

**PEMANFAATAN NANOMATERIAL CARBON NANODOTS BERBAHAN  
DASAR LIMBAH KULIT MANGGA SEBAGAI ABSORBEN  
CO<sub>2</sub> PADA PEMURNIAN BIOGAS**

**SKRIPSI**

Diajukan Kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

untuk Memenuhi Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh

Mela Agustin

15306141030

**PRODI 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 MANGGA SEBAGAI ABSORBEN CO<sub>2</sub> PADA**

**BIOGAS**



**Wipsar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D      Wira Widyawidura, S.Si., M.Eng**

NIP. 19800129 200501 1003

## HALAMAN PENGESAHAN

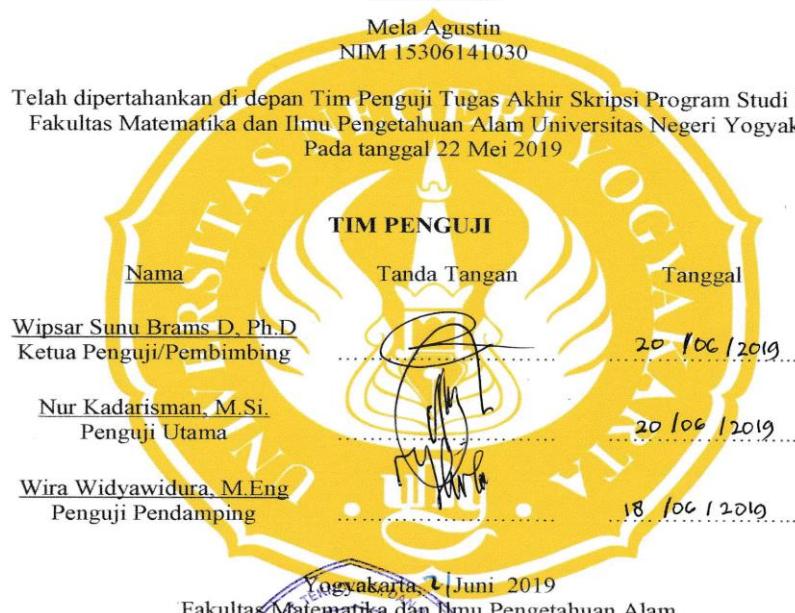
Tugas Akhir Skripsi

### PEMANFAATAN NANOMATERIAL *CARBON NANODOTS* BERBAHAN DASAR LIMBAH KULIT MANGGA SEBAGAI ABSORBEN CO<sub>2</sub> PADA PEMURNIAN BIOGAS

Disusun oleh:

Mela Agustin  
NIM 15306141030

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta  
Pada tanggal 22 Mei 2019



Yogyakarta, 21 Juni 2019  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Dekan,  
Dr. Hartono, M.Si.

NIP. 19620329 198702 1 002

## **SURAT PERNYATAAN**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

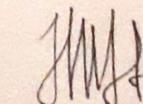
Nama : Mela Agustin  
NIM : 15306141030  
Program Studi : Fisika  
Jurusan : Pendidikan Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Nanomaterial Carbon Nanodots Berbahan Dasar Limbah Kulit Mangga sebagai Absorben CO<sub>2</sub> pada Pemurnian Biogas

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, 9 April 2019

Yang menyatakan,



Mela Agustin

NIM. 15306141030

## **MOTTO**

Tidak ada yang tidak mungkin di dunia ini jika kamu mau berusaha dan percaya akan karunia Tuhan itu nyata. Tetap berusaha selama itu masih ada jalan tak lupa selalu bersyukur kepada Allah SWT atas segala rahmat-Nya.

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua

Ibu dan Bapak Saya:

Makhinu dan Susi Lowati

Adik – Adik saya:

Neli Tri Anggraeni

Gina Wahyu Ningsih

Adam Maolana Azam

# **PEMANFAATAN NANOMATERIAL CARBON NANODOTS BERBAHAN DASAR LIMBAH KULIT MANGGA SEBAGAI ABSORBEN CO<sub>2</sub> PADA PEMURNIAN BIOGAS**

Oleh:  
Mela Agustin  
15306141030

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk 1) mensintesis material carbon nanodots (C-dots) berbahan dasar kulit mangga menggunakan metode pemanasan *oven*, 2) mengetahui perbedaan variasi karakterisasi konsentrasi C-dots berbahan dasar kulit mangga dengan menggunakan uji Spektrofotometer UV-Vis, *Photoluminescence* (PL), *Fourier Transfrrom Infrared Spectroscopy* (FTIR), dan *Transmission Electron Microscope* (TEM), dan 3) mengetahui perbedaan variasi konsentrasi kulit mangga jika digunakan sebagai absorbent CO<sub>2</sub> sebelum dan sesudah pemurnian biogas menggunakan pengujian kalor dan Gas Kromatografi.

Penelitian ini menggunakan empat (4) variasi konsentrasi C-dots, yaitu (dalam gr/ml) 0,01; 0,02; 0,03; dan 0,06 gram. Cara pembuatan sampel adalah kulit mangga kering di *oven* selama 30 menit dengan suhu 250 °C. Kulit mangga yang telah menjadi karbon kemudian dihaluskan dengan cara ditumbuk kemudian dicampurkan ke dalam akuades sebanyak 100 ml. Selanjutnya, C-dots dikarakteriasi menggunakan spektrofotomer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM. Proses pemurnian biogas menggunakan dua kali pemurnian. Biogas yang telah dimurnikan kemudian dikarakterisasi menggunakan Gas Kromatografi (GC). Kemudian untuk mengetahui kualitas gas yang dihasilkan dilakukan pengujian kalor.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut. Karakterisasi UV-Vis menunjukkan adanya puncak-puncak absorbansi pada panjang gelombang 211,00 nm - 284,00 nm, semakin tinggi konsentrasi C-dots, maka nilai absorbansinya semakin besar. Untuk konsentrasi (gr/ml) 0,01; 0,02; 0,03; dan 0,06. Karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan adanya gugus-gugus fungsi C=C. Karakterisasi PL menunjukkan adanya puncak intensitas emisi di panjang gelombang 450 nm - 570 nm yang menunjukkan adanya pendaran warna hijau, maka semakin tinggi konsentrasi C-dots intensitas pendaran yang dihasilkan akan semakin besar. Hasil foto TEM menunjukkan terbentuknya material berbentuk bulatan dengan ukuran 6,7 nm. Selanjutnya, untuk aplikasi C-dots sebagai pemurni biogas, hasil uji GC menunjukkan bahwa kandungan CO<sub>2</sub> mengalami penurunan setelah dilakukan pemurnian, sedangkan hasil nilai kalor paling tinggi diperoleh pada konsentrasi 0,02 gr/ml sebanyak 37.000 kal.

**Kata Kunci:** C-dots, Biogas, kulit mangga, gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>

# UTILIZATION OF NANOMATERIAL CARBON NANODOTS OF MANGO PEEL WASTE AS CO<sub>2</sub> ABSORBENT IN BIOGAS PURIFICATION

Oleh:  
Mela Agustin  
15306141030

## ABSTRACT

*This study aims to 1) synthesize carbon nanodots (C-dots) based on mango peels using oven heating method, 2) find out the characterization of C-dots made from mango peel using spektofotometer UV-Vis, Photoluminescence (PL), Fourier Transfrrom Infrared Spectroscopy (FTIR), dan Transmission Electron Microscope (TEM)and 3) knowing the effect of variations in the concentration of mango peel mass if it's used as CO<sub>2</sub> absorbent in biogas for 2 times purification.*

*This study used four (4) variations in C-dots concentration, namely in ( gr /ml) 0.01; 0.02; 0.03; and 0.06 grams. The method used to make samples is by putting dried mango peel in an oven for 30 minutes at 250 °C. The mango peel that has become carbon is then mashed into powder and then stirred it into 100 ml of distilled water and then filtered using filter paper to separate the mango peel residue. Furthermore, C-dots obtained were characterized using UV-Vis spectrophotometer, FTIR spectrometer, PL spectrometer, and TEM. The biogas purification process used two times purification. Purified biogas was then characterized using Gas Kromatografi (GC) to determine CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> gas content before and after purification. Then to find out the quality of the gas produced, heat testing was done.*

*The results of the characterization showed. UV-Vis characterization showed the presence of absorbance peaks at a wavelength of 211.00 as 284.00 nm, for concentration (gr/ml) 0.01; 0.02; 0.03; and 0.06. Characterization using FTIR shows the band in the infrared region which shows the appearance of C=C. Furthermore, the PL characterization shows the presence of emission intensity peaks at wavelengths around 450 nm to 570 nm for all concentration variations indicated by green luminescence. The TEM photo shows the formation of a spherical shaped material about 6.7 nm in size. It can be concluded that the sample produced is C-dots. Furthermore, for the application of C-dots as biogas purifiers, the GC test results showed that the CO<sub>2</sub> content decreased after purification, while the highest calorific value obtained at a concentration of 0.02 gr / ml with heating value of 37,000 cal.*

**Keywords:** C-dots, Biogas, mango peel, CH<sub>4</sub> gas and CO<sub>2</sub>

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, Tuhan Semesta Alam yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi dengan judul **“Pemanfaatan Nanomaterial Carbon Nanodots Berbahan Dasar Limbah Kulit Mangga Sebagai Absorben CO<sub>2</sub> pada Pemurnian Biogas”**

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

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

6. Wira Widyawidura S.Si, M.Eng selaku dosen pembimbing 2 dalam penelitian ini yang telah memberikan arahan dan membimbing dengan penuh kesabaran dan keikhlasan hingga skripsi ini selesai.
  7. Haris Murtanto selaku Laboran Laboratorium Fisika Lanjut yang telah memberikan bantuan dan izin dalam melakukan penelitian ini di Laboratorium Fisika lantai 2.
  8. Dosen-dosen Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA UNY yang telah mendidik dan membekali ilmu pengetahuan kepada penulis.
  9. Linda Purnamasari , Wiwin Silfiyani, dan Tria Andriana Y, para pejuang S.Si yang telah bersama-sama selalu dalam mengerjakan skripsi ini.
- Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dan memiliki banyak kekurangan. Semoga karya ilmiah ini dapat menyumbangkan pengetahuan, khususnya pada cabang ilmu Fisika Material di Indonesia.

Yogyakarta, 9 April 2019

Penulis

Mela Agustin  
NIM. 15306141030

## DAFTAR ISI

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| HALAMAN JUDUL .....                 | i    |
| LEMBAR PERSETUJUAN .....            | ii   |
| HALAMAN PENGESAHAN .....            | iii  |
| SURAT PERNYATAAN .....              | iv   |
| MOTTO .....                         | v    |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....           | vi   |
| ABSTRAK .....                       | vii  |
| <i>ABSTRACT</i> .....               | viii |
| KATA PENGANTAR .....                | ix   |
| DAFTAR ISI .....                    | xi   |
| DAFTAR TABEL .....                  | xiv  |
| DAFTAR GAMBAR .....                 | xvi  |
| DAFTAR LAMPIRAN .....               | xvi  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....      | 1    |
| A. Latar Belakang.....              | 1    |
| B. Identifikasi Masalah.....        | 3    |
| C. Batasan Masalah .....            | 3    |
| D. Rumusan Masalah.....             | 4    |
| E. Tujuan Penelitian .....          | 4    |
| F. Manfaat Penelitian .....         | 5    |
| <b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....  | 6    |
| A. Kajian Teori .....               | 6    |
| 1. Buah Mangga .....                | 6    |
| 2. Carbon – Dots (C-dots).....      | 9    |
| 3. <i>Oven</i> .....                | 12   |
| 4. Biogas .....                     | 13   |
| 5. Pemurnian Biogas .....           | 16   |
| 6. Pengujian Kalor .....            | 17   |
| 7. Gas Kromatografi.....            | 18   |
| 8. Spektrofotometri UV-Vis.....     | 21   |
| 9. <i>Photoluminense</i> (PL) ..... | 25   |

|   |           |
|---|-----------|
| 10. <i>Spektroskopi Inframerah Transformasi Forier (FTIR)</i> ..... | 27        |
| 11. <i>Transmission Electron Microscopy (TEM)</i> .....             | 33        |
| B. Kerangka Berpikir .....  | 35        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....                              | <b>37</b> |
| A. Tempat Dan Waktu Penelitian .....                                | 37        |
| B. Objek Penelitian .....   | 38        |
| C. Variabel Penelitian .....  | 38        |
| D. Jenis Penelitian .....   | 39        |
| E. Alat Dan Bahan .....   | 39        |
| F. Prosedur Penelitian .....  | 40        |
| 1. Membuat Larutan C-dots Menggunakan Pemanasan Oven.....           | 40        |
| 2. Proses Pembuatan Alat Instalasi Pemurni Biogas.....              | 40        |
| 3. Pemurnian Biogas .....   | 41        |
| 4. Pengujian Performa Pembakaran .....                              | 42        |
| 5. pengujian Menggunakan GC .....                                   | 42        |
| 6. pengujian Menggunakan UV-Vis .....                               | 43        |
| 7. pengujian Menggunakan PL .....                                   | 43        |
| 8. pengujian Menggunakan FTIR .....                                 | 43        |
| 9. pengujian Menggunakan TEM .....                                  | 43        |
| G. Diagram Alir .....   | 44        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....                            | <b>46</b> |
| A. Sintesis C-dots Menggunakan metode <i>oven</i> .....             | 46        |
| B. Karakterisasi C-dots Menggunakan UV-Vis .....                    | 48        |
| C. Karakterisasi C-dots Menggunakan PL .....                        | 50        |
| D. Karakterisasi C-dots Menggunakan FTIR .....                      | 51        |
| E. Karakterisasi C-dots Menggunakan TEM .....                       | 54        |
| F. Pemurnian Biogas Menggunakan C-dots Kulit Mangga .....           | 56        |
| G. Karakterisasi Biogas Menggunakan GC .....                        | 57        |
| H. Uji Performa Pembakaran .....                                    | 60        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....                             | <b>64</b> |
| A. KESIMPULAN .....   | 64        |
| B. SARAN .....  | 65        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....   | <b>66</b> |
| <b>LAMPIRAN</b> .....   | <b>69</b> |

## **DAFTAR TABEL**

|   | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 1. Kandungan Pada Biogas .....                                | 14      |
| Tabel 2. Pembagian Daerah Berdasarkan Jenis ikatan .....            | 29      |
| Tabel 3. Korelasi Bilangan Gelombang Berdasarkan Jenis ikatan ..... | 30      |
| Tabel 4. Hasil Pengukuran Diameter C-dots Kulit Mangga .....        | 55      |
| Tabel 5. Data Pengujian Kandungan Biogas Menggunakan GC .....       | 58      |

## DAFTAR GAMBAR

|  | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 1. Buah Mangga .....  | 6       |
| Gambar 2. Struktur Umum Fenolik .....  | 8       |
| Gambar 3. Bentuk Dari C-dots .....   | 9       |
| Gambar 4. Karakteristik C-dots Menggunakan Berbagai Instrumen .....  | 11      |
| Gambar 5. Diagram Alur Pembentukan Fermentasi Aneorobik .....  | 14      |
| Gambar 6. Proses dan Alur Analisis Gas N <sub>2</sub> O dalam kolom pada GC 14A .....  | 20      |
| Gambar 7. (a) GC Shimadzu 14 A dan (b) contoh hasil analisis gas N <sub>2</sub> O .....  | 20      |
| Gambar 8. (a) Contoh hasil analisa gas CO <sub>2</sub> dan (b) Analisa gas CH <sub>4</sub> .....   | 21      |
| Gambar 9. Prinsip Kerja Spektrofotometer UV-Vis .....  | 22      |
| Gambar 10. Jenis -jenis Eksitasi Elektronik .....  | 23      |
| Gambar 11. Hasil uji UV-vis C-dots, CdS, CdAg .....  | 24      |
| Gambar 12. Prinsip Spektroskopi PL .....   | 26      |
| Gambar 13. Dua pita fluoresensi yang diamati dalam C-dots, yang juga dapat dikaitkan dengan emisi <i>core</i> dan <i>surface state</i> ..... | 27      |
| Gambar 14. Komponen dasar FTIR .....   | 28      |
| Gambar 15. Instrumen spektrofotometer FTIR .....   | 31      |
| Gambar 16. Hasil Uji FTIR C-dots Kulit Mangga .....  | 32      |
| Gambar 17. Hasil pengujian TEM C-dots larutan gula pasir dengan metode (a) <i>hydrothermal</i> dan (b) <i>microwave</i> .....                | 34      |
| Gambar 18. Diagram Alir Penelitian .....   | 44      |
| Gambar 19. Skema Proses Pemurnian .....  | 45      |
| Gambar 20. Skema Proses Pengujian kalor .....  | 45      |
| Gambar 21. Sampel C-dots Kulit Mangga dengan konsentrasi (a) 0,01 gr/ml, (b) 0,02 gr/ml, (c) 0,03 gr/ml, dan (d) 0,06 gr/ml .....            | 46      |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 22. Sampel C-dots Ketika Disinari Laser UV Dengan konsentrasi (a) 0,01 gr/ml, (b) 0,02 gr/ml, (c) 0,03 gr/ml, dan (d) 0,06 gr/ml .....   | 47 |
| Gambar 23. Pengujian Sampel C-dots Sebelum Dimurnikan Menggunakan UV-Vis (a) konsentrasi 0,01 gr/ml .....   | 48 |
| Gambar 23. Pengujian Sampel C-dots Sebelum Dimurnikan Menggunakan UV-Vis (b) konsentrasi 0,02 gr/ml, 0,03 gr/ml, dan 0,06 gr/ml .....   | 49 |
| Gambar 24. Hasil karakterisasi sampel C-dots menggunakan PL .....   | 51 |
| Gambar 25. Hasil pengujian FTIR pada sampel C-dots (a) grafik transmitansi dan (b) grafik absorbansi .....  | 52 |
| Gambar 26. Hasil pengujian TEM C-dots (a) dan hasil difraksi C-dots (b) larutan kulit mangga dengan metode pemanasan <i>oven</i> .....  | 54 |
| Gambar 27. Hasil persentase ukuran diameter C-dots kulit mangga .....   | 56 |
| Gambar 28. Alat Pemurnian Biogas .....  | 57 |
| Gambar 29. Grafik (a) hasil kandungan CH <sub>4</sub> dan CO <sub>2</sub> sebelum pemurnian, (b) hasil kandungan CH <sub>4</sub> dan CO <sub>2</sub> setelah pemurnian .....                              | 59 |
| Gambar 30. Grafik kandungan CO <sub>2</sub> sebelum dan sesudah pemurnian .....   | 60 |
| Gambar 31. Hasil uji performa pembakaran pada biogas sebelum dimurnikan, akuades, dan setelah dimurnikan dengan variasi konsentrasi C-dots .....  | 61 |
| Gambar 32. Api yang dihasilkan pada uji performa pembakaran. (a) biogas ,(b) akuades, (c) konsentrasi 0,01 gr/ml, (d) konsentrasi 0,02 gr/ml,(e) konsentrasi 0,03 gr/ml, (f) konsentrasi 0,06 gr/ml ..... | 62 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   | Halaman |
|---|---------|
| Lampiran 1. Dokumentasi Pembuatan C-dots Kulit Mangga .....     | 69      |
| Lampiran 2. Dokumentasi Proses Pemurnian Biogas .....           | 71      |
| Lampiran 3. Dokumentasi Uji Performa Pembakaran .....           | 73      |
| Lampiran 4. Tabel Data Hasil Uji Performa Pembakaran .....      | 75      |
| Lampiran 5. Hasil Karakterisasi Sampel Menggunakan UV-Vis ..... | 77      |
| Lampiran 6. Hasil Karakterisasi Sampel Menggunakan FTIR .....   | 81      |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Salah satu penggunaan sumber energi alternatif yang mulai dipertimbangkan dalam menghasilkan pembakaran ramah lingkungan adalah biogas. Biogas dan biomassa bahkan telah mengambil peran sebesar 65% dalam kategori sumber energi terbarukan pada tahun 2014 (Jihan dan As-sya'bani, 2017). Pemanfaatan biogas ini tidak hanya untuk keperluan memasak rumah tangga seperti yang telah dilakukan di Indonesia, tetapi juga untuk kebutuhan penghangat ruangan, bahan bakar kendaraan, pembangkit listrik, dan bahkan disalurkan melalui jaringan pipa gas alam. Komposisi biogas didominasi oleh gas metana ( $\text{CH}_4$ ) [50%-70%], gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) [30%-40%], dan gas lainnya ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) dalam jumlah kecil (Meynell, 1976).

Kalor pembakaran menggunakan bahan bakar biogas sangat bergantung pada persentase kandungan gas  $\text{CH}_4$ . Biogas dengan komponen gas pengotor seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , dan  $\text{H}_2\text{S}$  yang tinggi dapat menyebabkan penurunan nilai kalor. Maka dari itu, perlu adanya upaya pemurnian biogas. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk pemurnian biogas adalah metode absorpsi dengan absorben *Carbon Nanodots* (C-dots).

C-dots merupakan kelas baru dari nanomaterial karbon dengan ukuran dibawah 10 nm. Material ini pertama kali diperoleh saat pemurnian *single-walled carbon nanotubes* melalui elektroforesis preparatif pada tahun 2004 (Li, *et al*,

2012). C-dots memiliki beberapa kelebihan yaitu toksisitas rendah (Li, *et al*, 2012), sifat fotoluminesensi yang kuat, serta bahan baku melimpah di alam (Soni dan Maria, 2016). Salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan C-dots adalah limbah kulit mangga.

Mangga merupakan salah satu jenis buah yang mengandung sumber vitamin dan mineral. Buah mangga banyak terdapat di indonesia. Selain dapat dikonsumsi sebagai buah segar, mangga juga dapat diolah menjadi berbagai macam makanan dan minuman, seperti sirup mangga, puding mangga, maupun buah kaleng segar. Pada umumnya, bagian mangga yang sering dikonsumsi adalah daging buahnya saja, sedangkan kulitnya hanya dibuang sebagai sampah. Padahal kulit mangga mempunyai struktur yang cukup baik dan mempunyai manfaat seperti pada bagian dagingnya.

