

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

**TUGAS AKHIR SKRIPSI**

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



**Disusun oleh:**

**Tria Andriana Yongga**

**NIM 15306141014**

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

**LEMBAR PERSETUJUAN**

Tugas Akhir Skripsi dengan judul

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

Disusun oleh:

Tria Andriana Yongga

15306141014

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

Yogyakarta, Mei 2019

Pembimbing I

Pembimbing II



**Wipsar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D**

NIP. 19800129 200501 1003



**Wira Widyawidura, S.Si., M.Eng**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi



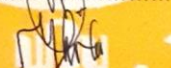
### PEMANFAATAN NANOMATERIAL *CARBON NANODOTS* BERBAHAN DASAR LIMBAH KULIT SEMANGKA SEBAGAI ABSORBEN CO<sub>2</sub> PADA PEMURNIAN BIOGAS

Disusunoleh:

Tria Andriana Yongga  
NIM 15306141014

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

#### TIM PENGUJI

<u>Nama</u>	<u>Tanda Tangan</u>	<u>Tanggal</u>
<u>Wipsar Sunu Brams D, Ph.D</u> Ketua Penguji/Pembimbing		21/06/2019
<u>Nur Kadarisman, M.Si</u> Penguji Utama		19/06/2019
<u>Wira Widyawidura, M.Eng</u> Penguji Pendamping		18/06/2019

Yogyakarta, 20 Juni 2019  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Dekan,



D. Hartono, M.Si  
NIP. 19620329 198702 1 002

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tria Andriana Yongga

NIM : 15306141014

Program Studi : Fisika

Jurusan : Pendidikan Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

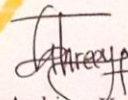
Judul Skripsi : "Pemanfaatan Nanomaterial *Carbon Nanodots* Berbahan Dasar Limbah Kulit Semangka sebagai Absorben  $\text{CO}_2$  pada Pemurnian Biogas"

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, 02 Mei 2019

Yang memyatakan.



Tria Andriana Yongga

NIM. 15306141014

## **MOTTO**

“Selesaikanlah keputusan yang telah diambil, apapun rintangan dan tantangannya,  
pasti kamu bisa melewatinya”

“Jika kamu tidak ingin melakukan sesuatu, maka jangan lakukan. Namun, jika  
kamu ingin melakukan sesuatu, maka cepat lakukan”

-WA. Gumilar-

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk

Orang tua yang selalu memberikan doa, semangat, dan kasih sayang sehingga  
saya bisa melewati semua tantangan kehidupan ini.

Kakak-kakakku yang selalu memberikan dukungan dan pengalaman untuk bisa  
menjadi pribadi yang lebih baik.

Keponakan tercinta yang selalu menemani dan menghibur.



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

Oleh:  
Tria Andriana Yongga  
15306141014

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk i) mensintesis material Cdots berbahan dasar kulit semangka menggunakan metode pemanasan *oven*, ii) mengetahui perbedaan variasi konsentrasi hasil karakterisasi Cdots berbahan dasar kulit semangka menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM, serta iii) mengetahui perbedaan pengaruh absorben Cdots berbahan dasar kulit semangka terhadap pemurnian biogas berdasarkan uji GC dan nilai kalor sebelum dan setelah pemurnian.

Penelitian ini menggunakan 4 variasi konsentrasi, yaitu 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, 0,03 gr/, dan 0,05 gr/ml. Pembuatan Cdots dilakukan dengan memanaskan kulit semangka selama 40 menit dengan suhu 250°C, kemudian ditumbuk dan disaring, setelah itu ditimbang dan dilarutkan ke dalam 100 ml akuades, kemudian disaring. Cdots dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM. Spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansi, PL untuk mengetahui intensitas, FTIR untuk mengetahui gugus fungsi, sedangkan TEM untuk mengetahui morfologi dan ukuran diameter Cdots. Kemudian Cdots diaplikasikan sebagai absorben CO<sub>2</sub> pada pemurnian biogas. Kandungan gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> dalam biogas sebelum dan setelah pemurnian dikarakterisasi menggunakan GC dan biogas setelah pemurnian diuji performa kalor untuk mengetahui kualitas biogas.

Pengujian UV-Vis menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi Cdots, maka semakin besar nilai absorbansi. Pengujian PL menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi Cdots, maka semakin besar intensitasnya. Pengujian FTIR menunjukkan Cdots memiliki gugus fungsi O-H, C=C, dan CO<sub>2</sub>. Terakhir, uji TEM menunjukkan material Cdots berbentuk bulatan dengan diameter 4,44 nm dan berstruktur *amorf*. Hasil pengujian GC menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi Cdots, penurunan konsentrasi CH<sub>4</sub> semakin kecil dan penurunan konsentrasi CO<sub>2</sub> semakin besar. Pengujian performa kalor menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi Cdots, maka semakin besar nilai kalornya.

**Kata Kunci:** Cdots, Kulit Semangka, Absorben, Biogas

# **UTILIZATION OF NANOMATERIAL CARBON NANODOTS BASED ON WATERMELON PEEL AS ABSORBENT CO<sub>2</sub> IN BIOGAS PURIFICATION**

By:  
Tria Andriana Yongga  
15306141014

## **ABSTRACT**

This study aims to i) synthesize Cdots material made from watermelon peel using oven heating method, ii) knowing the difference of variation of the concentration of the results of characterization of Cdots made from watermelon peel using UV-Vis spectrophotometer, PL, FTIR, and TEM, and iii) knowing the difference of the effect of Cdots absorbent made from watermelon peel on biogas purification based on GC Test and calorific value before and after purification.

