

**PEMANFAATAN NANOMATERIAL *CARBON NANODOTS*
BERBAHAN DASAR LIMBAH KULIT JERUK *BABY (Citrus
sinensis)* SEBAGAI ABSORBEN CO₂ PADA PEMURNIAN
BIOGAS**

TUGAS AKHIR SKRIPSI

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



Disusun Oleh:

WIWIN SILFIYANI

15306141015

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

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan judul

**PEMANFAATAN NANOMATERIAL *CARBON NANODOTS* BERBAHAN
DASAR LIMBAH KULIT JERUK *BABY (Citrus sinensis)* SEBAGAI
ABSORBEN CO₂ PADA PEMURNIAN BIOGAS**

Disusun oleh:

Wiwin Silfiyani

15306141015

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

Yogyakarta, Mei 2019

Pembimbing I

Pembimbing II



Wipar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D

NIP. 19800129 200501 1003



Wira Widyawidura, S.Si., M.Eng

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

PEMANFAATAN NANOMATERIAL *CARBON NANODOTS* BERBAHAN
DASAR LIMBAH KULIT JERUK *BABY (Citrus sinensis)* SEBAGAI
ABSORBEN CO₂ PADA PEMURNIAN BIOGAS

Disusunoleh:

Wiwin Silfiyani
NIM 15306141015

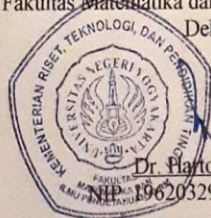
Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta
Padatanggal 23 Mei 2019

TIM PENGUJI

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Wipar Sunu Brams D, Ph.D</u> Ketua Penguji/Pembimbing		20/06/2019
<u>Nur Kadarisman, M.Si</u> Penguji Utama		20/06/2019
<u>Wira Widyawidura, M.Eng</u> Penguji Pendamping		18/06/2019

Yogyakarta, 24 Juni 2019

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Dekan,



Dr. Platon, M.Si
NIP. 19620329 198702 1 002

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wiwin Silfiyani

NIM : 15306141015

Program Studi : Fisika

Jurusan : Pendidikan Fisika

Fakultas : Matematikadan Ilmu Pengetahuan Alam

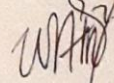
Judul Skripsi : “Pemanfaatan Nanomaterial *Carbon Nanodots* Berbahan Dasar Limbah Kulit Jeruk (*Citrus sinensis*) sebagai Absorben CO₂ pada Pemurnian Biogas”

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan 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, 8 April 2019

Yang menyatakan,



Wiwin Silfiyani

NIM. 15306141015

MOTTO

“Jika kamu tak tahan menahan lelahnya belajar, maka kamu akan menanggung perihnya kebodohan”

(Imam Syafi’i)

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum hingga mereka mengubah diri mereka sendiri”

(Q.S. Ar-Ra’ad: 11)

“Do the best you can until you know better. Then when you know better, do better”

(Maya Angelou)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk
Kedua orang tua dan kakak-kakakku tercinta. Atas segala kasih sayang dan doa
yang selalu mengiringi saya dalam setiap langkah perjuangan.

**PEMANFAATAN NANOMATERIAL *CARBON NANODOTS* BERBAHAN
DASAR LIMBAH KULIT JERUK *BABY* (*Citrus sinensis*) SEBAGAI
ABSORBEN CO₂ PADA PEMURNIAN BIOGAS**

Oleh:
Wiwin Silfiyani
15306141015

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui sintesis material C-Dots berbahan dasar kulit jeruk *Baby* dengan metode pemanasan *oven*, (2) mengetahui perbedaan variasi konsentrasi karakteristik material C-Dots berbahan dasar kulit jeruk *Baby* sebagai absorben biogas berdasarkan spektrofotometer UV-Vis, *Photoluminescence* (PL), FTIR, dan TEM, (3) mengetahui perbedaan pengaruh absorben C-Dots berbahan dasar kulit jeruk *Baby* terhadap pemurnian biogas berdasarkan nilai kalor dan uji *Gas Chromatography* (GC) sebelum dan setelah pemurnian.

Penelitian ini menghasilkan tiga sampel C-Dots. Caranya dengan memotong kecil-kecil kulit jeruk kemudian memanaskannya dalam *oven* pada suhu 250°C selama 40 menit sehingga terbentuk karbon. Karbon tersebut ditumbuk kemudian ditimbang dengan variasi massa 1 gr, 2 gr, dan 3 gr. Masing-masing massa tersebut dilarutkan dalam 100 ml akuades. Selanjutnya, larutan C-Dots dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM, kemudian digunakan sebagai absorben biogas. Pemurnian biogas dilakukan dengan melewati biogas ke dalam instalasi pemurni. Biogas yang telah dimurnikan dikarakterisasi dengan GC dan nilai kalor untuk mengetahui pengaruh absorben C-Dots.

Karakterisasi UV-Vis C-Dots menghasilkan puncak absorbansi pada panjang gelombang 250 nm - 303 nm. Semakin tinggi konsentrasi C-Dots, maka nilai absorbansinya semakin besar. Karakterisasi PL menyatakan bahwa ketiga sampel C-Dots memiliki puncak intensitas pada rentang 498,9 nm - 499,6 nm, serta semakin tinggi konsentrasi C-Dots, maka intensitas pendaran yang dihasilkan semakin kuat. Karakterisasi FTIR menunjukkan bahwa gugus fungsi yang terdapat pada sampel C-Dots adalah C=C. Karakterisasi TEM menunjukkan bahwa rata-rata diameter C-Dots berukuran 3,81 nm dengan pola difraksi cincin. Berdasarkan pengujian GC dan nilai kalor, absorben paling optimal adalah larutan C-Dots 0,03 gr/ml karena dapat menyerap CO₂ paling banyak sehingga menghasilkan nilai kalor paling tinggi, yaitu 42000 kal.

Kata Kunci: C-Dots, kulit jeruk *Baby*, *oven*, absorben, biogas

**UTILIZATION OF CARBON NANODOTS NANOMATERIAL MADE
FROM BABY ORANGE PEEL (*Citrus sinensis*) WASTE AS CO₂
ABSORBENT IN BIOGAS PURIFICATION**

By:

Wiwin Silfiyani
15306141015

ABSTRACT

This research aims to (1) find out C-Dots material synthesis made from *Baby* orange peel by oven heating method, (2) figure out the different variations in the concentration characteristics of C-Dots materials made from *Baby* orange peel as biogas absorbent based on spectrophotometer UV-Vis, PL, FTIR, and TEM, (3) find out differences in the effects of C-Dots absorbent made from *Baby* orange peel towards biogas purification based on the heat value and GC test before and after purification.

This research delivers three C-Dots samples. The method includes cutting the orange peel into pieces then heating them up in the oven at 250°C for 40 minutes until becoming carbon. The carbon is then pounded and then weighed with variation of 1 gr, 2 gr, and 3 gr carbon mass. Each of the mass is dissolved in 100 ml aquades. The C-Dots is then characterized using spectrophotometer UV-Vis, PL, FTIR, and TEM, then used as biogas absorbent. The process of biogas purification is done by passing biogas through into purifying installation. Biogas that has been purified is then characterized using GC and heat value to determine the effect of C-Dots absorbent.

The characterization of UV-Vis shows that shoulder peak of C-Dots is noted in the wave length of 250 nm - 303 nm. The higher the concentration of C-Dots, the greater the absorbance value. The PL characterization shows that the three of the C-Dots sample have peak intensity in the wave length of 498.9 nm to 499.6, and the higher the concentration of C-Dots, the higher the luminous intensity produced. The FTIR characterization shows that the cluster function contained in every C-Dots sample is C=C. The TEM characterization shows that the average of C-Dots diameter gained is in 3.81 nm with a ring diffraction pattern. Based on the GC and heat value, the most optimal absorbent is in C-Dots solution of 0.03 gr/ml because it is able to absorb CO₂ the most so that it results the heat value the highest: 42000 kal.

Keywords: C-Dots, *Baby* orange peel, oven, absorbent, biogas

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi dengan judul **“Pemanfaatan Nanomaterial *Carbon Nanodots* Berbahan Dasar Limbah Kulit Jeruk *Baby (Citrus sinensis)* Sebagai Absorben CO₂ pada Pemurnian Biogas”**.

Tidak lupa penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tidak terkira kepada semua pihak yang telah begitu banyak membantu, mengajarkan, dan berkontribusi positif selama proses pengerjaan tugas akhir skripsi ini selesai. Terutama penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Hartono, M.Si selaku Dekan FMIPA UNY atas segala fasilitas dan bantuannya untuk memperlancar administrasi tugas akhir.
2. Dr. Heru Kuswanto, M.Si selaku Penasehat Akademik yang selalu memberikan motivasi dan arahan hingga skripsi ini selesai.
3. Wipsar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D selaku Dosen Pembimbing 1 dalam penelitian ini yang membimbing dengan penuh kesabaran dan selalu memberikan motivasi, semangat, dan dukungan.
4. Wira Widyawidura, S.Si., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing 2 yang selalu membimbing dan memberikan arahan dalam penelitian ini hingga selesai.
5. Haris Murtanto selaku Laboran Laboratorium Fisika Material dan Koloid yang telah memberikan bantuan dalam pengadaan alat penelitian.

6. Dosen-dosen Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA UNY yang telah mendidik dan membekali ilmu pengetahuan kepada penulis.
7. Pejuang S.Si (Linda, Mela, dan Tria) yang telah berjuang bersama dan selalu memberikan dukungan kepada penulis.
8. Teman-teman seperjuangan Fisika B 2015 yang selalu memberikan semangat dan dukungan dari awal semester hingga skripsi ini selesai.
9. 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 kata sempurna, maka kritik dan saran yang membangun sangat penulis butuhkan guna penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi untuk kemajuan Fisika Material.

Yogyakarta, 08 April 2019

Penulis,

Wiwin Silfiyani

NIM. 15306141015

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	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.....	3
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
A. Jeruk <i>Baby</i>	8
B. <i>Carbon Nanodots</i> (C-Dots).....	11
C. <i>Oven</i>	13
D. Biogas	15
E. Pemurnian Biogas	17
F. Spektrofotometer UV-Vis.....	20
G. <i>Photoluminescence</i> (PL)	22
H. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	25

I. <i>Transmission Electron Microscope (TEM)</i>	28
J. <i>Gas Chromatography (GC)</i>	31
K. Pengujian Performa Kalor.....	34
L. Kerangka Berpikir.....	35
BAB III METODE PENELITIAN	36
A. Waktu dan Tempat Penelitian	36
B. Variabel Penelitian.....	37
C. Jenis Penelitian.....	37
D. Alat dan Bahan.....	38
E. Tahapan Penelitian.....	38
F. Teknik Analisis Data.....	43
G. Diagram Alir	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
A. Sintesis C-Dots menggunakan metode pemanasan <i>oven</i>	47
B. Karakteristik material C-Dots berdasarkan spektrofotometer UV-VIS, PL, FTIR, dan TEM	49
C. Pemurnian biogas menggunakan larutan C-Dots.....	56
D. Hasil pengujian GC dan pengujian performa kalor	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	65
A. Kesimpulan	65
B. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Jeruk <i>Baby</i>	8
Gambar 2. Kulit Jeruk <i>Baby</i>	10
Gambar 3. Prinsip Kerja Spektrofotometer UV-Vis	20
Gambar 4. Karakterisasi UV-Vis dan PL dari SWNTs	22
Gambar 5. Proses Luminesensi	23
Gambar 6. Prinsip Spektroskopi PL	24
Gambar 7. Skematik Prinsip Kerja FTIR	26
Gambar 8. Diagram Skematik suatu tipe GC	32
Gambar 9. Proses dan Alur Analisis Gas N ₂ O dalam Kolom pada GC 14A	33
Gambar 10. GC Shimadzu 14A dan Contoh Hasil Analisis Gas N ₂ O	34
Gambar 11. Contoh Hasil Analisa Gas CO ₂ dan CH ₄	34
Gambar 12. Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 13. Proses Pemurnian Biogas Menggunakan Larutan C-Dots.....	46
Gambar 14. Proses Pengujian Kalor	46
Gambar 15. Sampel C-Dots dengan Konsentrasi (a) 0,01 gr/ml, (b) 0,02 gr/ml, dan (c) 0,03 gr/ml.....	47
Gambar 16. Sampel C-Dots dengan konsentrasi (a) 0,01 gr/ml, (b) 0,02 gr/ml, dan (c) 0,03 gr/ml, ketika disinari dengan sinar UV.....	48
Gambar 17. Hasil Karakterisasi UV-Vis Laruan C-Dots	50
Gambar 18. Hasil Karakterisasi PL	51
Gambar 19. Hasil Karakterisasi FTIR (a) transmitansi dan (b) absorptansi	52
Gambar 20. Hasil Karakterisasi TEM (a) morfologi permukaan C-Dots dan (b) pola difraksi C-Dots.....	54
Gambar 21. Hasil Persentase Persebaran Diameter C-Dots	55
Gambar 22. Alat Pemurni Biogas	57
Gambar 23. Kandungan Gas CH ₄ dan CO ₂ Sebelum Pemurnian	59
Gambar 24. Kandungan Gas CH ₄ dan CO ₂ Setelah Pemurnian.....	59

Gambar 25. Perbandingan Kandungan Gas CO ₂ Sebelum dan Setelah Pemurnian.....	60
Gambar 26. Hasil Pengujian Performa Kalor.....	61
Gambar 27. Warna api (a) sebelum pemurnian, (b) setelah pemurnian dengan akuades, C-Dots (c) 0,01 gr/ml, (d) 0,02 gr/ml, dan (e) 0,03 gr/ml	63

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Rasio C/N untuk Beberapa Bahan Organik.....	15
Tabel 2. Komposisi Biogas Secara Umum.....	16
Tabel 3. Pembagian Daerah Berdasarkan Jenis Ikatan.....	27
Tabel 4. Korelasi Bilangan Gelombang dengan Jenis Ikatan.....	28
Tabel 5. Hasil Pengukuran dan Persentase Diameter C-Dots	55
Tabel 6. Hasil Analisis Gas CH ₄ dan CO ₂ Sebelum dan Setelah Pemurnian	58

DAFTAR LAMPIRAN

A. Dokumentasi.....	72
B. Data Hasil Karakterisasi C-Dots.....	77

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Indonesia dikenal sebagai negara yang memiliki kekayaan buah-buahan, khususnya buah tropis. Produksi buah-buahan Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun (BPS, 2013). Seiring dengan meningkatnya produksi buah, konsumsi buah oleh masyarakat Indonesia dari tahun ke tahun meningkat pula. Konsumsi buah per kapita per tahun pada tahun 2002 sebesar 29,38 kilogram dan secara bertahap meningkat mencapai 40 kilogram pada tahun 2010 (Ditjen Hortikultura, 2012).

Salah satu buah yang paling banyak dikonsumsi adalah jeruk. Bahkan konsumsi jeruk terus meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) tahun 1995-2014 dimana data konsumsi yang tercatat merupakan konsumsi jeruk untuk kebutuhan rumah tangga, pola perkembangan konsumsi jeruk pada periode 1995-2014 fluktuatif namun cenderung meningkat dengan rata-rata pertumbuhan 11,65% per tahun (Kementrian Pertanian, 2015). Hal tersebut dikarenakan jeruk memiliki kandungan gizi yang tinggi, harga buah yang relatif murah, dan mudah didapat karena tidak bergantung musim.

Banyaknya konsumsi buah jeruk menghasilkan limbah kulit jeruk yang cukup banyak. Selain berasal dari konsumsi rumah tangga, limbah kulit jeruk juga dapat berasal dari industri minuman maupun pasar. Pada

tahun 2013, jumlah kulit jeruk di Indonesia mencapai 309.678 ton tiap tahunnya (Kementrian Pertanian, 2013).

Salah satu limbah kulit jeruk yang sering dijumpai adalah limbah kulit jeruk *Baby (Citrus sinensis)*. Limbah kulit jeruk ini biasanya tidak dimanfaatkan dan hanya dibuang begitu saja. Padahal, kandungan yang terdapat dalam kulit jeruk sangat kompleks. Kandungan yang paling dominan dari kulit jeruk adalah minyak atsiri. Kandungan tersebut dapat dimanfaatkan dalam bidang nanomaterial, khususnya *carbon nanodots (C-Dots)* karena mengandung karbon.

C-Dots adalah salah satu produk dari nanoteknologi. Beberapa aplikasi C-Dots dalam kemajuan teknologi adalah *bioimaging, sensor, ink, drug delivery*, optoelektronik, fotokatalis (Li *et al*, 2012), dan *white LED* (Wang *et al*, 2011). Aplikasi lain dari C-Dots yang diteliti dalam penelitian ini adalah menjadikannya sebagai bahan pemurni biogas.

Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang sedang banyak dikembangkan di Indonesia karena dinilai cukup ekonomis. Selain itu, biogas merupakan energi yang ramah lingkungan karena bahan baku pembuatan biogas dapat berupa kotoran ternak dan sampah organik. Menurut Ditjen PKH (2017), populasi sapi potong, sapi perah, dan kerbau masing-masing mengalami peningkatan sebesar 3,79%, 2,95%, dan 0,61% secara nasional pada tahun 2015-2016. Dengan meningkatnya populasi ternak, maka limbah kotoran ternak meningkat pula.

Biogas yang dihasilkan dari limbah kotoran ternak tersebut masih mengandung gas-gas pengotor sehingga perlu dimurnikan terlebih dahulu. Penelitian mengenai pemurnian biogas telah banyak dilakukan. Nurkholis *et al* (2011) melakukan penelitian tentang pemurnian biogas dengan zeolite alam yang telah diaktivasi menggunakan KOH sebagai absorben. Penelitian lain dilakukan oleh Nadliriyah *et al* (2014) dengan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebagai absorbennya.