Penelitian ini memanfaatkan C-dots dari limbah kulit buah mangga sebagai absorben pada biogas. Pemurnian biogas menggunakan C-dots berbahan dasar limbah kulit mangga diharapkan dapat mengikat kandungan gas  $\text{CO}_2$  dalam biogas sehingga presentase  $\text{CH}_4$  dapat meningkat. Metode dalam pembuatan C-dots berbahan dasar limbah kulit mangga menggunakan pemanasan *oven*. Karakterisasi yang digunakan untuk material C-dots adalah *spectrophotometer UV-Vis*, *spectrometer FTIR*, *spectrometer PL*, dan *transmission electron microscope* (TEM). Sedangkan untuk mengetahui konsentrasi gas metana dan karbondioksida setelah biogas dimurnikan oleh larutan Cdots adalah uji *gas chromatography* (GC). Selain itu, dilakukan uji performa pembakaran untuk mengetahui kualitas dari biogas yang dihasilkan.

## **B. Identifikasi Masalah**

Sesuai latar belakang di atas, maka terdapat permasalahan yang dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Masih kurangnya pemanfaatan kulit buah mangga sehingga kulit mangga hanya dibuang begitu saja dan menjadi limbah.
2. Masih kurangnya penelitian mengenai material C-dots berbahan dasar limbah kulit mangga.
3. Kurangnya pengetahuan tentang material C-dots berbahan dasar limbah kulit mangga sebagai absorben biogas.
4. Belum adanya sintesis C-dots yang berasal dari limbah kulit buah mangga sebagai absorben dalam pemurnian biogas.

## **C. Pembatasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagian buah mangga yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada kulitnya saja.
2. Sintesis C-dots berbahan dasar kulit mangga dalam penelitian ini dibatasi menggunakan pemanasan *oven*.
3. Karakterisasi material C-dots dilakukan dengan *spectrophotometer* UV-Vis, *spectrometer* FTIR, *spectrometer* PL, dan TEM.
4. Pengujian konsentrasi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> hasil pemurnian biogas menggunakan C-dots limbah kulit mangga menggunakan uji GC.

5. Pengujian kualitas gas hasil pemurnian dengan C-dots berbahan dasar kulit mangga menggunakan uji performa pembakaran.

#### **D. Rumusan Masalah**

Dari batasan masalah di atas, dapat dirumuskan permasalahannya sebagai berikut:

1. Bagaimana sintesis material C-dots berbahan dasar kulit mangga dengan pemanasan *oven*?
2. Bagaimana karakteristik C-dots berbahan dasar kulit mangga berdasarkan UV-Vis, FTIR, PL, dan TEM?
3. Bagaimana pengaruh absorben C-dots kulit buah mangga terhadap pemurnian biogas berdasarkan nilai uji kalor dan uji GC?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah

1. Mengetahui sintesis material C-dots berbahan dasar kulit buah mangga dengan pemanasan *oven*.
2. Mengetahui perbedaan karakteristik variasi konsentrasi C-dots berbahan dasar kulit buah mangga berdasarkan uji UV-Vis, FTIR, PL, dan TEM.
3. Mengetahui perbedaan variasi konsentrasi absorben C-dots berbahan dasar kulit buah mangga sebelum dan sesudah pemurnian biogas dilihat dari pengujian kalor dan GC.

## **F. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah

1. Bagi Mahasiswa

- a. Tersedianya bahan yang bermanfaat dengan nilai guna yang tinggi yang berasal dari limbah kulit mangga.
- b. Ikut serta dalam pengembangan nanomaterial C-dots.
- c. Sebagai referensi penelitian selanjutnya tentang pemanfaatan C-dots berbahan dasar limbah dalam pemurnian biogas.
- d. Memberikan solusi pengurangan kadar gas CO<sub>2</sub> dalam biogas guna menghasilkan gas CH<sub>4</sub> yang lebih optimal.

2. Bagi Universitas

Sebagai referensi penelitian tentang nanomaterial C-dots untuk kemudian dapat dikembangkan lebih lanjut.

3. Bagi Masyarakat

Sebagai inovasi baru tentang pengembangan material C-dots dengan bahan yang mudah didapat dan melimpah.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Kajian Teori**

##### **1. Buah Mangga**



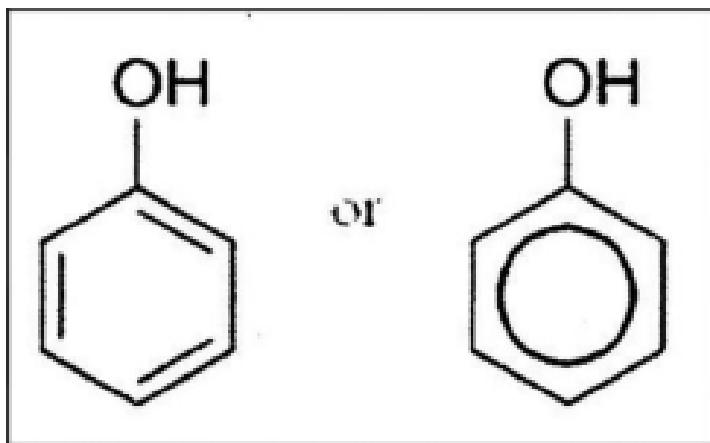
**Gambar 1.** Buah Mangga

Mangga berasal dari perbatasan India dengan Burma dan menyebar ke Asia Tenggara semenjak 1500 tahun yang lalu. Kini, tanaman ini tersebar di berbagai penjuru dunia termasuk Indonesia. Kata ‘mangga’ dibawa ke Eropa oleh orang-orang Portugis dan diserap menjadi *manga* (bahasa Portugis), *mango* (bahasa Inggris) dan lain-lain. Nama ilmiahnya yaitu *Mangifera Indica L.* yang mengandung arti ‘pohon yang berbuah mangga’. Berikut beberapa klasifikasi ilmiah dari buah mangga, yaitu:

Kingdom : Plantae  
Filum : Magnoliophyta  
Kelas : Magnoliopsida  
Ordo : Sapindales  
Famili : Anacardiaceae  
Genus : *Mangifera*  
Spesies : *Mangifera Indica L.*

Buah Mangga dapat tumbuh dengan baik di dataran rendah dan berhawa panas. Akan tetapi, ada juga yang dapat tumbuh di daerah yang memiliki ketinggian hingga 600 meter di atas permukaan laut. Mangga mempunyai ciri kulit buah agak tebal berbintik-bintik kelenjar, berwarna hijau, kekuningan atau kemerahan bila masak. Ekstrak dari kulit mangga ini dapat digunakan sebagai antioksidan yang baik karena mengandung polifenol, antosianin, dan karetenoid (Rizaq, 2017).

Polifenol itu sendiri merupakan senyawa turunan fenol yang mempunyai aktivitas sebagai antioksidan. Senyawa fenol memiliki ciri, yaitu: memiliki cincin aromatik yang mengandung satu atau dua gugus hidroksi dan bersifat mudah larut dalam air. Senyawa fenolik banyak terkandung dalam tanaman, seperti pada buah, sayur, kulit buah, batang tanaman, daun, biji, dan bunga. Struktur umum dari fenolik dapat diamat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Struktur Umum Fenolik (Rizaq, 2017)

Antosianin merupakan sub-tipe senyawa organik dari keluarga flavonoid dan merupakan anggota kelompok senyawa yang lebih besar yaitu polifenol (kumpulan rantai fenol). Ikatan terkonjugasi dari antosianin menjadi antioksidan dengan penangkapan radikal bebas yang akhirnya dapat menghambat proses oksidasi. Antosianin merupakan zat warna alami yang bersifat sebagai antioksidan yang terdapat dalam tumbuh-tumbuhan. Lebih dari 300 struktur antosianin yang telah ditemukan telah diidentifikasi secara alami. Antosianin adalah pigmen dari kelompok flavonoid yang larut dalam air, berwarna merah sampai biru, dan tersebar luas pada tanaman.

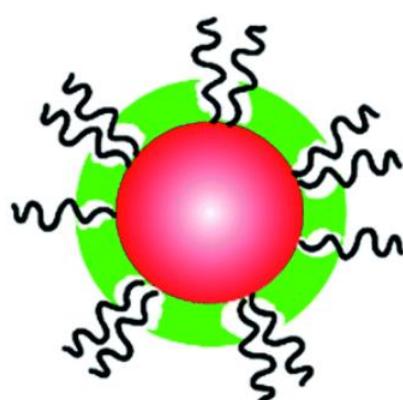
Para ahli meyakini mangga adalah sumber karetinoid yang disebut *beta crytoxanthin*, yaitu bahan penumpas kanker yang baik. Mangga juga kaya vitamin, antioksidan seperti vitamin C dan E. Kulit buah mangga juga mengandung senyawa flavonoid. Kandungan flavonoid dalam kulit mangga yang mempunyai gugus hidroksi bebas dapat menghambat aktivitas sitokrom.

Flavonoid adalah kelompok senyawa fenol terbesar yang ditemukan di alam, memiliki potensi sebagai antioksidan, serta bioaktivitas sebagai obat.

Senyawa flavonoid sebenarnya terdapat pada semua bagian tumbuhan termasuk daun, akar, kayu, kulit, tepung sari, bunga, buah, dan biji. Maka sangat dimungkinkan kulit mangga dapat dimanfaatkan menjadi material dengan daya guna tinggi. Salah satunya adalah bahan dasar pembuatan C-dots sebagai absorben pada biogas.

## 2. Carbon-dot (C-dots)

C-dots merupakan kelas nanopartikel 0 dimensi dengan ukuran di bawah 10 nm, memiliki kerangka karbon  $sp^2$ , dan permukaannya dilapisi dengan kelompok yang mengandung oksigen, polimer, atau spesies lainnya (Bao *et. al*, 2015). C-dots dengan fotostabilitasnya yang tinggi, biokompatibilitas yang baik, preparasi yang mudah, serta sifat optik yang unik berpotensi sebagai pengganti *semiconductor quantum dots* (QDs) dalam berbagai macam aplikasi seperti *biomedical imaging, analyte detection, full color display* dan *light-emitting devices* (LED) (Bao *et al*, 2015). Gambar 3 berikut ini menunjukkan bentuk atau gambaran dari C-dots.

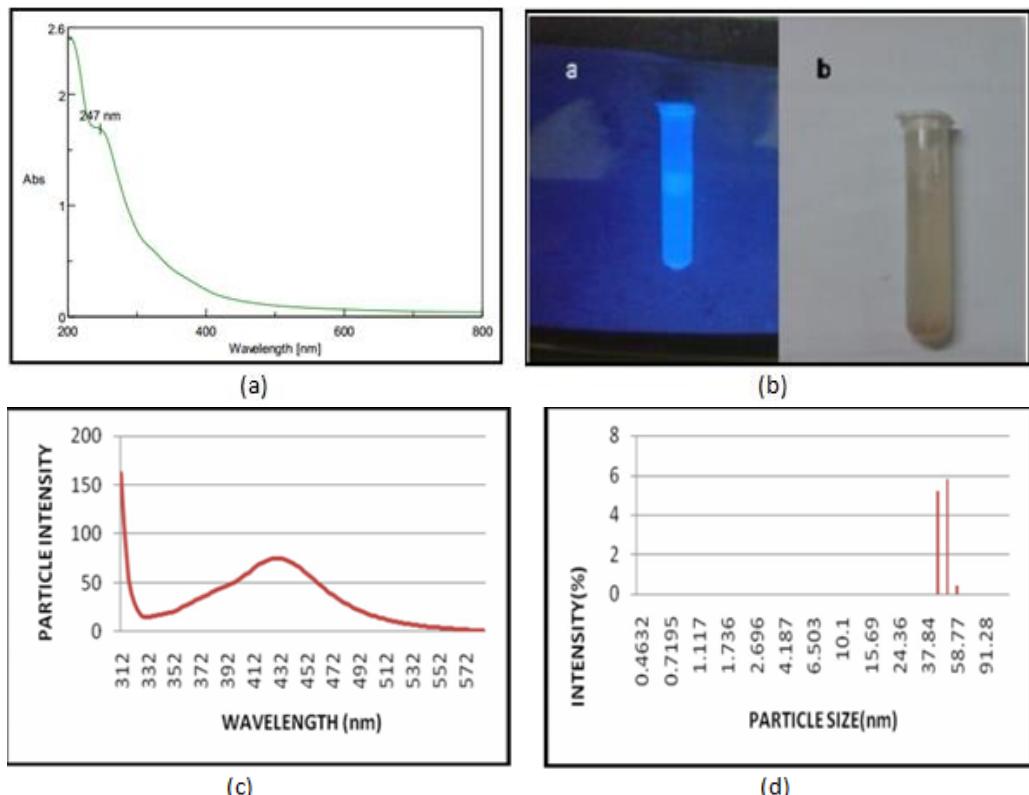


**Gambar 3.** Bentuk dari C-dots (Liu *et al*, 2015).

Dalam beberapa tahun terakhir, banyak metode sintesis yang telah dikembangkan. Metode sintesis yang berbeda menyebabkan perbedaan inti karbogenik (*carbogenic core*) dan struktur permukaan (*surface structure*) dari C-dots seiring dengan perbedaan karakteristik yang terkait dengan komposisi, luminesensi, fungsionalisasi, bio-kompatibilitas, pasivasi permukaan, dan sebagainya. Metode sintesis yang berbeda dengan menggunakan prekursor yang berbeda juga menghasilkan kadar karbon, oksigen, dan nitrogen yang berbeda, dengan gugus fungsi yang berbeda, dan karena itu menghasilkan perbedaan permukaan dan sifat fungsional lainnya.

C-dots yang disintesis menggunakan berbagai metode ditemukan dalam bentuk karbon *amorf*, *nanocrystalline graphitic* atau *turbostatic* ( $sp^2$  *carbon*), sampai berlian seperti struktur inti ( $sp^3$  *carbon*). Beberapa rute sintesis juga melibatkan pasivasi permukaan, melalui agen pasivasi seperti poli (etilen glikol) (PEG), poli (propionylethylenimine-co-ethylenimine) (PPEI-EI), dan lain-lain, yang penting dalam peningkatan fluoresensi, fungsionalisasi, kelarutan, dan lain-lain (Soni dan Maria, 2016).

Berikut merupakan hasil karakterisasi C-dots menggunakan spektrofotometri UV-Vis, sinar UV, *fluorescence emission spectra*, dan *particle size distribution* pada kulit mangga menggunakan metode *Hydrothermal* (Sarada *et al*, 2015).



**Gambar 4.** Karakteristik C-dots menggunakan berbagai instrumen (Sarada *et al.*, 2015).

Ciri dari C-dots adalah luminisensi. Luminisensi merupakan fenomena fisika berupa pancaran yang melibatkan penyerapan energi dan emisi cahaya. C-dots yang telah disintesis memiliki karakteristik luminisensi dapat dilihat pada sumber eksitasi sinar UV. Sinar UV yang diserap mampu membangkitkan elektron dan menghasilkan cahaya yang disebabkan oleh elektron yang mengalami proses rekombinasi (deeksitasi) karena elektron bergabung kembali dengan *hole* sehingga *hole* menjadi hilang. Proses deeksitasi ini melepaskan energi berupa panas atau pemancaran cahaya. Deeksitasi yang disertai pelepasan panas disebut transisi tanpa radiasi, sedangkan deeksitasi disertai pemancaran gelombang elektromagnetik disebut transisi radiatif (Rahmayanti, 2015). Pada

transisi radiatif, energi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan kira-kira sama dengan lebar celah pita energi (Bilqis, 2017).

### **3. *Oven***

*Oven* adalah alat untuk memanaskan, memanggang, dan mengeringkan. (Saputra dan Ningrum, 2010). *Oven* dapat digunakan sebagai pengering apabila dikombinasi pemanas dengan *humidity* rendah dan pada sirkulasi udara yang cukup. Kecepatan pengeringan tergantung dari tebal bahan yang dikeringkan. Penggunaan *oven* biasanya digunakan untuk skala kecil. *Oven* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *oven* elektrik yaitu *oven* yang terdiri dari beberapa *tray* di dalamnya, serta memiliki sirkulasi udara di dalamnya. Kelebihan dari *oven* adalah dapat dipertahankan dan diatur suhunya. Bahan yang akan dikeringkan diletakkan pada *tray-tray*-nya. (Troftgruben, 1984; Harrison, 2000).

*Oven* listrik menggunakan prinsip kerja pemanasan secara konduksi dan konveksi. Pada bagian dalam *oven* 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 saklar 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.

#### **4. Biogas**

Biogas dihasilkan melalui proses fermentasi limbah organik seperti sampah, sisa-sisa makanan, kotoran hewan, dan limbah industri makanan. Adapun unsur-unsur yang terkandung dalam biogas, yaitu: gas metana ( $\text{CH}_4$ ), gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), gas oksigen ( $\text{O}_2$ ), gas hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ), dan gas karbon monoksida ( $\text{CO}$ ). Dari semua unsur tersebut yang berperan dalam menentukan kualitas biogas, yaitu:  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$ . Bila kadar  $\text{CH}_4$  tinggi maka biogas tersebut akan memiliki nilai kalor yang tinggi. Sebaliknya, jika kadar  $\text{CO}_2$  yang tinggi maka akan mengakibatkan nilai kalor biogas tersebut rendah. Maka dari itu, untuk meningkatkan nilai kalor biogas maka kadar gas  $\text{CO}_2$  harus rendah.

Kandungan gas  $\text{CH}_4$  dari biogas dapat ditingkatkan dengan cara memisahkan gas  $\text{CO}_2$  dan gas  $\text{H}_2\text{S}$  yang bersifat korosif dari biogas. Biogas dapat dijadikan sebagai bahan bakar karena mengandung gas  $\text{CH}_4$  dengan persentase yang cukup tinggi dan titik nyala sebesar  $645^\circ\text{C} - 750^\circ\text{C}$ . Komponen biogas selengkapnya dapat diamati pada Tabel 1.

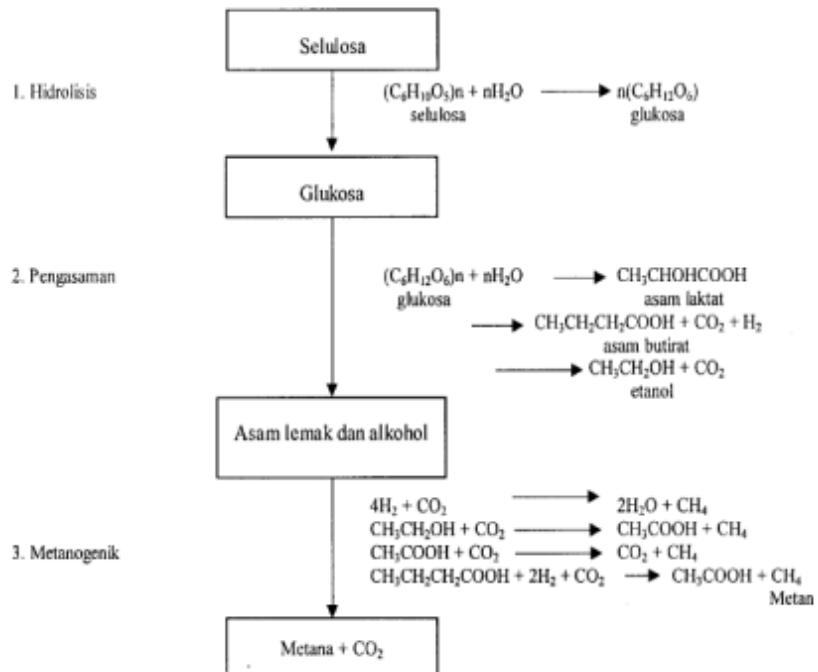
**Tabel 1.** Kandungan pada Biogas (Harsono, 2013)

| No | Jenis Gas        | Jumlah (%)  |
|----|------------------|-------------|
| 1. | CO <sub>2</sub>  | 54,0 - 70,0 |
| 2. | H <sub>2</sub> O | 27,0 - 45,0 |
| 3. | H <sub>2</sub> S | 0,3         |
| 4. | N <sub>2</sub>   | 0,0 - 3,0   |
| 5. | H <sub>2</sub>   | 0,5 – 3     |

Menurut Haryati (2006), pembentukan biogas oleh mikroba pada kondisi anaerob meliputi tiga tahap proses, yaitu:

1. Hidrolisis

Pada tahap ini terjadi penguraian bahan-bahan organik yang mudah larut kemudian menjadi bentuk lebih sederhana, seperti perubahan struktur bentuk *polimer* menjadi bentuk *monomer*. Gambar beikut menunjukkan alur pembentukan biogas oleh mikroba.



**Gambar 5.** Diagram alur pembentukan fermentasi anareobik (Haryati, 2006).

## 2. Pengasaman

Pada tahap ini komponen *monomer* yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam. Produk akhir dari perombakan gula-gula sederhana ini yaitu astat propinat, format, laktat, alkohol dan sedikit butirat, CO<sub>2</sub>, hidrogen, dan ammonia.

## 3. Metanogenik

Pada tahapan ini terjadi proses pembentukan gas CH<sub>4</sub>. Bakteri pereduksi sulfat juga terdapat dalam proses ini, yaitu mereduksi sulfat dan komponen sulfur lainnya menjadi sulfur sulfida. Bakteri metanogenik tidak aktif pada suhu yang sangat tinggi atau rendah. Suhu optimumnya yaitu 35° C. Jika suhunya turun menjadi 10° C maka produksi biogas akan berhenti. Produksi yang ideal berada pada daerah mesofilik yaitu antara 25 °C – 30 °C. Biogas yang dihasilkan di luar kondisi tersebut mempunyai kandungan karbon yang lebih tinggi (Hamidi, 2011 dan Harsono, 2013).

