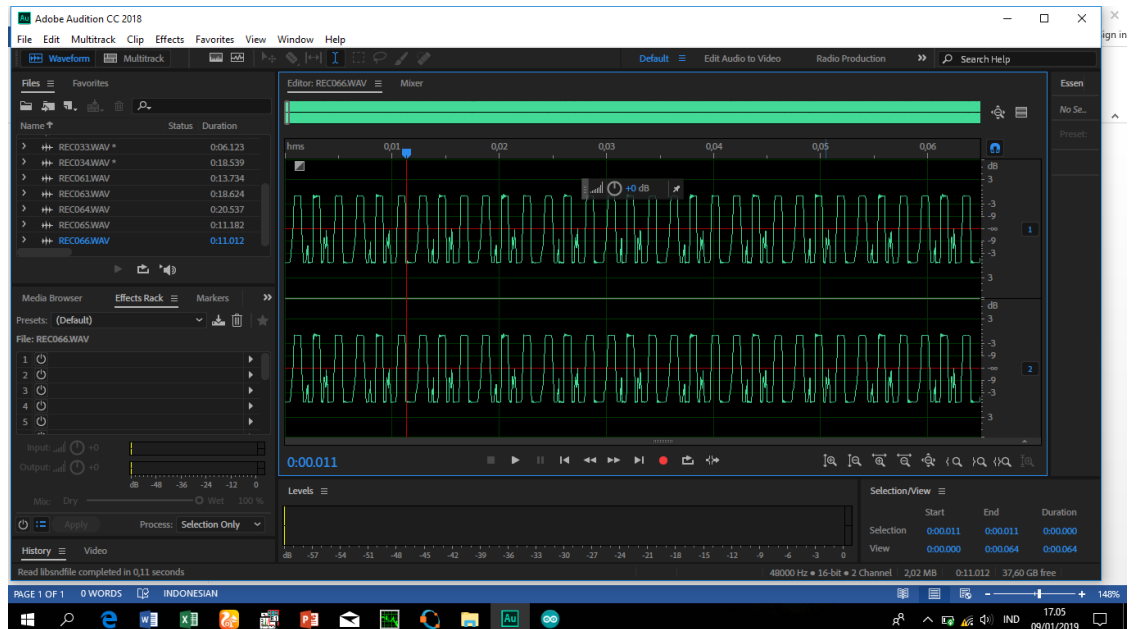
LAMPIRAN

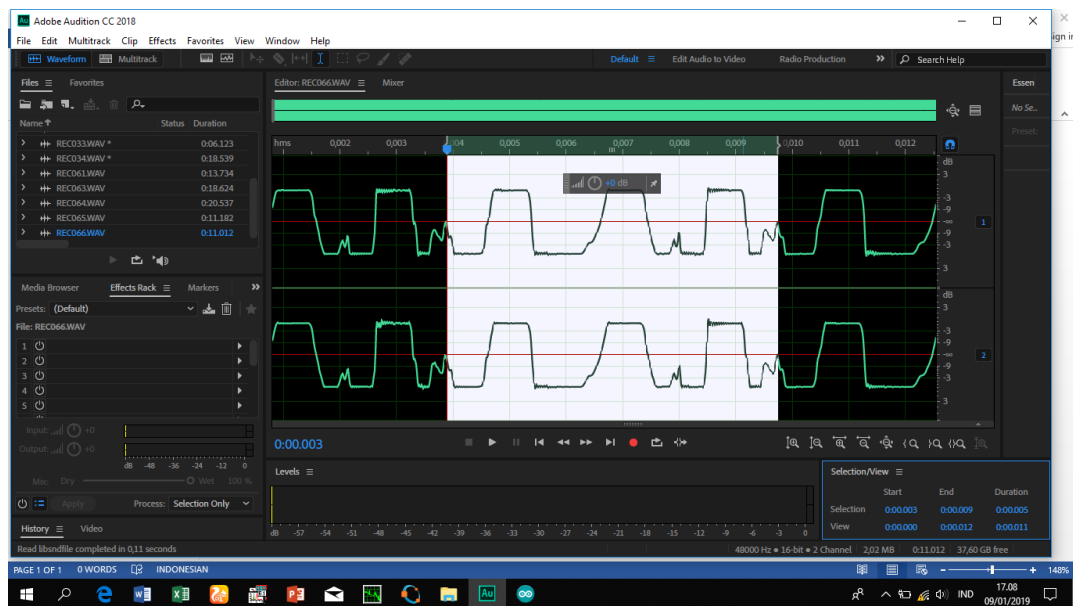