The study used 4 variation of concentration, i.e. 0.01 grams/ml, 0.02 grams/ml, 0.03 grams/ml, and 0.05 grams/ml. Cdots manufacturing is done by heating the watermelon peel for 40 minutes with a temperature of 250°C, then pounded and filtered, once it is weighed and dissolved into 100 ml of distilled water, then filtered. Then Cdots were characterized using UV-Vis, PL, FTIR, and TEM spectrophotometers. The UV-Vis spectrophotometer was used to determine the absorbance value, the PL to determine the intensity, FTIR to find out the functional groups, while TEM to determine the morphology and diameter size of the Cdots. Then, Cdots were applied as CO<sub>2</sub> absorbents in biogas purification. Then the CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> gas content in biogas before and after the purification process was characterized using GC. In addition, the purified biogas is subjected to a heat test to determine the quality of the biogas.

Testing of UV-Vis absorbance for each concentration variation showed that the greater the concentration of Cdots, the greater the absorbance value. PL testing shows that the greater the concentration of Cdots, the greater the intensity. FTIR testing showed that Cdots have functional groups O-H, C=C, and CO<sub>2</sub>. Finally, the TEM test shows the morphology of the Cdots material in the form of spheres with a diameter of 4.44 nm and an amorphous structure. GC Test results showed that the greater the concentration of Cdots, decrease in the concentration of CH<sub>4</sub> is getting smaller and the greater the decrease in the concentration of CO<sub>2</sub>. Performance testing of heat showed that the greater the concentration of Cdots, the greater the calorific value produced.

**Keywords:** Cdots, Watermelon Peel, Absorbent, Biogas



## 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 Kulit Semangka 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. Juli Astono, M.Si selaku Penasehat Akademik yang selalu memberikan motivasi dan arahan mulai dari awal semester hingga skripsi ini selesai.
5. Wipsar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D selaku Dosen Pembimbing I dalam penelitian ini dari awal sampai akhir yang membimbing dengan penuh kesabaran, motivasi, dan semangat.

6. Wira Widyawidura, S.Si, M.Eng selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dalam penelitian ini dari awal hingga akhir penelitian ini.
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. Teman-teman Fisika B 2015 yang telah memberikan semangat dan dukungannya.
10. Pejuang S.Si yang selalu menemani, memberi semangat, dan berjuang bersama dalam keadaan apapun dari awal perkuliahan sampai menyelesaikan tugas akhir skripsi ini.
11. Semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir skripsi ini.

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

Yogyakarta, 30 April 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah .....	4
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
A. Semangka .....	7
B. <i>Carbon Nanodots</i> (Cdots) .....	10
C. <i>Oven</i> .....	13
D. Biogas.....	15
E. Pemurnian Biogas .....	18
F. Spektrofotometer UV-Vis .....	20
G. <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	23
H. <i>Photoluminesensi</i> (PL) .....	27
I. <i>Transmission Electron Microscope</i> (TEM).....	29

J. <i>Gas Chromatography</i> (GC).....	33
K. Uji Performa Kalor.....	35
L. Kerangka Berpikir .....	37
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>38</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	38
B. Jenis Penelitian.....	39
C. Alat dan Bahan .....	39
D. Variabel Penelitian .....	40
E. Tahapan Penelitian .....	40
F. Diagram Alir Penelitian .....	45
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>47</b>
A. Sintesis Cdots Berbahan Dasar Kulit Semangka.....	47
B. Karakterisasi Cdots Berbahan Dasar Kulit Semangka .....	49
C. Absorben Cdots terhadap Pemurnian Biogas.....	57
D. Pengujian Biogas.....	58
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>65</b>
A. Kesimpulan.....	65
B. Saran.....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>72</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b> Semangka.....	8
<b>Gambar 2.2.</b> Karakterisasi Cdots menggunakan berbagai instrumen.....	11
<b>Gambar 2.3.</b> Sifat <i>Photoluminescent</i> dari Cdots .....	11
<b>Gambar 2.4.</b> Instrumen Spektrofotometer UV-Vis .....	21
<b>Gambar 2.5.</b> Berbagai jenis transisi elektronik.....	22
<b>Gambar 2.6.</b> Instrumen spektrofotometer FTIR .....	26
<b>Gambar 2.7.</b> Prinsip spektroskopi PL.....	28
<b>Gambar 2.8.</b> <i>Transmission Electron Microscope</i> (TEM) .....	30
<b>Gambar 2.9.</b> (a) Struktur Atom Kristal dan (b) Struktur Atom <i>Amorf</i> .....	32
<b>Gambar 2.10.</b> GC Shimadzu 14 A .....	35
<b>Gambar 2.11.</b> Contoh hasil analisa gas CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> .....	35
<b>Gambar 3.1.</b> Diagram alir penelitian .....	45
<b>Gambar 3.2.</b> Proses pemurnian biogas .....	46
<b>Gambar 3.3.</b> Proses pengujian performa kalor .....	46
<b>Gambar 4.1.</b> Sampel dengan konsentrasi (a) 0,01 gr/ml, (b) 0,02 gr/ml, (c) 0,03 gr/ml, dan (d) 0,05 gr/ml .....	47
<b>Gambar 4.2.</b> Sampel dengan (a) 0,01 gr/ml, (b) 0,02 gr/ml, (c) 0,03 gr/ml, dan (d) 0,05 gr/ml yang disinari dengan laser UV .....	48
<b>Gambar 4.3.</b> Hasil karakterisasi UV-Vis .....	49
<b>Gambar 4.4.</b> Hasil karakterisasi UV-Vis Cdots 0,05 gr/ml .....	50
<b>Gambar 4.5.</b> Hasil karakterisasi PL .....	52
<b>Gambar 4.6.</b> Hasil karakterisasi FTIR .....	54
<b>Gambar 4.7.</b> Nilai Absorbansi .....	54
<b>Gambar 4.8.</b> Hasil karakterisasi TEM (a) pola difraksi dan (b) morfologi .....	55
<b>Gambar 4.9.</b> Hasil persentase diameter Cdots .....	56
<b>Gambar 4.10.</b> Instalasi pemurni.....	57
<b>Gambar 4.11.</b> Hasil karakterisasi GC sebelum proses pemurnian .....	59
<b>Gambar 4.12.</b> Hasil karakterisasi GC setelah proses pemurnian .....	60
<b>Gambar 4.13.</b> Perbandingan CO <sub>2</sub> sebelum dan setelah proses pemurnian.....	60
<b>Gambar 4.14.</b> Hasil pengujian performa kalor .....	62
<b>Gambar 4.15.</b> Warna api untuk Cdots (a) 0,01 gr/ml dan (b) 0,05 gr/ml .....	63