## 5. 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 ada. Impuritas yang berpengaruh terhadap nilai kalor atau panas adalah CO<sub>2</sub>. Keberadaan CO<sub>2</sub> dalam biogas sangat tidak diinginkan karena semakin tinggi kadar CO<sub>2</sub> dalam biogas maka semakin rendah nilai kalor biogas dan akan mengganggu proses pembakaran (Hamidi, 2011 dan Harsono, 2013)

Pemurnian biogas dimaksudkan sebagai upaya untuk menghilangkan unsur-unsur penghambat (*impurity*) yang terkandung dalam biogas, seperti unsur  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  dan partikulat lainnya. Hal ini disinyalir mempunyai pengaruh besar terhadap nilai kalor atau panas yang dihasilkan oleh biogas. Unsur-unsur tersebut di atas dapat mengganggu proses pembakaran. Dengan hilangnya unsur-unsur tersebut, diharapkan dapat dihasilkan biogas dengan kualitas yang lebih baik setelah pemurnian, yaitu biogas dengan kualitas mendekati *biometana* (biogas yang mendekati metana murni). Proses pemurnian biogas dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya menggunakan proses absorpsi dan kolom *biofilter*. Secara umum, pemurnian biogas dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu:

### 1. Absorpsi

Absorpsi adalah pemisahan suatu gas tertentu dari campuran gas-gas lain dengan cara pemindahan massa ke dalam suatu cairan. Hal ini dilakukan dengan cara mengantarkan dan mengontakkan aliran gas dengan cairan yang mempunyai selektivitas pelarut yang berbeda dari gas yang akan dipisahkannya.

### 2. Absorpsi pada permukaan zat padat

Pada proses absorpsi permukaan zat padat melibatkan transfer zat terlarut dalam gas menuju ke permukaan zat padat, dimana proses transfer digerakkan oleh gaya Van der Waals. *Absorben* yang digunakan berbentuk granular yang mempunyai luas permukaan besar tiap satuan volume. Pemurnian gas dapat menggunakan padatan yang berupa silika, alumina, karbon (arang aktif) atau silikat yang dikenal dengan nama *molecular sieve*.

### 3. Pemisahan secara kriogenik

Kriogenik merupakan salah satu metode pemurnian yang melibatkan campuran gas dengan kondensasi fraksional dan destilasi pada suhu rendah. Dalam proses kriogenik, *crude* biogas ditekan hingga mencapai 80 bar. Proses kompresi ini berjalan secara *multistage* dengan *intercooler*, dimana biogas bertekanan kemudian dikeringkan untuk menghindari terjadinya pembekuan selama proses pendinginan berlangsung. Kemudian biogas didinginkan oleh *chiller* dan *heat exchanger* hingga (45°C).

### 4. Pemisahan dengan membran

Pada metode ini beberapa komponen atau campuran dari gas yang ditransportasikan melalui lapisan tipis atau membran (< 1 mm). Transportasi tiap komponen dikendalikan oleh perbedaan tekanan parsial pada membran dan *permeabilitas* tiap komponen dalam membran. Untuk mencapai gas metana dengan kemurnian yang tinggi maka *permeabilitas* membran harus tinggi pula.

## 6. Pengujian Kalor

Kalor adalah suatu bentuk energi yang secara alamiah dapat berpindah dari benda yang suhunya tinggi menuju suhu yang lebih rendah. Kalor juga dapat berpindah dari suhu rendah ke suhu yang lebih tinggi jika dibantu dengan alat, yaitu mesin pendingin. Persamaan energi kalor yaitu:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (1)$$

dimana Q adalah kalor yang diperlukan (kal), m adalah massa benda (kg), C adalah kalor jenis air (kal/kg °C), dan  $\Delta T$  adalah perubahan suhu (°C)

Nilai kalor pada biogas merupakan energi yang terkandung dalam biogas dan bergantung dari konsentrasi CH<sub>4</sub>. Semakin tinggi kandungan CH<sub>4</sub> maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan CH<sub>4</sub> semakin kecil nilai kalor. Kualitas biogas dapat ditingkatkan dengan memperlakukan beberapa parameter, yaitu menghilangkan H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O, dan CO<sub>2</sub>. H<sub>2</sub>S mengandung racun dan zat yang menyebabkan gas yang berbahaya sehingga konsentrasi yang diijinkan maksimal 5 ppm. Bila gas dibakar H<sub>2</sub>S akan lebih berbahaya karena akan membentuk senyawa baru bersama-sama O<sub>2</sub> dan SO<sub>2</sub>/SO<sub>3</sub>. Senyawa ini lebih beracun. Pada saat yang sama akan membentuk H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> suatu senyawa yang lebih korosif. Parameter kedua adalah menghilangkan kandungan CO<sub>2</sub> yang memiliki tujuan untuk meningkatkan kualitas sehingga gas dapat digunakan untuk bahan bakar kendaraan. Kandungan air dalam biogas akan menurunkan titik penyalakan api pada biogas serta dapat menimbulkan korosif (Widodo, 2015).

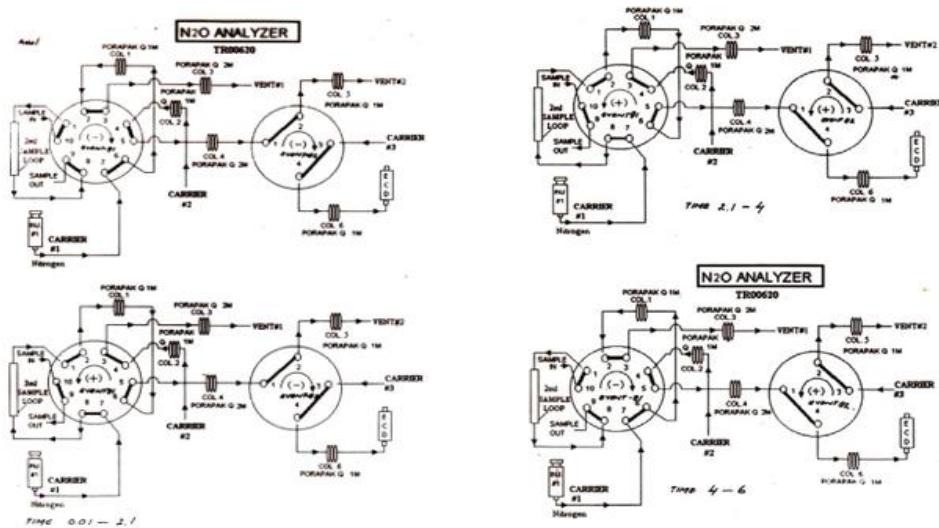
## 7. Gas Kromatografi

Gas 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). Menurut Widada (2000) terdapat tiga bagian terpenting dari alat kromatografi gas yaitu gerbang injeksi (*injection port*), kolom pemanas (*oven column*), dan detektor (*detector*). Pada tiga bagian tersebut

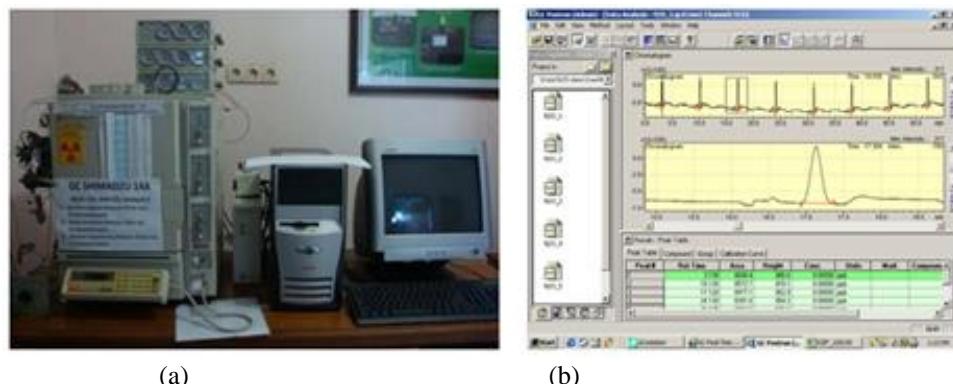
pengaturan suhu mempunyai peran yang penting dalam proses analisis. GC menggunakan gas pembawa (*carrier gas*) *ultra high purity* 99,999% (UHP). Jenis pengujian GC yang digunakan adalah GC shimadzu 14A.

GC Shimadzu 14A dilengkapi dengan tiga detektor, yaitu: *flame ionization detector* (FID) untuk analisis gas CH<sub>4</sub>, *electron capture detector* (ECD) untuk analisis gas N<sub>2</sub>O dan *thermal conductivity detector* (TCD) untuk analisis CO<sub>2</sub>. Selain dilengkapi 3 jenis detektor GC juga dilengkapi dengan tiga kolom (*capillary column*) yang terbuat dari *stainless steel*. Kolom untuk analisis gas N<sub>2</sub>O lebih kompleks dibandingkan dengan detektor yang lain (Gambar 7). *Carrier gas* yang digunakan untuk ECD dan TCD adalah N<sub>2</sub>, sedangkan untuk FID adalah N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, dan udara tekan. Walaupun memiliki tiga jenis detektor tetapi sistem kerjanya terpisah sehingga analisis gas tidak dapat dilakukan secara bersamaan.

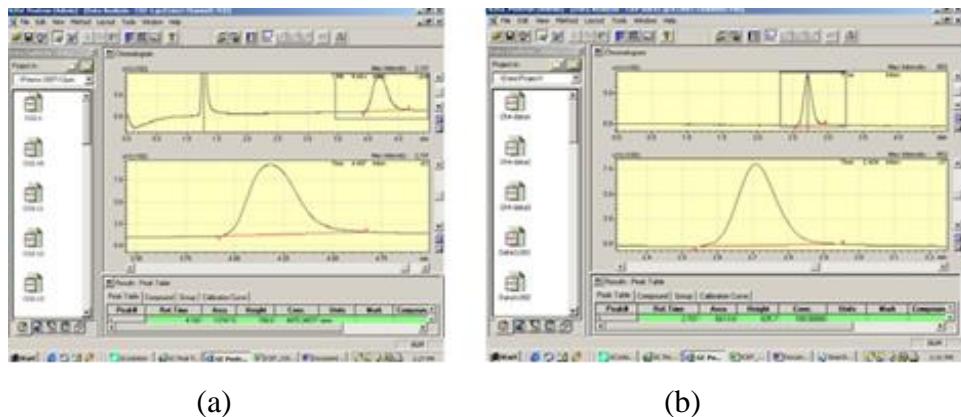
Waktu yang dibutuhkan untuk analisis satu sampel berbeda-beda. Waktu yang dibutuhkan untuk analisis CH<sub>4</sub> selama 5 menit, analisis N<sub>2</sub>O selama 7 menit, dan analisis CO<sub>2</sub> selama 5 menit dengan volume sampel sebanyak 2 ml. Hasil analisa berupa *peak* yang diinterpretasikan dalam bentuk area atau luasan (tanpa satuan) dan konsentrasi (ppm/ppb).



**Gambar 6.** Proses dan alur analisis gas N<sub>2</sub>O dalam kolom pada GC 14A (Titi dan Terry, 2012).



**Gambar 7.** (a) GC Shimadzu 14 A dan (b) contoh hasil analisis gas N<sub>2</sub>O (Titi dan Terry, 2012).



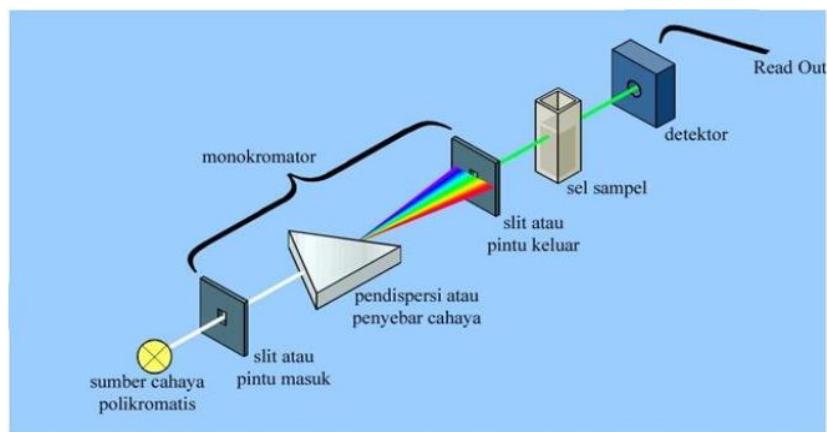
**Gambar 8.** (a) Contoh hasil analisa gas CO<sub>2</sub> dan (b) Analisa gas CH<sub>4</sub> (Titi dan Terry, 2012).

## 8. Spektrofotometer UV-Vis

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

Radiasi UV-Vis yang diabsorbsi oleh bahan akan mengakibatkan terjadinya transisi elektronik. Elektron-elektron dari orbital dasar akan tereksitasi

ke orbital yang lebih tinggi. Apabila radiasi atau cahaya putih dilewatkan pada suatu material, maka radiasi dengan panjang gelombang tertentu akan diserap (absorpsi) secara selektif dan radiasi lainnya akan diteruskan (transmisi). Diagram sederhana UV-Vis dapat dilihat pada Gambar 9 (Efelina, 2015). Hasil dari karakteriasi menggunakan UV-Vis adalah grafik hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang.



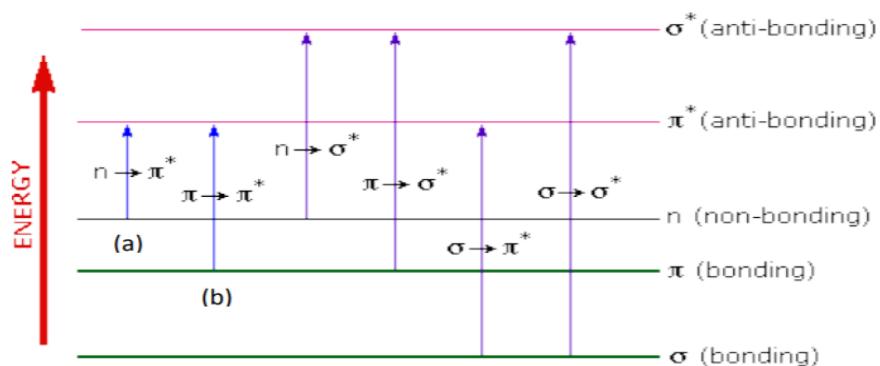
**Gambar 9.** Prinsip Kerja Spektrofotometer UV-Vis  
(Owen, 2010)

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-electron 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).

C-dots yang disintesis dengan metode yang berbeda memiliki sifat optik yang berbeda dan berbeda pula penjelasan absorbansinya. Absorbsi oleh C-dots diamati pada rentang UV, yang mana menunjukkan transisi dari *core* dan *surface*

state,  $n - \pi^*$  C = O dan  $\pi - \pi^*$  C = C, gugus fungsi dan atau efek ukuran kuantum. C-dots yang disintesis dengan metode fisika dan kimia menunjukkan satu atau dua puncak absorbansi pada 260 nm - 360 nm dalam rentang UV untuk Spektroskopi UV-Vis (Soni dan Maria, 2016).

Transisi elektron terjadi akibat adanya penyerapan gelombang cahaya atau elektromagnetik oleh sampel. Transisi yang meliputi elektron  $\pi$ ,  $\sigma$ , dan  $n$  terjadi pada molekul organik dan sebagian kecil anion anorganik. Molekul tersebut mengabsorbsi cahaya elektromagnetik karena adanya elektron valensi, yang akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi (Kristianingrum, 2016). Diagram yang menunjukkan berbagai jenis eksitasi elektronik (transisi elektron) yang mungkin terjadi pada molekul organik.

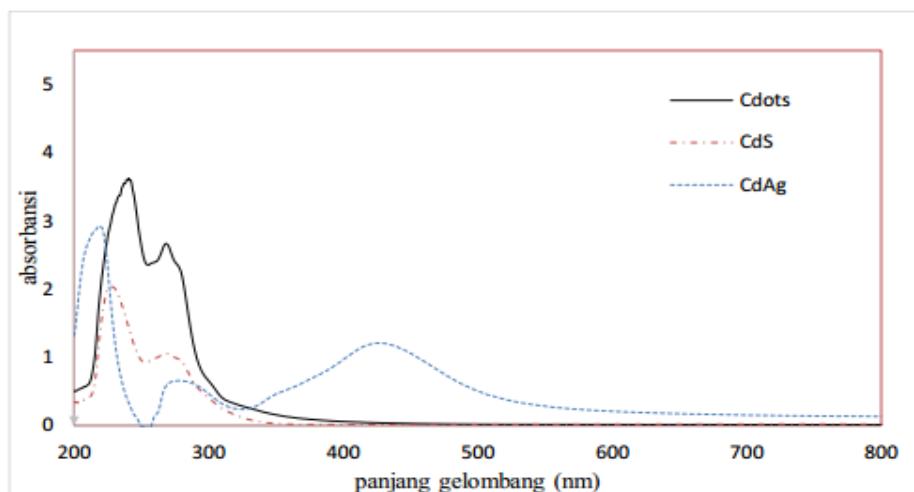


**Gambar 10.** Jenis-jenis eksitasi elektronik  
(Bilqis, 2017).

Dari enam transisi yang diuraikan, hanya dua energi terendah [panah (a) dan (b)] yang dicapai oleh energi yang tersedia di spektrum 200 sampai 800 nm. Sebagai aturan, kenaikan elektron akan berasal dari orbital molekuler yang

diduduki tertinggi (HOMO) ke orbital molekul kosong yang paling rendah (LUMO), dan spesies yang dihasilkan disebut keadaan tereksitasi (Bilqis, 2017).

Ketika molekul sampel terkena cahaya yang memiliki energi yang sesuai dengan transisi elektronik yang mungkin terjadi di dalam molekul, sebagian energi cahaya akan diserap saat elektron dinaikkan ke orbital energi yang lebih tinggi. Sebuah spektrometer optik mencatat panjang gelombang di mana penyerapan (absorbsi) terjadi, bersamaan dengan tingkat penyerapan (absorbsi) pada setiap panjang gelombang. Spektrum yang dihasilkan grafik absorbansi (A) versus panjang gelombang (Kukuh, 2019). Berikut salah satu contoh hasil karakterisasi UV-Vis menggunakan metode penggorengan C-dots, CdS, CdAg (Afrizal, 2018).



**Gambar 11.** Hasil uji UV-vis C-dots, CdS, CdAg (Afrizal, 2018).

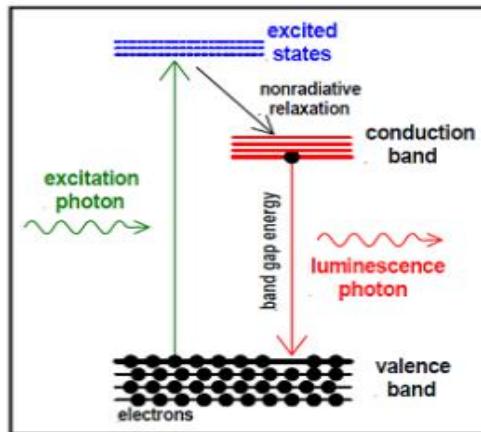
Pada penelitian yang dilakukan Afrizal (2018) didapatkan dua puncak utama, yaitu: panjang gelombang 268,00 nm dan 242,00 nm. Keadaan transisi itu adalah  $\pi - \pi^*$  serta adanya konjugasi dalam struktur C-dots (Nisa, 2014). Selain

itu, C-dots yang telah disintesis dapat dikatakan berhasil karena terdapat puncak 268,00 nm.

## **9. Photoluminescence (PL)**

Luminesens (*luminescence*) merupakan fenomena emisi cahaya oleh suatu zat. Untuk dapat berlangsungnya proses luminesens harus menggunakan sumber eksitasi seperti lampu UV atau laser. Luminisensi 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. Luminisensi terjadi ketika elektron pada material target kembali ke keadaan dasarnya setelah dieksitasi oleh energi dari sumber eksitasi dan kehilangan energi sebagai foton seperti diilustrasikan pada Gambar 15 (Kurniawan, 2008).

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

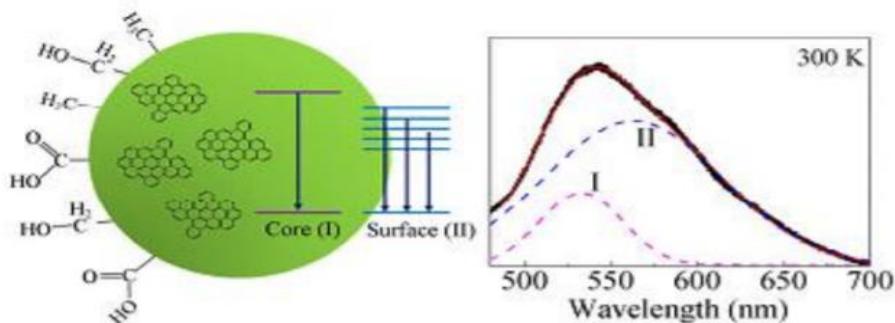


**Gambar 12.** Prinsip Spektroskopi PL  
(Patel, 2015)

Prinsip dasar spektroskopi luminesens 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 luminesens. Dalam kasus fotoeksitasi, luminesens ini disebut *photoluminescence*. Jadi, PL adalah emisi cahaya spontan dari bahan di bawah eksitasi optik. Cahaya ini dapat dikumpulkan dan dianalisis secara spektral, spasial dan juga temporal. Intensitas dan kandungan spektral dari PL ini adalah ukuran langsung dari berbagai sifat material penting (Patel, 2015).

Spektrum PL berbeda dengan spektrum 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. Salah satu contoh hasil karakterisasi PL yang berhubungan dengan struktur C-dots berupa *core* dan *surface state*.



**Gambar 13.** Dua pita fluoresensi yang diamati dalam C-dots, yang juga dapat dikaitkan dengan emisi *core* dan *surface state* (Zhu *et al*, 2015).