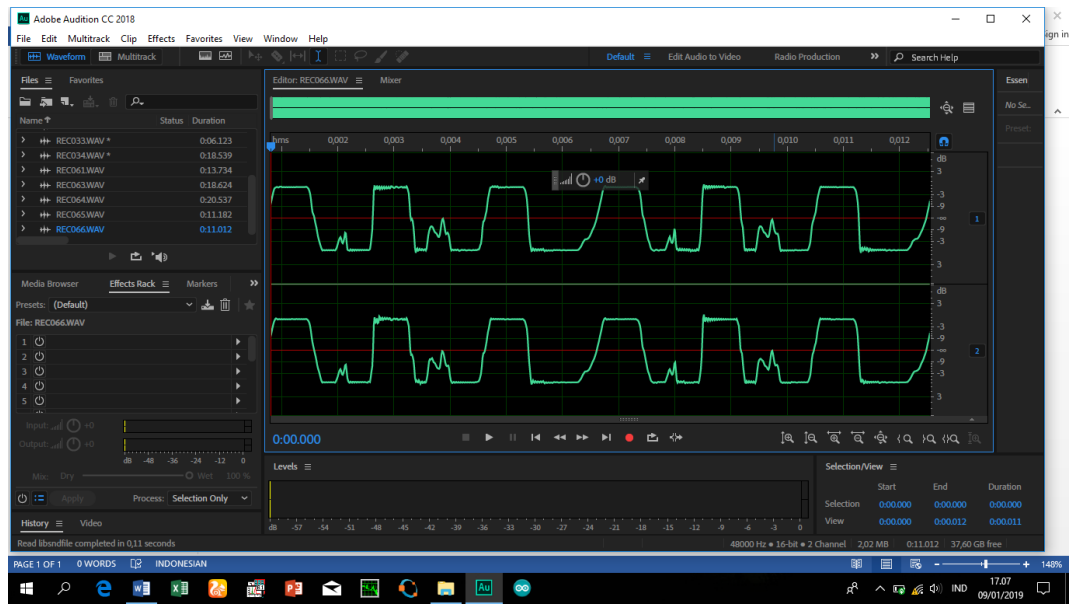
A. DOKUMENTASI