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b> Kandungan nutrisi daging dan kulit buah semangka per 100 gram .....	10
<b>Tabel 2.2.</b> Komposisi biogas secara umum .....	15
<b>Tabel 2.3.</b> Korelasi bilangan gelombang dengan jenis ikatan .....	27
<b>Tabel 4.1.</b> Hasil pengukuran diameter Cdots .....	56

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Dokumentasi .....	72
2. Hasil uji UV-Vis .....	76
3. Hasil uji FTIR .....	80
4. Hasil uji GC .....	82
5. Hasil uji performa kalor .....	82



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Semangka (*Citrullus vulgaris*) merupakan salah satu buah yang mudah didapat dan banyak dikonsumsi karena tumbuh di berbagai musim di Indonesia. Buah semangka mengandung 90% air sehingga cocok dikonsumsi di daerah tropis seperti Indonesia. Sebagian masyarakat hanya memanfaatkan daging buah semangka dan kulitnya menjadi bahan buangan tidak terpakai. Kulit semangka ternyata memiliki kandungan nutrisi yang tinggi. Menurut Sugiyanta (2011), kulit semangka mengandung sitrulin mencapai 60%. Kandungan sitrulin pada kulit semangka lebih banyak daripada daging buahnya. Sitrulin dalam kulit semangka memiliki manfaat bagi kesehatan, seperti mengurangi resiko penyakit jantung dan tekanan darah tinggi. Oleh karena itu, sudah ada beberapa pemanfaatan kulit semangka, seperti selai, teh herbal, jus, salad, atau acar. Selain untuk dikonsumsi, kulit semangka dapat dimanfaatkan dalam bidang nanoteknologi.

Nanoteknologi merupakan pembuatan dan penggunaan materi pada ukuran sangat kecil. Menurut peneliti, ukuran 1-100 nm disebut sebagai skala nano, dan material yang berada pada ukuran tersebut disebut sebagai nanomaterial. Salah satu nanomaterial yang saat ini sedang dikembangkan adalah *carbon nanodots* (Cdots). Cdots merupakan material karbon aktif atau arang aktif dengan ukuran di bawah 10 nm. Cdots memanfaatkan kandungan

karbon dari suatu bahan untuk menghasilkan partikel nano yang berguna dalam kemajuan teknologi, seperti dalam bidang farmasi, bioteknologi, fotonik, elektronik, sensor, serta berbagai teknologi lain dalam penanganan pencemaran lingkungan (Jahanshahi dan Babaei, 2008). Dalam penelitian ini, Cdots diaplikasikan sebagai absorben pada pemurnian biogas.

Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang menjadi alternatif dan sedang dikembangkan saat ini. Biogas sebagian besar mengandung gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), dan beberapa kandungan senyawa lain yang jumlahnya kecil diantaranya hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), hidrogen ( $\text{H}_2$ ), serta nitrogen ( $\text{N}_2$ ). Produk biogas yang dihasilkan adalah gas yang dapat digunakan sebagai sumber energi (Harahap *et al*, 1980). Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi  $\text{CH}_4$ . Semakin tinggi kandungan  $\text{CH}_4$  maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan  $\text{CH}_4$  semakin kecil nilai kalornya. Nilai energi biogas (dalam satu  $\text{m}^3$  biogas) setara dengan 6 kwh energi listrik, 0,62 liter minyak tanah, 0,52 liter minyak solar atau minyak diesel, 0,46 kg elpiji, 3,50 kg kayu bakar, 0,80 liter bensin, dan 1,50  $\text{m}^3$  gas kota (Pertiwiningrum, 2016).

Kualitas biogas dapat ditingkatkan dengan memperlakukan beberapa parameter, yaitu: menghilangkan  $\text{H}_2\text{S}$ , kandungan air, dan  $\text{CO}_2$  atau yang disebut dengan proses purifikasi atau pemurnian. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pemurnian biogas adalah mengabsorpsi kandungan  $\text{CO}_2$ .

Beberapa penelitian perihal pemurnian biogas sudah dilakukan, diantaranya menggunakan  $H_2O$ ,  $NaOH$ , zeolit, dan arang aktif. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penulis membuat inovasi mengenai pemurnian biogas untuk penyerapan  $CO_2$  yang terdapat dalam biogas menggunakan Cdots dengan bahan dasar kulit semangka.