Penelitian ini memanfaatkan C-Dots berbahan dasar kulit jeruk *Baby* sebagai absorben CO_2 . Pemurnian biogas dilakukan dengan dua kali penyaringan. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik material C-Dots berbahan dasar kulit jeruk *Baby* sebagai pemurni biogas adalah spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM. Sedangkan untuk mengetahui konsentrasi gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) dalam biogas setelah pemurnian dengan absorben C-Dots dilakukan dengan *Gas Chromatography (GC)*. Selain itu, dilakukan pengujian nilai kalor untuk mengetahui kualitas dari biogas yang dihasilkan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, masalah-masalah yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini adalah

1. Masih kurangnya pengetahuan masyarakat mengenai kandungan yang terdapat dalam kulit jeruk sehingga masyarakat enggan untuk memanfaatkannya.
2. Belum adanya penelitian mengenai material C-Dots dengan bahan dasar limbah kulit jeruk sehingga penelitian ini perlu dilakukan.
3. Masih tingginya kandungan gas pengotor dalam biogas yang menghambat proses pembakaran sehingga biogas perlu dimurnikan menggunakan C-Dots berbahan dasar kulit jeruk.

C. Batasan Masalah

Pada penelitian ini perlu dilakukan pembatasan masalah agar penelitian ini lebih terfokus dan ruang lingkup masalah yang diteliti tidak meluas. Pembatasan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan menggunakan limbah kulit jeruk *Baby* sebagai bahan dasar pembuatan C-Dots.
2. Metode sintesis C-Dots yang digunakan adalah pemanasan menggunakan *oven*.
3. Sintesis C-Dots digunakan sebagai absorben CO₂ dalam pemurnian biogas.
4. Karakterisasi C-Dots dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM.

5. Pengujian konsentrasi CH_4 dan CO_2 hasil pemurnian dengan absorben C-Dots dilakukan dengan GC.
6. Pengujian kualitas dari biogas yang dihasilkan dilakukan dengan uji performa kalor.

D. Rumusan Masalah

Untuk memperjelas permasalahan yang diteliti, penulis merumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana sintesis material C-Dots berbahan dasar kulit jeruk *Baby* dengan metode pemanasan *oven*?
2. Bagaimana perbedaan variasi konsentrasi karakteristik material C-Dots berbahan dasar kulit jeruk *Baby* sebagai absorben biogas berdasarkan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM?
3. Bagaimana perbedaan pengaruh absorben C-Dots berbahan dasar kulit jeruk *Baby* terhadap pemurnian biogas berdasarkan nilai kalor dan uji GC sebelum dan setelah pemurnian?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui sintesis material C-Dots berbahan dasar kulit jeruk *Baby* dengan pemanasan *oven*.

2. Mengetahui perbedaan variasi konsentrasi karakteristik material C-Dots berbahan dasar kulit jeruk *Baby* sebagai absorben biogas berdasarkan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM.
3. Mengetahui perbedaan pengaruh absorben C-Dots berbahan dasar kulit jeruk *Baby* terhadap pemurnian biogas berdasarkan nilai kalor dan uji GC sebelum dan setelah pemurnian.

F. Manfaat Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang dan tujuan yang telah dikemukakan di atas dapat diperoleh manfaat dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagi mahasiswa
 - a. Mendapatkan informasi mengenai sintesis material C-Dots berbahan dasar kulit jeruk *Baby* dengan metode pemanasan *oven*.
 - b. Mendapatkan informasi mengenai perbedaan variasi konsentrasi karakteristik material C-Dots berbahan dasar kulit jeruk *Baby* sebagai absorben biogas berdasarkan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM.
 - c. Mendapatkan informasi mengenai perbedaan pengaruh absorben C-Dots berbahan dasar kulit jeruk *Baby* terhadap pemurnian biogas berdasarkan nilai kalor dan uji GC sebelum dan setelah pemurnian.

2. Bagi universitas

Sebagai pengenalan penelitian untuk kemudian dapat dikembangkan lebih lanjut.

3. Bagi masyarakat

Sebagai pengetahuan baru tentang material C-Dots yang dapat dibuat dari bahan alam yang mudah diperoleh dan dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Jeruk *Baby*



Gambar 1. Jeruk *Baby*

(Sumber: <http://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=3353>)

Buah jeruk termasuk dalam keluarga *Citrus* dan berasal dari kata *Rutaceae*. Penyebaran beberapa spesies jeruk khususnya di Indonesia, sangat cepat dan luas. Salah satu varietas jeruk manis yang telah beradaptasi baik di Indonesia adalah jeruk manis Pacitan. Jeruk manis Pacitan berkulit hijau dengan sedikit semburat kuning. Jeruk manis Pacitan memiliki rasa paling manis, bahkan sudah terasa manis sebelum matang sehingga sering diberikan kepada bayi dan mendapat julukan jeruk “*Baby*” (Sutopo, 2011). Buah jeruk *Baby* memiliki kulit yang tebal, daging buah berwarna kuning atau oranye, rasanya manis, kandungan air dalam dagingnya banyak dan buahnya sangat rapat satu sama lain (Suryaningtyas *et al*, 2014).

Kedudukan taksonomi tanaman jeruk manis sebagai berikut
(Steenis, 1992):

Kerajaan : Plantae
Divisi : Spermatophyta (tumbuhan berbiji)
Sub-divisi : Angiospermae (berbiji tertutup)
Kelas : Dicotyledonae (biji berkeping dua)
Bangsa : Rutales
Famili : Rutaceae
Marga : Citrus
Jenis : *Citrus sinensis*

Buah jeruk memiliki banyak khasiat. Salah satunya dalam daging buahnya mengandung vitamin C cukup tinggi yang dapat menambah daya tahan tubuh. Pada umumnya, buah jeruk hanya dimanfaatkan bagian daging buah untuk kepentingan konsumsi dan kulit jeruk biasanya dibuang tanpa memperhatikan manfaat yang terkandung di dalamnya.

Kulit jeruk secara fisik dapat dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu flavedo dan albedo. Flavedo dicirikan dengan adanya warna hijau, kuning atau oranye. Pigmen yang terdapat pada flavedo adalah kloroplas dan karetenoid. Sedangkan albedo merupakan jaringan seperti spon berwarna putih yang berhubungan dengan *core* ditengah-tengah buah. Albedo mempunyai fungsi menyuplai air dan nutrisi dari pohon untuk pertumbuhan dan perkembangan buah. Pada albedo tidak terdapat

kloroplas ataupun kromoplas sehingga bagian ini berwarna putih (Albrigo & Carter, 1997).



Gambar 2. Kulit Jeruk *Baby*

Kulit jeruk memiliki kandungan senyawa yang berbeda-beda, bergantung varietasnya, sehingga aromanyapun berbeda. Salah satu kandungan paling dominan dalam kulit jeruk adalah minyak atsiri (Friaatna *et al*, 2011). Kandungan minyak atsiri pada kulit jeruk adalah 2,49% (Naibaho, 2010). Minyak atsiri atau dikenal juga sebagai minyak eteris (*aetheric oil*) dan minyak essential adalah kelompok besar minyak nabati yang berwujud cairan kental pada suhu ruang namun mudah menguap sehingga memberikan aroma yang khas. Sebagian komponen minyak atsiri adalah senyawa yang mengandung karbon dan hidrogen, atau karbon, hidrogen, dan oksigen yang tidak bersifat aromatik (Hanief *et al*, 2013). Komponen minyak atsiri dari kulit jeruk terdiri dari *limonene* (95%), *mirsen* (2%), *oktanal* (1%), *dekanal* (0,4%), *sitronelal* (0,1%), *neral*

(0,1%), *geranial* (0,1%), *valen-sen* (0,05%), *sinnsial* (0,02%), dan *sinensial* (0,01%) (Seputri *et al*, 2010). Senyawa *limonene* yang terdapat di dalam kulit jeruk inilah yang membuat minyak atsiri kulit jeruk mahal karena beraroma yang khas dan dapat digunakan untuk obat pengusir nyamuk bila dibakar. Oleh karena itu, kulit jeruk akan sangat bermanfaat jika diekstrak untuk mendapatkan minyak atsirinya (Megawati *et al*, 2015).

B. Carbon Nanodots (C-Dots)

C-Dots merupakan material yang termasuk ke dalam kelas nanopartikel 0 dimensi yang berukuran 1 nm - 10 nm, memiliki kerangka karbon sp^2 , dan permukaannya dilapisi dengan kelompok yang mengandung oksigen, polimer, atau spesies lainnya (Bao *et al*, 2015). Umumnya, partikel C-Dots terdiri dari 100 sampai 10.000 atom (Abdillah *et al*, 2016). Material ini pertama kali diperoleh dalam pemurnian *single-walled carbon nanotube* (SWCNT) melalui proses elektroforensis pada tahun 2004 (Li *et al*, 2012).

Sejak ditemukannya nanopartikel C-Dots sebagai bahan baru dari karbon, kajian intensif mengenai C-Dots terus berkembang dengan cepat hingga saat ini. Ikatan rantai karbon sebagai sumber utama dalam pembuatan C-Dots menjadi fokus penelitian yang dikaji dan dikembangkan penerapannya dalam beberapa aplikasi seperti dalam

bidang fotokatalis, *Surface Enhanced Raman Spectroscopy* (SERS), *bioimaging*, sensor, maupun optoelektronika (Li *et al*, 2012).

Banyak peneliti telah mengkaji berbagai sumber karbon seperti Zhai *et al* (2012) menggunakan *citric acid*, Zhu *et al* (2012) menggunakan susu kedelai, dan Sahu *et al* (2012) menggunakan sari jeruk. Kemajuan yang telah dicapai mengenai kajian yang meliputi sintesis, sifat, dan aplikasi C-Dots telah dipaparkan oleh para peneliti (Rahmayanti *et al*, 2015).

Salah satu yang menjadi ciri dari C-Dots adalah luminesensi. Luminesensi merupakan fenomena fisika berupa pancaran yang melibatkan penyerapan energi dan emisi cahaya. C-Dots yang telah disintesis memiliki karakteristik luminesensi yang dapat dilihat dari eksitasi akibat penyinaran UV. Sinar UV yang diserap mampu membangkitkan elektron dan menghasilkan cahaya yang disebabkan oleh elektron yang mengalami proses rekombinasi (deeksitasi). 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 *et al*, 2015). Pada transisi radiatif, energi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan kira-kira sama dengan lebar celah pita energi (Haq, 2019).

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).

C. *Oven*

Oven adalah alat untuk memanaskan, memanggang, dan mengeringkan. Menurut Harrison (2010), *oven* dapat digunakan sebagai pengering apabila kombinasi pemanas dengan *humidity* rendah dan sirkulasi udara yang cukup. Pemanasan *oven* dilakukan untuk mengetahui kadar air suatu bahan. Caranya dengan memanaskan bahan pada suhu tertentu sehingga semua air menguap. Kehilangan berat bahan yang terjadi menunjukkan jumlah air yang terkandung. *Oven* yang paling umum digunakan, yaitu *oven* listrik yang dioperasikan pada tekanan atmosfer dan terdiri dari beberapa rak di dalamnya, serta memiliki sirkulasi udara yang berupa kipas (*fan*). Udara yang telah melewati kipas masuk ke dalam alat pemanas. Pada alat ini udara dipanaskan lebih dulu kemudian dialirkan diantara rak-rak yang sudah berisi bahan. Arah aliran udara panas di dalam alat pengering dapat dari atas ke bawah dan dapat juga dari bawah ke atas, sesuai dengan dengan ukuran bahan yang dikeringkan. Untuk menentukan arah aliran udara panas ini maka letak kipas juga harus disesuaikan (Taib *et al*, 2008).

Perpindahan panas dalam *oven* listrik terjadi secara konduksi dan konveksi. Pada bagian dalam terdapat dua elemen pemanas terbungkus logam yang terletak pada sisi atas dan bawah *oven*. Elemen pemanas ini akan panas setelah dialiri arus listrik. Elemen dikendalikan oleh termostat dan sakelar pemilih. Saat melakukan pengaturan suhu, elemen pemanas bawah akan aktif. Terdapat kawat tembaga yang menghubungkan kontrol suhu ke kotak *oven* yang membaca suhu dan dapat melakukan penyesuaian dengan tepat. Panas dari elemen pemanas dialirkan secara konduksi ke selubung logam. Kemudian, panas dari selubung logam ini dialirkan secara konveksi ke udara. Kumparan pemanas bagian atas akan memanaskan ke suhu tinggi dengan sangat cepat tetapi tidak memiliki kontrol suhu seperti kumparan bagian bawah. Kumparan bagian atas akan terus memberikan panas sampai proses pengovenan selesai.

Pemanasan menggunakan *oven* memiliki kelebihan dan kelemahan. Kelebihannya adalah suhu pemanasan dapat diatur dan dipertahankan, serta proses pengeringan lebih cepat dibandingkan dengan cara pengeringan lain (Harrison, 2010). Sedangkan kelemahannya, yaitu bahan lain disamping air juga ikut menguap dan ikut hilang bersama dengan uap air, misalnya alkohol, asam asetat, minyak atsiri, dan lain-lain; dan dapat terjadi reaksi selama pemanasan yang menghasilkan air atau zat mudah menguap. Contoh: gula mengalami dekomposisi atau karamelisasi dan lemak mengalami oksidasi. Bahan yang dapat mengikat air secara kuat sulit melepaskan airnya meskipun sudah dipanaskan (Sudarmadji, 2003).

D. Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses fermentasi (pembusukan) bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa oksigen yang ada dalam udara). Bahan-bahan organik adalah bahan-bahan yang dapat terurai kembali menjadi tanah, misal sampah dan kotoran hewan (Pertiwiningrum, 2016). Jenis-jenis bahan organik yang diproses sangat mempengaruhi kualitas biogas yang dihasilkan. Pemilihan bahan biogas dapat ditentukan dari perbandingan kadar C (karbon) dan N (nitrogen) dalam bahan tersebut. Bahan organik yang umumnya mampu menghasilkan kualitas biogas yang tinggi mempunyai rasio C/N sekitar 20-30 (Sasse, 1988). Tabel 1 menunjukkan rasio C/N untuk beberapa bahan organik.

Tabel 1. Rasio C/N untuk Beberapa Bahan Organik

Jenis Kotoran	Rasio C/N
Urine	0,8
Kotoran sapi	10-20
Kotoran babi	9-13
Kotoran ayam	5-8
Kotoran kambing	30
Kotoran manusia	8
Jerami padi-padian	80-140
Jerami jagung	30-65
Rumput hijau	12

Sumber: Werner, 1989

Prospek pengembangan teknologi biogas ini sangat besar terutama di daerah pedesaan dimana sebagian besar masyarakat bekerja di bidang peternakan dan pertanian. Pada umumnya, masyarakat yang berprofesi sebagai petani mempunyai hewan ternak seperti unggas, kambing, sapi, dan kerbau (Suroño *et al.*, 2014). Berdasarkan data Ditjen PKH (2017), secara nasional jumlah populasi ternak besar tahun 2016 mengalami peningkatan bila dibandingkan dengan populasi pada tahun 2015, dengan rincian sebagai berikut: sapi potong 16,0 juta ekor (peningkatan 3,79 persen); sapi perah 0,5 juta ekor (peningkatan 2,95 persen); dan kerbau 1,4 juta ekor (peningkatan 0,61 persen).

Menurut Mara (2012), biogas merupakan campuran dari gas metana (CH_4), gas karbondioksida (CO_2), gas hidrogen (H_2), dan sisanya berupa gas lain. Komposisi biogas secara umum ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Biogas Secara Umum

Komponen	%
Metana (CH_4)	55-75
Karbon dioksida (CO_2)	25-45
Hidrogen sulfida (H_2S)	1-5
Hidrogen (H_2)	1-5
Nitrogen (N_2)	0-0,3
Oksigen (O_2)	0,1-0,5

Sumber: Pertiwiningrum, 2016

Kualitas biogas dapat ditingkatkan dengan memperlakukan beberapa parameter, yaitu: pertama, menghilangkan H_2S , H_2O , dan CO_2 . H_2S mengandung racun dan zat yang menyebabkan korosi. Bila biogas mengandung senyawa ini maka menyebabkan gas yang berbahaya sehingga konsentrasi yang diijinkan maksimal 5 ppm. Bila gas dibakar maka H_2S akan lebih berbahaya karena akan membentuk senyawa baru bersama-sama oksigen, yaitu sulphur dioksida/sulphur trioksida (SO_2/SO_3) yang merupakan senyawa lebih beracun. Pada saat yang sama akan terbentuk sulphur acid (H_2SO_3) yaitu suatu senyawa yang lebih korosif. Kedua, menghilangkan CO_2 untuk meningkatkan kualitas biogas, sehingga gas dapat digunakan untuk bahan bakar kendaraan. Kandungan air dalam biogas akan menurunkan titik penyalan biogas serta dapat menimbulkan korosi (Ditjen PHP, 2009). Semua proses tersebut disebut juga dengan purifikasi atau pemurnian biogas.

E. Pemurnian Biogas

Kemurnian biogas menjadi pertimbangan yang sangat penting karena berpengaruh terhadap nilai kalor atau panas yang dihasilkan, sehingga biogas yang dihasilkan perlu dilakukan pemurnian terhadap impuritas-impuritas yang lain. Impuritas yang berpengaruh terhadap nilai kalor adalah CO_2 . Keberadaan CO_2 dalam biogas sangat tidak diinginkan karena semakin tinggi kadar CO_2 dalam biogas maka semakin rendah nilai kalor biogas dan akan mengganggu proses pembakaran (Hamidi, 2011).

Pengurangan kadar CO₂ secara signifikan akan meningkatkan kualitas produk biogas. Banyak teknologi yang telah dikembangkan untuk pemurnian biogas dari CO₂.

Menurut Kapdi *et al* (2005), ada beberapa metode pemurnian biogas (CO₂ removal), antara lain: absorpsi, adsorpsi, pemisahan dengan membran, *cryogenic*, dan konversi kimia menjadi senyawa lain. Salah satu metode yang paling mudah dilakukan adalah metode absorpsi. Absorpsi adalah pemisahan suatu gas tertentu dari campuran gas-gas dengan cara pemindahan massa ke dalam suatu *liquid*. Hal ini dilakukan dengan cara mengantarkan aliran gas dengan *liquid* yang mempunyai selektivitas pelarut yang berbeda dari gas yang akan dipisahkannya.