B. FREKUENSI SONIKASI AUDIOSONIK YANG DIGUNAKAN



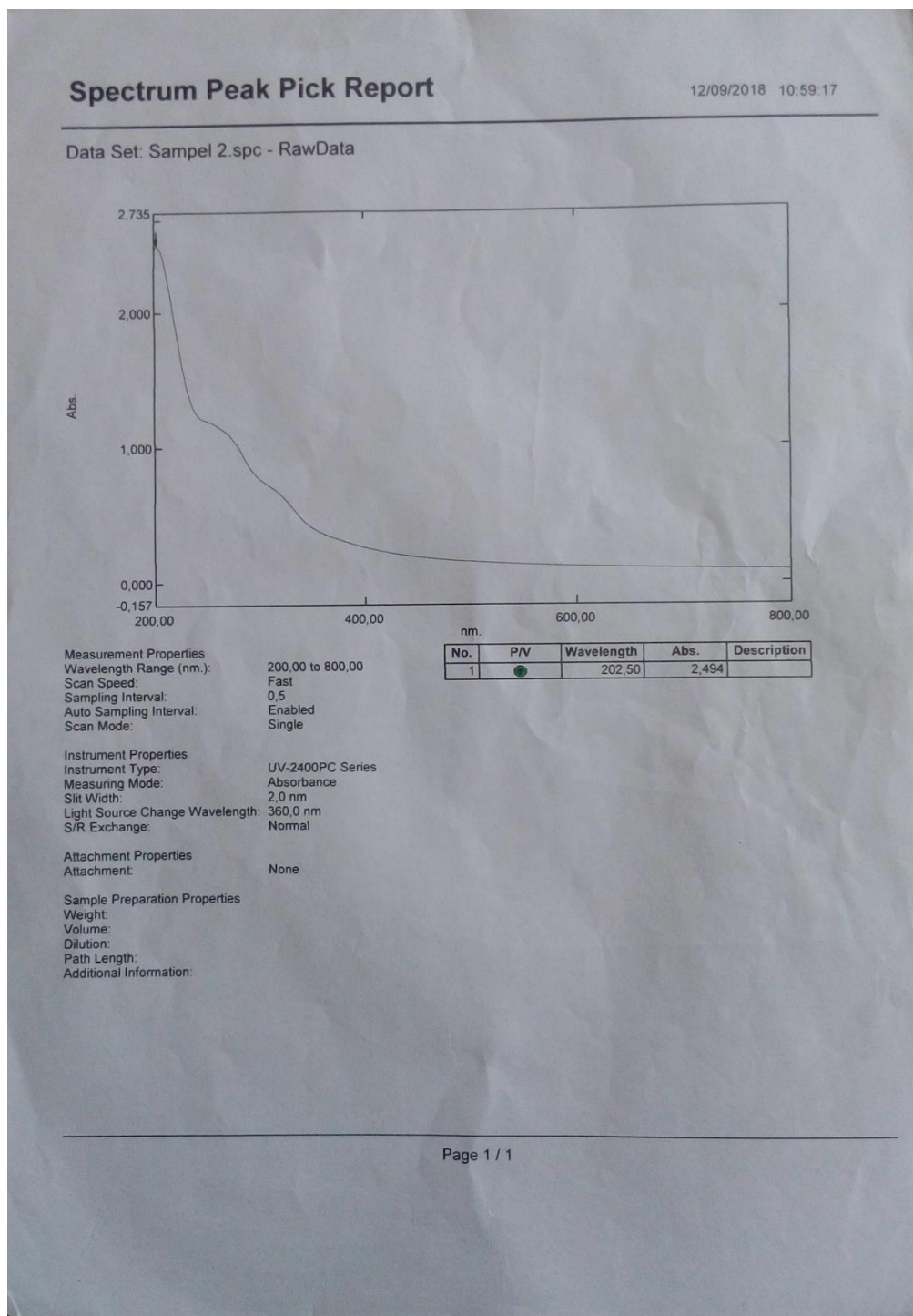


puncak 1 (s)	puncak 2 (s)	T (s)	delta T (s)	f (Hz)	delta f (Hz)
0,003875	0,009740	0,005865	0,000001	170,502984	0,029412

$$f \pm \text{delta } f = 170,50 \pm 0,03$$

C. HASIL UJI UV-VIS

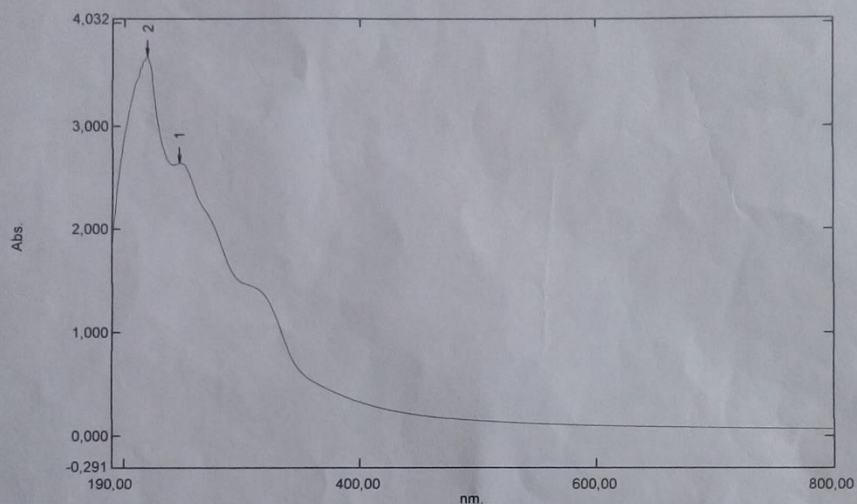
Sebelum Sonikasi



Spectrum Peak Pick Report

12/09/2018 11:04:34

Data Set: Sampel 3.spc - RawData



Measurement Properties
Wavelength Range (nm.): 190,00 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