Dalam penelitian ini, metode yang dipilih untuk pembuatan Cdots adalah metode pemanasan *oven*. Sampel yang sudah dibuat dengan metode tersebut, kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM untuk mengetahui karakteristik Cdots berbahan dasar kulit semangka. Setelah itu, Cdots dapat diaplikasikan sebagai absorben dalam pemurnian biogas dengan dua kali penyaringan. Kandungan gas  $CH_4$  dan  $CO_2$  dalam biogas diukur menggunakan *gas chromatography* (GC). GC digunakan untuk mengetahui kandungan  $CH_4$  dan  $CO_2$  di dalam biogas sebelum dan sesudah proses pemurnian. Selain itu, biogas yang telah dimurnikan dilakukan uji performa kalor untuk mengetahui kualitas biogas tersebut.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan, yaitu:

1. Masyarakat hanya memanfaatkan daging buah semangka dan kulitnya menjadi limbah, walaupun sudah ada beberapa pemanfaatan kulit semangka.

2. Masih kurangnya pemanfaatan limbah kulit semangka, khususnya dalam pembuatan Cdots.
3. Belum adanya pengenalan dan pengembangan mengenai Cdots berbahan dasar kulit semangka sebagai absorben pada pemurnian biogas.
4. Masih banyaknya kandungan CO<sub>2</sub> yang terdapat dalam biogas sehingga menurunkan nilai kalor.

### **C. Batasan Masalah**

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Penelitian ini dilakukan menggunakan limbah kulit semangka sebagai sumber utama pembuatan Cdots berbentuk cair.
2. Kulit semangka yang dipilih adalah kulit semangka yang memiliki daging buah berwarna merah.
3. Sintesis C-dots menggunakan metode pemanasan *oven*.
4. Karakterisasi pada Cdots dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM.
5. Kandungan biogas yang diukur adalah konsentrasi gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> sebelum dan sesudah proses pemurnian.

### **D. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana sintesis material Cdots berbahan dasar kulit semangka menggunakan metode pemanasan *oven*?

2. Bagaimana perbedaan variasi konsentrasi hasil karakterisasi Cdots berbahan dasar kulit semangka sebagai absorben CO<sub>2</sub> pada pemurnian biogas menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM?
3. Bagaimana perbedaan pengaruh absorben Cdots berbahan dasar kulit semangka terhadap pemurnian biogas berdasarkan uji GC dan nilai kalor sebelum dan setelah proses pemurnian?

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

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mensintesis material Cdots berbahan dasar kulit semangka menggunakan metode pemanasan *oven*.
2. Mengetahui perbedaan variasi konsentrasi hasil karakterisasi Cdots berbahan dasar kulit semangka sebagai absorben CO<sub>2</sub> pada pemurnian biogas menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM.
3. Mengetahui perbedaan pengaruh absorben Cdots berbahan dasar kulit semangka terhadap pemurnian biogas berdasarkan uji GC dan nilai kalor sebelum dan setelah proses pemurnian.

#### **F. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah

- a. Bagi mahasiswa
  1. Mendapatkan informasi tentang sintesis material Cdots berbahan dasar kulit semangka menggunakan metode pemanasan *oven*.

2. Mendapatkan informasi tentang perbedaan variasi konsentrasi hasil karakterisasi Cdots berbahan dasar kulit semangka sebagai absorben CO<sub>2</sub> pada pemurnian biogas menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM.
  3. Mendapatkan informasi tentang perbedaan pengaruh absorben Cdots berbahan dasar kulit semangka terhadap pemurnian biogas berdasarkan uji GC dan nilai kalor sebelum dan setelah proses pemurnian.
  4. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai pemurnian biogas menggunakan absorben Cdots berbahan dasar kulit semangka.
- b. Bagi universitas
- Sebagai pengenalan penelitian untuk kemudian dapat dikembangkan lebih lanjut.
- c. Bagi masyarakat
- Sebagai pengetahuan baru tentang material C-dots yang dapat dibuat dari bahan alam yang mudah diperoleh dan dapat diaplikasikan dalam pemurnian biogas.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Semangka**

Semangka (*Citrullus vulgaris*) merupakan tanaman buah berupa herba yang tumbuh merambat. Tanaman semangka berasal dari Afrika, kemudian berkembang dengan pesat ke berbagai negara baik di daerah tropis maupun subtropis, seperti: Afrika Selatan, Cina, Jepang, dan Indonesia. Tanaman semangka bersifat semusim dan tergolong cepat berproduksi karena umurnya hanya sampai 6 bulan. Semangka merupakan tanaman yang sifatnya menjalar, batangnya kecil, dan panjangnya dapat mencapai 5 m (Syukur, 2009).

Batang tanaman ditumbuhi bulu-bulu halus yang panjang, tajam, berwarna putih, serta mempunyai sulur yang bercabang 2-3 buah. Tanaman semangka mempunyai bunga jantan, bunga betina, dan hermaprodit yang letaknya terpisah, namun masih dalam satu pohon. Buahnya berbentuk bulat sampai bulat telur (oval). Kulit buahnya berwarna hijau atau kuning, burik putih atau hijau. Daging buahnya lunak, berair, dan rasanya manis, serta daging buah berwarna merah atau kuning (Syukur, 2009).





**Gambar 2.1.** Semangka  
(Sumber: <http://encrypted-tbn0.gstatic.com>)

Menurut Sobir dan Siregar (2010), klasifikasi ilmiah semangka adalah

Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Ordo	: <i>Cucurbitales</i>
Familia	: <i>Cucurbitaceae</i>
Genus	: <i>Citrullus</i>
Spesies	: <i>Citrullus vulgaris</i>

Semangka terkenal dengan buahnya yang merah dan memiliki banyak khasiat, namun perlu diketahui bahwa bagian putih dari buah semangka juga memiliki banyak zat gizi yang tidak kalah pentingnya untuk tubuh. Bagian dalam kulit buah semangka ini mengandung nutrisi yang penting, yaitu vitamin A 3%, vitamin B kompleks, seperti Tiamin (Vit. B1), Riboflavin (Vit. B2), Niacin (Vit. B3), pantotenat acid (Vit. B5), Vit. B6, dan folat (Vit. B9) yang berkisar antara 1-3%, Vitamin C 14%.