Absorpsi dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu absorpsi fisika yang disebabkan oleh gaya Van der Waals (penyebab terjadinya kondensasi untuk membentuk cairan yang ada pada permukaan absorben) dan absorpsi kimia (terjadi reaksi antara zat yang diserap oleh absorben dengan banyaknya zat yang terabsorpsi tergantung pada sifat khas zat tersebut). Besar-kecilnya absorpsi dipengaruhi oleh jenis absorben, jenis zat yang terabsorpsi, konsentrasi absorben dan zat, luas permukaan, suhu, dan tekanan zat yang terabsorpsi (Indrawati *et al*, 2018).

Beberapa penelitian mengenai pemurnian biogas sudah dilakukan. Nadliriyah *et al* (2014) memurnikan biogas dengan metode absorpsi. Penelitian dilakukan dengan mengalirkan biogas menuju kolom vertikal yang berisi larutan Ca(OH)₂. Pemurnian biogas dilakukan menggunakan

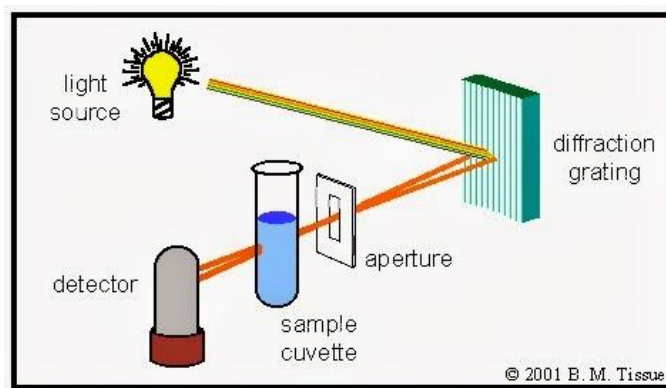
variasi konsentrasi absorben, yaitu larutan Ca(OH)_2 0,1M; 1,5M; dan 2,5M. Dari hasil XRD endapan hasil penyaringan CaCO_3 (kalsit), CO_2 bereaksi dengan Ca(OH)_2 membentuk fase kalsit. Semakin besar konsentrasi absorben, kalsit yang terbentuk semakin banyak.

Penelitian lain yang menggunakan larutan Ca(OH)_2 untuk menurunkan kadar CO_2 dalam biogas dilakukan oleh Haryandi (2011). Larutan Ca(OH)_2 dihasilkan dari reaksi CaO dengan air. Penelitian dilakukan dengan mengalirkan campuran biogas dan larutan Ca(OH)_2 dalam kolom bahan isian dengan aliran berlawanan arah. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa semakin tinggi laju alir absorben menyebabkan penyerapan CO_2 semakin besar. Untuk pengaruh konsentrasi larutan, semakin tinggi konsentrasi absorben menyebabkan penyerapan CO_2 semakin besar. Semakin tinggi laju alir gas menyebabkan penyerapan CO_2 semakin kecil. Sedangkan pengaruh suhu operasi terhadap penyerapan CO_2 , semakin tinggi suhu operasi menyebabkan penyerapan CO_2 semakin kecil (Surono *et al*, 2014).

Andardini (2010) melakukan penelitian tentang pemurnian biogas dengan zeolit yang diaktivasi menggunakan larutan asam sulfat. Dari penelitian ini diketahui adanya peningkatan konsentrasi CH_4 setelah dilewatkan pada adsorber dari 47,72% menjadi 73,97%. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi CO_2 dengan adsorber zeolit dapat meningkatkan kemurnian biogas (Surono *et al*, 2014).

F. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis adalah pengukuran panjang gelombang dan intensitas sinar UV dan cahaya tampak yang diabsorpsi oleh sampel. Sinar UV dan cahaya tampak memiliki energi yang cukup untuk melepaskan elektron pada kulit terluar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Sinar UV berada pada panjang gelombang 200-400 nm, sedangkan sinar tampak berada pada panjang gelombang 400-800 nm (Suarsa, 2015).



Gambar 3. Prinsip Kerja Spektrofotometer UV-Vis

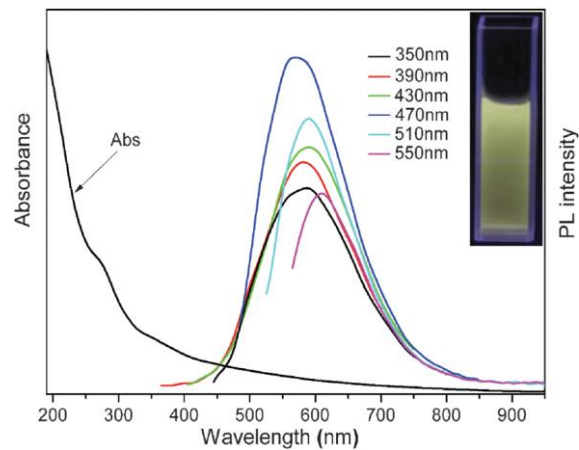
Sharma (2015) menjelaskan prinsip kerja dari alat ini sebagai berikut. Sebuah sinar ditembakkan pada sampel yang akan diuji. Sinar yang menembus (melewati) sampel akan ditangkap oleh detektor. Rentang panjang gelombang yang digunakan pada spektrometer UV-Vis yaitu 200-800 nm. Sinar yang tidak diteruskan menembus sampel diserap oleh beberapa molekul dalam sampel mengindikasikan struktur dan ikatan kimiawi yang akan diwujudkan dalam bentuk puncak pada panjang

gelombang tertentu. Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis diilustrasikan dengan Gambar 3.

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).

Menurut Day dan Underwood (1986), kebanyakan penerapan spektrofotometri UV-Vis pada senyawa organik didasarkan $n-\pi^*$ ataupun $\pi-\pi^*$ karena spektrofotometri UV-Vis memerlukan hadirnya gugus kromofor dalam molekul itu. Transisi ini terjadi dalam daerah spektrum (sekitar 200 nm sampai 700 nm) yang nyaman untuk digunakan dalam eksperimen. Spektrofotometer UV-Vis yang komersial biasanya beroperasi dari sekitar 175 atau 200 nm sampai 1000 nm. Identifikasi kualitatif senyawa organik dalam daerah ini jauh lebih terbatas daripada dalam daerah inframerah. Ini disebabkan pita serapan terlalu lebar dan kurang terinci. Tetapi, gugus-gugus fungsional tertentu seperti karbonil, nitro, dan sistem tergabung, benar-benar menunjukkan puncak yang karakteristik, dan sering dapat diperoleh informasi yang berguna mengenai ada tidaknya gugus semacam itu dalam molekul tersebut. Salah satu contoh hasil UV-

Vis dan PL C-Dots dari SWNTs menggunakan metode *hydrothermal* ditunjukkan pada Gambar 4.



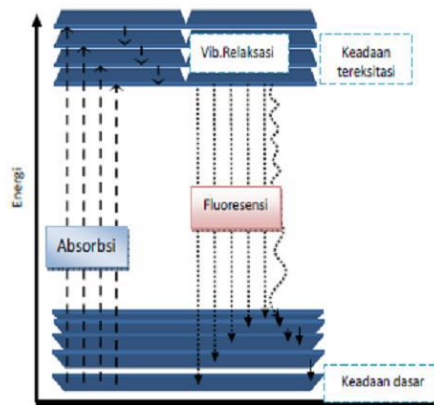
Gambar 4. Karakteristik UV-Vis dan PL dari SWNTs (Ding *et al*, 2013)

Kurva absorbansi UV-Vis dari C-Dots yang ditunjukkan Gambar 5 menunjukkan rentang penyerapan yang luas dengan $\pi-\pi^*$ khas pita transisi di wilayah UV. Penyerapan yang luas dapat dianggap berasal dari struktur pita rumit dan tingkat energi acak dari C-Dots (Ding *et al*, 2013).

G. Photoluminescence (PL)

Menurut Kurniawan (2008), luminesens (*luminescence*) merupakan fenomena emisi cahaya oleh suatu zat. Luminesens merupakan suatu dimana untuk dapat berlangsung harus menggunakan sumber eksitasi seperti lampu UV atau laser. Luminesens terjadi ketika elektron meloncat dari pita valensi menuju pita konduksi setelah dieksitasi oleh energi dari

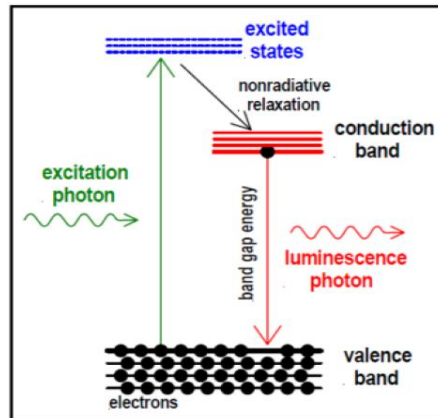
sumber eksitasi kemudian kembali lagi ke keadaan dasarnya karena tidak stabil. Luminesens terjadi ketika elektron pada material target kembali ke keadaan dasarnya setelah dieksitasi oleh energi dari sumber eksitasi dan kehilangan energi sebagai foton seperti diilustrasikan Gambar 5.



Gambar 5. Proses Luminesensi (Kurniawan, 2008)

Transisi elektron dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi terjadi ketika elektron dikenai energi. Kemudian terjadi relaksasi dimana sejumlah energi diemisikan ketika elektron kembali ke keadaan dasar dan dikenal sebagai luminesens (Rahmayanti, 2015).

Luminesens 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 luminesens seperti fotoluminesens jika digunakan sumber eksitasi optis, sementara istilah elektroluminesens digunakan jika eksitasi terjadi akibat arus listrik. Jenis lainnya yakni jika terjadi akibat pemborbardiran material target yang dikenal dengan katodoluminesens (Rahmayanti, 2015).



Gambar 6. Prinsip Spektroskopi PL (Patel, 2015)

Patel (2015) menjelaskan bahwa 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.

Energi cahaya yang dipancarkan (*photoluminescence*) berhubungan dengan perbedaan tingkat energi antara kedua elektron yang terlibat dalam transisi antara keadaan tereksitasi dan keadaan setimbang. Jumlah cahaya yang dipancarkan berhubungan dengan kontribusi relatif dari proses

radiasi. Spektroskopi PL memberi informasi hanya pada tingkat energi rendah yang diteliti sistem. Dalam sistem semikonduktor, transisi radiasi yang paling umum adalah antara pita konduksi dan valensi, dengan perbedaan energi yang dikenal sebagai *band gap*. Selama percobaan spektroskopi PL, eksitasi diberikan oleh sinar laser dengan energi yang jauh lebih besar daripada celah pita optik. Foto pembawa eksitasi terdiri dari elektron dan lubang, yang mengendur ke tepi pita masing-masing dan bergabung kembali saat memancarkan cahaya pada energi celah pita. Dengan demikian, *photoluminescence* adalah proses eksitasi foton yang diikuti dengan emisi foton dan penting untuk menentukan celah pita, kemurnian, kualitas kristal, dan tingkat cacat pengotor dari bahan semikonduktor (Patel, 2015).

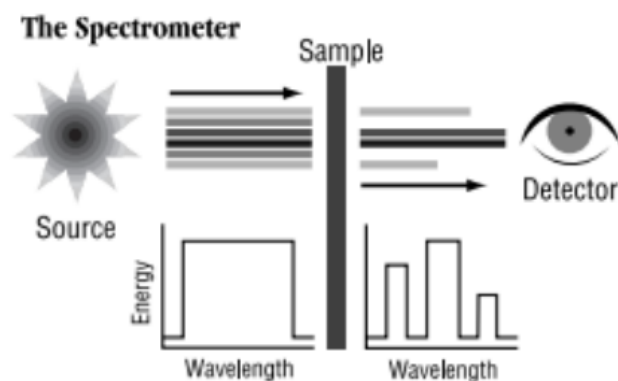
Spektrum PL berbeda dengan spektrum absorbansi. Spektrum absorbansi mengukur transisi dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi, sementara PL kebalikannya, berhubungan dengan transisi dari keadaan tereksitasi ke keadaan dasar. Periode antara absorpsi dan emisi biasanya sangat singkat. Spektrum PL terdiri dari intensitas pada sumbu-Y dan emisi panjang gelombang eksitasi pada sumbu-X (Haq, 2019).

H. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

Spektroskopi inframerah (*infrared spectroscopy*) merupakan teknik penting dalam kimia organik. Ini adalah sebuah cara yang mudah untuk mengidentifikasi adanya gugus fungsi tertentu dalam sebuah molekul. Alat

ini juga bisa menggunakan koleksi unik dari pita absorpsi untuk mengkonfirmasi identitas dari senyawa murni atau untuk mendeteksi adanya kotoran tertentu. Analisis dengan spektroskopi inframerah didasarkan pada fakta bahwa molekul memiliki frekuensi pada getaran internal tertentu. Frekuensi ini terjadi di daerah inframerah dari spectrum elektromagnetik, yaitu pada bilangan gelombang 4000 cm^{-1} sampai 200 cm^{-1} (Patel, 2015).

Giwangkara (2006) menyatakan bahwa spektroskopi FTIR menggunakan sistem optik dengan laser yang berfungsi sebagai sumber radiasi yang kemudian diinterferensikan oleh radiasi inframerah agar sinyal radiasi yang diterima oleh detektor memiliki kualitas yang baik dan bersifat utuh.



Gambar 7. Skematik Prinsip Kerja FTIR (Thermo, 2001)

Menurut Thermo (2001), prinsip kerja FTIR berupa inframerah yang melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi

mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian inframerah diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar inframerah lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim kekomputer. Selanjutnya, dapat ditentukan gugus fungsi yang terdapat dalam sampel. Skematik prinsip kerja FTIR ditunjukkan pada Gambar 7. Sedangkan daerah FTIR dapat dibagi menjadi empat daerah, seperti terlihat pada Tabel 3. Untuk memperoleh interpretasi lebih jelas dibutuhkan tabel korelasi dari inframerah yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Pembagian Daerah Berdasarkan Jenis Ikatan (Nugraha, 2008)

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 hidrogen

Tabel 4. 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
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

I. *Transmission Electron Microscope (TEM)*

TEM adalah alat paling teliti yang digunakan untuk menentukan ukuran partikel karena resolusinya sangat tinggi. Partikel dengan ukuran beberapa nanometer dapat diamati dengan jelas menggunakan TEM (Abdullah, 2010).

TEM adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis morfologi, cacat, struktur kristalografi, ukuran partikel, dan bahkan komposisi dari sampel. Dalam teknik ini seberkas elektron ditransmisikan melalui sampel ultra tipis, kemudian elektron berinteraksi dengan sampel saat

melewatinnya. TEM beroperasi dengan prinsip dasar yang sama dengan mikroskop cahaya tetapi menggunakan elektron bukan cahaya. Apa yang dapat dilihat dengan mikroskop cahaya dibatasi oleh panjang gelombang cahaya. TEM menggunakan elektron sebagai "sumber cahaya" dan panjang gelombang yang jauh lebih rendah memungkinkan untuk mendapatkan resolusi seribu kali lebih baik daripada mikroskop cahaya (Patel, 2015).

Prinsip kerja TEM sangat mirip dengan prinsip kerja peralatan *rontgen* di rumah sakit. Pada TEM, sampel yang sangat tipis ditembak dengan berkas elektron yang berenergi sangat tinggi (dipercepat pada tegangan ratusan kV). Berkas elektron dapat menembus bagian yang "lunak" tetapi ditahan oleh bagian keras sampel (seperti partikel). Detektor yang berada di belakang sampel menangkap berkas elektron yang lolos dari bagian lunak sampel. Akibatnya detektor menangkap bayangan yang bentuknya sama dengan bentuk bagian keras sampel (bentuk partikel). Dalam pengoperasian TEM, salah satu tahap yang paling sulit dilakukan adalah mempersiapkan sampel. Sampel harus setipis mungkin sehingga dapat ditembus elektron (Abdullah, 2010).

TEM menawarkan dua mode pengamatan sampel berupa: (1) mode gambar dan (2) mode difraksi. Dalam mode gambar, lensa kondensor dan *aperture* mengendalikan berkas elektron untuk mengenai sampel. Berkas yang ditransmisikan akan difokuskan dan diperbesar oleh lensa obyektif dan lensa proyektor dan dari bentuk gambar di layar. Dalam

mode difraksi, pola difraksi elektron diperoleh pada layar neon yang berasal dari area sampel yang diterangi oleh berkas elektron. Seluruh pola difraksi sama dengan pola difraksi sinar-X. . Kristal akan menghasilkan pola berbintik pada layar dan amorf akan menghasilkan pola cincin. Pola cincin ini dihasilkan karena adanya ketidakteraturan pola atau susunan atom. Menurut penelitian yang dilakukan Phadke *et al* (2015), hasil karakterisasi TEM C-Dots menyatakan bahwa C-Dots berbentuk bulat dan *oval* dengan ukuran 5 nm – 10 nm. Sedangkan pola difraksi yang dihasilkan berupa pola cincin.