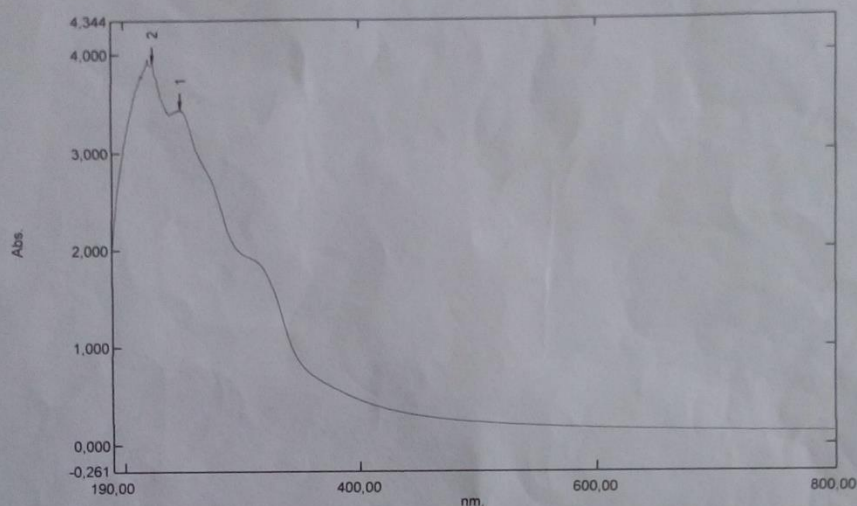
Sample Preparation Properties
Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	246,00	2,638	
2	●	219,50	3,672	

Spectrum Peak Pick Report

12/09/2018 11:06:52

Data Set: Sampel 4.spc - RawData



Measurement Properties
Wavelength Range (nm.): 190.00 to 800.00
Scan Speed: Fast
Sampling Interval: 0.5
Auto Sampling Interval: Enabled
Scan Mode: Single

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1		248.50	3.442	
2		225.00	3.927	

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

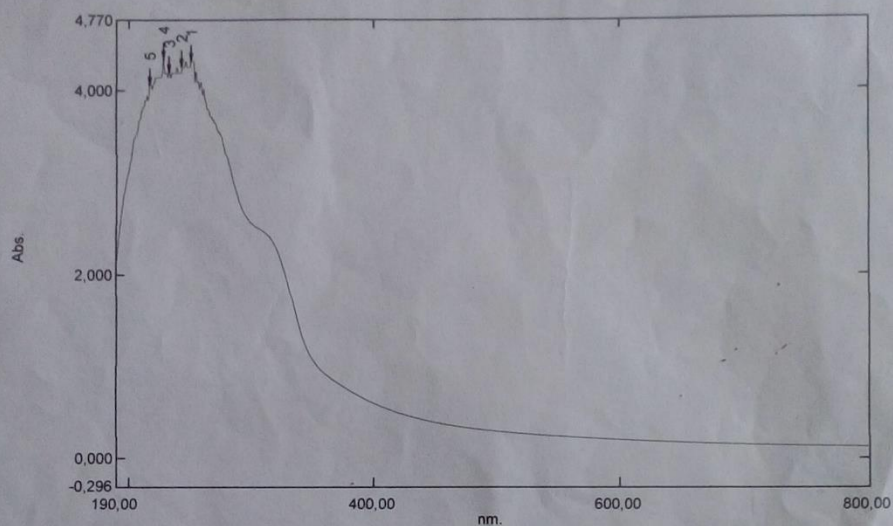
Attachment Properties
Attachment: None

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

Spectrum Peak Pick Report

12/09/2018 11:14:19

Data Set: Sampel 5.spc - RawData



Measurement Properties
Wavelength Range (nm.): 190,00 to 800,00
Scan Speed: Fast
Sampling Interval: 0,5
Auto Sampling Interval: Enabled
Scan Mode: Single