Komposisi Mineral: Calcium 1%, Besi 2%, Magnesium 3%, Fosfor 2%, Kalium 2%, dan Zinc 1%. Selain itu mengandung asam lemak tak jenuh tinggi, minyak, likopen, dan asam amino sitrulin. (Deshmukh *et al*, 2015).

Kulit semangka mengandung pektin, selulosa, hemiselilosa, lignin, silika, likopen, sitrulin, dan protein. Kandungan yang terbanyak dalam kulit semangka adalah sitrulin. Menurut Sugiyanta (2011), kulit semangka mengandung sitrulin mencapai 60% atau 24,4 mg/g berat kering. Sitrulin merupakan asam amino non-esensial dengan ikatan karbon asimetris yang berperan penting dalam metabolisme dan regulasi NO, serta merupakan molekul bioaktif yang penting dalam berbagai kondisi, baik fisiologis maupun patologis. Sitrulin berfungsi sebagai antioksidan yang dapat menangkal radikal bebas. Sitrulin di dalam tubuh bisa berubah menjadi arginin, yaitu asam amino yang berguna untuk berperan penting dalam sistem kekebalan tubuh dan dapat melancarkan peredaran darah. Kandungan gizi dalam kulit buah semangka dianggap mampu menjaga kesehatan jantung.

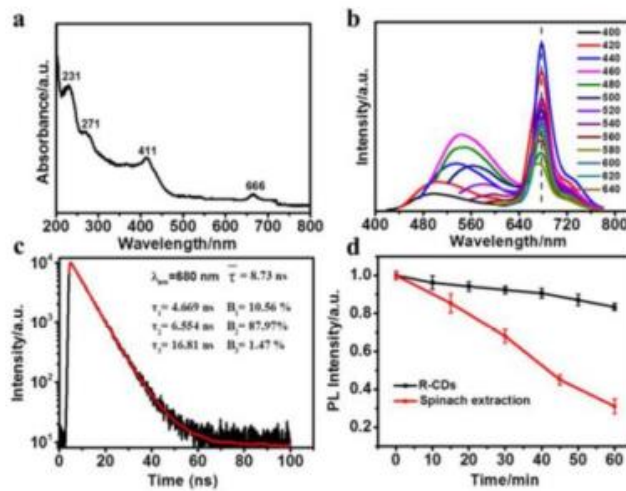
**Tabel 2.1.** Kandungan nutrisi daging dan kulit buah semangka tiap 100 gram

Kandungan	Daging (%)	Kulit (%)
Air	90,0	87,7
Karbohidrat (g)	7,5	5,6
Protein (g)	0,6	2,5
Lemak (g)	0,2	0,1
Magnesium (mg)	10	-
Kalium (mg)	112	220
Kalsium (mg)	7	8
Fosfor	11	-
Vitamin A(IU)	569	2845
Vitamin C (mg)	9,39	7,63

Sumber: Johnson *et al*, 2013; Fila *et al*, 2013; USDA, 2015.

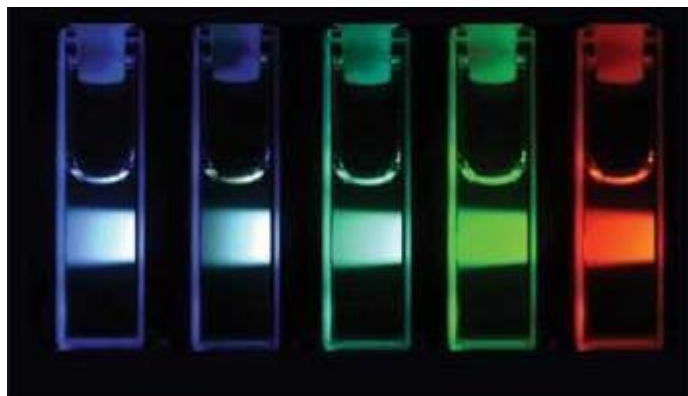
## B. Carbon Nanodots (Cdots)

Secara khas, Cdots 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). Material ini pertama kali diperoleh dalam pemurnian *single-walled carbon nanotube* (SWCNT) melalui proses elektroforensis pada tahun 2004. Berikut merupakan hasil karakterisasi Cdots menggunakan UV-Vis, PL, TRPL, dan kestabilan Cdots dengan PL pada daun bayam menurut (Li *et al*, 2017).



**Gambar 2.2.** Karakterisasi Cdots menggunakan berbagai instrumen.

Salah satu sifat istimewa yang dimiliki oleh nanomaterial adalah luas permukaannya. Luas permukaan akan meningkat dengan mengecilnya ukuran partikel. Meningkatnya presentasi atom pada permukaan akan meningkatkan reaktivitas partikel sehingga dapat berpengaruh pada partikel yang berfungsi sebagai katalis (Abdullah, 2010). Contoh sifat luminesensi Cdots dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3.** Sifat *Photoluminescent* dari Cdots (Abdullah, 2010).

Selain itu, ciri lain dari sifat Cdots adalah luminesensi. Luminesensi merupakan fenomena fisika berupa pancaran yang melibatkan penyerapan energi dan emisi cahaya. Cdots yang telah disintesis memiliki karakteristik luminesensi 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). Disebut rekombinasi karena elektron bergabung kembali dengan hole sehingga hole menjadi hilang. Saat proses deeksitasi ini dilepaskan 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, yaitu  $hf \approx E_g$ .