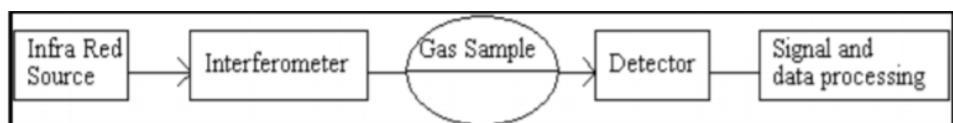
## 10. Fourier Transform InfraRed (FTIR)

Spektroskopi inframerah merupakan teknik penting dalam kimia organik. Ini adalah sebuah cara yang mudah untuk mengidentifikasi adanya gugus fungsi tertentu dalam sebuah molekul. Alat ini juga menggunakan koleksi unik dari pita absorpsi untuk mengkonfirmasi identitas dari senyawa murni atau untuk mendeteksi adanya kotoran tertentu. Analisis dengan spektroskopi inframerah (*infrared spectroscopy*) didasarkan pada fakta bahwa molekul memiliki frekuensi pada getaran internal tertentu. Frekuensi ini terjadi di daerah inframerah dari spektrum elektromagnetik:  $\sim 4000 \text{ cm}^{-1}$  sampai  $\sim 200 \text{ cm}^{-1}$  (Patel, 2015).

Ketika sampel diletakkan di berkas radiasi inframerah, sampel akan menyerap radiasi pada frekuensi yang sesuai dengan frekuensi getaran molekul, tapi akan mengirimkan semua frekuensi lainnya. Frekuensi radiasi yang diserap

diukur dengan spektrometer inframerah, dan hasil plot dari energi yang diserap vs frekuensi disebut spektrum inframerah material. Identifikasi suatu zat dimungkinkan karena bahan yang berbeda memiliki getaran yang berbeda dan menghasilkan spektrum inframerah yang berbeda. Selanjutnya, dari frekuensi penyerapannya memungkinkan untuk menentukan apakah berbagai gugus kimia ada atau tidak ada dalam struktur kimia (Patel, 2015).

Komponen dasar FTIR diperlihatkan secara skematis pada Gambar 17. Sumber inframerah memancarkan pita lebar dengan panjang gelombang radiasi inframerah yang berbeda. Radiasi IR (*infrared*) melewati interferometer yang memodulasi radiasi inframerah. Interferometer melakukan transformasi *Fourier invers* optik saat masuk radiasi inframerah. Sinar IR termodulasi melewati sampel gas dimana diserap ke berbagai luapan pada panjang gelombang yang berbeda oleh berbagai molekul yang ada. Akhirnya, intensitas sinar IR terdeteksi oleh detektor, yang merupakan nitrogen cair yang didinginkan, yakni *Mercury-Cadmium-Telluride* (MCT) detektor. Sinyal yang terdeteksi didigitalkan dan dilakukan transformasi *Fourier* oleh komputer untuk mendapatkan spektrum IR dari gas sampel (Patel, 2015).



**Gambar 14.** Komponen dasar FTIR (Patel, 2015)

Daerah FTIR dapat dibagi menjadi empat daerah, seperti terlihat pada Tabel 2.2 (Nugraha, 2008). Untuk memperoleh interpretasi lebih jelas dibutuhkan tabel korelasi dari inframerah yang dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

**Tabel 2.** Pembagian daerah berdasarkan jenis ikatan.

| Rentang (cm <sup>-1</sup> ) | Jenis ikatan                      |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 3700-2500                   | Ikatan tunggal ke hydrogen        |
| 2300-2000                   | Ikatan rangkap tiga               |
| 1900-1500                   | Ikatan rangkap dua                |
| 1400-650                    | Ikatan tunggal selain ke hydrogen |

**Tabel 3.** Korelasi bilangan gelombang dengan jenis ikatan.

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

Bila radiasi IR dilewatkan melalui suatu cuplikan, maka molekul-molekulnya dapat menyerap (mengabsorpsi) energi dan terjadilah transisi diantara tingkat vibrasi (*ground state*) dan tingkat vibrasi tereksitasi (*excited state*). Pengabsorpsian energi pada berbagai frekuensi dapat dideteksi oleh

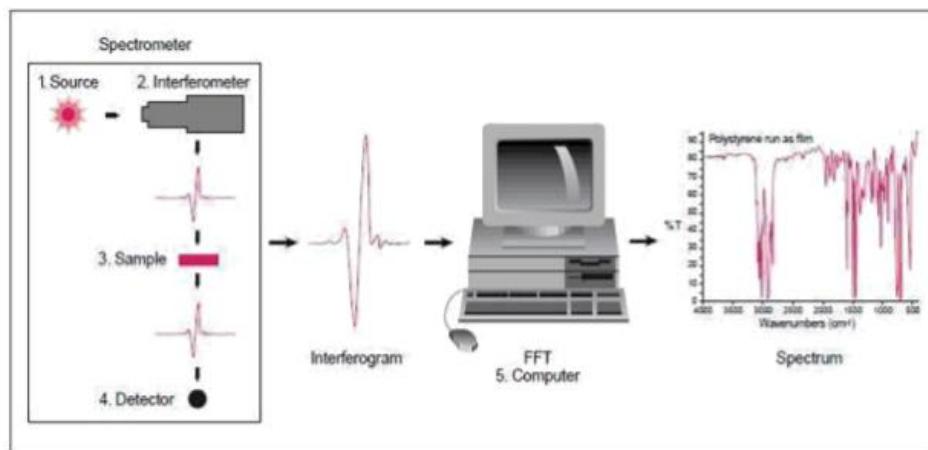
spektrofotometer IR yang memplot jumlah radiasi IR yang diteruskan melalui cuplikan sebagai fungsi frekuensi (atau panjang gelombang) radiasi. Plot tersebut adalah spektrum IR yang memberikan informasi penting tentang gugus fungsional suatu molekul (Kristianingrum, 2014).

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

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

- a. Sumber sinar, yang terbuat dari filamen *Verst* yang dipanaskan menggunakan listrik hingga suhu 1000 - 1800 °C.
- b. *Beam splitter*, berupa material transparan dengan indeks relatif, sehingga menghasilkan 50% radiasi akan direfleksikan dan 50% radiasi akan diteruskan.
- c. Interferometer, merupakan bagian utama dari FTIR yang berfungsi untuk membentuk interferogram yang akan diteruskan menuju detektor.

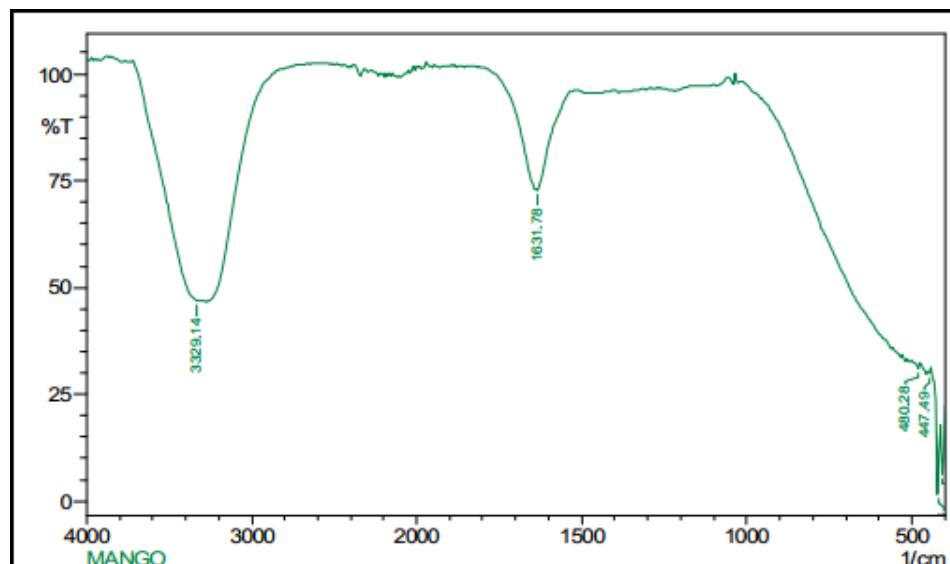
- d. Daerah cuplikan, dimana berkas acuan dan cuplikan masuk ke dalam daerah cuplikan dan masing-masing menembus sel acuan dan cuplikan secara bersesuaian.
- e. Detektor, merupakan piranti yang mengukur energi pancaran yang lewat akibat panas yang dihasilkan. Detektor yang sering digunakan adalah termokopel dan balometer.



**Gambar 15.** Instrumen spektrofotometer FTIR (Kukuh, 2019)

Mekanisme yang terjadi pada alat FTIR dapat dijelaskan sebagai berikut. Sinar yang datang dari sumber sinar akan diteruskan, dan kemudian akan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian sinar yang saling tegak lurus. Sinar ini kemudian dipantulkan oleh dua cermin yaitu cermin diam dan cermin bergerak. Sinar hasil pantulan kedua cermin akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber. Gerakan cermin yang maju mundur akan menyebabkan sinar yang sampai pada detektor akan berfluktuasi.

Fluktuasi sinar yang sampai pada detektor ini akan menghasilkan sinyal pada detektor yang disebut interferogram. Interferogram ini akan diubah menjadi spektra IR dengan bantuan komputer berdasarkan operasi matematika (Tahid, 1994). Berikut merupakan hasil karakterisasi C-dots kulit mangga menggunakan FTIR hasil penelitian milik Sarada *et al* (2015).



**Gambar 16.** Hasil uji FTIR C-dots kulit mangga (sarada *et al*, 2015).

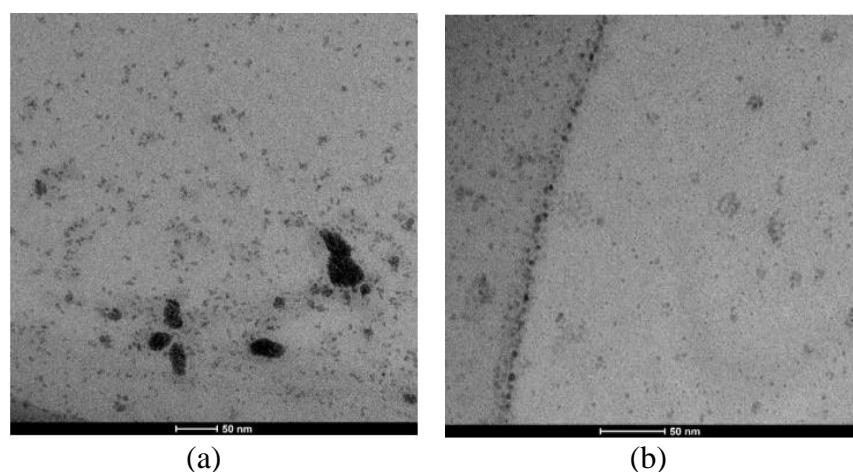
Pada penelitian yang dilakukan oleh sarada *et al*, (2015) menunjukkan bahwa didalam C-dots kulit mangga terdapat gugus O–H pada bilangan gelombang  $3329,14\text{ cm}^{-1}$  dan C=O pada bilangan gelombang  $1631,78\text{ cm}^{-1}$  .

## **11. *Transmission Electron Microscope (TEM)***

TEM adalah alat yang paling teliti yang digunakan untuk menentukan ukuran partikel karena resolusinya yang 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, berinteraksi dengan sampel saat melewatinya. 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 dengan 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" sampel 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 mempersiakan 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* akan 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, dengan rincian yang dikenali terkait dengan contoh mikrostruktur. Dalam mode difraksi, pola difraksi elektron diperoleh pada layar neon, yang berasal dari area sampel yang diterangi oleh berkas elektron. Pola difraksi seluruhnya sama dengan pola difraksi sinar-X. Kristal akan menghasilkan pola berbintik pada layar dan polikristal akan menghasilkan bubuk atau pola cincin. Struktur mikro, misalnya ukuran butir, dan cacat kisi dipelajari menggunakan mode gambar, sedangkan struktur kristal dipelajari dengan mode difraksi (Patel, 2015). Berikut merupakan hasil penelitian Bilqis, (2017) yang menggunakan karakterisasi TEM C-dots berbahan dasar larutan gula pasir.



**Gambar 17.** Hasil pengujian TEM C-dots larutan gula pasir dengan metode (a) *hydrothermal* dan (b) *microwave* (Bilqis, 2017).

Pengukuran diameter C-dots dari hasil karakterisasi TEM dilakukan dengan cara sederhana. Dari gambar yang dihasilkan diambil 30 titik C-dots secara acak dan diukur diameter masing-masing (Bilqis, 2017). Pengukuran dilakukan menggunakan penggaris dengan perbesaran ukuran gambar 42% dari ukuran gambar asli. Hasil pengukuran diameter dicatat sebagai pengukuran diameter (cm) yang kemudian satuan dalam sentimeter (cm) diubah ke dalam satuan nanometer (nm). Garis yang menunjukkan skala pada bagian bawah gambar diukur panjangnya menggunakan penggaris dengan perbesaran ukuran gambar 42% dari ukuran gambar asli. 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 dalam rumus:

$$\text{Ukuran Diameter (nm)} = \frac{\text{pengukuran diameter (nm)} \times \text{skala (nm)}}{\text{Lebar Skala (nm)}} \quad (2)$$

Kemudian untuk dapat menghasilkan banyaknya presentase yang dihasilkan pada setiap ukuran tertentu C-dots yang dihasilkan. Dilakukan perhitungan statistic sederhana menggunakan rumus:

$$\text{Jumlah C-dots (\%)} = \frac{\text{Jumlah C-dots dengan ukuran yang sama}}{\text{Jumlah titik C-dots yang diukur}} \times 100 \quad (3)$$

## B. Kerangka Berpikir

Penelitian ini berfokus pada pemurnian biogas dengan absorben C-dots dari kulit buah mangga. Kulit mangga terlebih dahulu dibuat menjadi karbon melalui pemanasan *oven*, kemudian karbon dibuat menjadi material C-dots

dengan dilarutkan dalam akuades. Larutan C-dots kemudian dilewatkan pada biogas dengan variasi konsentrasi dengan lama waktu pemurnian selama 10 menit. Diharapkan C-dots dari kulit mangga dapat mengikat kandungan CO<sub>2</sub> dalam biogas. Karakterisasi C-dots dilakukan menggunakan UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM. Sedangkan, untuk mengetahui konsentrasi gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> dilakukan uji GC. Selain itu, untuk mengetahui kualitas gas yang dihasilkan setelah dimurnikan dilakukan uji kalor.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

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

##### 1. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2018 sampai Maret 2019.

##### 2. Tempat Penelitian

- a. Laboratorium Koloid lantai II Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA, UNY dilaksanakanya Sintesis C-dots berbahan dasar kulit mangga.
- b. Pusat Inovasi Argo Teknologi (PIAT), Universitas Gajah Mada (UGM), Sleman ,Yogyakarta, Pengambilan data pemurnian biogas dan Uji Kalor.
- c. Laboratorium Kimia Analitik lantai 2 Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Negeri Yogyakarta Pengujian bahan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.
- d. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (BALINGTAN), Pati Jawa Tengah, Pengujian bahan menggunakan Gas Cromatografi (GC).
- e. Laboratorium Fisika lantai 2 Universitas Gajah Mada, Yogyakarta Pengujian bahan menggunakan uji PL.
- f. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI ) puspitek, Banten, Tangerang Selatan, pengujian bahan menggunakan TEM.

## **B. Objek Penelitian**

Objek dari penelitian ini adalah kulit buah mangga yang disintesis menjadi C-dots dan kemudian digunakan sebagai absorben pada biogas.

## **C. Variabel Penelitian**

Variabel yang digunakan dalam penelitian adalah

### 1. Variabel Bebas

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

### 2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi akibat adanya variabel lain, yaitu: variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai kalor pembakaran dan konsentrasi  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$  dalam biogas.

### 3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dibuat sama sehingga tidak mempengaruhi variabel terikat. Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu: lama waktu pengovenan, suhu pada saat pengovenan, massa bahan, volume akuades, tekanan kompresor, sudut aliran gas dari kompresor, dan volume akuades pada alat pemurnian.

## **D. Jenis penelitian**

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui absorbansi pada gas CO<sub>2</sub> menggunakan nanomaterial C-dots berbahan dasar kulit mangga sebagai absorben pada biogas.

## **E. Alat dan Bahan**

Berbagai alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian dapat diberikan sebagai berikut. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu: (1) kompresor Mitzui 7 kgf; (2) kompor Biogas; (3) tabung gas 10 bar; (4) alat pemurni; (5) timbangan Lion Star 2 kg; (6) gelas ukur Herma 250 ml; (7) Suntikan 10 ml; (8) venojek Endo Indonesia 10 ml; (9) isolasi; (10) busur Buterfly180°; (11) balon; (12) termometer 100°; (13) panci; (14) regulator; (15) selang gas; (16) gunting; (17) *cutter*; (18) botol Ssampel; (19) kertas saring; (20) alumunium foil; (21) korek; (22) lilin; (23) botol 200R; (24) timbangan CAS SW-1A 25 kg; (25) obeng; (26) instalasi biogas; (27) *stopwatch*; (28) *tissue*; (29) label; (30) saringan; (31) *oven*; (32) loyang; (33) timbangan digital 2 kg; (34) alat penumbuk; dan (35) Selang biogas (36) Solder; (37) Lem Tembak; (38) Isolatip; (39) pipet tetes; (40) . Alat uji yang digunakan adalah (41) Spektrofotometer UV-VIS; (42) PL; (43) uji kalor; (44) FTIR; (45) Gas Chromatography; dan (46) TEM . Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuades dan limbah kulit mangga.

## **F. Prosedur Penelitian**

1. Sintesis Larutan C-dots menggunakan pemanasan *Oven*.
  - a. menyiapkan alat dan bahan.
  - b. memotong kecil-kecil kulit mangga.
  - c. menimbang kulit mangga yang telah dipotong sebanyak 80 gr menggunakan timbangan
  - d. Memansakan kulit mangga selama 30 menit dengan suhu 250° C dengan menggunakan *Oven*.
  - e. Menimbang massa bahan setelah dioven.
  - f. Menumbuk sampel dengan penumbuk sampai halus.
  - g. Menyaring arang yang telah ditumbuk menggunakan saringan.
  - h. Menimbang serbuk karbon yang telah disaring dengan masing – masing variasi massa 1, 2, 3, dan 6 gram menggunakan timbangan digital.
  - i. Menambahkan Akuades sebanyak 100 ml pada masing – masing variasi hingga tercampur.
  - j. Menyaring larutan C-dots menggunakan kertas saring.
  - k. Memasukan Larutan C-dots ke dalam botol sampel.
2. Proses pembuatan Alat instalasi Pemurni Biogas
  - a. Menyiapkan alat dan bahan.
  - b. Mengukur panjang, lebar, dan tinggi bak akuarium masing – masing 20,5 cm, 10 cm, dan 12 cm.
  - c. Mengukur panjang, lebar, dan tinggi tabung masing – masing.

- d. Melubangi tutup botol pada absorben.
- e. Memasang selang pada masing – masing tutup yang sudah dilubangi.
- f. Pada lubang satu selang dipasang sampai pada hampir menyentuh dasar tabung, sedangkan pada lubang dua selang dipasang setinggi tutup.
- g. Pada leher tabung diberi isolatip agar tidak terjadi kebocoran.

### 3. Pemurnian Biogas

- a. Menyiapkan alat dan bahan.
- b. Mengukur larutan 50/100 ml dengan menggunakan gelas ukur.
- c. Mengukur akuades sebanyak 500ml menggunakan gelas ukur, kemudian menuangkanya kedalam akuarium (alat pemurni).
- d. Menuangkan larutan C-dots kedalam buah tabung absorben sebanyak 50 ml pada masing – masing tabung.
- e. Mengukur suhu awal akuades yang ada pada akuarium.
- f. Memasang selang dari kompresor yang menghubungkan ke alat pemurni dan alat penampung gas.
- g. Menyalakan Kompresor, ketika telah terisi sebanyak 4 bar kemudian mengatur laju alir menggunakan busur dengan kemiringan  $30^{\circ}$ .
- h. Mengalirkan biogas pada tabung absorben berisi larutan C-dots drngan lama waktu 10 menit.
- i. Mengukur suhu akhir akuades pada akuarium.
- j. Mengambil biogas sebelum dan sesudah dimurnikan menggunakan balon
- k. Mengambil biogas sebelum dan sesudah dimurnikan dari balon menggunakan suntikan sebanyak 10 ml.

1. Memasukan gas kedalam venojek sebanyak 10 ml.

#### 4. Pengujian Kalor

- a. Menyiapkan alat dan bahan.
- b. Menimbang tabung gas sebelum di isi gas menggunakan timbangan CAS SW-1 A.
- c. Biogas yang telah dimurnikan dipindahkan ketabung gas sebanyak 3 Bar.
- d. Menimbang tabung gas yang telah di isi biogas.
- e. Menimbang massa air sebanyak 1kg menggunakan timbangan.
- f. Mengukur suhu awal air sebelum dipanaskan menggunakan termometer.
- g. Mencatat kenaikan suhu, tekanan pada gas, dan waktu.
- h. Memfoto api yang dihasilkan.
- i. Menimbang massa air sesudah dipanaskan.
- j. Menyalakan kompor dan mengamati kenaikan suhu.

#### 5. Pengujian GC

Sampel gas sesudah dan sebelum pemurnian diuji menggunakan GC.

Pada uji ini diperoleh hasil data konsentrasi gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>.

#### 6. Pengujian Spektrofotometer UV-Vis

Sampel larutan hasil sintesis C-dots sebelum dan sesudah dilakukan pemurnian diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pada uji ini, diperoleh hasil grafik antara panjang gelombang serapan dan puncak absorbansi dari setiap larutan yang diuji. Panjang gelombang yang digunakan dalam pengujian spektrofotometer UV-Vis adalah 200 – 800 nm.