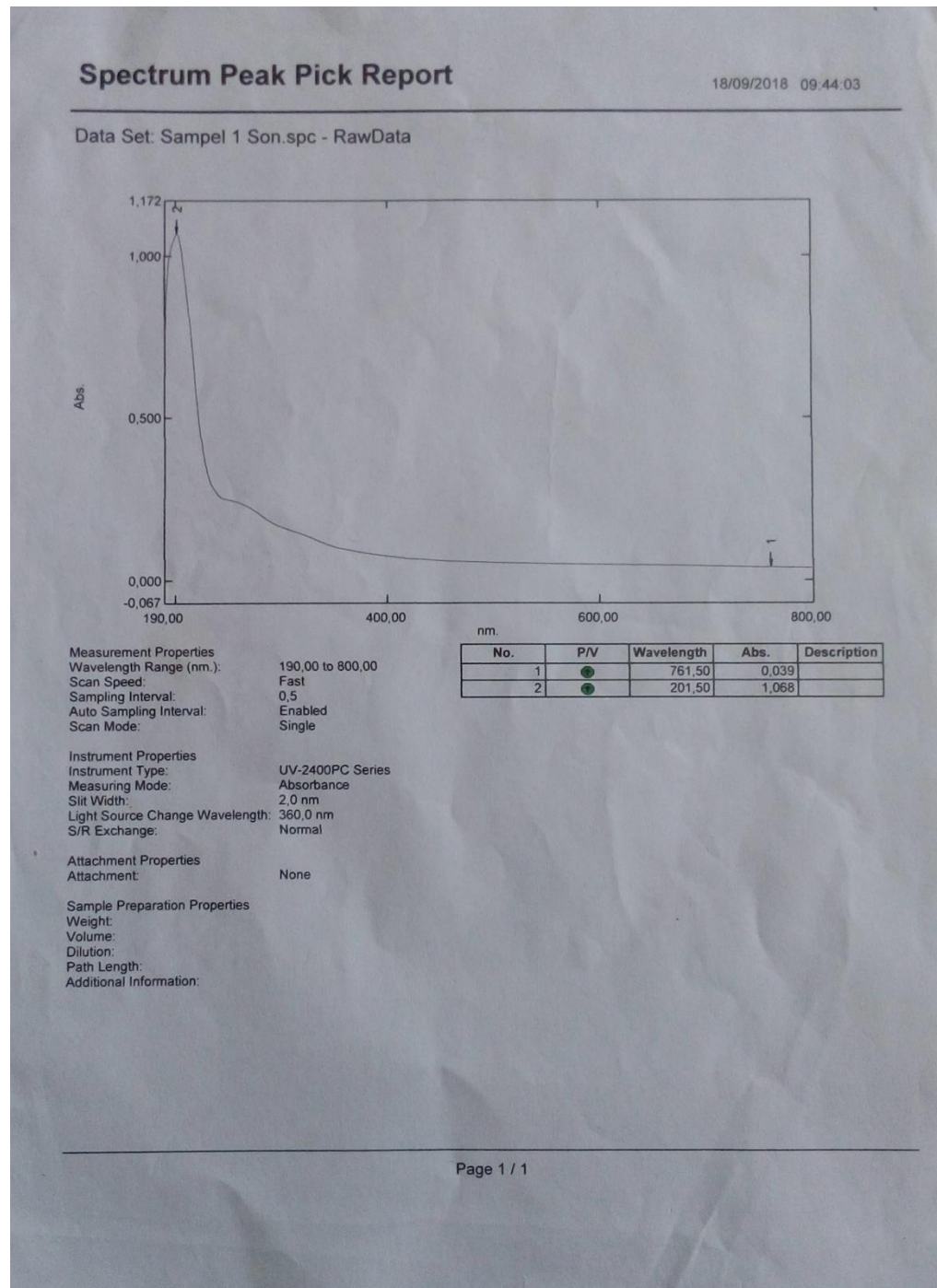
Instrument Properties
Instrument Type: UV-2400PC Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 2,0 nm
Light Source Change Wavelength: 360,0 nm
S/R Exchange: Normal

Attachment Properties
Attachment: None

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

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	250,50	4,323	
2	●	243,50	4,260	
3	●	232,50	4,198	
4	●	228,00	4,348	
5	●	217,00	4,062	

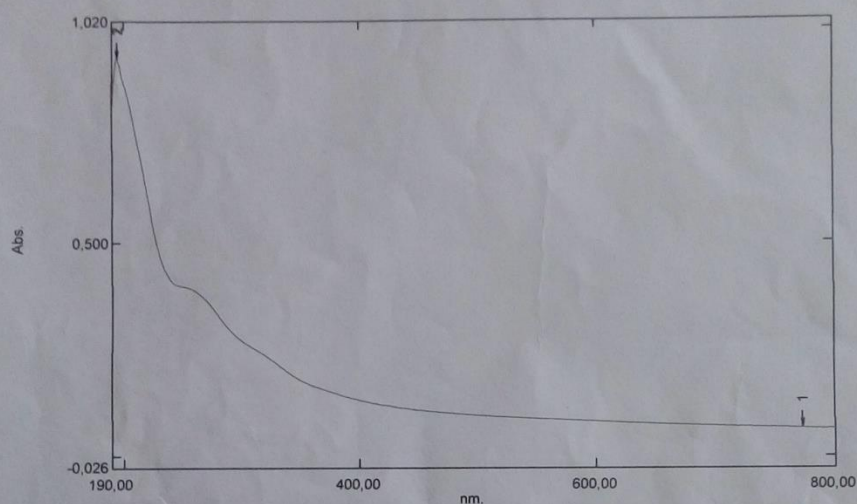
Setelah Sonikasi



Spectrum Peak Pick Report

18/09/2018 09:46:29

Data Set: Sampel 2 Son.spc - RawData



Measurement Properties
Wavelength Range (nm.): 190,00 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