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 Cdots 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. Cdots yang disintesis menggunakan metode yang berbeda ditemukan terdiri dari karbon *amorf*, sampai *nanocrystalline graphitic* atau *turbostatic* ( $sp^2$  Carbon), sampai berlian seperti struktur inti ( $sp^3$  Carbon).

### C. Oven

*Oven* merupakan teknologi yang cukup sederhana. Harrison *et al.* (2000) dalam Saputra dan Ningrum (2010) menjelaskan *oven* adalah alat untuk memanaskan, memanggang, dan mengeringkan. *Oven* dapat digunakan sebagai pengering apabila dengan kombinasi pemanas dengan *humidity* rendah dan sirkulasi udara yang cukup. Kecepatan pengeringan tergantung kadar air dan tebal bahan yang dikeringkan. Penggunaan *oven* biasanya digunakan untuk skala kecil. *Oven* yang paling umum yaitu *oven* listrik (*electric oven*) yang dioperasikan pada tekanan atmosfer.

*Oven* listrik adalah *oven* yang menggunakan energi listrik sebagai bahan bakar utama sebagai pembakaran *oven*, tenaga listrik sebagai daya utama yang menggerakkan *heater* dan pengendali *oven* (Istiadi dan Tjahjono, 2010). *Oven* listrik dalam pengendalian temperatur umumnya menggunakan sensor *thermocouple* dan *thermostat* sebagai pengatur pensaklaran elemen pemanas. Sedangkan pengendalian waktu pada *oven* umumnya menggunakan *timer*. *Thermocouple* adalah transduser aktif untuk suhu yang tersusun dari dua buah logam berbeda dengan titik pembacaan pada pertemuan kedua logam dan titik yang lain sebagai outputnya. Hubungan antara tegangan dan pengaruhnya terhadap suhu

masing-masing titik pertemuan dua buah kawat adalah linear (Eckersdorf *et al*, 1991).

Elemen pemanas merupakan piranti yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses *Joule Heating*. Persyaratan elemen pemanas antara lain harus tahan lama pada suhu yang dikehendaki, sifat mekanisnya harus kuat pada suhu yang dikehendaki, koefisien muai harus kecil sehingga perubahan bentuknya pada suhu yang dikehendaki tidak terlalu besar, tahanan jenisnya harus tinggi, dan koefisien suhunya harus kecil sehingga arus kerjanya sedapat mungkin konstan (Gao *et al*, 2011).

*Timer* pada *oven* listrik berfungsi untuk pengaturan waktu kerja yang akan memutus aliran listrik ke rangkaian pemanas jika suatu nilai waktu yang telah ditentukan terlampaui (Istiadi dan Tjahjono, 2010). *Timer* pada *oven* listrik akan menyala ketika *oven* listrik menyala. Ketika *oven* listrik mengalami *overheat* maka *oven* listrik akan mati beberapa saat dan akan menyala kembali ketika *timer* belum selesai. Hal ini diakibatkan adanya bimetal pada *oven* listrik jika bimetal panas maka bimetal akan menjadi lurus sehingga memutuskan arus listrik dan jika bimetal kembali ke temperatur normal maka bimetal akan kembali melengkung dan menyambungkan arus listrik. Kelebihan dari *oven* listrik adalah lebih mudahnya dalam pengaturan temperatur didalam *oven*, sehingga *oven* listrik banyak digunakan dipabrik-pabrik yang membutuhkan kecepatan dan hasil yang memuaskan.



#### D. Biogas

Biogas adalah gas yang mudah terbakar (*flammable*) yang dihasilkan dari proses fermentasi (pembusukan) bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa oksigen yang ada dalam udara). Bahan-bahan organik adalah bahan-bahan yang dapat terurai kembali menjadi tanah, misal sampah dan kotoran hewan (sapi, kambing, babi, dan ayam). Proses fermentasi ini sebetulnya terjadi secara alamiah tetapi membutuhkan waktu yang relatif lama. Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan karena keberadaan bahan baku akan terus ada selama kehidupan ini masih berlangsung. Biogas berbeda dengan bahan bakar fosil (minyak bumi dan batu bara) yang merupakan bahan bakar tidak dapat diperbaharui. Komposisi biogas secara umum ditampilkan dalam Tabel 2.2.

**Tabel 2.2.** Komposisi biogas secara umum

Komponen	%
Metana (CH <sub>4</sub> )	54-70
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	27-45
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	0,5-3
Hidrogen (H <sub>2</sub> )	5-10
Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)	0-3
Air (H <sub>2</sub> O)	0,3

*Sumber: pusat informasi dokumentasi PTP-ITB.F, dalam Harsono, 2013*

Campuran biogas akan mudah terbakar jika kandungan gas  $\text{CH}_4$  lebih dari 50%. Ketika gas dibakar, maka api yang terbentuk akan berwarna biru layaknya api dari elpiji dan energi panas yang dihasilkan berkisar sekitar 5200-5900 kcal/m<sup>3</sup> gas atau sama halnya dengan memanaskan 65-73 liter air dari suhu 20°C sampai mendidih atau menyalakan lampu dengan daya 50-100 watt selama 3-8 jam. Perhitungan nilai energi yang dihasilkan dari biogas dapat dilakukan yaitu dengan mengasumsi 1 kg kotoran sapi bisa menghasilkan 0,03 m<sup>3</sup> gas. Jumlah kotoran yang dihasilkan oleh satu ekor sapi tiap hari sekitar 10 kg.