Pengukuran diameter C-Dots dari hasil karakterisasi TEM dilakukandengan cara sederhana. Dari gambar yang dihasilkan diambil sejumlah titik C-Dots secara acak kemudian diameter dari masing-masing titik C-Dots diukur menggunakan penggaris. Hasil pengukuran diameter dalam sentimeter (cm) diubah kedalam satuan nanometer (nm). Garis yang menunjukkan skala pada bagianbawah gambar diukur panjangnya menggunakan penggaris. Hasil pengukuran ini dicatat sebagai lebar skala (cm) yang kemudian satuan dalam sentimeter (cm) diubah ke dalam satuan nanometer (nm). Perhitungan untuk memperoleh ukuran diameter dari C-Dots dinyatakan dengan persamaan (1):

$$\text{Ukuran diameter nm} = \frac{\text{pengukuran diameter (nm)} \times \text{skala (nm)}}{\text{lebar skala (nm)}} \quad (1)$$

Sedangkan untuk menghitung persentase jumlah C-Dots pada ukuran tertentu digunakan perhitungan statistik sederhana dengan persamaan (2):

$$\text{Jumlah C - Dots (\%)} = \frac{\text{jumlah C-Dots dengan ukuran yang sama}}{\text{jumlah titik C-Dots yang diukur}} \times 100 \quad (2)$$

Analisa menggunakan TEM mempunyai kelebihan dan kelemahan. Kelebihan dari analisa menggunakan TEM, yaitu memberikan informasi tentang komposisi dan kristalografi dari sampel dengan resolusi yang tinggi, mempunyai resolusi superior 0,1 nm sampai 0,2 nm, memungkinkan untuk memperoleh berbagai sinyal dari satu lokasi yang sama. Kelemahan dari analisa menggunakan TEM, yaitu elektron bisa merusak atau meninggalkan jejak pada bahan uji, hanya dapat meneliti area yang sangat kecil dari bahan uji, mempunyai perlakuan awal yang cukup rumit sampai dapat menghasilkan gambar yang baik (Lubis, 2015).

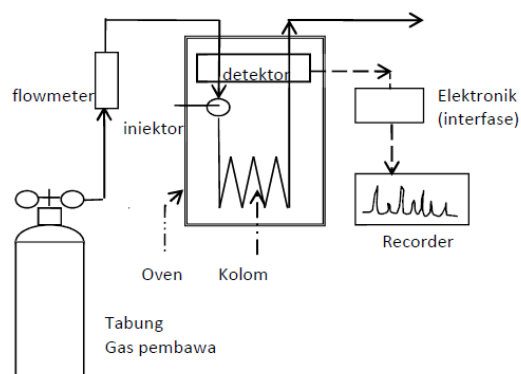
J. Gas Chromatography (GC)

Kromatografi merupakan suatu istilah yang menggambarkan teknik yang digunakan untuk memisahkan komponen-komponen dari suatu campuran atau sampel. Secara umum, peralatan GC terdiri dari *injection system, oven, control system, column, detector, dan data acquisition system* (Anonim, 2008).

Prinsip analisis kromatografi adalah mengalirkan cuplikan (sampel) dengan bantuan fasa gerak kedalam suatu kolom/plat yang berisi

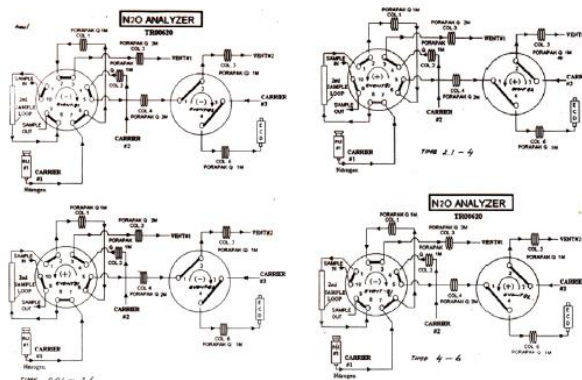
fasa diam. Dalam perjalanannya melalui kolom tersebut, komponen-komponen yang ada dalam cuplikan (yang berupa campuran) akan terpisah-pisah berdasarkan sifat polaritasnya, sehingga waktu yang diperlukan oleh masing-masing komponen untuk melewati kolom (waktu tinggal dalam kolom) berbeda-beda. Waktu tinggal untuk setiap komponen sangat spesifik sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk analisis kualitatif. Untuk analisis kuantitatif digunakan data luas masing-masing puncak/tonjolan dalam kromatogram yang dihasilkan oleh masing-masing komponen yang telah terpisah dengan baik.

Pada dasarnya bagian-bagian utama dari GC adalah 1) tabung gas yang dilengkapi dengan *pressure* (regulator dan flowmeter) dan berfungsi sebagai pemasok gas pembawa; 2) sistem untuk penyuntikan sampel (injektor); 3) kolom; 4) detektor; 5) rekorder; 6) termostat untuk pengatur suhu kolom, injektor, dan detektor. Hubungan keenam komponen utama tersebut dapat dilihat pada rangkaian alat dalam Gambar 8.



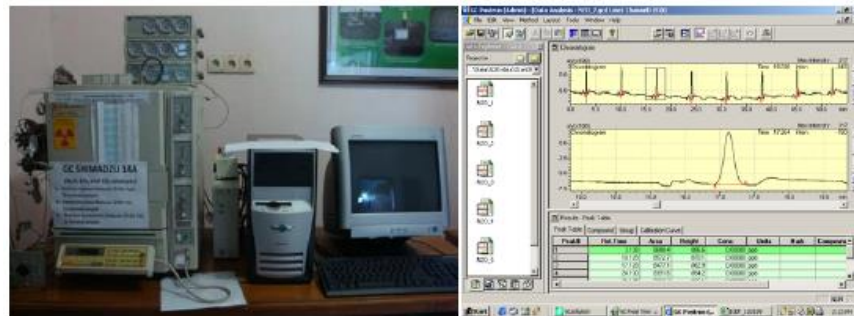
Gambar 8. Diagram Skematik Suatu Tipe GC

GC Shimadzu 14A dilengkapi tiga detektor yaitu *flame ionization detector* (FID) untuk analisis gas CH_4 , *electron capture detector* (ECD) untuk analisis gas N_2O , dan *thermal conductivity detector* (TCD) untuk analisis CO_2 . Selain dilengkapi 3 jenis detector, GC juga dilengkapi dengan tiga kolom (*capillary column*) yang terbuat dari *stainless steel*. Kolom untuk analisis gas N_2O lebih kompleks dibandingkan dengan detektor yang lain (Gambar 9). *Carrier gas* yang digunakan untuk ECD dan TCD adalah N_2 , sedangkan untuk FID adalah N_2 , H_2 , dan udara tekan. Walaupun memiliki tiga jenis detektor tetapi sistem kerjanya terpisah, sehingga analisis gas tidak dapat dilakukan secara bersamaan. Waktu yang dibutuhkan untuk analisis sampel berbeda-beda. Waktu yang dibutuhkan untuk analisis CH_4 selama 5 menit, analisis N_2O selama 7 menit, dan analisis CO_2 selama 5 menit dengan volume sampel sebanyak 2 ml. Hasil analisa berupa *peak* yang diinterpretasikan dalam bentuk area atau luasan (tanpa satuan) dan konsentrasi (ppm/ppb) (Sopiawati *et al*, 2013).

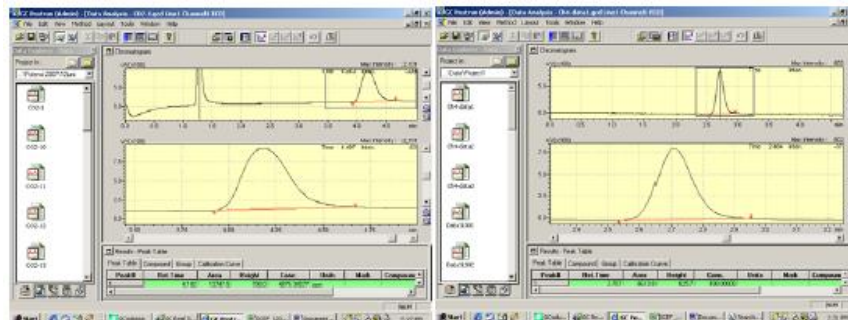


Gambar 9. Proses dan Alur Analisis Gas N_2O dalam Kolom pada GC

14A



Gambar 10. GC Shimadzu 14A dan Contoh Hasil Analisis Gas N₂O



Gambar 11. Contoh Hasil Analisa Gas CO₂ dan CH₄

K. Pengujian Performa Kalor

Kalor merupakan bentuk energi. Perubahan jumlah kalor pada suatu benda ditandai dengan kenaikan dan penurunan suhu atau bahkan perubahan wujud benda tersebut. Jika benda menerima kalor, suhunya akan naik. Sebaliknya, suhu akan turun jika melepaskan kalor. Banyak kalor yang diterima atau dilepaskan suatu benda sebanding dengan besar kenaikan atau penurunan suhunya (Mara *et al*, 2011).

Untuk menganalisis kualitas biogas yang dihasilkan, persamaan yang digunakan adalah persamaan yang biasa digunakan dalam menyelesaikan persamaan kalor. Secara matematis hubungan antara banyak kalor dan kenaikan suhu ditulis dalam persamaan (3):

$$Q = mc\Delta T \quad (3)$$

dimana Q adalah kalor (kal), m adalah massa benda (Kg), ΔT adalah perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$), dan c adalah kalor jenis (kal/kg. $^{\circ}\text{C}$). Kalor jenis zat (c) adalah kalor yang diperlukan oleh 1 kg zat untuk menaikkan suhunya sebesar satu satuan suhu pada volume konstan. Dalam hal ini, kalor jenis air diambil 1000 kal/kg $^{\circ}\text{C}$.

L. Kerangka Berpikir

Penelitian ini membahas tentang pemanfaatan limbah kulit jeruk *Baby* untuk disintesis menjadi C-Dots. C-Dots yang diperoleh dari limbah kulit jeruk *Baby* kemudian digunakan sebagai absorben CO_2 pada proses pemurnian biogas. Sintesis C-Dots dilakukan menggunakan metode pemanasan *oven*. C-Dots yang telah disintesis kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM. C-Dots diaplikasikan sebagai absorben CO_2 pada proses pemurnian biogas. Untuk menguji kinerja C-Dots sebagai absorben CO_2 dilakukan uji GC dan uji performa kalor pada biogas yang telah dimurnikan. Dengan demikian, diharapkan kadar CO_2 berkurang setelah dimurnikan dengan larutan C-Dots.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

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

1. Laboratorium Koloid lantai II Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA, UNY untuk sintesis nanomaterial C-Dots.
2. Laboratorium Kimia lantai II Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA, UNY untuk pengujian UV-Vis.
3. Laboratorium Fisika lantai 2, UGM untuk pengujian PL.
4. Laboratorium Fisika Terpadu Lantai 2, UII Yogyakarta untuk pengujian FTIR.
5. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), kawasan PUSPITEK Serpong, Tangerang Selatan untuk pengujian TEM.
6. Pusat Inovasi Argoteknologi (PIAT), UGM untuk pemurnian biogas.
7. Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (BALINGTAN), Pati untuk pengujian GC.
8. Pusat Inovasi Argoteknologi (PIAT), UGM untuk pengujian performa kalor.

B. Variabel Penelitian

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab berubahnya variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi larutan C-Dots.

2. Variable terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dapat terpengaruh akibat perubahan variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai kalor pembakaran serta konsentrasi CH_4 dan CO_2 dalam biogas.

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dibuat sama sehingga tidak mempengaruhi variabel terikat. Variabel kontrol dalam penelitian ini antara lain massa bahan, waktu pengovenan, suhu pengovenan, volume akuades, volume larutan C-Dots, waktu pemurnian, volume akuades pada alat pemurni, tekanan kompresor, sudut kran kompresor, dan tekanan tabung gas.

C. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui kinerja C-Dots berbahan dasar kulit jeruk *Baby* yang disintesis dengan pemanasan *oven* sebagai pemurni biogas. Selain itu, eksperimen juga dilakukan untuk mengetahui konsentrasi CH_4 dan CO_2 pada pemurnian biogas, serta kualitas biogas yang dihasilkan.

D. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: (1) instalasi biogas; (2) kompresor Mitzui; (3) alat pemurni biogas; (4) kompor biogas; (5) tabung gas; (6) regulator Wings; (7) selang tabung gas; (8) selang biogas; (9) panci; (10) korek api; (11) lilin; (12) timbangan Lion Star; (13) loyang; (14) alumunium foil; (15) gelas ukur Herma 250 ml dan 10 ml; (16) timbangan digital Scout Pro; (17) timbangan CAS SW-1A; (18) termometer; (19) suntikan 10 ml; (20) venoject Endo Indonesia 10 ml; (21) busur Butterfly; (22) balon; (23) botol sampel; (24) botol 200R; (25) laser UV; (26) *oven* Mitseda; (27) pipet tetes; (28) corong Herma; (29) saringan; (30) kertas saring; (31) alat penumbuk; (32) isolasi; (33) isolatip; (34) gunting; (35) *cutter*; (36) tissue; (37) label; (38) obeng; (39) stopwatch; (40) solder; (41) lem tembak; Shimadzu UV-Vis 2450; (42) PL Ocean Optics USB4000; (43) FTIR Thermo Nicolet Avatar 360IR; (44) TEM FEI Tecnai G2 F20 200kV; (45) GC Shimadzu 14A. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: (1) limbah kulit jeruk *Baby* dan (2) akuades.

E. Tahapan Penelitian

1. Sintesis larutan C-Dots

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
- b. Memotong kulit jeruk *Baby* menjadi kecil-kecil menggunakan *cutter*.

- c. Menimbang potongan kulit jeruk *Baby* sebanyak 80 gram untuk setiap pengovenan menggunakan timbangan digital.
- d. Memanaskan potongan kulit jeruk *Baby* sampai menjadi karbon dengan suhu 250°C selama 40 menit.
- e. Menimbang massa karbon yang telah di *oven*.
- f. Menumbuk karbon menggunakan alat penumbuk sampai halus.
- g. Menyaring karbon yang telah ditumbuk menggunakan saringan.
- h. Menimbang serbuk karbon yang telah disaring dengan variasi massa 1 gr, 2 gr, dan 3 gr menggunakan timbangan digital.
- i. Menambahkan akuades sebanyak 100 ml kedalam masing-masing variasi massa karbon.
- j. Mencampurkan akuades dengan masing-masing variasi massa karbon hingga tercampur homogen.
- k. Menyaring larutan C-Dots dari serbuk karbon menggunakan kertas saring.
- l. Memasukkan larutan C-Dots ke dalam botol sampel.

2. Proses pembuatan instalasi pemurni biogas

- a. Menyiapkan alat dan bahan.
- b. Mengukur panjang, lebar, dan tinggi bak akuarium masing-masing sebesar 20,5 cm, 10 cm, dan 12 cm menggunakan penggaris.
- c. Mengukur panjang, lebar, dan tinggi dua tabung pemurni yang disesuaikan dengan bak akuarium.

- d. Membuat dua lubang pada masing-masing tutup tabung pemurni. Kedua lubang tersebut diberi jarak agar tidak berdekatan.
- e. Memasang selang pada masing-masing tutup yang sudah dilubangi. Pada lubang 1, panjang selang sampai hampir menyentuh dasar tabung pemurni. Sedangkan, pada lubang 2 panjang selang hanya menggantung (tidak sampai dasar tabung).
- f. Pada leher tabung, diberi isolatip agar tidak terjadi kebocoran.

3. Proses pemurnian biogas

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
- b. Mengukur akuades sebanyak 500 ml menggunakan gelas ukur, kemudian menuangkannya kedalam bak akuarium (alat pemurni).
- c. Menuangkan larutan C-Dots kedalam dua buah tabung pemurni yang telah dirancang sebanyak 50 ml pada masing-masing tabung pemurni.
- d. Mengukur suhu awal akuades yang terdapat dalam bak akuarium menggunakan termometer.
- e. Memasang selang yang menghubungkan kompresor, alat pemurni dan plastik penampung gas dalam satu rangkaian.
- f. Menyalakan kompresor, setelah tekanan pada kompresor mencapai 4 bar kemudian mengatur laju alir biogas menggunakan busur dengan memutar kran membentuk sudut 30°.
- g. Mengalirkan biogas kedalam tabung pemurni yang berisi larutan C-Dots selama 10 menit.

- h. Mengukur suhu akhir akuades pada alat pemurni biogas.
- i. Mengambil gas kontrol dan gas yang telah dimurnikan menggunakan balon untuk dilakukan uji GC kemudian gas dalam balon diambil menggunakan suntikan 10 ml.
- j. Menyimpan gas tersebut kedalam venojeck 10 ml.

4. Pengujian Performa Kalor

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
- b. Menimbang tabung gas yang masih kosong.
- c. Mengisi tabung gas dengan gas yang telah dimurnikan menggunakan larutan C-Dots sampai tekanan 3 bar.
- d. Menimbang tabung gas yang telah terisi gas setelah pemurnian.
- e. Menimbang massa air sebanyak 1 kg menggunakan timbangan digital.
- f. Mengukur suhu awal air sebelum dipanaskan.
- g. Menyalakan kompor kemudian mengukur perubahan suhu dan tekanan gas setiap satu menit sampai gas habis dan api dalam kompor mati.
- h. Menimbang massa air setelah dipanaskan.

5. Pengujian spektrofotometer UV-Vis

Sampel larutan hasil sintesis diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil yang diperoleh dari karakterisasi UV-Vis adalah grafik yang menunjukkan panjang gelombang dan puncak absorbansi dari

sampel larutan. Sampel dibuat dengan mencampurkan 8 ml akuades dan 15 tetes larutan C-Dots.

6. Pengujian PL

Sampel larutan yang diuji adalah sampel yang belum digunakan sebagai pemurni. Pengujian dilakukan untuk mengetahui panjang gelombang emisi yang dihasilkan dengan alat uji PL. Laser yang digunakan berada pada panjang gelombang 420 nm. Sampel dibuat dengan mencampurkan 8 ml akuades dengan 15 tetes larutan C-Dots.

7. Pengujian FTIR

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

8. Pengujian TEM

Sampel C-Dots yang telah disintesis diuji menggunakan TEM untuk melihat morfologi permukaan dan diameter partikel dari C-Dots.

9. Pengujian GC

Biogas sebelum dan sesudah pemurnian diuji menggunakan GC Shimadzu 14A. Pengujian dilakukan untuk mengetahui konsentrasi gas CH₄ dan CO₂ dalam satuan ppm.

F. Teknik Analisis Data

1. Hasil pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis

Pengujian UV-Vis dilakukan untuk mengetahui absorbansi sampel. Hasil karakterisasi berupa puncak absorbansi pada panjang gelombang tertentu. Pemilihan gelombang dipilih dari 200 nm sampai 800 nm.

2. Hasil pengujian menggunakan PL

Pengujian PL digunakan untuk mengetahui transmisi dari C-Dots. Hasil karakterisasi ini berupa grafik antara panjang gelombang dan intensitas.