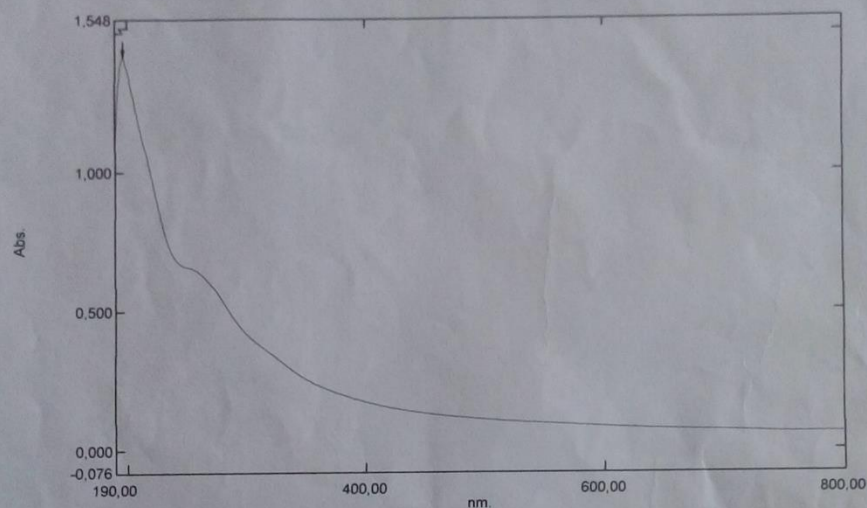
Sample Preparation Properties
Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	774,50	0,064	
2	●	194,00	0,933	

Spectrum Peak Pick Report

18/09/2018 09:49:17

Data Set: Sampel 3 Son.spc - RawData



Measurement Properties
Wavelength Range (nm.): 190,00 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

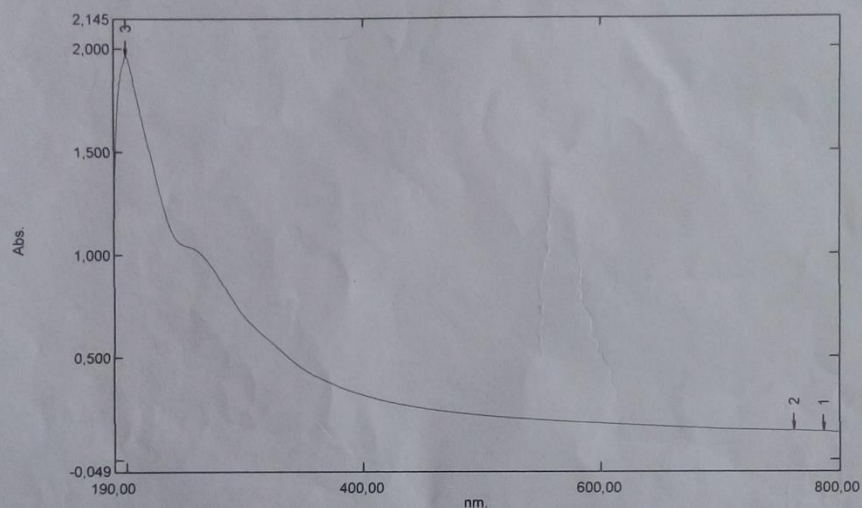
Sample Preparation Properties
Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	196,50	1,413	

Spectrum Peak Pick Report

18/09/2018 09:53:05

Data Set: Sampel 4 Son.spc - RawData



Measurement Properties
Wavelength Range (nm.): 190.00 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