## 7. Pengujian PL

Sampel yang diuji PL adalah larutan C-dots sebelum dilakukan pemurnian. Pengujian PL digunakan untuk mengetahui emisi (luminensi) dari Cdots. Hasil karakterisasi ini berupa grafik antara panjang gelombang dan intensitas.

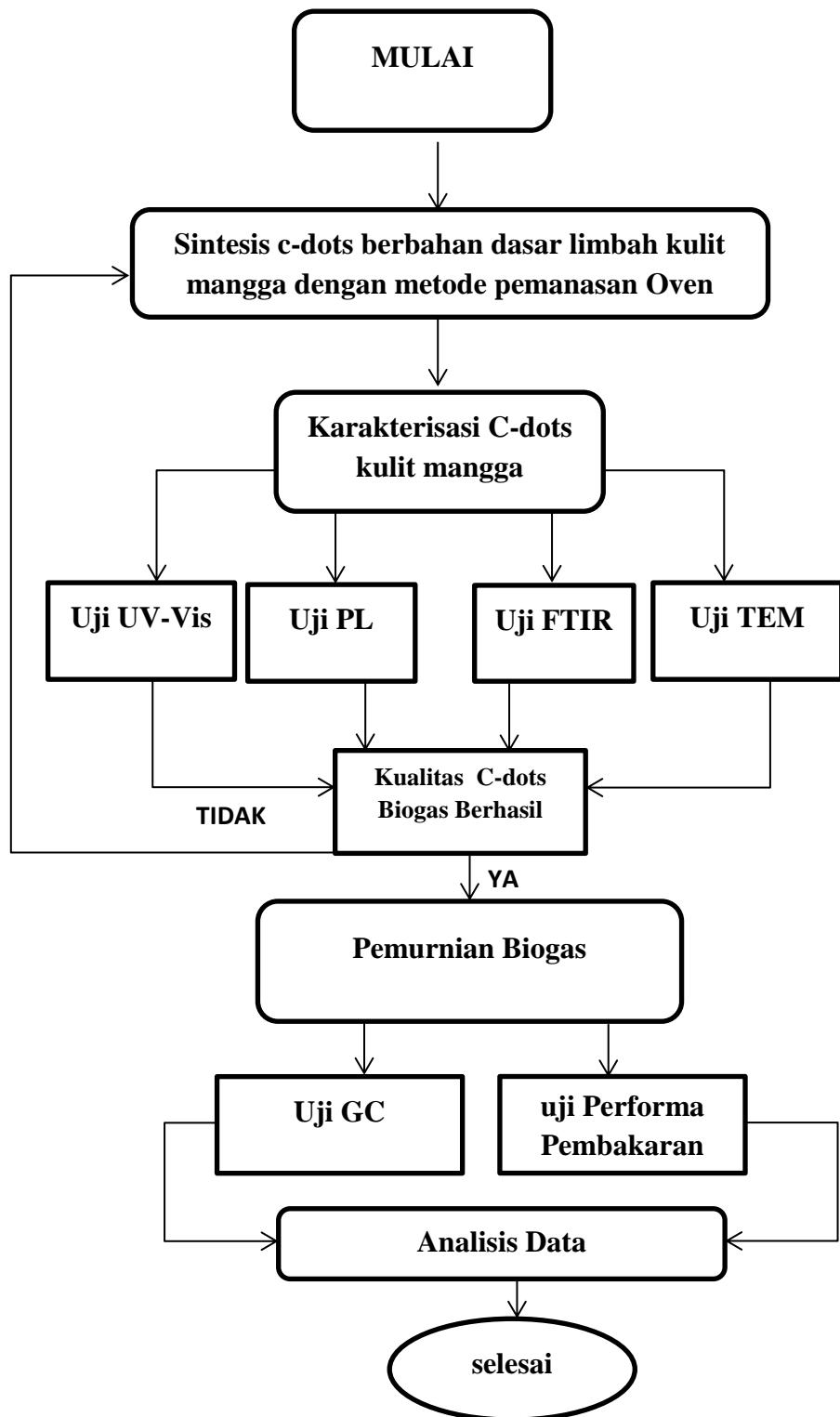
## 8. Pengujian FTIR

Pada pengujian FTIR sampel hasil sintesis sebelum pemurnian dan sesudah pemurnian dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang dihasilkan oleh C-dots.

## 9. Pengujian TEM

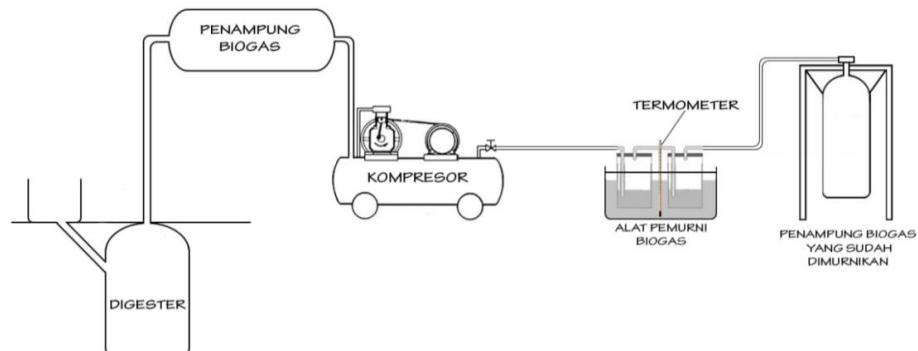
Pada pengujian TEM ini sampel yang diuji adalah larutan C-dots sebelum pemurnian. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan dan ukuran diameter partikel dari C-dots.

## G. Diagram Alir



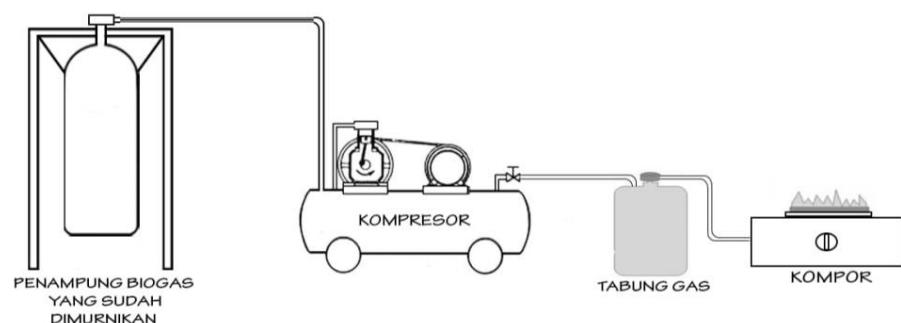
Gambar 18. diagram alir penelitian

1. Ilustrasi proses pemurnian dapat diamati dengan gambar 19.



**Gambar 19.** skema proses pemurnian

2. Ilustrasi proses uji performa Pembakaran dapat diamati dengan Gambar 20.



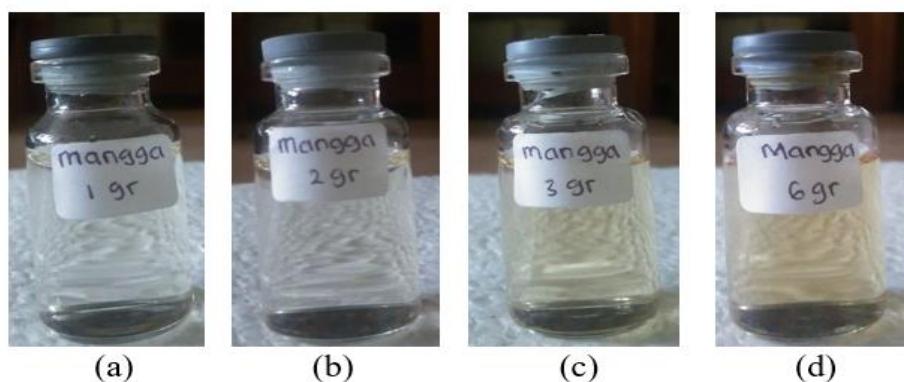
**Gambar 20.** skema proses Uji Performa Pembakaran

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam penelitian ini dilakukan sintesis C-dots berbahan dasar kulit mangga dengan pemanasan *oven*. Variasi yang digunakan adalah variasi larutan C-dots berbasis kulit mangga: 0,01 gr/ml; 0,02 gr/ml; 0,03 gr/ml; dan 0,06 gr/ml. Kemudian larutan C-dots ini diaplikasikan sebagai absorben pada biogas. Karakterisasi untuk material C-dots sebelum pemurnian menggunakan UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM. Kemudian karakterisasi C-dots sesudah pemurnian menggunakan UV-Vis dan FTIR. Sedangkan untuk mengetahui konsentrasi gas CH<sub>4</sub> dan gas CO<sub>2</sub> (setelah pemurnian) digunakan uji GC dan untuk mengetahui kualitas biogas digunakan uji performa pembakaran.

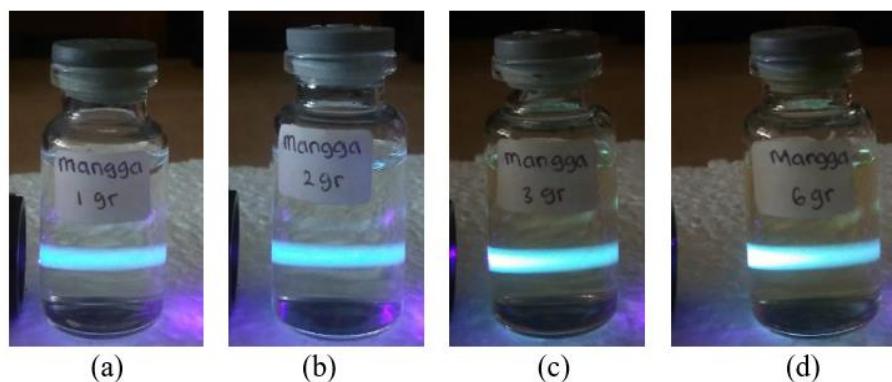
#### **A. Sintesis C-dots menggunakan metode *oven***



**Gambar 21.** Sampel C-dots Kulit Mangga Dengan Variasi Konsentrasi (a) 0,01 gr/ml, (b) 0,02 gr/ml (c) 0,03 gr/ml, dan (d) 0,06 gr/ml.

Sampel C-dots kulit mangga dibuat dengan 4 variasi konsentrasi yaitu: 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, 0,03 gr/ml, dan 0,06 gr/ml. Gambar 21 menunjukkan adanya perubahan warna ketika konsentrasi sampel semakin besar. Semakin besar konsentrasi larutan sampel maka warna larutan yang dihasilkan semakin pekat. Hal ini dapat disebabkan banyaknya karbon yang terlarut.

Keberhasilan C-dots yang telah disintesis dapat diketahui dengan beberapa pengujian. Salah satu pengujian paling sederhana adalah disinari dengan laser UV. Berikut adalah gambar sampel yang disinari UV dengan panjang gelombang 425 nm.



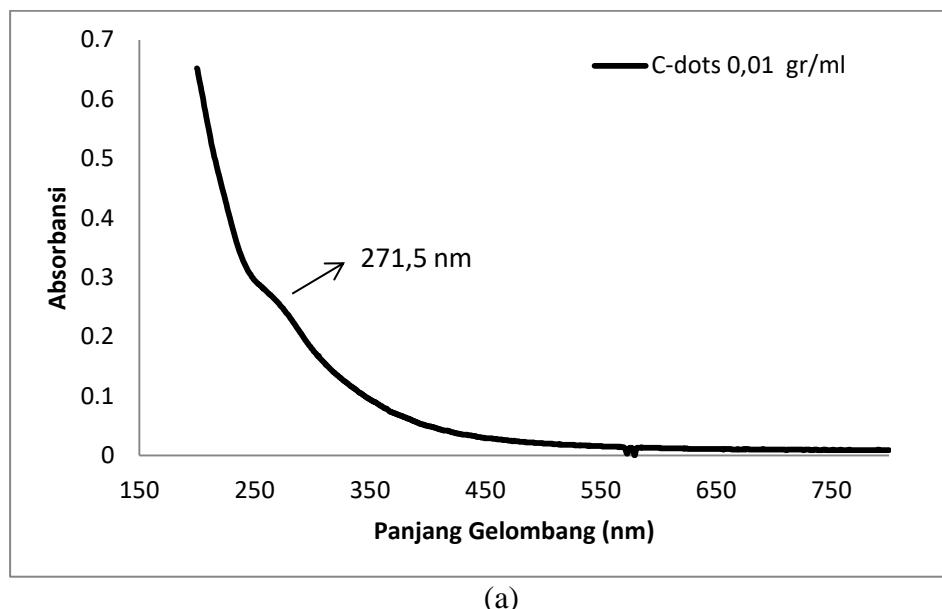
**Gambar 22.** Sampel C-dots Ketika disinari Laser UV dengan variasi Konsentrasi (a) 0,01 gr/ml, (b) 0,02 gr/ml (c) 0,03 gr/ml, dan (d) 0,06 gr/ml.

Gambar 22 menunjukkan setiap variasi konsentrasi memiliki pendaran warna hijau. Secara kualitatif pendaran warna hijau paling terang terlihat ketika variasi konsentrasi 0,06 gr/ml. Hal ini dikarenakan semakin besar konsentrasi maka warna pendaran yang dihasilkan lebih terang.

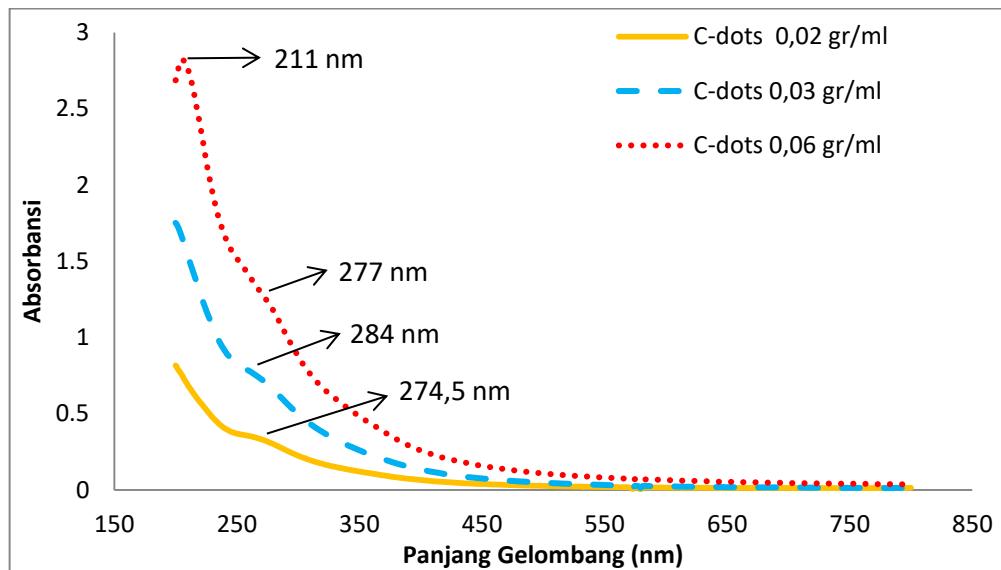
## B. Karakterisasi C-dots menggunakan UV-Vis

Karakterisasi UV-Vis digunakan untuk mengetahui pola absorbansi yang dihasilkan pada sampel C-dots. Hasil karakterisasi ini berbentuk grafik hubungan antara absorbansi dan panjang gelombang. Pengukuran dilakukan pada interval panjang gelombang 200 – 800 nm.

Pengukuran dilakukan pada sampel variasi konsentrasi (0,01) gr/ml, (0,02) gr/ml, (0,03) gr/ml, dan (0,06) gr/ml dengan blangko akuades. Sampel dibuat dengan perbandingan 1:1 dengan akuades. Hasil karakterisasi UV-Vis ditunjukkan pada Gambar 23 di bawah ini.



(a)



(b)

**Gambar 23.** pengujian sampel C-dots sebelum dimurnikan menggunakan UV-Vis (a) konsentrasi 0,01 gr/ml dan (b) konsentrasi 0,02 gr/ml, 0,03 gr/ml, dan 0,06 gr/ml.

Gambar 23 menunjukkan satu puncak pada sampel C-dots dengan gambar 23(a) konsentrasi 0,01 gr/ml, kemudian pada gambar 23(b) konsentrasi 0,02 gr/ml, dan 0,03 gr/ml dengan masing-masing nilai panjang gelombang pada 271,50 nm, 274,50 nm, dan 284,00 nm. Pada konsentrasi 0,06 gr/ml terdapat dua puncak absorbansi yaitu, pada nilai panjang gelombang 211,00 nm dan 277,00 nm. Panjang gelombang tertinggi pada puncak absorbansi terukur pada konsentrasi 0,03 gr/ml. Nilai puncak absorbansi menunjukkan banyaknya C-dots yang terbentuk. Gambar 23 menunjukkan semakin besar konsentrasi maka nilai absorbansinya semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan hukum Lambert-Beer.

Berdasarkan hasil karakterisasi UV-Vis C-dots kulit mangga menghasilkan satu sampai dua puncak absorbansi pada daerah UV. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Soni dan Maria (2016) yang menunjukkan bahwa spektrum absorbansi

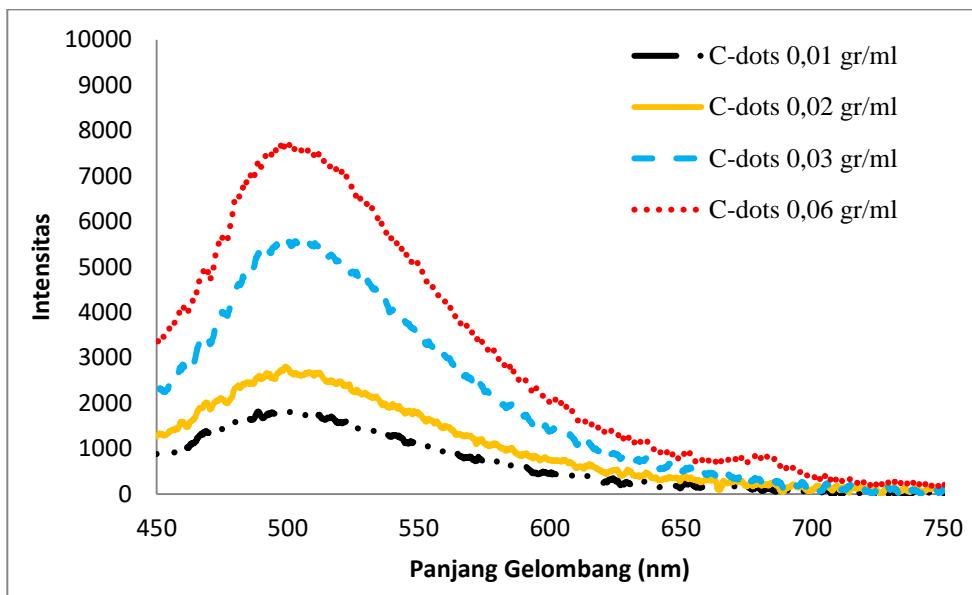
C-dots terukur pada rentang panjang gelombang 260 nm - 360 nm. Spektrum absorbansi pada daerah UV berhubungan dengan adanya senyawa terkonjugasi pada struktur C-dots. Daerah tersebut juga menunjukkan adanya mekanisme transisi elektronik di dalam orbital  $\pi$  aromatik yang dapat berupa ikatan transisi  $\pi \rightarrow \pi^*$  dari  $C = C$ . Ikatan  $C = C$  ini ada dalam daerah hibrid  $sp^2$  dari C-dots yang merupakan penyebab utama munculnya puncak ini (Javed, 2015).

### **C. Karakterisasi C-dots menggunakan PL**

Setelah dilakukan pengujian UV-Vis selanjutnya dilakukan pengujian menggunakan PL. PL berbeda dengan spektrum absorbasi UV-Vis. Spektrum absorbasi pada UV-Vis mengukur transisi dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. Sementara PL kebalikannya, berhubungan dengan transisi dari keadaan tereksitasi ke keadaan dasar. Hasil karakterisasi PL pada semua variasi konsentrasi dapat diamati pada Gambar 24.

Pada sampel C-dots dengan konsentrasi 0,01 gr/ml dan 0,02 gr/ml masing-masing puncak panjang gelombang yang dihasilkan adalah 501,78 nm dan 505,19 nm. Sedangkan sampel dengan konsentrasi 0,03 gr/ml dan 0,06 gr/ml memiliki nilai puncak panjang gelombang yang sama, yaitu 505,98 nm. Hal ini sesuai dengan pendaran warna hijau yang memiliki rentang panjang gelombang 450,00 nm – 570,00 nm. Ini sesuai dengan pengujian sederhana ketika sampel disinari menggunakan laser UV yang menghasilkan pendaran warna hijau pada Gambar 21 di atas. Hasil karakterisasi menggunakan PL menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi sampel maka nilai intensitasnya semakin tinggi yang

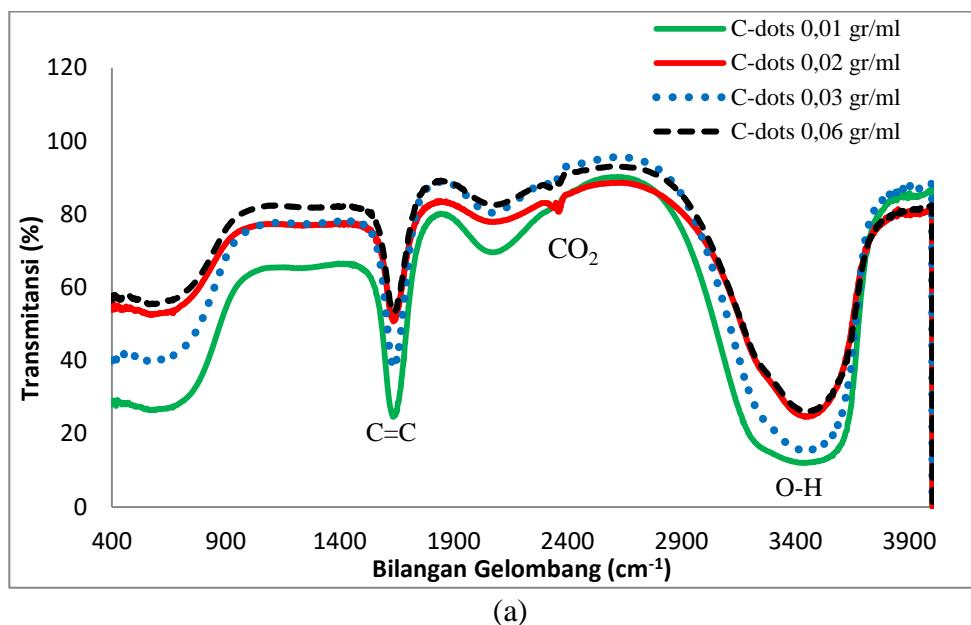
berati bahwa jumlah C-dots yang dihasilkan semakin banyak. Hal ini sesuai dengan kenaikan nilai absorbansi pada hasil UV-Vis.