Berikut ini adalah beberapa tahapan terbentuknya biogas dari proses fermentasi anaerob:

1. Tahap hidrolisis

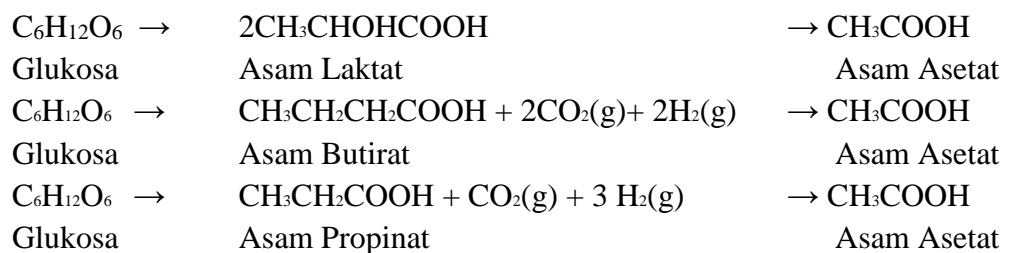
Pada tahap hidrolisis, bahan-bahan biomassa yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan bahan ekstraktif seperti protein, karbohidrat dan lipida akan diurai menjadi senyawa dengan rantai yang lebih pendek (Dennis dan Burke, 2001). Pada tahap hidrolisis, mikroorganisme yang berperan adalah enzim ekstraselular seperti selulase, amilase, protease dan lipase. Reaksi yang terjadi pada tahap ini sebagai berikut:



2. Tahap pengasaman (asidifikasi)

Pada tahap pengasaman, bakteri akan menghasilkan asam yang akan berfungsi untuk mengubah senyawa pendek hasil hidrolisis

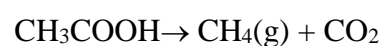
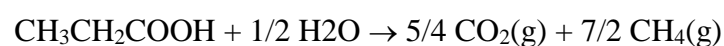
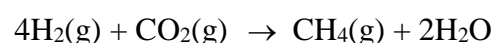
menjadi asam asetat, H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>. Bakteri ini merupakan bakteri anaerob yang dapat tumbuh pada keadaan asam (pH 5,5-6,5) dan bekerja secara optimum pada temperatur sekitar 30°C. Untuk menghasilkan asam asetat, bakteri tersebut memerlukan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen yang terlarut dalam larutan. Selain itu, bakteri tersebut juga mengubah senyawa yang bermolekul rendah menjadi alkohol, asam amino, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, dan sedikit CH<sub>4</sub>. Reaksi yang terjadi adalah

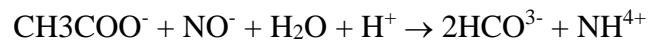
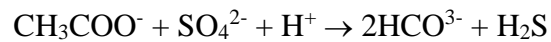


### 3. Tahap pembentukan gas CH<sub>4</sub>

Setelah material organik berubah menjadi asam asetat, maka pada tahap *methanogenesis* dari proses *anaerobic digestion* adalah pembentukan gas CH<sub>4</sub> dengan bantuan bakteri pembentuk metana seperti *methanococcus*, *methanosarcina*, dan *methano bacterium*. Proses ini berlangsung selama 14 hari dengan suhu 35°C di dalam digester. Kondisi optimum berada pada pH 6,8 – 7,2.

Reaksi yang terjadi:





## E. Pemurnian Biogas

Pemurnian biogas merupakan upaya untuk menghilangkan unsur-unsur penghambat (*impurities*) yang terkandung dalam biogas, seperti unsur  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , dan partikulat lainnya, yang disinyalir mempunyai pengaruh besar terhadap nilai kalor atau panas yang dihasilkan oleh biogas, yang mana unsur-unsur tersebut dapat mengganggu proses pembakaran, sehingga diharapkan dapat menghasilkan biogas dengan kualitas yang lebih baik setelah pemurnian, yaitu biogas dengan kualitas mendekati *Biometana* (biogas yang mendekati metana murni). Beberapa proses dapat diterapkan untuk meningkatkan kadar  $\text{CH}_4$  di dalam biogas dengan membuang kandungan  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$ .

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pemurnian biogas adalah dengan mengabsorpsi kandungan  $\text{CO}_2$ . Absorpsi dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu absorpsi fisika yang disebabkan oleh gaya Van Der Waals (penyebab terjadinya kondensasi untuk membentuk cairan yang ada pada permukaan absorben) dan absorpsi kimia (terjadi reaksi antara zat yang diserap oleh absorben, banyaknya zat yang terabsorpsi tergantung pada sifat khas zat tersebut). Besar kecilnya absorpsi dipengaruhi oleh macam absorben, macam zat yang terabsorpsi, konsentrasi absorben, luas

permukaan, temperatur, dan tekanan zat yang terabsorpsi. Absorpsi digunakan untuk menyatakan bahwa ada zat lain yang terserap pada zat itu, misalnya karbon aktif dapat menyerap molekul-molekul asam asetat dalam larutannya. Tiap partikel absorban dikelilingi oleh molekul yang diserap karena terjadi interaksi tarik-menarik.