3. Hasil pengujian menggunakan FTIR

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam larutan sampel. Hasil yang diperoleh dari karakterisasi FTIR adalah grafik antara bilangan gelombang dan transmitasi dari masing-masing sampel.

4. Hasil pengujian TEM

Pengujian TEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dan diameter ukuran C-Dots yang dihasilkan.

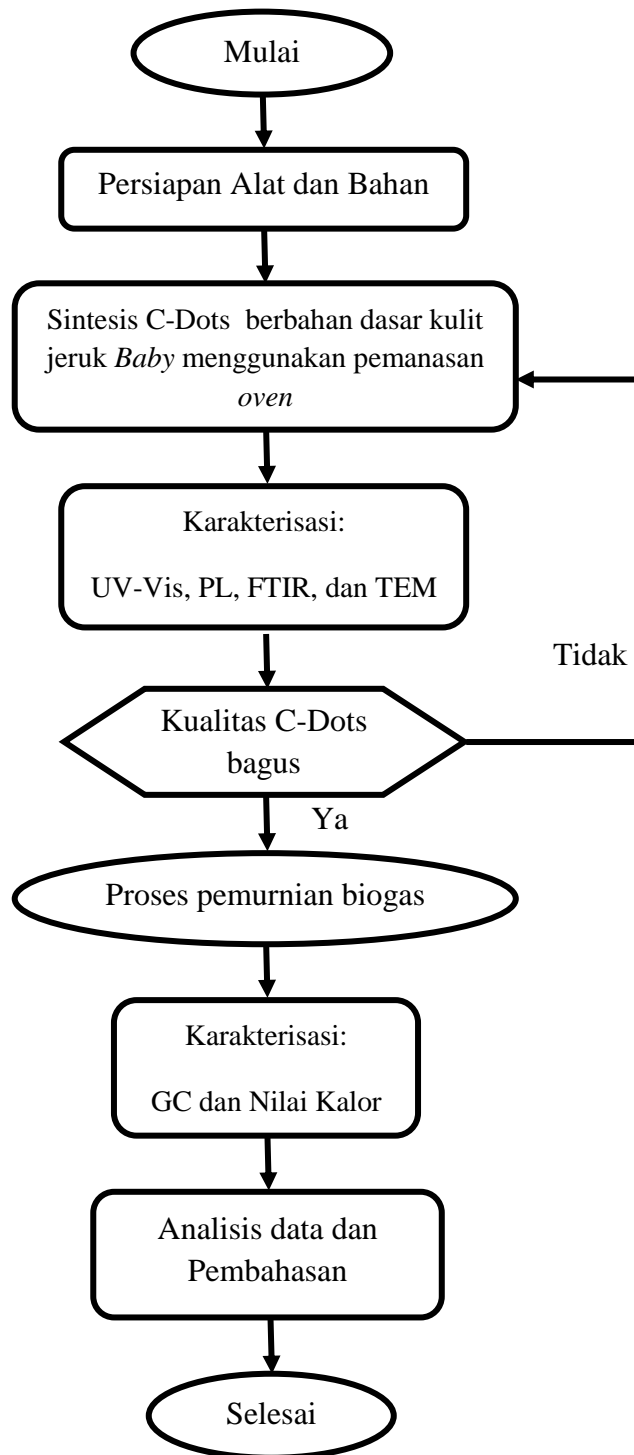
5. Hasil pengujian menggunakan GC

Pengujian GC dilakukan untuk mengetahui konsentrasi gas CH₄ dan CO₂. Hasil pengukuran yang diperoleh berupa perbandingan konsentrasi gas CH₄ dan CO₂ sebelum dan sesudah pemurnian.

6. Hasil pengujian performa kalor

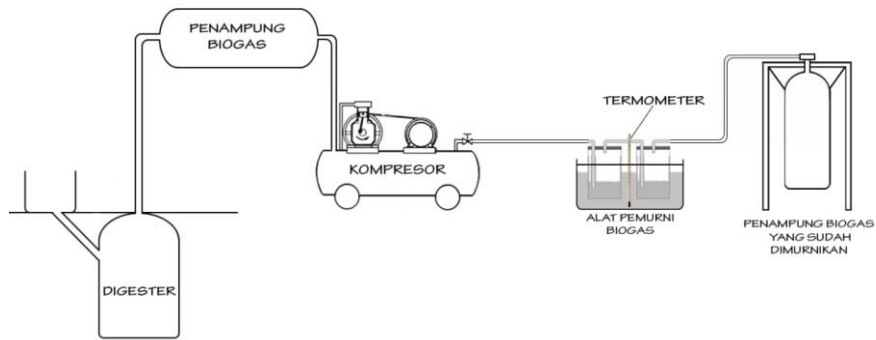
Pengujian kalor dilakukan untuk mengetahui kualitas pembakaran biogas sebelum dan sesudah proses pemurnian. Nilai kalor dihitung dalam satuan kalori.

G. Diagram Alir



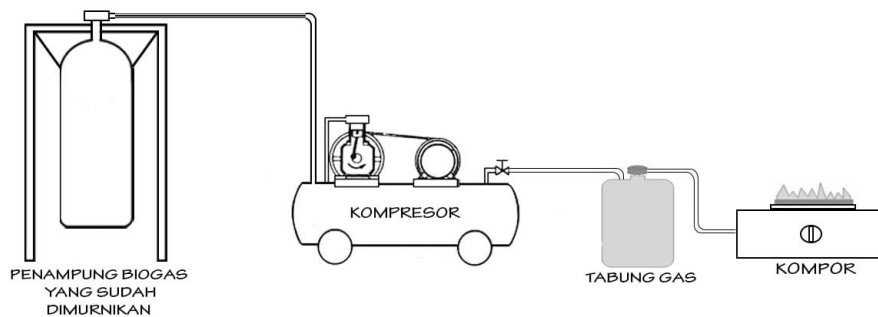
Gambar 12. Diagram Alir Penelitian

Ilustrasi proses pemurnian biogas dapat diamati dengan Gambar 13.



Gambar 13. Proses Pemurnian Biogas Menggunakan Larutan C-Dots

Ilustrasi proses pengujian kalor biogas dapat diamati dengan Gambar 14.



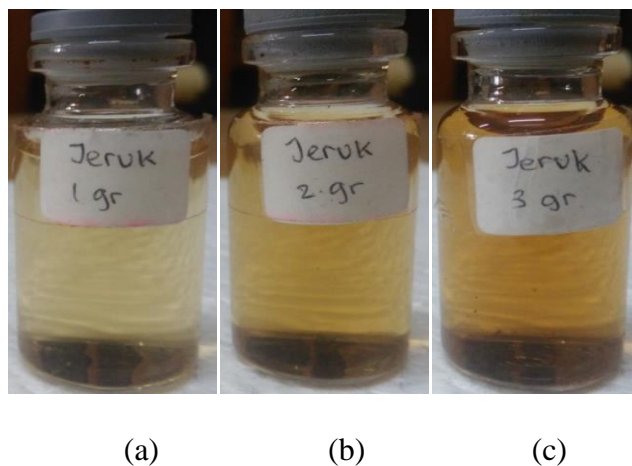
Gambar 14. Proses Pengujian Kalor

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sintesis C-Dots menggunakan metode pemanasan *oven*

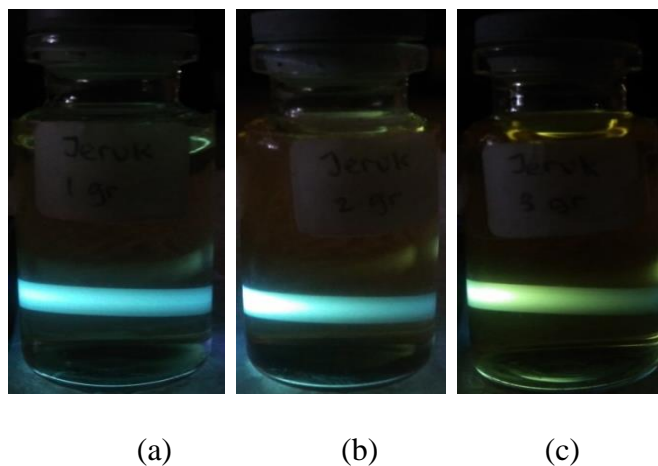
Dalam penelitian ini, sampel dibuat dengan tiga variasi konsentrasi, yaitu 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, dan 0,03 gr/ml. Hasil sintesis C-Dots dengan variasi konsentrasi tersebut memiliki penampakan warna sampel yang berbeda. Semakin besar konsentrasi larutan C-Dots maka warna yang dihasilkan akan semakin pekat, seperti yang ditampilkan pada Gambar 15. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi C-Dots, maka semakin banyak C-Dots yang terbentuk.



Gambar 15. Sampel C-Dots dengan Konsentrasi (a) 0,01 gr/ml, (b) 0,02 gr/ml, dan (c) 0,03 gr/ml

Gambar 15 menunjukkan perbedaan dari warna sampel yang dihasilkan, dimana larutan C-Dots 0,01 gr/ml memiliki warna paling jernih (Gambar 15a). Gambar 15b merupakan sampel larutan C-Dots 0,02 gr/ml yang memiliki warna lebih kuning dibanding larutan C-Dots 0,01 gr/ml. Sedangkan, Gambar 15c merupakan sampel larutan C-Dots 0,03 gr/ml yang memiliki warna sampel paling pekat.

Salah satu cara yang digunakan untuk mengetahui keberhasilan dari sintesis C-Dots adalah dengan melakukan pengujian sederhana. Pengujian ini dilakukan dengan menembakkan sinar UV pada sampel. Penembakkan sinar UV tersebut menghasilkan warna pendaran seperti pada Gambar 16. Dengan adanya warna pendaran yang dihasilkan, maka dapat dikatakan bahwa masing-masing sampel tersebut telah mengindikasikan terbentuknya C-Dots.



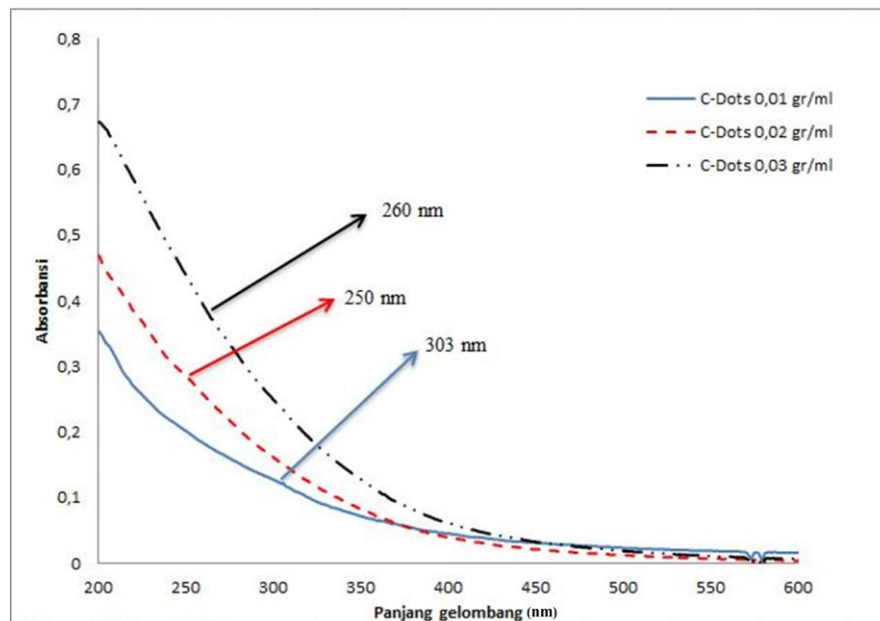
Gambar 16. Sampel C-Dots dengan konsentrasi (a) 0,01 gr/ml, (b) 0,02 gr/ml, dan (c) 0,03 gr/ml, ketika disinari dengan sinar UV.

Secara kualitatif, warna pendaran yang dihasilkan dari masing-masing sampel dengan variasi konsentrasi C-Dots memiliki sedikit perbedaan warna, namun masih pada kategori warna yang sama yaitu hijau. Pada larutan C-Dots 0,01 gr/ml dan 0,02 gr/ml, warna pendaran yang dihasilkan hampir sama, namun intensitas yang dihasilkan larutan C-Dots 0,02 gr/ml lebih tinggi. Sedangkan, larutan C-Dots 0,03 gr/ml memiliki warna pendaran yang lebih hijau dan intensitas lebih tinggi dibanding larutan C-Dots 0,01 gr/ml dan 0,02 gr/ml. Semakin tinggi intensitas yang dihasilkan menunjukkan semakin banyaknya material C-Dots yang terbentuk. Hal ini sesuai dengan kepekatan larutan C-Dots yang dihasilkan seperti pada Gambar 15.

B. Karakteristik material C-Dots berdasarkan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM

Pengujian lain yang dilakukan untuk mengetahui keberhasilan dari sintesis C-Dots adalah dengan karakterisasi UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM. Karakterisasi UV-Vis dilakukan untuk mengetahui pola absorbansi pada panjang gelombang tertentu. Hasil karakterisasi UV-Vis berupa grafik hubungan antara panjang gelombang dengan absorbansi. Pengukuran dilakukan dengan rentang panjang gelombang 200 nm - 800 nm.

Sampel dibuat dengan mencampurkan 15 tetes larutan C-Dots ke dalam akuades 8 ml. Gambar 17 menunjukkan hasil karakterisasi C-Dots berdasarkan spektrofotometer UV-Vis.



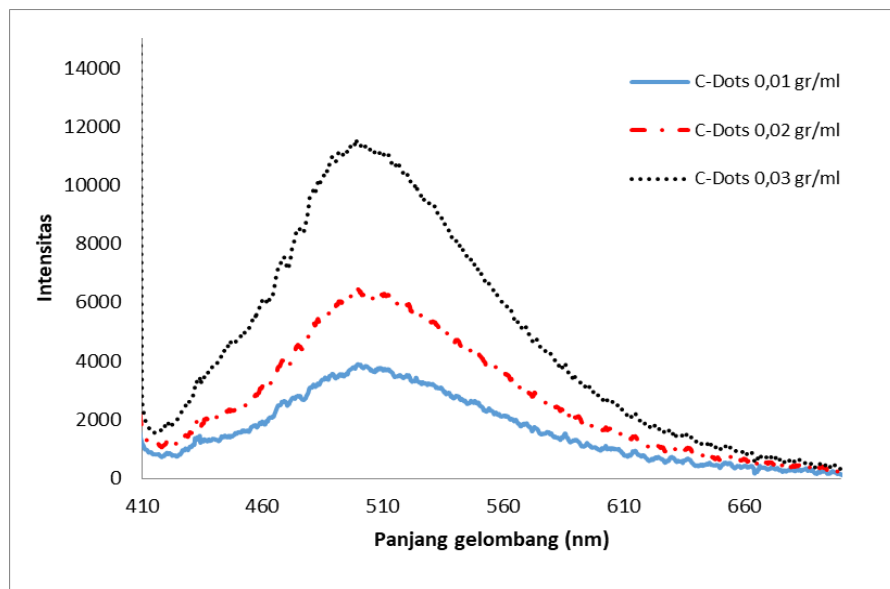
Gambar 17. Hasil Karakterisasi UV-Vis Larutan C-Dots

Dari hasil karakterisasi UV-Vis diatas, dapat diketahui puncak bahu dari masing-masing sampel C-Dots. Puncak-puncak tersebut tidak terlihat begitu jelas karena daerah serapan yang luas. Hal tersebut dapat berasal dari struktur pita rumit dan tingkat energi acak dari C-Dots (Ding *et al*, 2013). Puncak bahu larutan C-Dots 0,01 gr/ml; 0,02 gr/ml; dan 0,03 gr/ml masing-masing tercatat pada panjang gelombang 303 nm; 250 nm; dan 260 nm.

Puncak bahu tersebut menunjukkan adanya transisi elektronik dari π - π^* (C=C), serta adanya konjugasi dalam struktur C-Dots (Nisa, 2014). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Bilqis (2017), puncak bahu C-Dots terbentuk pada panjang gelombang 303 nm. Selain itu, penelitian lain yang dilakukan oleh Soni dan Maria (2016) menyatakan bahwa puncak bahu C-Dots terbentuk pada panjang gelombang 260 nm sampai 360 nm, sehingga

hasil karakterisasi UV-Vis ini memperkuat bahwa sintesis C-Dots telah berhasil dilakukan.

Pengujian ketiga untuk mengetahui keberhasilan dari sintesis C-Dots dilakukan dengan karakterisasi PL. Hasil dari karakterisasi PL berupa grafik hubungan antara panjang gelombang dengan intensitas, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18.