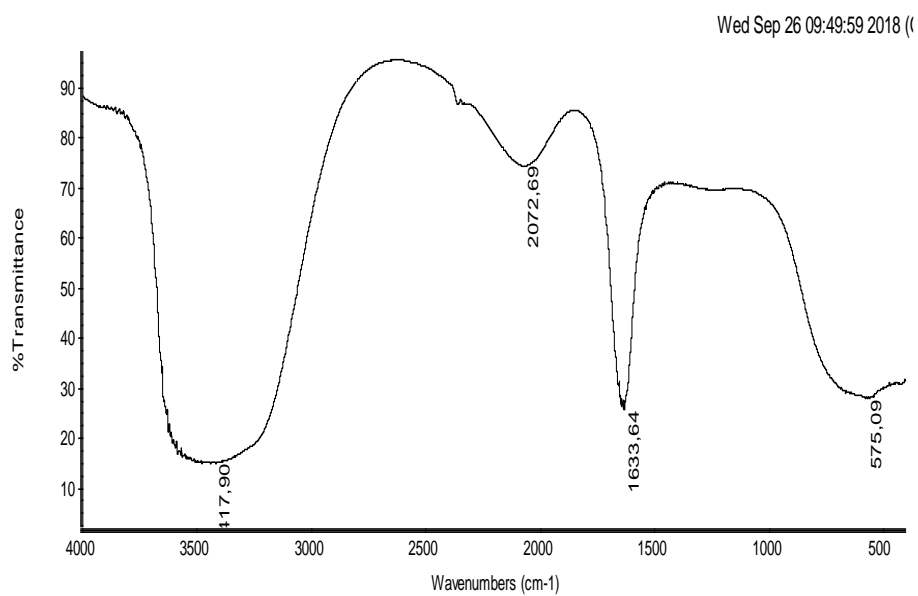
Attachment Properties
Attachment: None

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

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	788,00	0,139	
2	●	762,50	0,143	
3	●	200,00	1,962	

D. HASIL UJI FTIR

Sebelum Sonikasi



Collection time: Tue Sep 25 14:14:09 2018 (GMT+0)

Wed Sep 26 09:49:58 2018 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2121-1 A

Region: 4000,00 400,00

Absolute threshold: 98,045

Sensitivity: 50

Peak list:

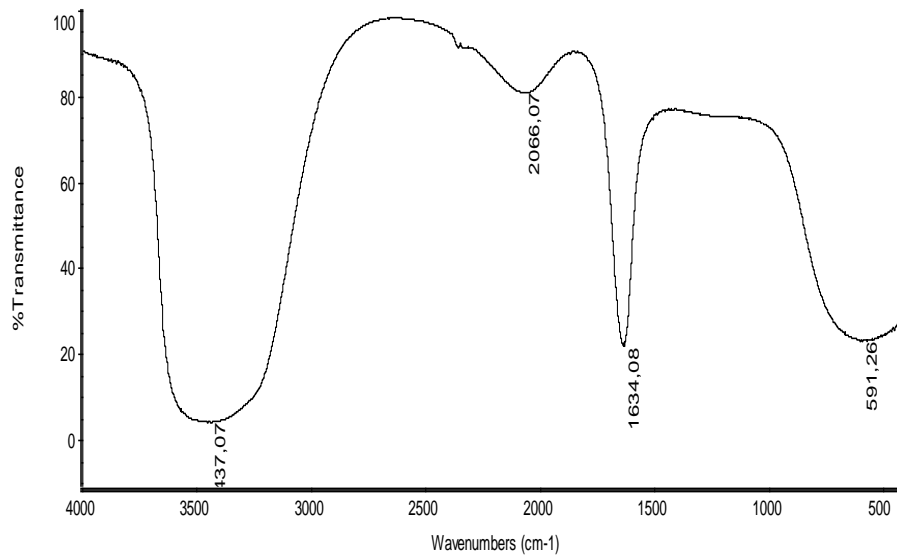
Position: 3417,90 Intensity: 14,482

Position: 1633,64 Intensity: 25,242

Position: 575,09 Intensity: 27,460

Position: 2072,69 Intensity: 74,113

Wed Sep 26 09:50:47 2018 ((



Collection time: Tue Sep 25 14:23:00 2018 (GMT+0)

Wed Sep 26 09:50:45 2018 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2121-3 C