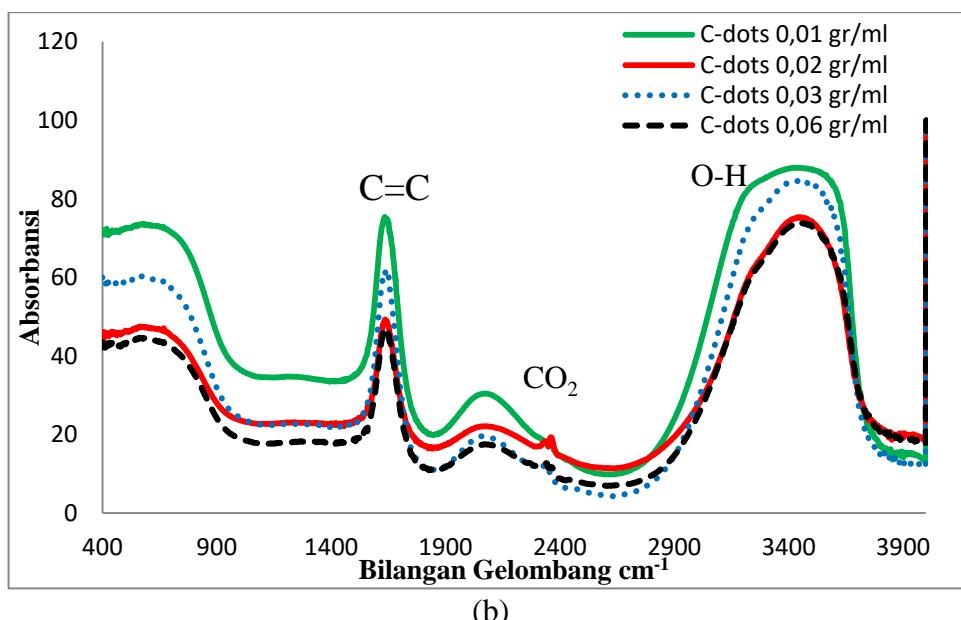
**Gambar 24.** Hasil karakterisasi sampel C-dots menggunakan PL.

#### D. Karakterisasi C-dots menggunakan FTIR

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk pada sampel. Pada data FTIR dihasilkan beberapa cekungan (*band*) yang terdapat pada spektrum transmitansi. Spektrum transmitansi ini menunjukkan adanya partikel yang berinteraksi dengan radiasi inframerah. Cekungan tersebut menunjukkan adanya ikatan atom pada sampel C-dots. Bilangan gelombang yang berada di sebelah kiri dari  $450\text{ cm}^{-1}$  disebut daerah sidik jari atau *fingerprint*. Sedangkan untuk bilangan gelombang  $450\text{ cm}^{-1}$  sampai  $4000\text{ cm}^{-1}$  yang berada di bagian kanan merupakan spektrum infrared, yaitu daerah khusus yang berguna untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsional yang terbentuk (Lilis, 2017). Hasil karakterisasi FTIR dapat diamati pada Gambar berikut.



(a)



(b)

**Gambar 25.** Hasil pengujian FTIR pada sampel C-dots (a) grafik transmitansi dan (b) grafik absorbansi.

Pada Gambar 25 ditunjukkan yang dimana Gambar 25(a) merupakan transmitansi yang dihasilkan dari sampel C-dots kemudian untuk gambar 25 (b) hasil absorbansi dari sampel C-dots. Gugus fungsi yang terbentuk pada larutan C-

dots kulit mangga dengan konsentrasi 0,01gr/ml, 0,02gr/ml, 0,03gr/ml, dan 0,06 gr/ ml, yaitu: gugus O-H yang memiliki bilangan gelombang antara  $3444,54\text{ cm}^{-1}$  -  $3454,56\text{ cm}^{-1}$ , gugus CO<sub>2</sub> yang memiliki bilangan gelombang antara  $2306,56\text{ cm}^{-1}$  -  $2360,92\text{ cm}^{-1}$ , gugus C=C yang memiliki bilangan gelombang antara  $1634,46\text{ cm}^{-1}$  -  $1634,77\text{ cm}^{-1}$ .

Hasil FTIR menunjukkan bahwa sampel C-dots kulit mangga mengandung gugus fungsi O-H, CO<sub>2</sub>, dan C=C. Dapat diketahui bahwa variasi konsentrasi C-dots kulit mangga tidak mempengaruhi gugus fungsi yang terbentuk. Adanya gugus fungsi O-H dan CO<sub>2</sub> merupakan bagian dari permukaan (*surface state*) pada C-dots, sedangkan C=C menunjukkan inti (*core*) pada C-dots.

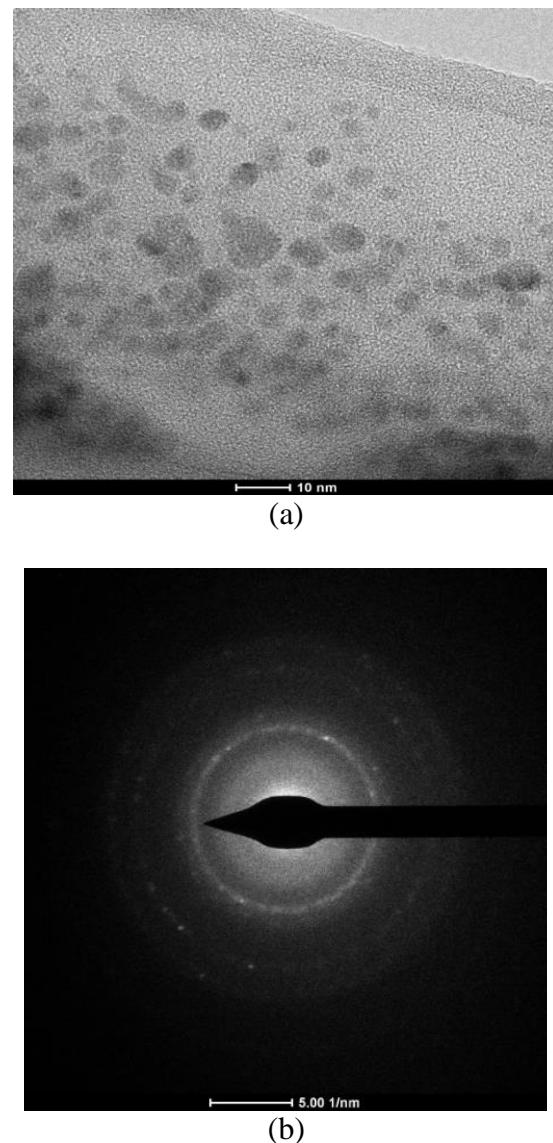
#### **E. Karakterisasi C-dots menggunakan TEM**

Setelah sampel dikarakterisasi menggunakan FTIR selanjutnya dilakukan karakterisasi menggunakan TEM untuk mengetahui morfologi dan ukuran diameter dari C-dots yang dihasilkan dari metode pemanasan (*oven*). Dari pengujian TEM diperoleh hasil seperti pada Gambar 26.

Gambar 26(a) menunjukkan hasil C-dots menggunakan metode pemanasan (*oven*) dengan skala ukuran 10 nm tesebar merata, namun terdapat beberapa yang cenderung berkumpul di beberapa titik. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Bilqis (2017) tentang pembuatan C-dots berbahan dasar gula pasir dimana hasil pengujian TEM menunjukkan C-dots cenderung tersebar merata dan terdapat pula beberapa yang berkumpul di beberapa titik.

Kemudian pada Gambar 26(b) dalam mode difraksi, pola difraksi elektron yang diperoleh pada layar neon berasal dari area sampel yang diterangi oleh

berkas elektron. Pada mode difraksi menghasilkan pola berbintik pada layar yang berbentuk amorf dan menghasilkan gambar seperti bubuk atau pola cincin.



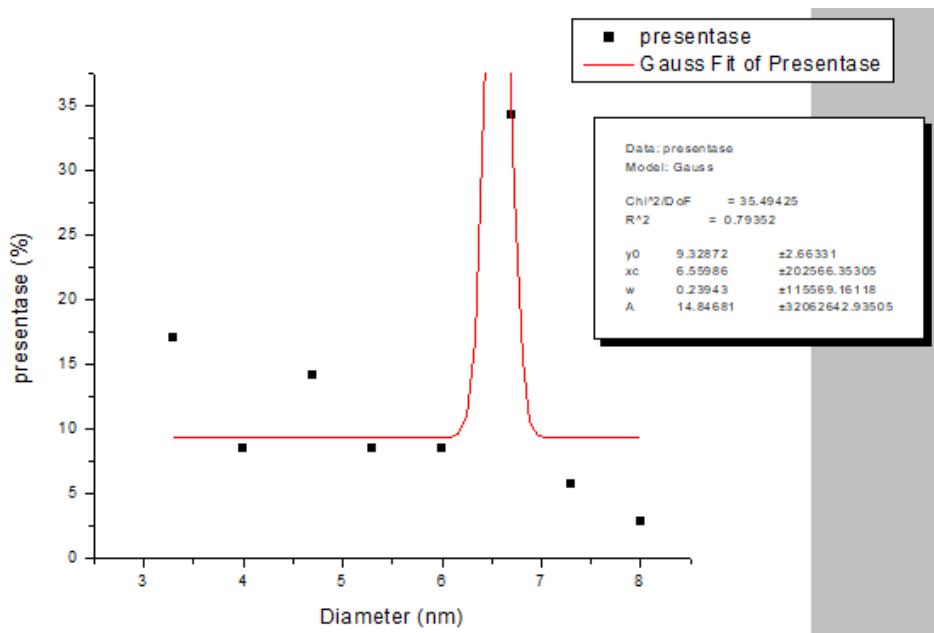
**Gambar 26.** (a) Hasil pengujian TEM C-dots larutan kulit mangga dengan metode pemanasan (*oven*) ) dan (b) Hasil difraksi C-dots.

Pada pengujian TEM juga dilakukan pengukuran diameter dan perhitungan persentase sehingga diperoleh ukuran diameter C-dots seperti pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 4.** Hasil pengukuran diameter C-dots kulit mangga.

| Ukuran C-dots (nm) | Jumlah | Peresentase (%) |
|--------------------|--------|-----------------|
| 3,3                | 6      | 17,1            |
| 4                  | 3      | 8,6             |
| 4,7                | 5      | 14,3            |
| 5,3                | 3      | 8,6             |
| 6                  | 3      | 8,6             |
| 6,7                | 12     | 34,3            |
| 7,3                | 2      | 5,7             |
| 8                  | 1      | 2,8             |

Setelah dilakukan perhitungan untuk mencari persentase dari pesebaran ukuran diameter C-dots dihasilkan Gambar 27. Gambar 27 menunjukkan bahwa ukuran diameter 6,7 nm memiliki persentase tertinggi, yaitu 34,3 %. Ukuran tersebut merupakan ukuran C-dots yang paling banyak muncul.



**Gambar 27.** Hasil persentase ukuran diameter C-dots kulit mangga.

## F. Pemurnian Biogas menggunakan C-dots Kulit Mangga

Proses pemurnian biogas dilakukan karena di dalam biogas masih mengandung unsur-unsur yang menghambat proses pembakaran khususnya  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ , dan senyawa lainnya. Pemurnian gas  $CO_2$  di dalam biogas dapat dilakukan dengan teknik absorpsi menggunakan absorben C-dots kulit mangga.

Larutan C-dots berbahan dasar kulit mangga yang digunakan sebagai absorben biogas diharapkan dapat menurunkan kandungan gas  $CO_2$  yang terdapat pada biogas. Pemurnian ini dilakukan menggunakan empat variasi konsentrasi C-dots, yaitu 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, 0,03 gr/ml, dan 0,06 gr/ml dengan dua kali proses pemurnian. Kemudian C-dots dimasukkan ke dalam tabung alat pemurni satu dan dua masing-masing sebanyak 50 ml. Gambar berikut merupakan alat pemurni yang digunakan.



**Gambar 28.** Alat pemurnian biogas.

Pada Gambar 28 ditunjukkan ketika larutan C-dots dialiri biogas melalui kompresor dengan lama waktu pemurnian selama 10 menit. Proses pemurnian biogas melewati dua kali pemurnian dengan masing-masing tabung berisi 50 ml larutan C-dots. Setelah proses pemurnian, biogas yang telah dimurnikan dan biogas sebelum dimurnikan diambil menggunakan venojek untuk diuji kandungan gas yang dihasilkan.

#### **G. Karakterisasi menggunakan GC**

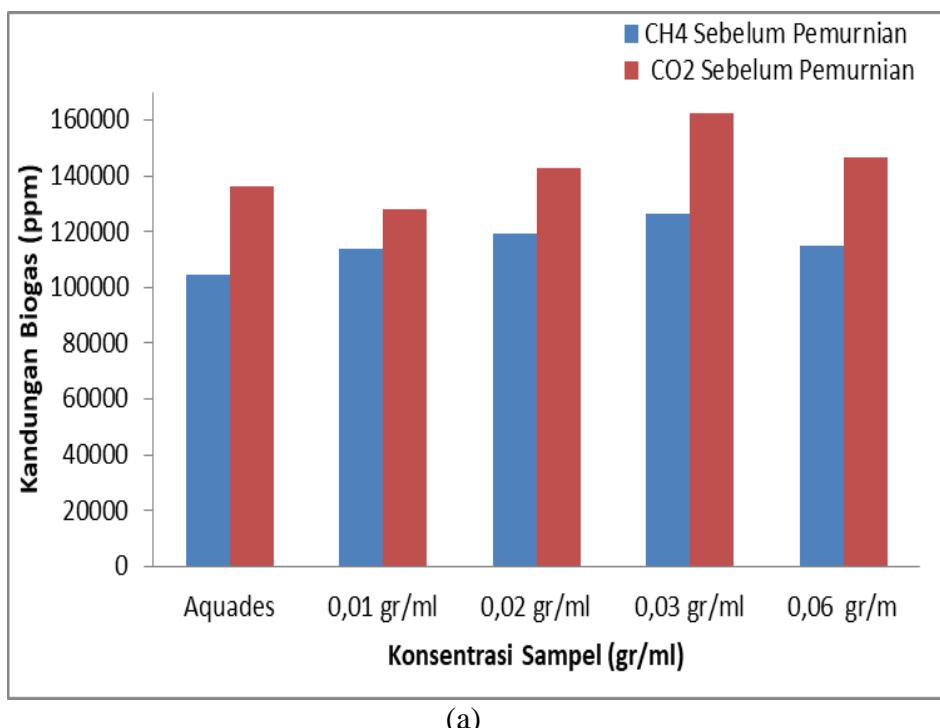
Pengujian GC dilakukan untuk mengetahui kandungan gas  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$  yang terdapat dalam biogas, baik sebelum dimurnikan maupun sesudah dimurnikan. Berikut merupakan data hasil menggunakan GC.

**Tabel 5.** Data pengujian kandungan biogas menggunakan GC.

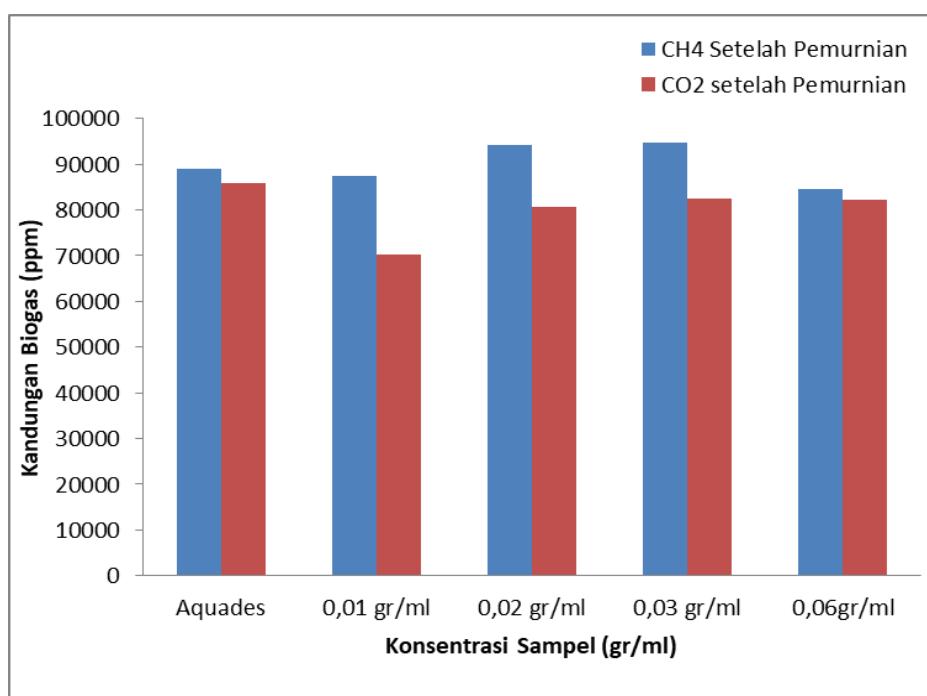
| Konsentrasi<br>(gr/ml) | CH <sub>4</sub> (ppm) |           | CO <sub>2</sub> (ppm) |           |
|------------------------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|
|                        | Kontrol               | Pemurnian | Kontrol               | Pemurnian |
| Aquades                | 104602,1              | 89046,0   | 136297,9              | 85739,7   |
| 0,01                   | 113895,2              | 87381,5   | 128261,4              | 70200,6   |
| 0,02                   | 119503,8              | 94319,8   | 143065,1              | 80646,7   |
| 0,03                   | 126211,9              | 94707,4   | 162679,3              | 82526,1   |
| 0,06                   | 114829,5              | 84587,4   | 146826,1              | 82180,2   |

Berdasarkan Gambar 29(a) kandungan CO<sub>2</sub> pada biogas relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan CH<sub>4</sub> sebelum pemurnian (sampel kontrol). Kandungan CO<sub>2</sub> yang lebih dominan dibandingkan CH<sub>4</sub> ini dapat menyebabkan berkurangnya kualitas biogas yang dihasilkan ketika digunakan dalam proses pembakaran.

Sedangkan setelah dilakukan pemurnian [Gambar 29(b)] dapat diamati bahwa kandungan gas CH<sub>4</sub> menjadi lebih tinggi dibandingkan CO<sub>2</sub>. Hal ini menunjukkan keberhasilan larutan C-dots berbahan dasar kulit mangga sebagai absorben pada biogas dalam menurunkan kadar CO<sub>2</sub> sebelum dan setelah dimurnikan. Dapat diindikasikan bahwa larutan C-dots telah mengikat gas CO<sub>2</sub> yang terdapat pada biogas, walaupun kandungan gas CH<sub>4</sub> pada biogas juga mengalami penurunan dibandingkan sebelum pemurnian. Menurunnya CH<sub>4</sub> dapat terjadi karena alat pemurni yang terlalu minim sehingga ketika dilakukan proses pemurnian larutan C-dots ikut terbawa menjadi uap air dan menyebabkan CH<sub>4</sub> ikut menurun.

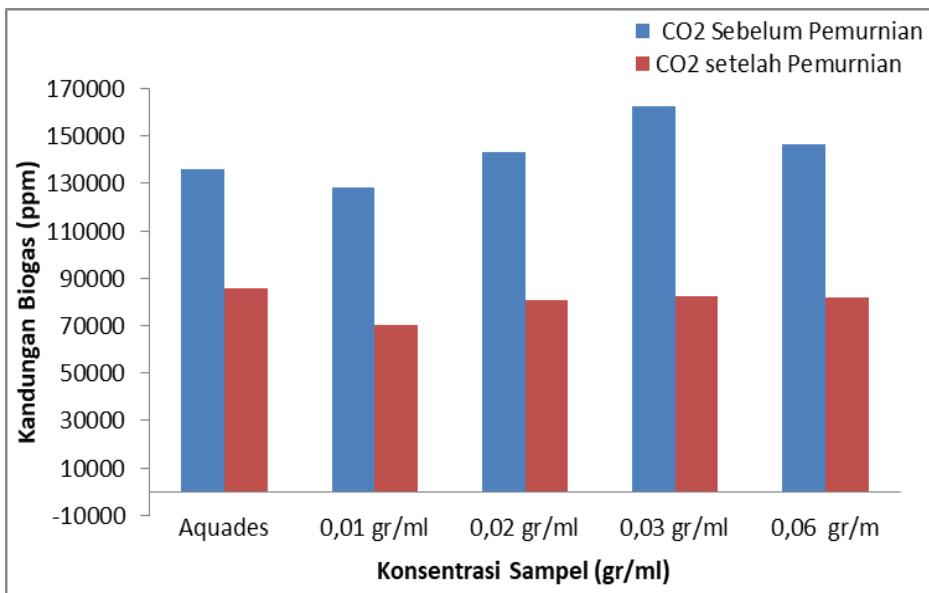


(a)



(b)

**Gambar 29.** Grafik (a) hasil kandungan CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> sebelum pemurnian, (b) hasil kandungan CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> setelah pemurnian.