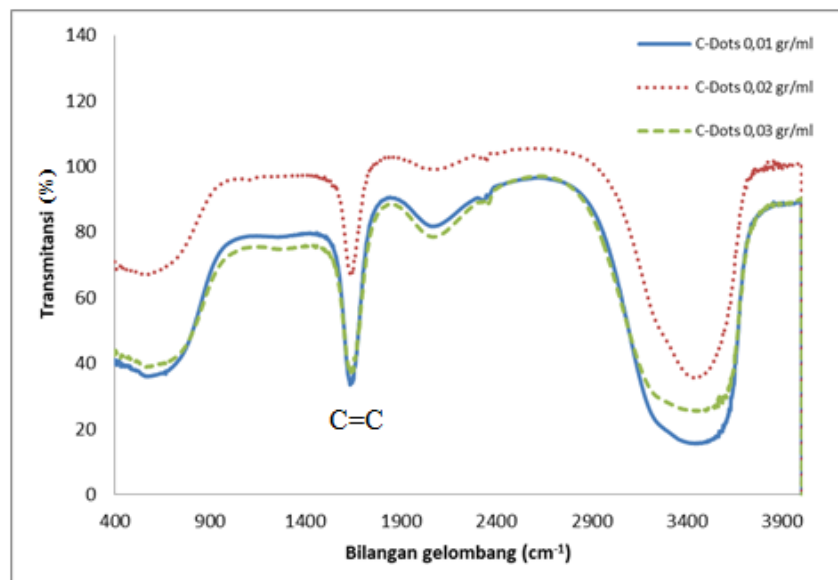


Gambar 18. Hasil Karakterisasi PL

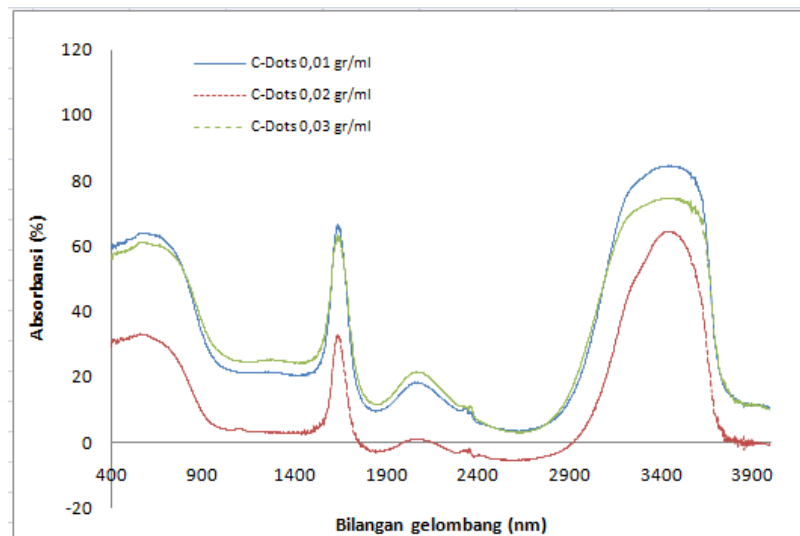
Gambar 18 menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan C-Dots maka intensitas yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi C-Dots maka semakin banyak C-Dots yang dihasilkan sesuai dengan hukum Lambert-Beer. Lebih lanjut, masing-masing sampel C-Dots memiliki puncak intensitas pada panjang gelombang yang berbeda-beda dengan rentang 498,9 nm sampai

499,6 nm. Pada larutan C-Dots 0,01 gr/ml; 0,02 gr/ml; dan 0,03 gr/ml masing-masing puncak intensitas tercatat pada panjang gelombang 499,6 nm; 498,9 nm; dan 499,4 nm. Rentang panjang gelombang tersebut merupakan panjang gelombang untuk spektrum warna hijau. Hal ini sesuai dengan warna pendaran yang dihasilkan ketika sampel disinari dengan laser UV yang menghasilkan pendaran berwarna hijau (Gambar 16).

Pengujian keempat dilakukan untuk mengetahui keberhasilan sintesis C-Dots melalui karakterisasi FTIR. Karakterisasi FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam larutan C-Dots. Hasil yang diperoleh dari pengujian ini adalah grafik hubungan antara transmitansi dan absorbansi dengan bilangan gelombang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 19.



(a)



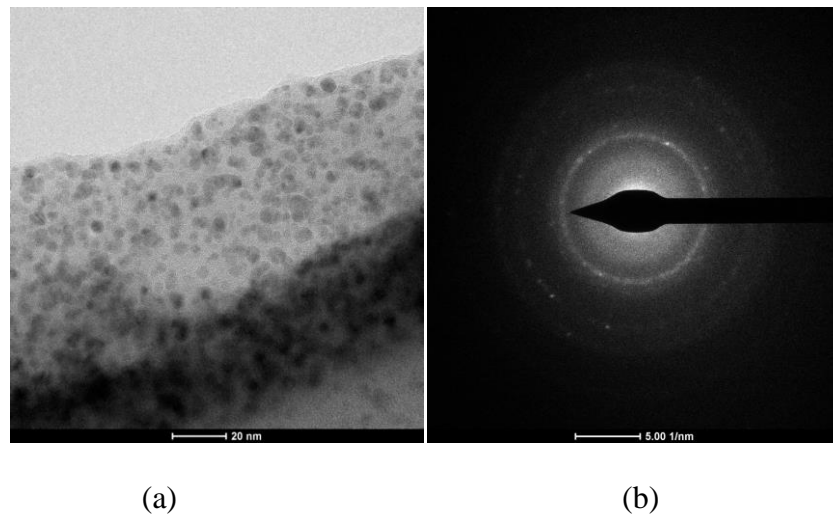
(b)

Gambar 19. Hasil Karakterisasi FTIR (a) transmitansi dan (b) absorbansi

Berdasarkan Gambar 19a dapat diketahui bahwa gugus fungsi yang terbentuk pada setiap variasi konsentrasi larutan C-Dots adalah C=C. Ikatan C=C pada larutan C-Dots 0,01 gr/ml; 0,02 gr/ml; dan 0,03 gr/ml masing-masing memiliki bilangan gelombang $1633,69\text{ cm}^{-1}$; $1633,96\text{ cm}^{-1}$; dan $1633,64\text{ cm}^{-1}$. Berdasarkan Gambar 19b, dapat diamati bahwa absorbansi paling tinggi dimiliki oleh C-Dots 0,01 gr/ml dan hampir berimpit dengan C-Dots 0,03 gr/ml. Sedangkan absorbansi terendah dimiliki oleh C-Dots 0,02 gr/ml. Ketidakteraturan hasil karakterisasi ini disebabkan karena pada saat pembuatan C-Dots, larutan kurang tercampur merata karena proses pencampuran larutan hanya dilakukan dengan mengocok secara manual. Dari Gambar 19, dapat disimpulkan bahwa nilai transmitansi berbanding terbalik

dengan nilai absorbansi, dimana semakin tinggi transmitansinya maka absorbansinya semakin rendah.

Pengujian terakhir yang dilakukan untuk memastikan bahwa sintesis C-Dots telah berhasil adalah karakterisasi TEM. Karakterisasi TEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dan ukuran diameter C-Dots yang dihasilkan. Dari pengujian TEM diperoleh hasil seperti pada Gambar 20.



Gambar 20. Hasil Karakterisasi TEM (a) morfologi permukaan C-Dots dan (b) pola difraksi C-Dots.

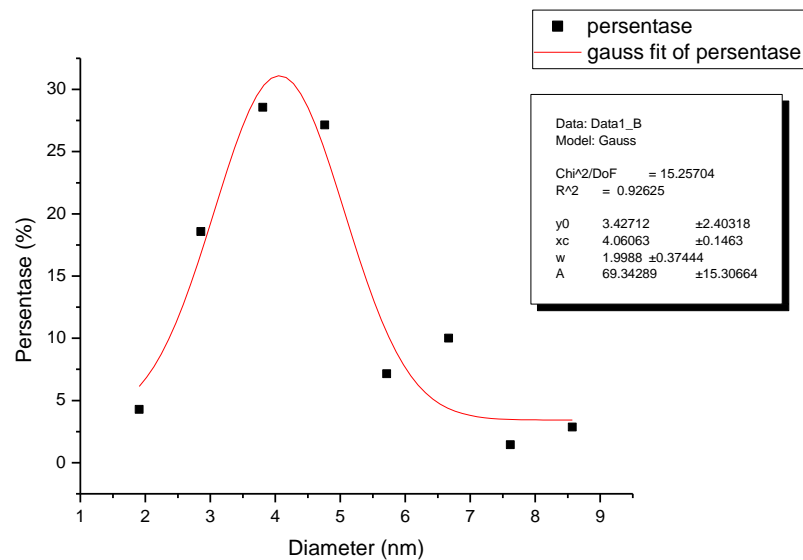
Berdasarkan Gambar 20a, dapat diketahui bahwa morfologi C-Dots berbentuk bulatan-bulatan yang tersebar cukup merata. Dari Gambar 20a juga dapat dianalisis ukuran diameter C-Dots yang dihasilkan, serta persentase jumlah C-Dots pada ukuran tertentu seperti yang ditampilkan pada Tabel 5. Selain itu, Gambar 20b merupakan hasil karakterisasi TEM yang menyatakan pola difraksi elektron dari sampel C-Dots yang diuji. Dari Gambar 20b dapat

diamati bahwa pola difraksi yang terbentuk adalah pola difraksi cincin yang menunjukkan C-Dots memiliki struktur amorf.

Tabel 5. Hasil Pengukuran dan Persentase Diameter C-Dots

Diameter C-Dots (nm)	Jumlah	Persentase (%)
1,90	3	4,29
2,85	13	18,57
3,81	20	28,57
4,76	19	27,14
5,72	5	7,14
6,67	7	10,00
7,62	1	1,43
8,57	2	2,86

Dari pengukuran diameter C-Dots dan perhitungan persentase jumlah C-Dots dapat dihasilkan grafik persentase persebaran diameter C-Dots seperti yang ditampilkan pada Gambar 21.

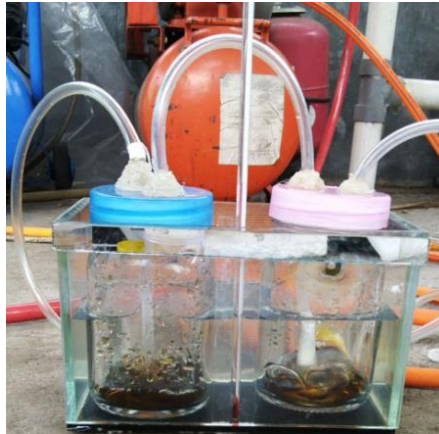


Gambar 21. Hasil Persentase Persebaran Diameter C-Dots

Gambar 21 menyatakan bahwa diameter 3,81 nm memiliki persentase paling tinggi karena muncul sebanyak 20 kali dari total 70 titik C-Dots yang terukur. Sedangkan persentase terendah adalah diameter 7,62 nm yang hanya muncul 1 kali. Dengan demikian, rata-rata diameter C-Dots yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah 3,81 nm. Hal ini menunjukkan bahwa sintesis C-Dots telah berhasil dilakukan karena sesuai dengan Bao *et al* (2015) yang menyatakan bahwa C-Dots memiliki ukuran 1 nm – 10 nm.

C. Pemurnian biogas menggunakan larutan C-Dots

Proses pemurnian biogas dilakukan dengan dua kali penyaringan menggunakan larutan C-Dots 0,01 gr/ml; 0,02 gr/ml; 0,03 gr/ml; dan akuades. Akuades digunakan sebagai pembanding, karena sebelumnya telah dilakukan penelitian pemurnian biogas menggunakan akuades oleh Kurniawan dkk (2017). Tujuan dilakukan dua kali penyaringan adalah untuk memaksimalkan kinerja C-Dots agar semakin banyak CO₂ yang tertangkap. C-Dots dapat menangkap CO₂ karena pada bagian *core* C-Dots terdapat gugus fungsi C=C, serta pada bagian *surface* C-Dots terdapat gugus fungsi oksigen. Gugus fungsi C=C dan oksigen ini diharapkan dapat mengikat CO₂ yang terdapat dalam biogas. Selain itu, C-Dots memiliki diameter yang kecil, yaitu antara 1 nm – 10 nm. Semakin kecil diameter C-Dots maka luas permukaannya semakin besar yang berarti bahwa penyerapannya juga semakin besar sehingga diharapkan semakin banyak CO₂ yang tertangkap ketika diameter C-Dots kecil.



Gambar 22. Alat Pemurni Biogas

Alat pemurni yang digunakan terdiri dari dua tabung pemurni yang dipasang horizontal. Masing-masing tabung pemurni diisi dengan larutan C-Dots maupun akuades sebanyak 50 ml. Volume sebanyak 50 ml ini dipilih untuk meminimalisir adanya kandungan air yang ikut terbawa ke penampung gas. Selain tabung pemurni, terdapat juga bak akuarium yang berisi akuades sebanyak 500 ml. Bak akuarium ini berfungsi untuk mempertahankan suhu larutan C-Dots dalam tabung pemurni. Proses pemurnian biogas dilakukan dengan melewati biogas ke dalam alat pemurni yang telah diisi absorben dengan memberikan tekanan menggunakan kompresor sehingga biogas dapat melewati tabung pemurni.

Lama waktu pemurnian biogas dilakukan selama 10 menit. Waktu 10 menit merupakan waktu yang cukup untuk pemurnian biogas sehingga gas hasil pemurnian dapat digunakan untuk uji GC dan uji kalor. Setelah 10 menit, gas hasil pemurnian diambil menggunakan suntikan 10 ml dan disimpan dalam venoject 10 ml untuk dilakukan uji GC. Uji GC dilakukan

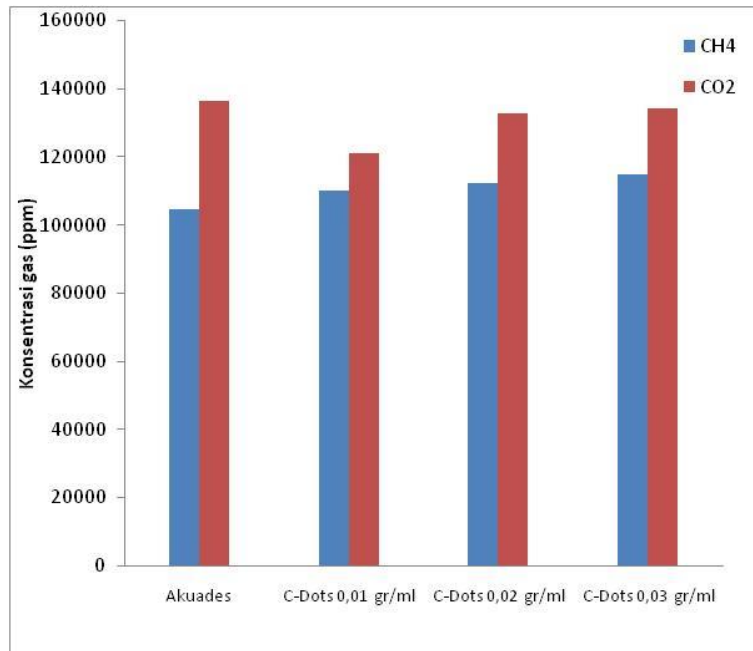
untuk mengetahui konsentrasi gas CH₄ dan CO₂ yang terdapat pada sampel uji dalam satuan ppm.

D. Hasil Pengujian GC dan Pengujian Performa Kalor

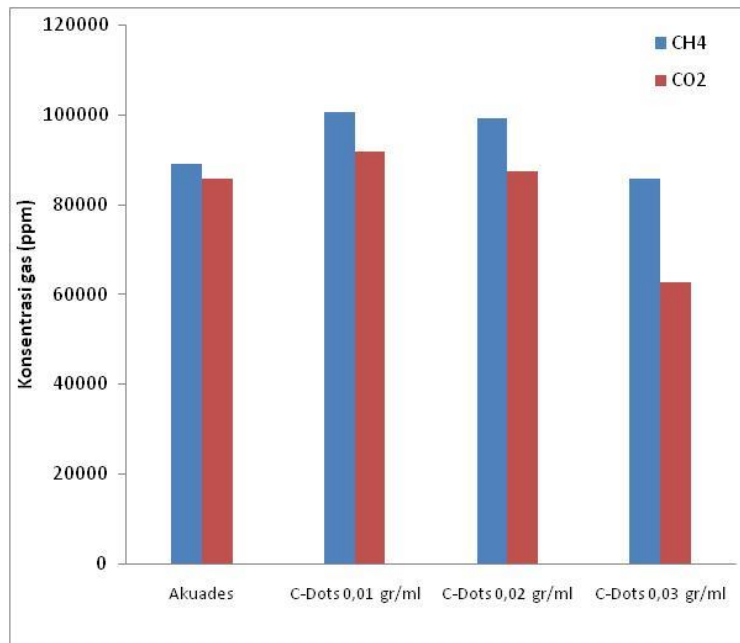
Pengujian GC dilakukan untuk mengetahui perbandingan kandungan gas CH₄ dan CO₂ sebelum dan setelah pemurnian. Tabel 6 merupakan hasil analisis gas CH₄ dan CO₂ sebelum dan setelah pemurnian menggunakan GC. Selain itu, hasil analisis gas CH₄ dan CO₂ juga disajikan dalam bentuk grafik seperti yang ditampilkan pada Gambar 23 dan Gambar 24.

Tabel 6. Hasil Analisis Gas CH₄ dan CO₂ Sebelum dan Setelah Pemurnian

Absorben	Sebelum pemurnian (ppm)		Setelah pemurnian (ppm)	
	CH ₄	CO ₂	CH ₄	CO ₂
Akuades	104602,10	136297,90	89045,99	85739,71
C-Dots 0,01 gr/ml	109969,62	120824,24	100490,82	91830,48
C-Dots 0,02 gr/ml	112117,28	132425,23	99057,44	87351,67
C-Dots 0,03 gr/ml	114728,28	133894,74	85646,93	62498,33

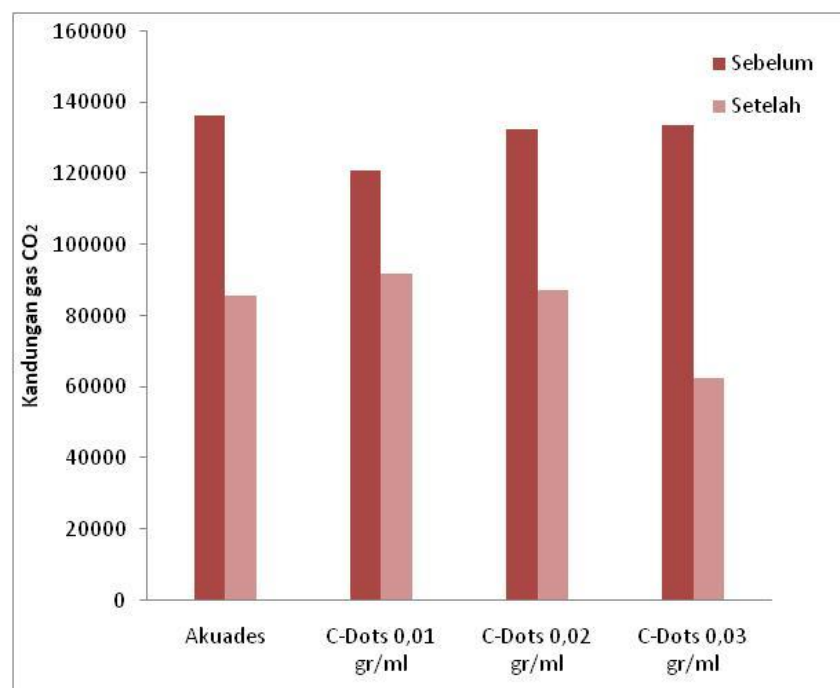


Gambar 23. Kandungan Gas CH₄ dan CO₂ Sebelum Pemurnian



Gambar 24. Kandungan Gas CH₄ dan CO₂ Setelah Pemurnian

Berdasarkan grafik di atas, dapat diketahui bahwa sebelum dilakukan pemurnian, kandungan gas CO₂ lebih tinggi dibanding gas CH₄ (Gambar 23). Sedangkan, setelah dilakukan pemurnian menggunakan larutan C-Dots dan akuades, kandungan gas CO₂ menjadi lebih rendah dibanding gas CH₄ (Gambar 24).