Region: 4000.00 400.00

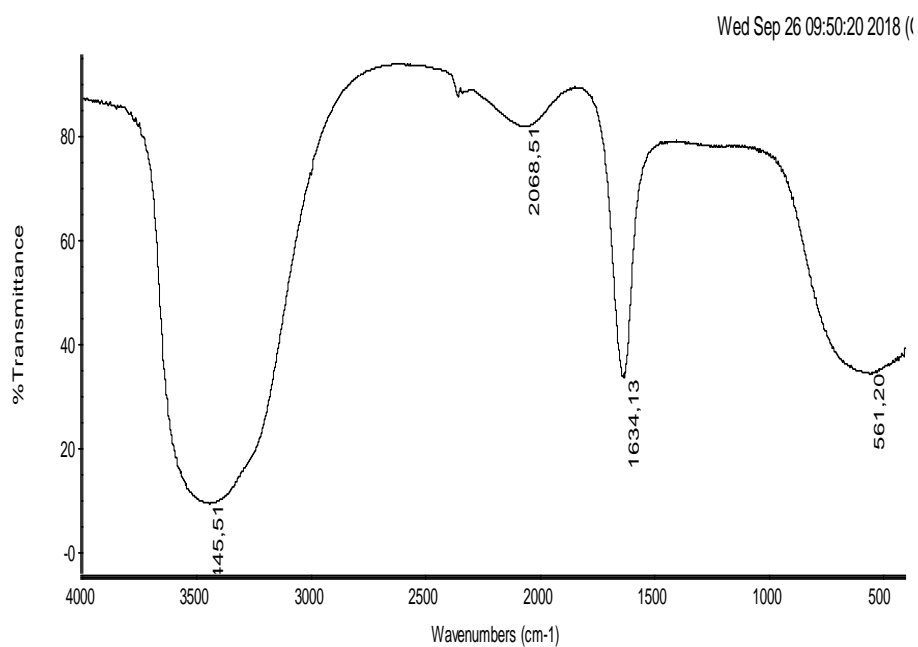
Absolute threshold: 101,100

Sensitivity: 50

Peak list:

Position: 3437,07	Intensity: 3,666
Position: 1634,08	Intensity: 21,433
Position: 591,26	Intensity: 22,583
Position: 2066,07	Intensity: 80,460

Setelah Sonikasi



Collection time: Tue Sep 25 14:19:13 2018 (GMT+0

Wed Sep 26 09:50:18 2018 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2121-2 B

Region: 4000,00 400,00

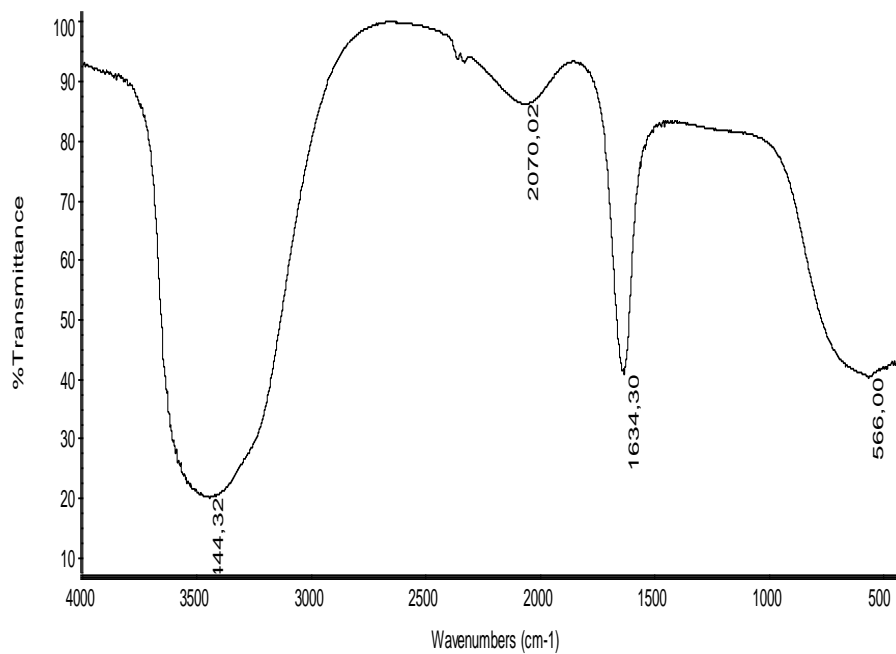
Absolute threshold: 96,346

Sensitivity: 50

Peak list:

Position: 3445,51	Intensity: 8,964
Position: 1634,13	Intensity: 33,103
Position: 561,20	Intensity: 33,922
Position: 2068,51	Intensity: 81,524

Wed Sep 26 09:51:22 2018 ((



Collection time: Tue Sep 25 14:28:25 2018 (GMT+0)

Wed Sep 26 09:51:19 2018 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2121-4 D

Region: 4000,00 400,00

Absolute threshold: 101,865

Sensitivity: 50

Peak list:

Position: 3444,32 Intensity: 19,618

Position: 566,00 Intensity: 39,851

Position: 1634,30 Intensity: 40,419

Position: 2070,02 Intensity: 85,876

E. HASIL UJI SEM