**Gambar 30.** Grafik kandungan CO<sub>2</sub> sebelum dan sesudah pemurnian.

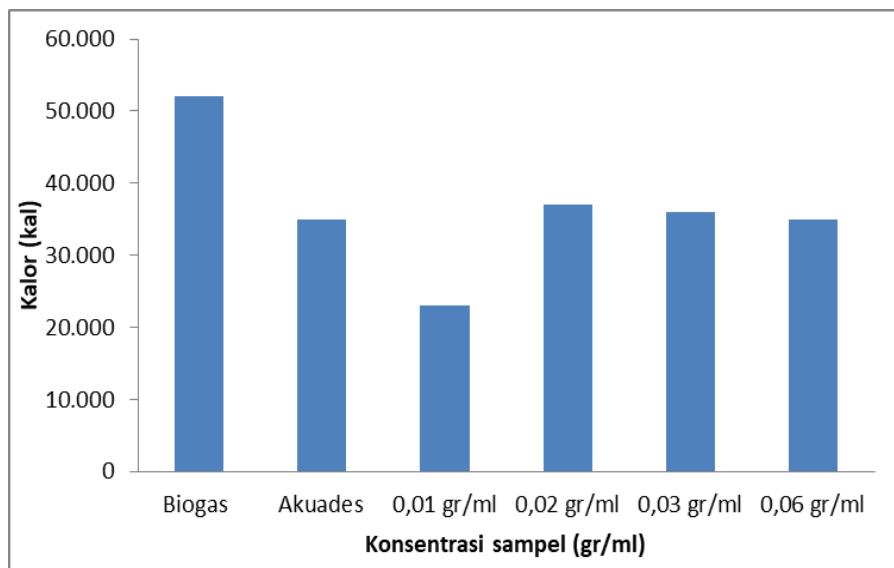
Gambar 30 menunjukkan grafik perbandingan kandungan CO<sub>2</sub> sebelum dan sesudah dimurnikan. Dapat diamati dari Gambar 30 bahwa sesudah biogas dimurnikan menggunakan larutan C-dots kandungan CO<sub>2</sub> mengalami penurunan untuk semua konsentrasi. Lebih lanjut dari Gambar 30 dapat diamati bahwa konsentrasi terbaik untuk absoben CO<sub>2</sub> adalah 0,03 gr/ml dengan persentase pengurangan CO<sub>2</sub> paling besar sebanyak 49,3%.

## H. Uji Performa Pembakaran

Dalam proses pembakaran, kandungan gas lain selain gas CH<sub>4</sub> dapat menurunkan performa pembakaran serta kualitas pembakaran pada biogas. Agar dapat diperoleh nilai kalor yang maksimal, maka kandungan gas CH<sub>4</sub> harus lebih besar dari gas-gas lain terutama gas CO<sub>2</sub>.

Uji performa pembakaran dilakukan pada biogas sebelum dimurnikan, kemudian biogas setelah dimurnikan menggunakan akuades, dan empat variasi

konsentrasi sampel C-dots yaitu 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, 0,03gr/ml, dan 0,06 gr/ml. Biogas kemudian diuji kalor dengan cara pemasakan air dan dihitung setiap kenaikan suhunya per menit. Berikut merupakan Grafik hasil pengujian kalor.



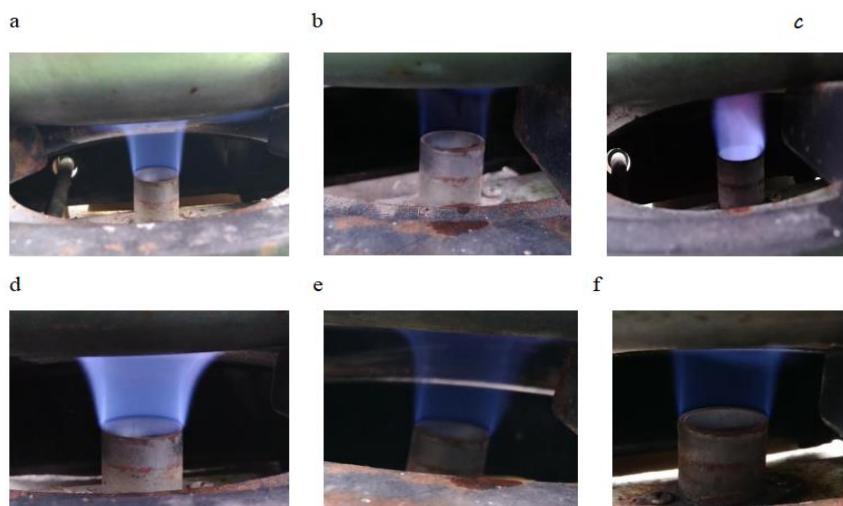
**Gambar 31.** Hasil uji performa pembakaran pada biogas sebelum dimurnikan, akuades, dan setelah dimurnikan dengan variasi konsentrasi C-dots.

Gambar 31 menunjukkan bahwa biogas sebelum dimurnikan memiliki nilai kalor sebesar 52.000 kal, kemudian untuk biogas setelah dimurnikan menggunakan larutan akuades nilai kalornya sebesar 35.000 kal. Untuk biogas sesudah dimurnikan dengan konsentrasi 0,01 gr/ml hasil nilai kalornya sebesar 23.000 kal. Kemudian untuk biogas setelah dimurnikan pada konsentrasi massa 0,02 gr/ml hasil nilai kalornya sebesar 37.000 kal, sementara untuk biogas yang sudah dimurnikan dengan konsentrasi 0,03 gr/ml hasil nilai kalor yang diperoleh sebesar 36.000 kal, dan pada biogas yang sudah dimurnikan dengan konsentrasi 0,06 gr/ml nilai kalor yang dihasilkan 30.000 kal. Berdasarkan pengujian performa pembakaran tersebut, dapat diketahui adanya penurunan nilai kalor

setelah dilakukan proses pemurnian. Penurunan nilai kalor dapat disebabkan nilai  $\text{CH}_4$  yang juga menurun sesuai dengan Gambar 29(a) dan Gambar 29(b).

Hasil pada pengujian GC juga menunjukkan kandungan  $\text{CH}_4$  setelah dimurnikan mengalami penurunan (Tabel 4). Menurunnya nilai kalor atau performa pembakaran setelah dilakukan pemurnian dikarenakan pula masih banyaknya kandungan larutan C-dots yang terbawa ketika dilakukan pemurnian di dalam biogas. Hal ini dibuktikan ketika larutan C-dots yang telah digunakan sebagai pemurni diukur kembali dan mengalami pengurangan sekitar 2-5 ml.

Berikut merupakan Gambar api yang dihasilkan dari uji performa pembakaran.



**Gambar 32.** Api yang dihasilkan pada uji performa pembakaran.  
(a) biogas ,(b) akuades, (c) konsentrasi 0,01 gr/ml, (d) konsentrasi 0,02 gr/ml,(e) konsentrasi 0,03 gr/ml, (f) konsentrasi 0,06 gr/ml.

Gambar 32 menunjukkan api dari biogas yang dihasilkan ketika dilakukan pengujian performa pembakaran. Pada Gambar 32 ditunjukkan api yang dihasilkan berwarna biru terang, baik biogas sebelum dimurnikan maupun

sesudah dimurnikan. Namun untuk gambar api pada konsentrasi 0,01 gr/ml terlihat lebih kecil dan tidak berwarna biru terang. Hal ini dapat dikarenakan banyaknya larutan C-dots yang terbawa ketika dilakukan proses pemurnian sehingga kualitas api yang dihasilkan tidak begitu bagus. Sedangkan untuk kualitas api yang terbaik diperoleh dari biogas dengan pemurnian C-dots 0,03 gr/ml berdasarkan api yang berwarna biru terang cerah.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah

1. Telah dihasilkan material C-dots berbahan dasar kulit mangga dengan menggunakan metode pemanasan *oven* dan karakterisasinya menggunakan uji UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM.
2. Karakterisasi UV-Vis C-dots untuk mengetahui perbedan variasi konsentrasi pada sampel C-dots kulit mangga dengan konsentrasi 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, dan 0,03 gr/ml dan 0,06 gr/ml, dihasilkan puncak absorbansi pada panjang gelombang pada 211,00 nm sampai 284,00 nm. Semakin tinggi konsentrasi C-dots nilai absorbansi yang dihasilkan semakin besar. Hasil karakterisasi PL untuk semua variasi konsentrasi sampel C-dots menghasilkan pendaran warna hijau dengan puncak intensitas pada panjang gelombang pada 450,00 nm sampai 570,00 nm. Semakin besar konsentrasi C-dots, maka intensitas yang dipendarkan semakin besar dan warna pendaran yang dihasilkan semakin terang atau lebih jelas. Hasil karakterisasi FTIR untuk semua sampel C-dots menunjukkan keberadaan gugus fungsi C=C. Hasil foto TEM menunjukkan ukuran diameter C-dots sekitar 6,7 nm.
3. Pada hasil pengujian GC saat sebelum dilakukan pemurnian menggunakan C-dots kandungan CO<sub>2</sub> pada biogas masih lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan CH<sub>4</sub>. Setelah larutan C-dots digunakan sebagai absorben maka

kandungan  $\text{CO}_2$  menjadi lebih rendah daripada  $\text{CH}_4$ . Pada uji performa pembakaran nilai kalor biogas sebelum dimurnikan lebih besar dibandingkan dengan sesudah dimurnikan menggunakan larutan C-dots, sedangkan nilai kalor paling tinggi diperoleh pada konsentrasi 0,02 gr/ml dengan nilai kalor sebanyak 37.000 kal.

## **B. SARAN**

Berbagai saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan sintesis C-dots dengan metode yang lain.
2. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya alat pemurni yang digunakan dibuat lebih tinggi agar larutan yang digunakan tidak ikut terbawa pada saat dilakukan proses pemurnian.
3. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengambilan sampel biogas sebelum dimurnikan dilakukan lebih dari satu kali agar mendapatkan hasil yang optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2010). *Karakterisasi Nanomaterial Teori, Penerapan, dan Pengolahan Data*. Bandung: CV Rezeki Putera.
- 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.
- Kukreja, D., *et. al*, (2015). Synthesis of Fluorescent Carbon Dots from Mango Peels. *International Journal of ChemTech Research*. 61-64.<https://www.researchgate.net/publication/283132389>.
- Li, L., *et. al*, (2017). *In Situ Synthesis of NIR-Light Emitting Carbon Dots Derived from Spinach For Bio-Imaging Applications*. *J. Mater. Chem. B*, 5(35), 7328–7334. Diambil pada tanggal 20 Maret 2019, dari <https://doi.org/10.1039/C7TB00634A>.
- Liu, W., *et. al*, (2017). *Highly Crystalline Carbon Dots from Fresh Tomato: UV Emission and Quantum Confinement*. *Nanotechnology*, 28(48), 0–18. Diambil pada tanggal 26 Maret 2018, dari <https://doi.org/10.1088/1361-6528/aa900b>.
- Wijaya . I, R. (2016). *Preparasi dan Sintesis Graphene Oxide dengan Metode Liquid Sonication Exfoliation dan Random Collision Marbles Shaking dengan Bahan Dasar Graphite Limbah Baterai ZincCarbon Berdasarkan Uji Spektrofotometer Uv-Vis*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Soni, S. (2016). *Luminescent Carbon Dots : Characteristics and Applications*. Top Master Nanoscience: University of Groningen.
- Nisa, A. K. (2014). *Sintesis Nanopartikel Karbon Berfluoresens*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Rahmayanti, H. D.(2015). *Sintesis Carbon Nanodots Sulfur (C-Dots Sulfur) dengan Metode Microwave*. Skripsi: Universites Negeri Semarang.
- Rahmawati, S. (2017). *Sintesis dan Karakterisasi Material Graphene Oxide Berbahan Dasar Limbah Karbon Batrai ZnC Menggunakan Kombinasi Metode Liquid-Phase Exfoliation dan Radiasi Sinar-X*

- dengan Variasi Waktu Radiasi Berdasarkan Uji UV-Vis Spektofotometer. Skripsi: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sonia. (2012). *Modifikasi Nanopartikel Perak dengan Kitosan sebagai Pendekripsi Ion Logam Berat*. Diambil pada tanggal 7 Maret 2019
- Fadli L, A. (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*. Skripsi: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Wang, Y., & Hu, A. (2014). Carbon Quantum Dots: Synthesis, Properties, and Applications. *Journal of Materials Chemistry C*, 2(34), 6921. Diambil pada tanggal 23 februari 2019, dari <https://doi.org/10.1039/C4TC00988F>
- Junaidi, A. B., Wahyudi, A., & Umaningrum, D. (2015). Kajian Sintesis Nanopartikel Perak pada Komposit Kitosan dan Polietilena Glikol : Efek Jenis Agen Pereduksi Organik Study on the Synthesis of Silver Nanoparticles Onto Chitosan and Polyethylene Glycol Composites : Effect of Organic Reducing Agent. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 3–4
- Misnawati, L. (2017). *Karakterisasi Sampel Hasil Preparasi dan Sintesis Graphene Oxide Berbahan Dasar Minyak Jelantah Menggunakan Metode Liquid Mechanical Exfoliation dalam Pelarut N-Heksana dengan Variasi Waktu Blender dan Konsentrasi Larutan sebagai Upaya Pemanfaatan Limbah*. Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Hu, et al. (2014). *Waste frying oil as a precursor for one-step synthesis of sulfur-doped carbon dots with pH-sensitive photoluminescence*. *Carbon*, 77, 775–782. Diambil pada tanggal 9 Maret 2019, dari <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2014.05.081>.
- Desi, Y. U. (2014) *Proses Pemurnian Biogas Menggunakan Zeloit Alam Lampung Dan Garam Besi*. Skripsi:Universitas Lampung.
- Sugi R., et al. (2009). *Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi Sebagai Sumber Energi Anternatif Ramah Lingkungan Beserta Aspek Sosiolokturnya*. Diambil pada 12 april 2018.
- Ginanjar, et al. (2015) *Pemurnian Biogas dengan Sistem Pengembunan dan Penyaringan Menggunakan Beberapa Bahan Media*, Vol. 3 No. 1.

Jurnal: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Jl. Veteran, Malang 65145.

Quratta, *et al.* (2018) *Perbandingan sifat optik Karbon Dots (C-Dots) dari daun mangga kering dan segar*, Jurnal: Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Hasanuddin Jl. Perintis Kemerdekaan KM.10, Tamalanrea, Makassar 90245. Laboratorium Laser, Pusat Penelitian Fisika (P2F), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Jl. Kawasan Puspiptek No. 441-442, Setu, Muncul, Tangerang Selatan, Banten 15314. dari seminar.uad.ac.id/index.php/quantum.

Adelina, *et, al.* (2016) *Absorbance Spectrum Carbon Nanodots (C-dots) Daun Tembakau*. Vol. 5 Jurnal: Pascasarjana Pendidikan Fisika Universitas Negeri Semarang, Jl. Bendan Ngisor Sampangan, Kota Semarang 50233.

Awalia K. N, (2014) *Sintesis Nanopartikel Karbon Berfoluresens*. Skripsi: Bogor, Institut Pertanian Bogor (IPB).

Sigit J, (2015). *Karakteristik Thermal Biogas Yang Dipurifikasi Larutan KOH 4 (empat) Molaritas Dibandingkan Dengan Biogas Tanpa Purifikasi*. Skripsi: Jember, Universitas Jember.

Hijrah A. S, (2016). *Analisis Karakteristik Api Pembakaran Pada Biogas Limbah Buah Dengan Purifikasi KOH*. Skripsi: Jember, Universitas Jember.

Purwinda, *et, al.* (2014). *Pemurnian Biogas Melalui Kolom Berabsorben Karbon Aktif*. Vol. 6 N0. 2, Jurnal: Staf Pengajar Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung.

Suminto, *et, al.* (2013). *Kebutuhan Standar Dalam Mendukung Pengembangan Sumber Energi Baru Biogas*. Jurnal: Pusat Penelitian dan Pengembangan Standardisasi Badan Standardisasi Nasional Gedung Manggala Wanabakti, Blok IV lantai 3-4. Jl. Gatot Subroto. Senayan-Jakarta.

Zhang, *et, al.* (2011). *Adsorption Kinetics of Aromatic Compounds on Carbon Nanotubes And Activated Carbons*. Vol. 31, No. 1, pp. 79–85, 2012. State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, School of the Environment, Nanjing University, Nanjing, People's Republic of China Department of Environmental Engineering and Earth Sciences, Clemson University, Anderson, South Carolina, USA.

## LAMPIRAN-LAMPIRAN

### Lampiran 1. Dokumentasi Pembuatan C-dots Kulit Mangga



Kulit Mangga



Kulit Mangga yang sudah dipotong kecil-kecil



Pengovenan Sampel



Oven



Sampel yang sudah menjadi karbon



Sampel ditumbuk



Hasil sampel setelah ditumbuk



Sampel disaring



Sampel yang sudah disaring ditimbang



Sampel sebelum disaring



sampel disaring



Hasil sampel



Hasil Sampel ditambah akuades



Laser UV



Sampel ketika disinari laser UV

## Lampiran 2. Dokumentasi Proses Pemurnian Biogas



Alat pemurnian



Kompresor Mitzui 7 kgf



Busur



Suntikan untuk mengambil biogas



Balon



Venojek



Biogas diambil menggunakan balon



Biogas di ambil menggunakan suntikan



Biogas disimpan didalam venojek



Venojek ditutup dengan Isolatip



Venojek dibungkus alumunium



Mengukur sampel



Penampung biogas sebelum dimurnikan



Penampung biogas setelah dimurnikan

### Lampiran 3. Dokumentasi Uji Performa Pembakaran



Timbangan CAS SW-1A 25 kg



Menimbang tabung gas kosong.



Memasukan Biogas kedalam tabung gas.



Mengisi sampai 3 bar



Menimbang tabung gas setelah di isi biogas.



Tabung Gas Biogas



Timbangan Lion Star 2 kg



Panci dan Termometer



Kompor Biogas



Lilin dan Korek



Pemansan Air Menggunakan  
Biogas.



Api yang dihasilkan dari  
Biogas

**Lampiran 4. Tabel Data Hasil Uji Performa Pembakaran**

Hasil uji performa pembakaran semua sampel

| Konsentrasi (gr/ml)     | Kalor (Q) |
|-------------------------|-----------|
| Biogas                  | 52,000    |
| Akuades                 | 35,000    |
| Kulit Mangga 0,01 gr/ml | 23,000    |
| Kulit Mangga 0,02 gr/ml | 37,000    |
| Kulit Mangga 0,03 gr/ml | 36,000    |
| Kulit Mangga 0,06 gr/ml | 30,000    |

Data hasil uji performa pembakaran Pada Biogas sebelum dimurnikan

| waktu (t) | Suhu (T <sup>0</sup> ) | 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       |

Data hasil uji performa pembakaran pada sampel akuades

| waktu (t) | Suhu (T <sup>0</sup> ) | P (bar) |
|-----------|------------------------|---------|
| 0         | 30                     | 3       |
| 1         | 37                     | 2,4     |
| 2         | 43                     | 1,9     |
| 3         | 50                     | 1,3     |
| 4         | 56                     | 0,6     |
| 5         | 65                     | 0       |

Data hasil uji performa pembakaran pada sampel kulit mangga 0,01 gr/ml

| waktu (t) | Suhu (T <sup>0</sup> ) | P (bar) |
|-----------|------------------------|---------|
| 0         | 34                     | 3       |
| 1         | 39                     | 2,4     |
| 2         | 43                     | 1,9     |
| 3         | 48                     | 1,3     |
| 4         | 52                     | 0,8     |
| 5         | 57                     | 0       |

Data hasil uji performa pembakaran pada sampel kulit mangga 0,02 gr/ml

| waktu (t) | Suhu (T <sup>0</sup> ) | P (bar) |
|-----------|------------------------|---------|
| 0         | 30                     | 3       |
| 1         | 37                     | 2,6     |
| 2         | 42                     | 2,3     |
| 3         | 46                     | 1,9     |
| 4         | 50                     | 1,6     |
| 5         | 55                     | 1,2     |
| 6         | 59                     | 0,9     |
| 7         | 63                     | 0,4     |
| 8         | 67                     | 0       |