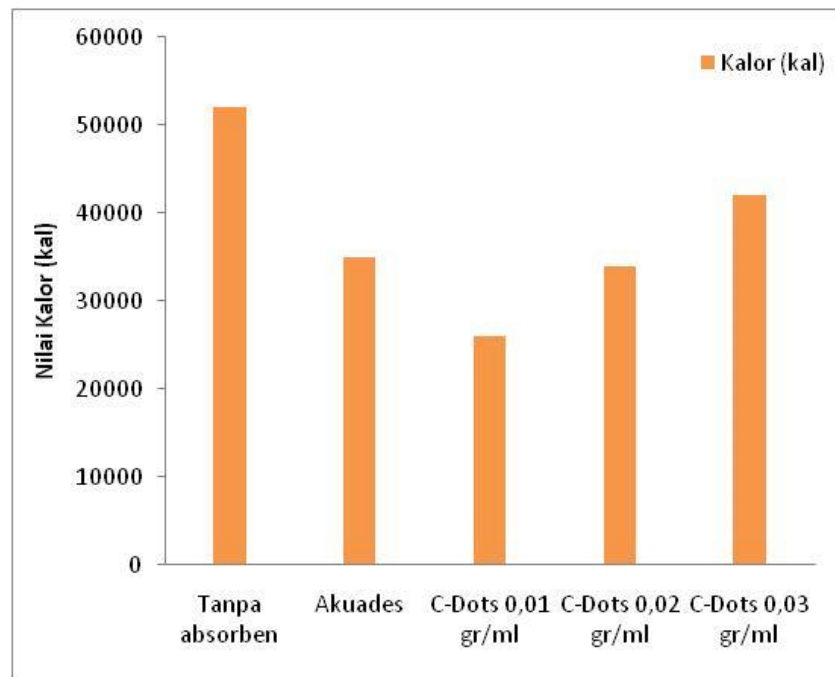


Gambar 25. Perbandingan Kandungan gas CO₂ Sebelum dan Setelah Pemurnian

Selain itu, jika kandungan CO₂ dibandingkan antara sebelum dan setelah pemurnian, maka dapat terlihat bahwa kandungan CO₂ setelah pemurnian lebih rendah dibanding sebelum pemurnian (Gambar 25). Hal ini menunjukkan bahwa larutan C-Dots yang digunakan sebagai pemurni dapat

mengabsorpsi gas CO₂ karena adanya penurunan kadar CO₂ dalam sampel gas yang diuji.

Penurunan kadar CO₂ ini mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan karena CO₂ merupakan gas yang dapat menghambat proses pembakaran. Sehingga semakin tinggi kadar CO₂ dalam biogas, maka nilai kalor yang dihasilkan semakin rendah (Hamidi, 2011). Gambar 26 merupakan grafik hasil pengujian performa kalor.



Gambar 26. Hasil Pengujian Performa Kalor

Pengujian performa kalor dilakukan dengan memanaskan air 1 kg menggunakan gas hasil pemurnian. Nilai kalor dihitung menggunakan persamaan (3). Dari persamaan (3), dapat diketahui bahwa yang

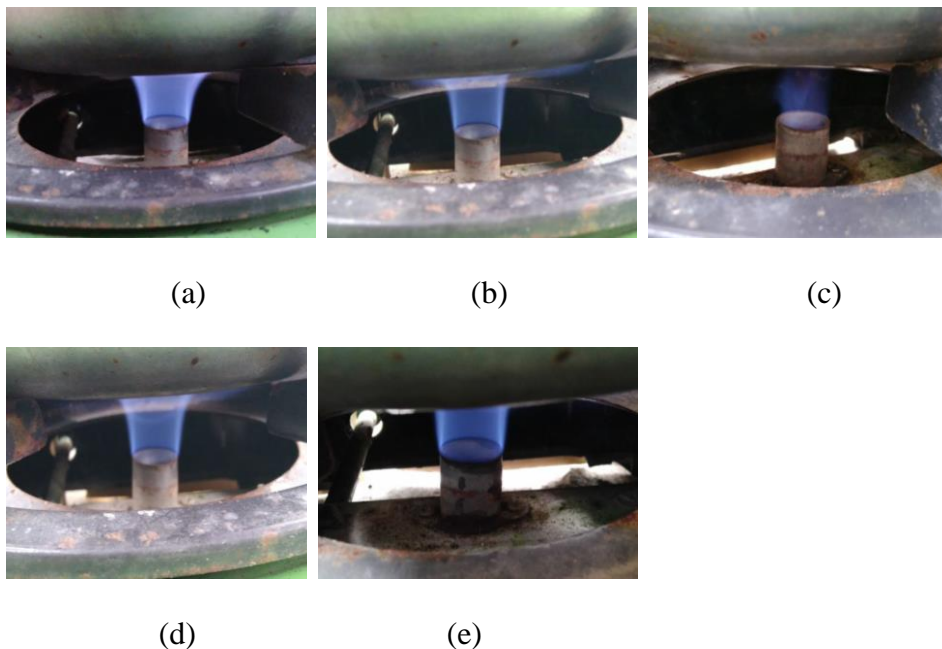
mempengaruhi nilai kalor adalah perubahan suhu karena massa air dan kalor jenis merupakan variabel kontrol.

Berdasarkan Gambar 26, nilai kalor tanpa absorben (biogas murni) lebih tinggi dibanding nilai kalor dengan absorben. Hal ini dapat disebabkan ketika proses pemurnian berlangsung, masih terdapat kadar air yang ikut terbawa ke dalam penampung gas. Hal ini terbukti ketika dilakukan pengukuran volume larutan C-Dots setelah pemurnian, pada masing-masing tabung pemurni hanya tersisa 44 ml sampai 45 ml larutan C-Dots maupun akuades. Kandungan air dalam biogas mempengaruhi titik penyalaan api yang dihasilkan. Adanya air yang ikut terbawa ke dalam penampung gas dapat dipengaruhi oleh alat pemurni yang digunakan. Dalam penelitian ini, alat pemurni yang digunakan berukuran cukup kecil sehingga air dapat dengan mudah ikut terbawa ke dalam penampung gas akibat adanya tekanan dari kompresor.

Berdasarkan Gambar 26 juga dapat diketahui bahwa absorben yang menghasilkan nilai kalor paling tinggi adalah absorben C-Dots dengan konsentrasi 0,03 gr/ml, yaitu sebesar 42000 kal. Hasil ini sesuai dengan hasil analisis GC yang menyatakan bahwa sampel 0,03 gr/ml memiliki kandungan CO₂ paling rendah setelah dilakukan pemurnian sehingga menyebabkan nilai kalornya tinggi. Pada larutan C-Dots 0,01 gr/ml, nilai kalor yang dihasilkan hanya 26000 kal karena kandungan CO₂ yang tinggi. Pada larutan C-Dots 0,02 gr/ml dan akuades, nilai kalor yang dihasilkan tidak begitu jauh, yaitu 34000 kal dan 35000 kal. Hasil ini juga sesuai dengan analisis GC kedua

sampel tersebut dimana kandungan CO₂ yang terdapat dalam kedua sampel hampir sama.

Selain nilai kalor, terdapat aspek lain yang diamati, yaitu lama waktu api nyala dan warna api yang dihasilkan. Pada saat pengujian kalor dengan gas bertekanan 3 bar, api hasil pemurnian dengan C-Dots 0,01 gr/ml; 0,03 gr/ml; dan api sebelum dilakukan pemurnian menyala selama 6 menit sampai gas habis. Sedangkan, api hasil pemurnian dengan C-Dots 0,02 gr/ml dan akuades menyala selama 5 menit sampai gas habis. Secara kualitatif, warna api yang dihasilkan oleh gas sebelum dan setelah pemurnian tidak dapat dibedakan karena warna api hampir sama, yaitu biru. Namun, terdapat sedikit perbedaan pada kuatnya nyala api, seperti yang ditampilkan pada Gambar 27.



Gambar 27. Warna api (a) sebelum pemurnian, (b) setelah pemurnian dengan akuades, C-Dots (c) 0,01 gr/ml, (d) 0,02 gr/ml, dan (e) 0,03 gr/ml.

Berdasarkan Gambar 27, dapat dilihat bahwa api sebelum pemurnian memiliki nyala api yang kuat. Sedangkan api hasil pemurnian dengan C-Dots 0,01 gr/ml nyala apinya cenderung lemah. Sementara itu, nyala api hasil pemurnian dengan C-Dots 0,02 gr/ml dan akuades hampir sama. Dan nyala api hasil pemurnian C-Dots 0,03 gr/ml sedikit lebih kuat dibanding api C-Dots 0,02 gr/ml dan akuades.

Dari hasil pengujian GC dan nilai kalor, dapat disimpulkan bahwa absorben paling optimal adalah larutan C-Dots 0,03 gr/ml karena pada konsentrasi ini kandungan CO₂ paling banyak terserap sehingga mempunyai nilai kalor paling tinggi, yaitu 42000 kal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah dilakukan sintesis material C-Dots berbahan dasar kulit jeruk *Baby* dengan memanaskannya dalam *oven* pada suhu 250°C selama 40 menit hingga terbentuk karbon. Karbon yang diperoleh kemudian ditumbuk dan dilarutkan dengan akuades 100 ml. Variasi dalam penelitian ini adalah konsentrasi larutan C-Dots yaitu, 0,01gr/ml, 0,02 gr/ml, dan 0,03 gr/ml.
2. Hasil karakterisasi UV-Vis C-Dots menunjukkan bahwa puncak absorbansi yang dihasilkan berada pada panjang gelombang 250 nm – 303 nm. Selain itu, semakin tinggi konsentrasi C-Dots, maka nilai absorbansinya semakin besar. Hasil karakterisasi PL menunjukkan bahwa C-Dots memiliki puncak intensitas pada rentang panjang gelombang 498,9 nm - 499,6 nm yang menunjukkan pendaran warna hijau, serta semakin tinggi konsentrasi C-Dots, maka intensitas pendaran yang dihasilkan semakin kuat. Berdasarkan karakterisasi FTIR, gugus fungsi yang terdapat dalam setiap sampel C-Dots adalah C=C. Hasil karakterisasi TEM menunjukkan bahwa rata-rata diameter C-Dots yang dihasilkan adalah 3,81 nm. Selain itu, pola difraksi dari

sampel C-Dots yang diuji membentuk pola cincin yang menunjukkan C-Dots berstruktur amorf.

3. Hasil uji GC dan nilai kalor menyatakan bahwa sampel yang paling baik dijadikan sebagai absorben adalah larutan C-Dots 0,03 gr/ml karena dapat menyerap kadar CO₂ paling besar sehingga menghasilkan nilai kalor paling tinggi sebesar 42000 kal.

B. Saran

Setelah terselesaikannya penelitian ini, terdapat saran yang perlu diperhatikan bagi penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Dalam proses pencampuran serbuk karbon dengan akuades sebaiknya digunakan *stirrer* agar larutan yang dihasilkan benar-benar tercampur homogen.
2. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pembuatan C-Dots dari bahan dasar yang lain sebagai absorben CO₂ pada biogas.
3. Dapat dilakukan pembuatan alat pemurni biogas yang lebih besar untuk meminimalisir air agar tidak ikut menguap kedalam penampung gas.
4. Dalam pengukuran laju alir gas sebaiknya menggunakan *flow meter* agar laju alir gas dapat terkontrol dengan baik.
5. Dalam pengujian GC untuk setiap sampel sebaiknya dilakukan lebih dari satu kali agar diperoleh hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, O.B., *et al.* 2016. *Material Karbon Nanodots–Sintesis dan Sifatluminensi*. Bandung: ITB.
- Abdullah, M. 2010. *Karakterisasi Nanomaterial Teori, Penerapan, dan Pengolahan Data*. Bandung: CV Rezeki Putera.
- Albrigo, L.G., Carter, R.D. 1977, “Structure of Citrus Fruit in Reaction to Processing” dalam Nagy, S., Shaw, P.E. dan Veldhuis, M.K. (eds), *Citrus Science and Technology*, The AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut, 1, 33-73.
- 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.
- 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.
- Ding, H., *et al.* 2013. Luminescent Carbon Quantum Dots and Their Application In Cell Imaging. *NJC*, 37,2525-2520.
- Fadli, A. L. (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.
- Li, H., Kang, Z., Liu, Y., & Lee, S.-T. 2012. Carbon nanodots: synthesis,

- properties and applications. *Journal of Materials Chemistry*, 22(46), 24230-24253.
- Friatna, E.R., *et al.* 2011. *Uji Aktivitas Antioksidan pada Kulit Jeruk Manis (Citrus Sinensis) sebagai Alternatif Bahan Pembuatan Masker Wajah*. Yogyakarta: FT UNY.
- Giwangkara, S.E.G., 2006. *Aplikasi Logika Syaraf Fuzzy Pada Analisis Sidik Jari Minyak Bumi Menggunakan Spetrofotometer Infra Merah - Transformasi Fourier (FT-IR)*, Sekolah Tinggi Energi dan Mineral, Cepu-Jawa Tengah.
- Hamidi, N., *et al.* 2011. *Peningkatan Kualitas Bahan Bakar Biogas Melalui Proses Pemurnian dengan Zeolit Alam*. Malang: FT UB.
- Hanief, M.A., Mushawwir, H.A., & Mahfud. 2013. Ekstraksi Minyak Atsiri dari Akar Wangi Menggunakan Metode Steam - Hydro distillation dan Hydro distillation dengan Pemanas Microwave. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(2), 2301-9271.
- Haq, K.P.I. 2019. *Sintesis dan Karakterisasi Nanomaterial Carbon-Dot Berbahan Dasar Ampas Teh Tubruk Menggunakan Metode Sonikasi Audiosonik*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Indrawati, R., *et al.* 2018. *Purifikasi Biogas Menggunakan Pelet Sekam Padi Teraktivasi untuk Meningkatkan Konsentrasi CH₄ dalam Biogas*. Yogyakarta: FT UTY.
- Kapdi, S.S., *et al.* 2005. Biogas Scrubbing, Compression and Storage: Perspective and Prospectus in Indian Context. *Renewable Energy*, 30, 1196–1199.

- Kukreja, D., *et al.* 2015. Synthesis of Fluorescent Carbon Dots from Mango Peels. *International Journal of ChemTech Research*. 61-64.
- Kurniawan, A. 2008. Studi Tentang Pengaruh Vakum Dalam Annealing Terhadap struktur Kristal Bahan CuIn (Se_{0,5} S_{0,5})₂ Hasil Preparasi Dengan Teknik Bridgman. FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Laurita, L.T., *et al.* 2016. *Pengaruh Waktu Fermentasi Padat terhadap Karakteristik Mutu Fisik dan Hasil Rendemen Minyak Atsiri Limbah Kulit Jeruk Manis (Citrus sinensis var. Baby Pacitan)*. Salatiga: Fakultas Pertanian dan Bisnis UKSW.
- Li, H., Kang, Z., Liu, Y., & Lee, S.-T. 2012. Carbon nanodots: synthesis, properties and applications. *Journal of Materials Chemistry*, 22(46), 24230-24253.
- 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.
- Mara, I.M. 2012. *Analisis Penyerapan Gas Karbondioksida (CO₂) dengan larutan NaOH terhadap Kualitas Biogas Kotoran Sapi*. NTB: FT Universitas Mataram.
- Mara, I.M, *et al.* 2011. *Analisa Kualitas dan Kuantitas Biogas dari Kotoran Ternak*. NTB: FT Universitas Mataram.
- Megawati., Kurniawan, R.D. 2015. Ekstraksi Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis (Citrus Sinensis) dengan Metode Vacuum Microwave Assisted Hydrodistillation. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 4, 61-67.

- Nadriliyah, N., *et al.* 2014. *Pemurnian Produk Biogas dengan Metode Absorpsi Menggunakan Larutan Ca(OH)₂*. Surabaya: FMIPA ITS.
- Naibaho, R.A. 2010. *Pemanfaatan Minyak Atsiri*. Medan: FMIPA USU.
- 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.
- Pertiwiningrum, A. 2015. *Instalasi Biogas*. Yogyakarta: CV Kolom Cetak.
- Rahmayanti, H.D., Aji, M.P., & Sulhadi. 2015. Sintesis Carbon Nanodots Sulfur (C-Dots Sulfur) dengan Metode Microwave. *Unnes Physics Journal*, 4(1), 2252-6978.
- Seputri, R.S.E., Fajari, N., & Dwi, M.A. 2010. *Ekstraksi Minyak Atsiri Dari Limbah Kulit Jeruk Manis Di Desa Gadingkulon Kecamatan Dau Kabupaten Malang sebagai Campuran Minyak Goreng Untuk Penambah Aroma Jeruk*. Malang: UNM.
- Sharma, Vandana. 2015. Graphene Synthesis via Exfoliation of Graphite by Ultrasonication. Ambala: *IJETI*.
- Sopiawati, T., *et al.* *Pengukuran Gas Rumah Kaca dengan Gas Chromatography (GC) dan Infrared Gas Analyzer (IrGA)*. Pati: Balingtan.
- Suarsa, I.W. 2015. *Spektroskopi*. Denpasar: FMIPA Universitas Udayana.

- Sudarmadji, I.B. 2003. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian* (Edisi ke 2 ed., Vol. III). Yogyakarta, DIY, Indonesia: Liberty Yogyakarta.
- Suhartati, T. 2013. *Dasar-Dasar Spektrofotometri Uv-Vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Lampung: CV Anugrah Utama Raharja.
- Surono, U.B., Machmud, S. 2014. *Peningkatan Kualitas Biogas dengan Metode Absorpsi dan Pemakaiannya sebagai Bahan Bakar Mesin Generator Set (Genset)*. Yogyakarta: FT Universitas Janabadra.
- Suyitno, *et al.* 2010. *Teknologi Biogas*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Taib, G., Said, G., & Wiraatmadja, S. 2008. *Operasi Pengeringan pada Pengolahan Hasil Pertanian*. Jakarta: PT. Mediyatama Sarana Perkasa.
- Vita, E. 2015. *Kajian Pengaruh Konsentrasi Urea Dalam Sifat Optik Nanofiber Graphene Oxide/PVA (Polyvinyl Alcohol) yang Difabrikasi Menggunakan Teknik Electrospinning*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Wang, Xiaohui, K.Q., *et al.* 2011. Microwave assisted one-step green synthesis of cell-permeable multicolor photoluminescent carbon dots without surface passivation reagents. *J. Mater. Chem*, 2445-2450.

LAMPIRAN

A. Dokumentasi



Kulit jeruk *Baby* yang telah dipotong kecil-kecil



Menimbang kulit jeruk *Baby* sebelum di oven



Menimbang karbon hasil pemanasan oven



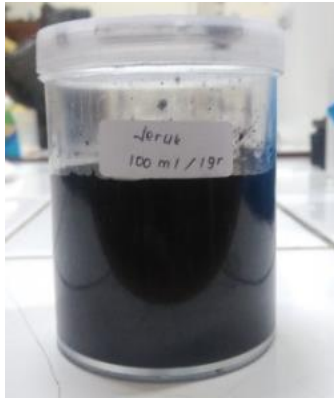
Menumbuk karbon dengan alat penumbuk



Menyaring serbuk karbon yang telah ditumbuk



Menimbang serbuk karbon 1 gr, 2 gr, dan 3 gr



Melarutkan serbuk karbon dengan akuades



Menyaring larutan C-Dots dengan kertas saring



Dihasilkan larutan C-Dots 1 gr, 2 gr, dan 3 gr



Mengukur larutan C-Dots yang akan digunakan sebagai pemurni



Memasukkan larutan C-Dots ke dalam alat pemurni



Mengatur tekanan kompresor menggunakan busur



Memasukkan biogas
sebelum dan sesudah
dimurnikan ke balon



Biogas dalam balon
diambil menggunakan
suntikan



Biogas dipindahkan ke
dalam venoject untuk
dilakukan uji GC



Penampung biogas sebelum dimurnikan



Penampung biogas
setelah dimurnikan



Gas yang telah dimurnikan dipindah ke dalam tabung gas



Pengujian kalor dengan memanaskan air



Warna api yang dihasilkan



Oven



Laser UV



Timbangan digital



Timbangan analog



Kompur



Lilin dan korek api



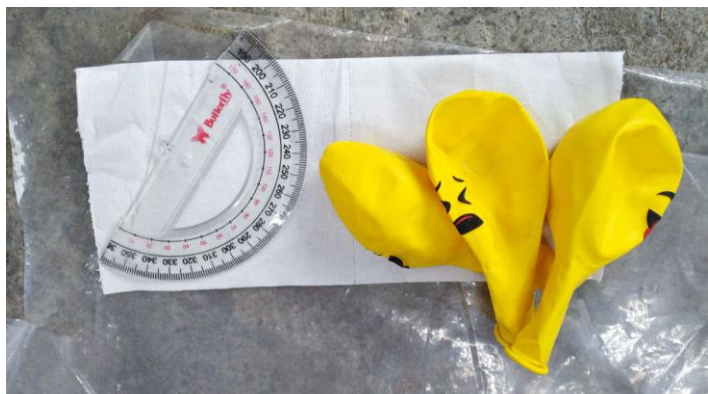
Venoject



Suntikan



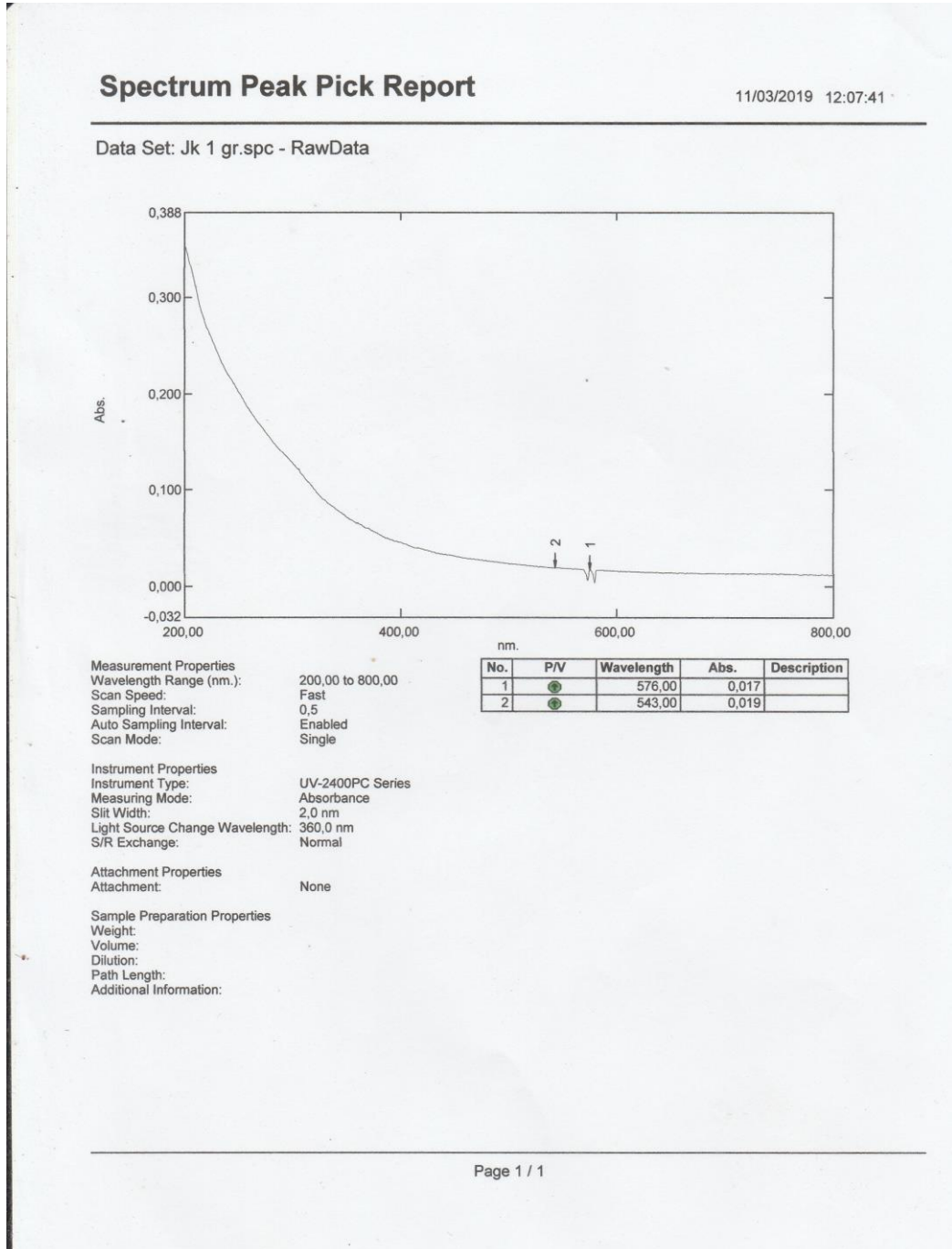
Kompresor



Busur dan balon

B. Data Hasil Karakterisasi C-Dots

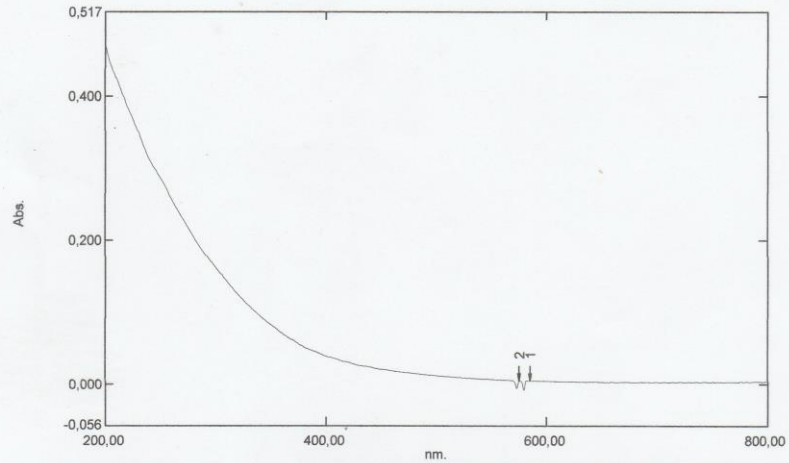
1. Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis



Spectrum Peak Pick Report

11/03/2019 12:17:08

Data Set: Jk 2gr.spc - RawData



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

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	585.50	0,005	
2	●	576.00	0,005	

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

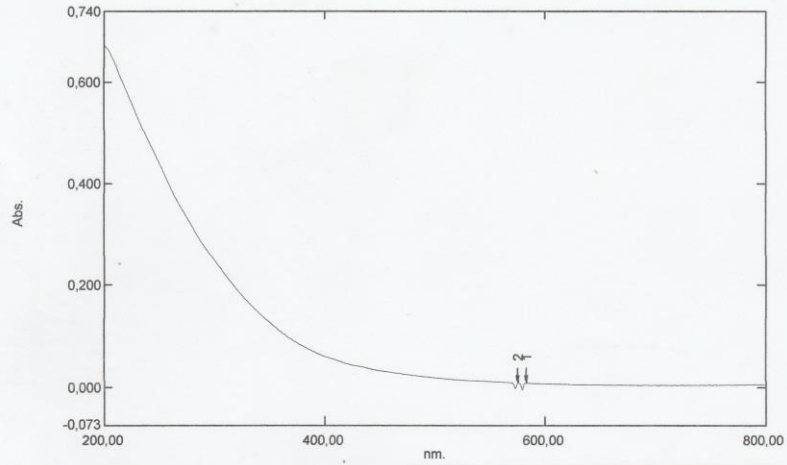
Attachment Properties
Attachment: None

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

Spectrum Peak Pick Report

11/03/2019 12:26:33

Data Set: Jk 3gr.spc - RawData



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

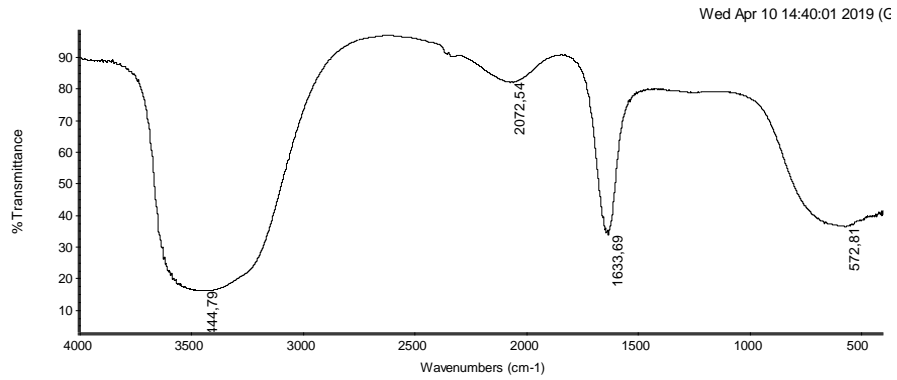
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	583,00	0,008	
2	●	576,00	0,008	

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

Attachment Properties
Attachment: None

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

2. Karakterisasi FTIR



Collection time: Fri Mar 29 09:47:01 2019 (GMT+07:00)

Wed Apr 10 14:39:59 2019 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2651-4 Jeruk 1 gr

Region: 4000,00 400,00

Absolute threshold: 98,823

Sensitivity: 50

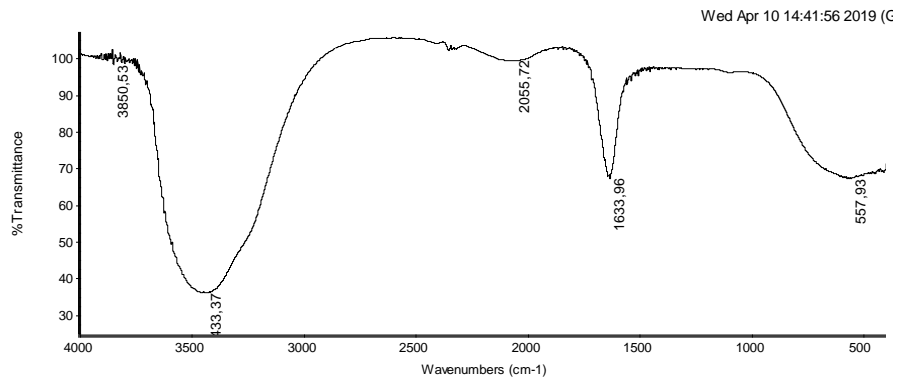
Peak list:

Position: 3444,79 Intensity: 15,547

Position: 1633,69 Intensity: 33,431

Position: 572,81 Intensity: 35,961

Position: 2072,54 Intensity: 81,759



Collection time: Fri Mar 29 09:59:10 2019 (GMT+07:00)

Wed Apr 10 14:41:54 2019 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2651-7 Jeruk 2 gr

Region: 4000,00 400,00

Absolute threshold: 107,696

Sensitivity: 50

Peak list:

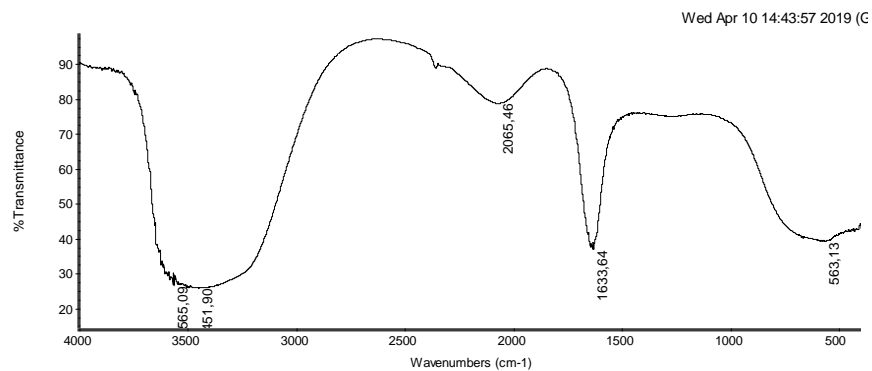
Position: 3433,37 Intensity: 35,636

Position: 557,93 Intensity: 66,902

Position: 1633,96 Intensity: 67,057

Position: 3850,53 Intensity: 97,960

Position: 2055,72 Intensity: 99,151



Collection time: Wed Apr 10 09:10:08 2019 (GMT+0)

Wed Apr 10 14:43:55 2019 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2651-10 Jeruk 3 gr

Region: 4000,00 400,00

Absolute threshold: 99,315

Sensitivity: 50

Peak list:

Position: 3451,90 Intensity: 25,422

Position: 3565,09 Intensity: 26,008

Position: 1633,64 Intensity: 36,586

Position: 563,13 Intensity: 38,848

Position: 2065,46 Intensity: 78,522

3. Pengujian Kalor

Waktu pemurnian 10 menit dengan volume absorben 50 ml pada setiap tabung pemurni.

- Tanpa absorben

Waktu (menit)	Suhu (°C)	P (bar)
0	29	3
1	37	2,4
2	48	1,9
3	59	1,4
4	68	0,9
5	76	0,2
6	81	0

$$\begin{aligned}
 Q &= mc\Delta T \\
 &= 1(1000)(52) \\
 &= 52000 \text{ kal}
 \end{aligned}$$

- **Akuades**

m air (1) = 1kg, m air (2) = 0,96 kg

Waktu (menit)	Suhu (°C)	P (bar)
0	30	3
1	37	2,4
2	43	1,9
3	50	1,3
4	56	0,6
5	65	0

$$\begin{aligned}
 Q &= mc\Delta T \\
 &= 1(1000)(35) \\
 &= 35000 \text{ kal}
 \end{aligned}$$

- **C-Dots 0,01 gr/ml**

m air (1) = 1kg, m air (2) = 0,96 kg

Waktu (menit)	Suhu (°C)	P (bar)
0	32	3
1	36	2,6
2	40	2
3	46	1,6
4	50	1.1
5	54	0,4
6	58	0

$$\begin{aligned}
 Q &= mc\Delta T \\
 &= 1(1000)(26) \\
 &= 26000 \text{ kal}
 \end{aligned}$$

- **C-Dots 0,02 gr/ml**

m air (1) = 1kg, m air (2) = 0,95 kg

Waktu (menit)	Suhu (°C)	P (bar)
0	32	3
1	41	2.3
2	47	1.7
3	55	1.1
4	61	0.4
5	66	0

$$\begin{aligned}
 Q &= mc\Delta T \\
 &= 1(1000)(34) \\
 &= 34000 \text{ kal}
 \end{aligned}$$

- **C-Dots 0,03 gr/ml**

m air (1) = 1kg, m air (2) = 0,93 kg

Waktu (menit)	Suhu (°C)	P (bar)
0	28	3
1	36	2,5
2	44	1,9
3	31	1,5
4	58	0,9
5	65	0,3
6	70	0

$$\begin{aligned}
 Q &= mc\Delta T \\
 &= 1(1000)(42) \\
 &= 42000 \text{ kal}
 \end{aligned}$$