Data hasil uji performa pembakaran pada sampel kulit mangga 0,03 gr/ml

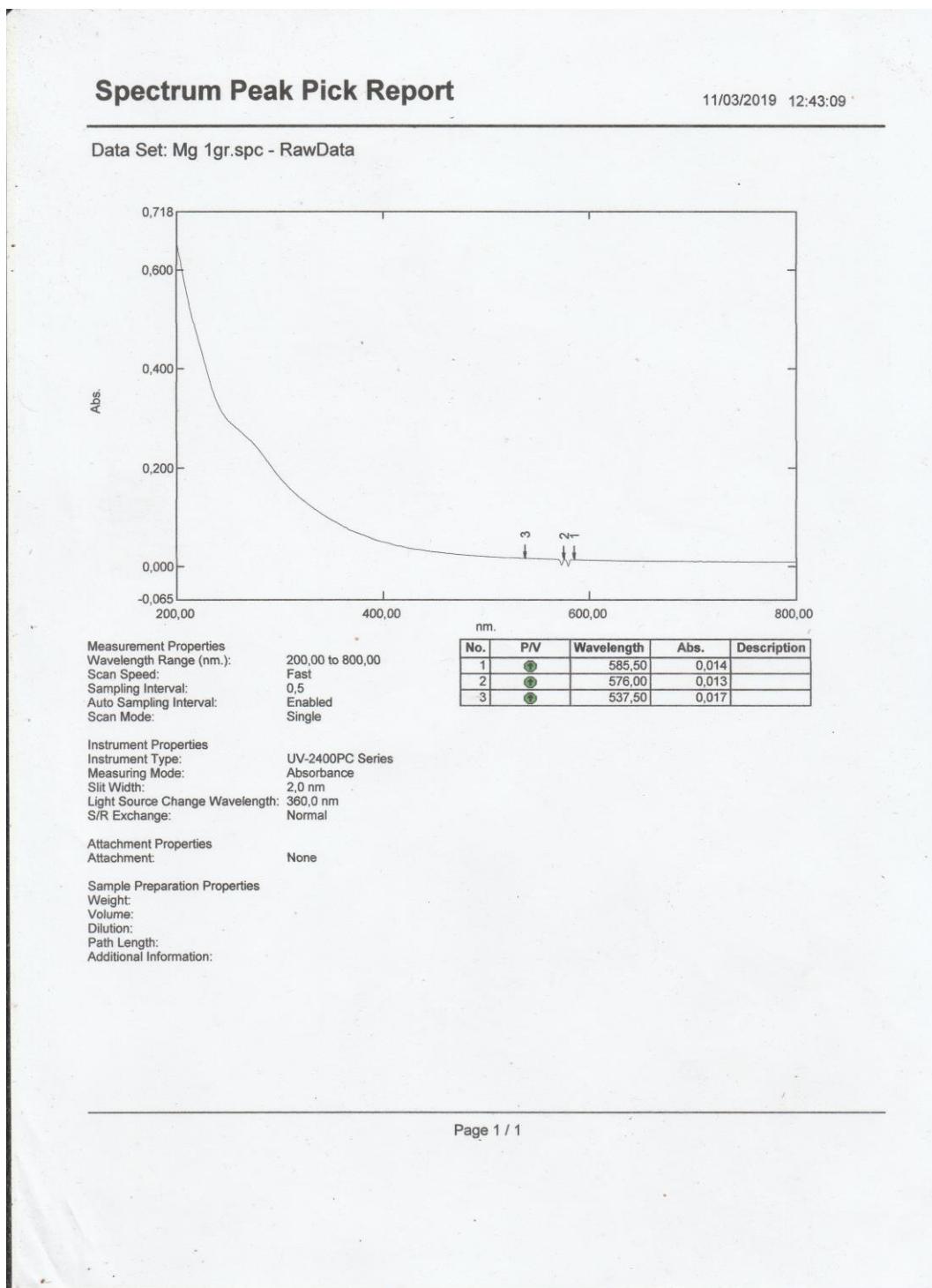
| waktu (t) | Suhu (T <sup>0</sup> ) | P (bar) |
|-----------|------------------------|---------|
| 0         | 29                     | 3       |
| 1         | 36                     | 2,4     |
| 2         | 43                     | 1,9     |
| 3         | 50                     | 1,3     |
| 4         | 56                     | 0,6     |
| 5         | 62                     | 0,1     |
| 6         | 65                     | 0       |

Data hasil uji performa pembakaran pada sampel Kulit mangga 0,06 gr/ml

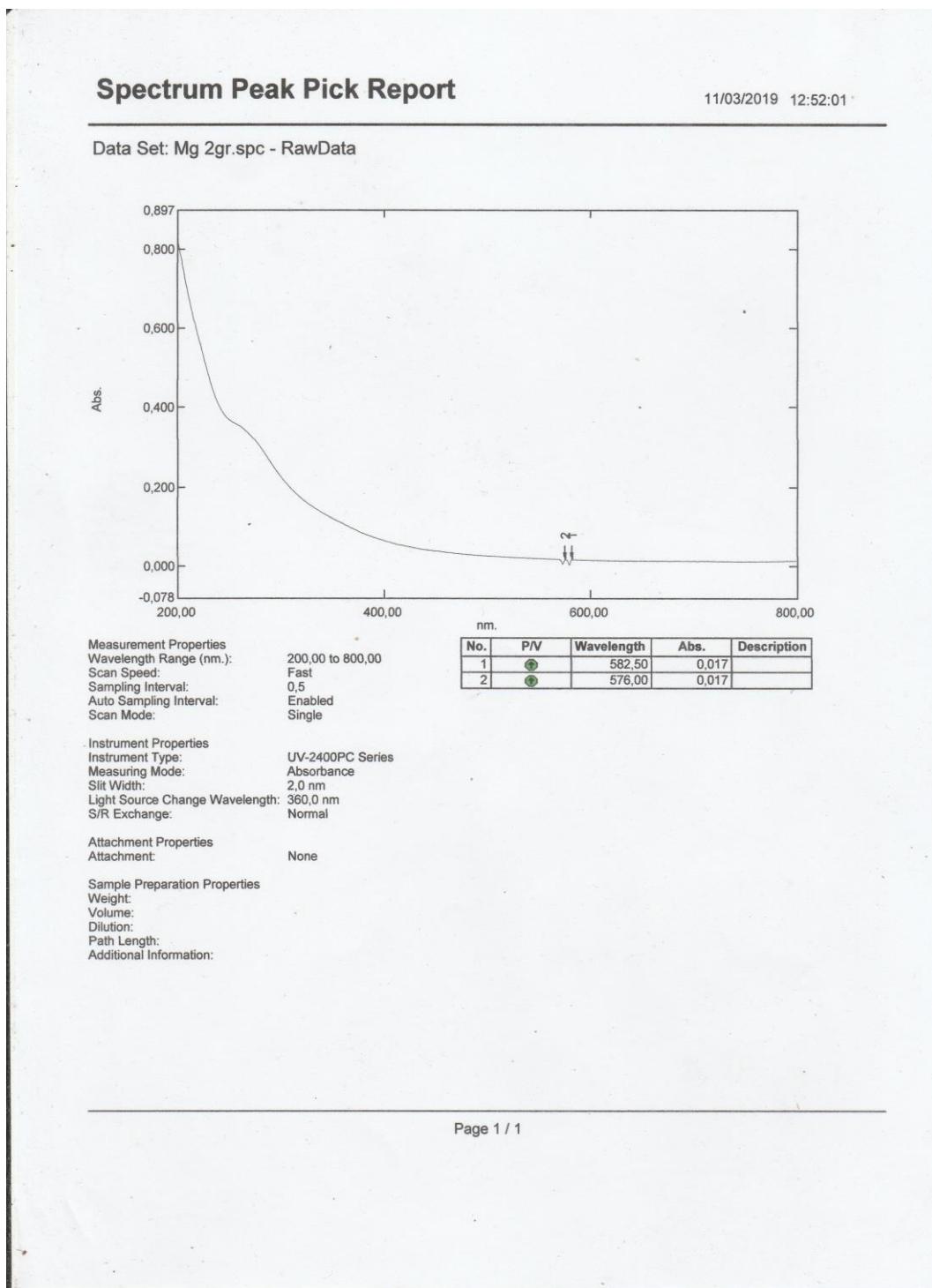
| waktu (t) | Suhu (T <sup>0</sup> ) | P (bar) |
|-----------|------------------------|---------|
| 0         | 32                     | 3       |
| 1         | 38                     | 2,4     |
| 2         | 45                     | 1,8     |
| 3         | 51                     | 1,3     |
| 4         | 57                     | 0,5     |
| 5         | 62                     | 0       |

## Lampiran 5. Hasil Karakterisasi Sampel menggunakan UV-Vis

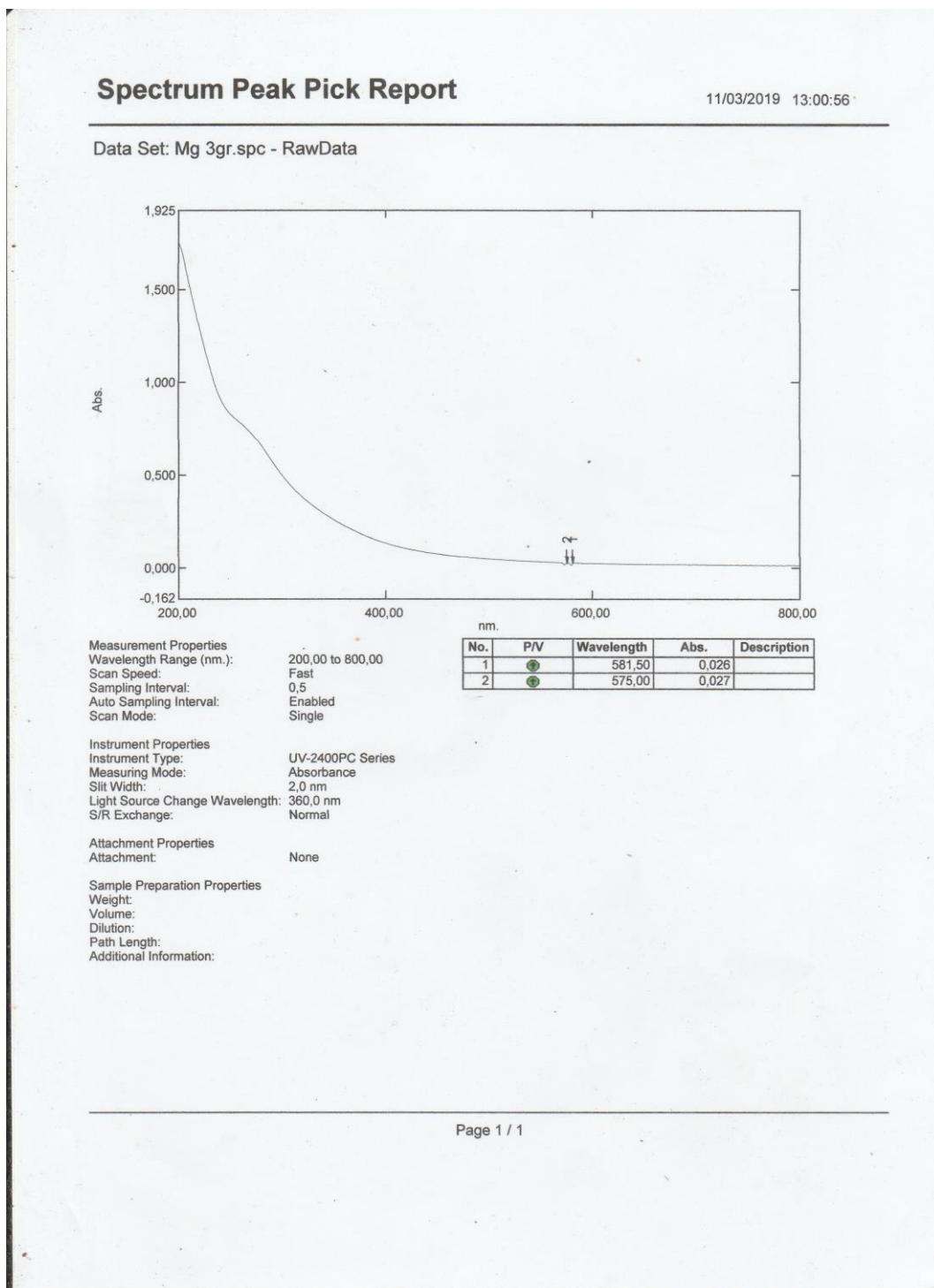
Konsentrasi C-dots 0,01 gr/ml



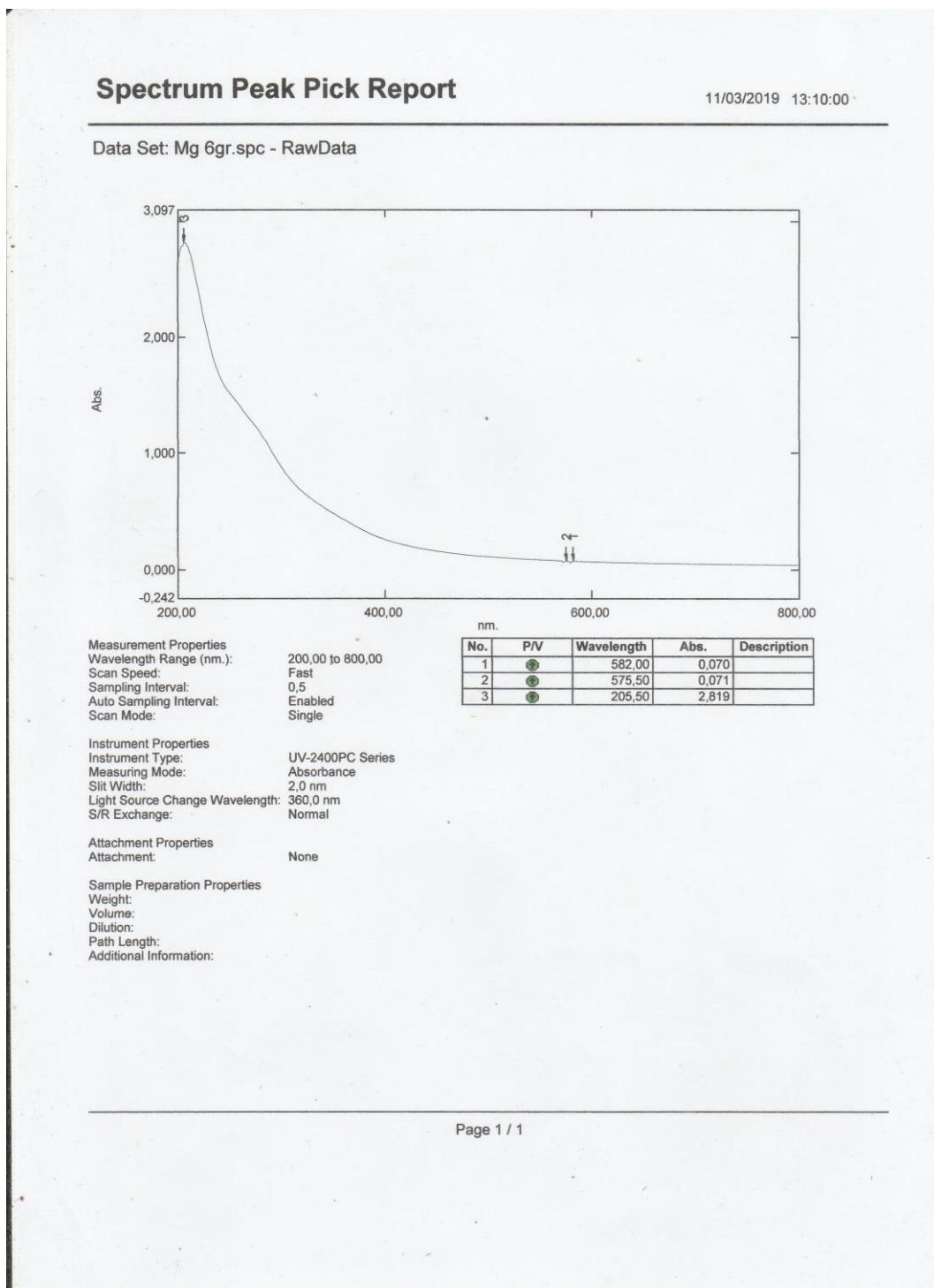
Konsentrasi C-dots 0,02 gr/ml



Konsentrasi C-dots 0,03 gr/ml

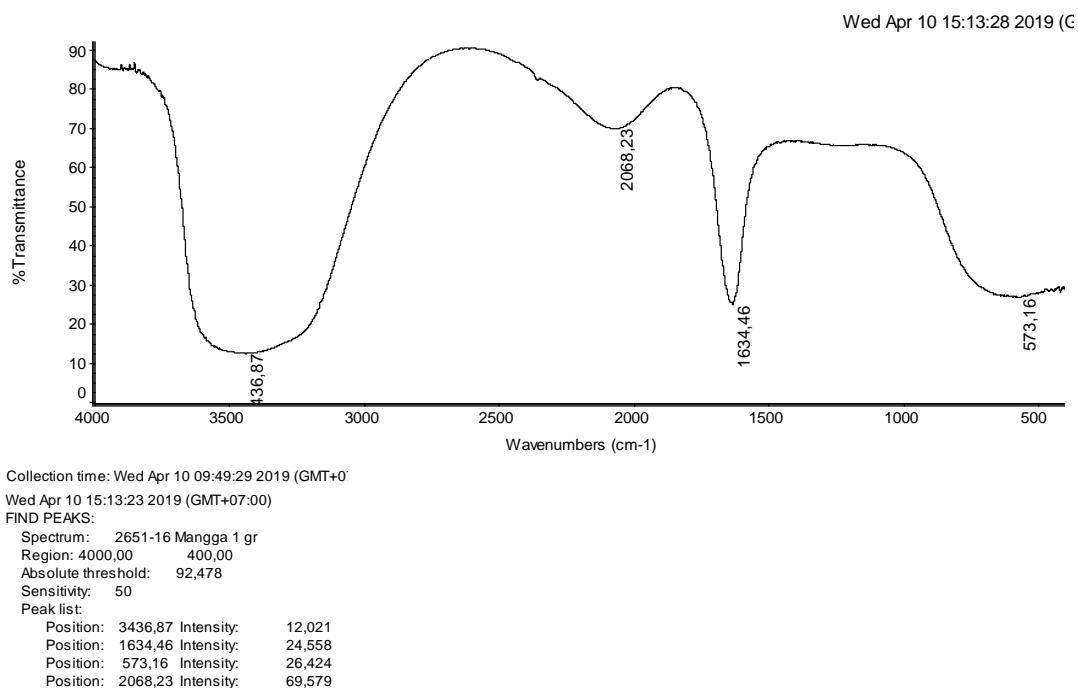


Konsentrasi C-dots 0,06 gr/ml

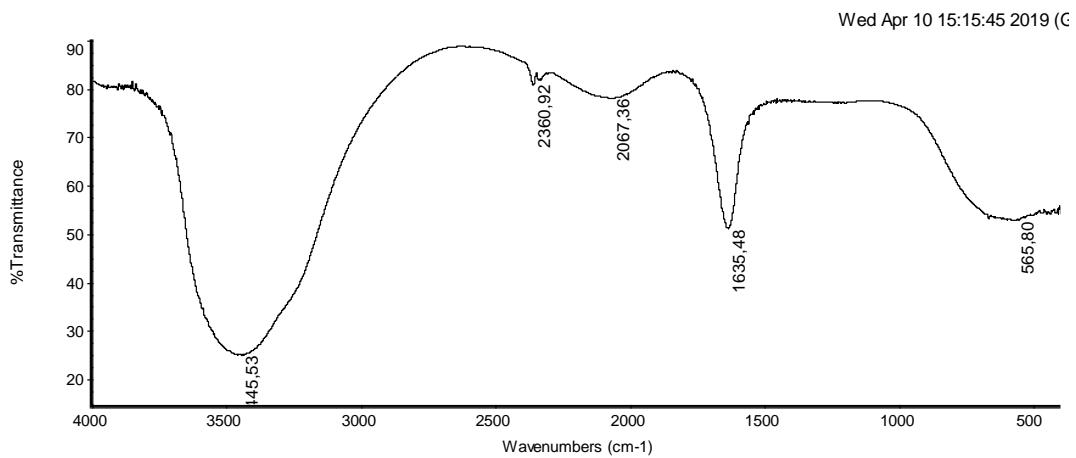


## Lampiran 6. Hasil Karakterisasi Sampel menggunakan FTIR

Konsentrasi C-dots 0,01 gr/ml



### Konsentrasi C-dots 0,02 gr/ml



Collection time: Wed Apr 10 09:50:32 2019 (GMT+0)

Wed Apr 10 15:15:43 2019 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2651-19 Manga 2 gr

Region: 4000,00 400,00

Absolute threshold: 90,497

Sensitivity: 50

Peak list:

Position: 3445.53 Intensity: 24.690

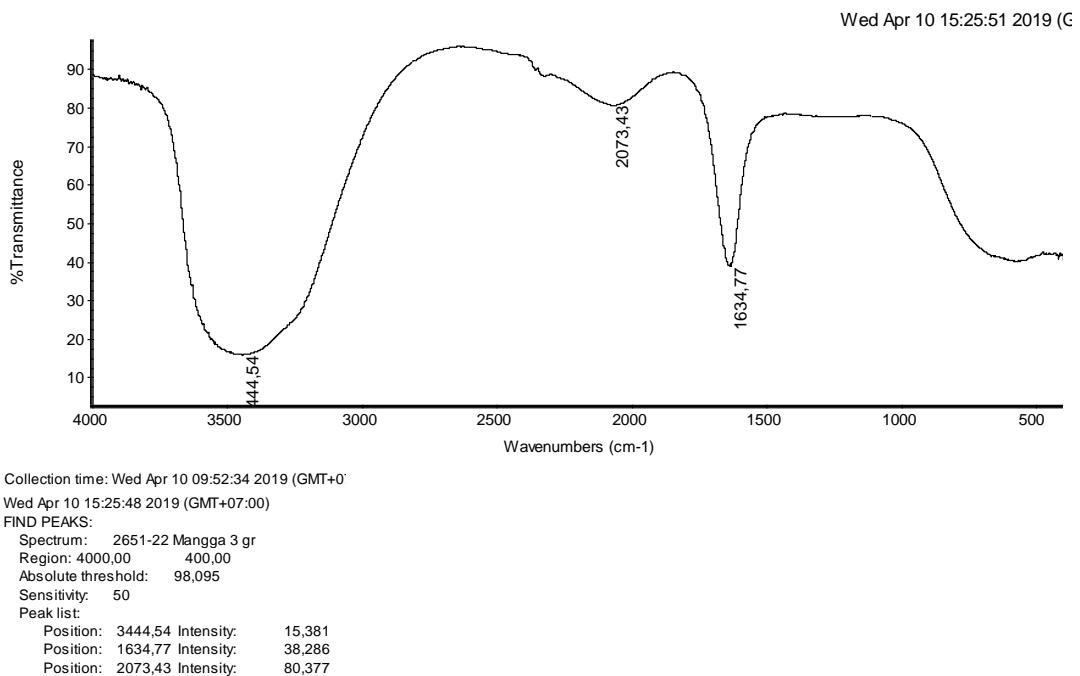
Position: 1635.48 Intensity: 50.715

Position: 565.80 Intensity: 52.485

Position: 2067.36 Intensity: 77.878

Position: 2360.92 Intensity: 80.684

## Konsentrasi C-dots 0,03 gr/ml



### Konsentrasi C-dots 0,06 gr/ml