Haryandi (2011) melakukan penelitian menggunakan larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  untuk menurunkan kadar  $\text{CO}_2$  dalam biogas. Larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  dihasilkan dari reaksi  $\text{CaO}$  dengan air. Penelitian dilakukan dengan mengalirkan campuran biogas dan larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  dalam kolom bahan isian dengan aliran berlawanan arah. Variabel penelitian adalah konsentrasi absorben, kecepatan alir cairan, kecepatan alir gas, tinggi kolom dan suhu operasi. Dari penelitian ini bahwa semakin tinggi laju alir absorben menyebabkan penyerapan  $\text{CO}_2$  semakin besar. Untuk pengaruh konsentrasi larutan, semakin tinggi konsentrasi absorben menyebabkan penyerapan  $\text{CO}_2$  semakin besar. Semakin tinggi laju alir gas menyebabkan penyerapan  $\text{CO}_2$  semakin kecil. Sedangkan pengaruh suhu operasi terhadap penyerapan  $\text{CO}_2$ , semakin tinggi suhu operasi menyebabkan penyerapan  $\text{CO}_2$  semakin kecil.

Hariastuti dan Sari (2011) melakukan penelitian pemurnian biogas dengan metode absorpsi bertingkat menggunakan absorben arang aktif. Metode ini dapat mereduksi kandungan gas impurities dalam biogas ( $\text{H}_2\text{S}$ : 99,98%,  $\text{NH}_3$ : 86,54%,  $\text{CO}_2$ : 53,24%) , dan menaikkan kemurnian  $\text{CH}_4$  mencapai 17,16%. Penggunaan absorben terbaik adalah dengan arang

aktif sebanyak 6 kg, kecepatan alir biogas 25 lt/menit dan waktu kontak 170 menit.

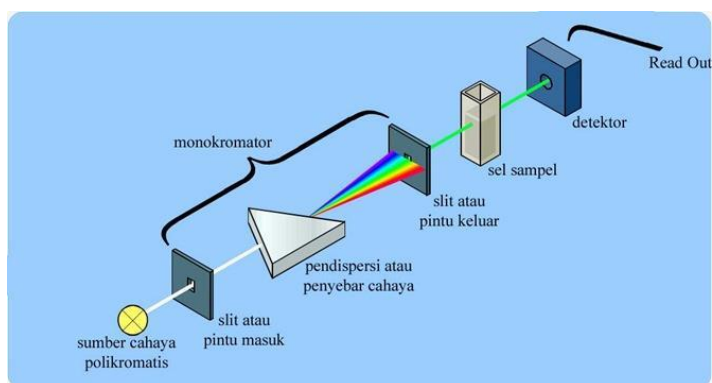
Prayugi *et al* (2015) melakukan penelitian menggunakan 5 macam media (arang aktif, kapur tohor, silika gel, air, dan natrium hidroksida (NaOH)) untuk mengurangi kandungan CO<sub>2</sub> pada biogas. Proses pemurnian dilakukan dengan memasukkan bahan media ke dalam tabung pemurnian yang terbuat dari *stainless steel*. Hasil penelitian menunjukkan terjadinya penurunan kandungan CO<sub>2</sub> pada biogas. Pada pemurnian dengan air, NaOH, kapur tohor, silika gel, dan arang aktif kandungan CO<sub>2</sub> turun sebesar 7,02%, 4,79 %, 0 %, 4,63 %, dan 10,503 %. Efektivitas penyerapan CO<sub>2</sub> oleh kapur sangat efektif dalam mengurangi kadar CO<sub>2</sub> yang terkandung dalam biogas dibandingkan bahan media lainnya.

#### **F. Spektrofotometer UV-Vis**

Spektrofotometri UV-Vis merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengukur absorbansi atau transmisi pada padatan atau larutan yang transparan. Sifat absorpsi material dalam rentang panjang gelombang ultraviolet (mulai sekitar 200 nm) hingga mencakup semua panjang gelombang cahaya tampak (sampai sekitar 700 nm). Pengembangan lebih lanjut spektrometer ini menghasilkan spektrometer UV-Vis dan *near infrared* (NIR). Hal ini

berarti spektrometer tersebut juga mendeteksi sifat absorpsi hingga daerah dekat inframerah (Abdullah, 2010).

Prinsip kerja dari alat ini adalah menembakkan sinar pada sampel yang akan diuji. Sinar yang menembus (melewati) sampel akan ditangkap oleh detektor. Rentang panjang gelombang yang digunakan pada spektrometer UV-Vis yaitu 200-800 nm. Sinar yang tidak diteruskan menembus sampel diserap oleh beberapa molekul dalam sampel mengindikasikan struktur dan ikatan kimiawi yang akan diwujudkan dalam bentuk puncak pada panjang gelombang tertentu (Sharma, 2015). Hasil karakterisasi menggunakan UV-Vis adalah grafik hubungan antara panjang gelombang dengan absorbansi. Uji UV-Vis digunakan sebagai uji awal dalam melanjutkan karakterisasi suatu material pengujian. Ilustrasi dari prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis dapat dilihat pada Gambar 2.4.



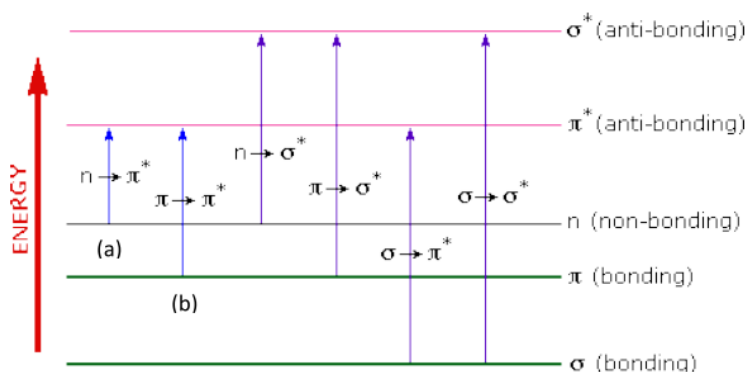
**Gambar 2.4.** Instrumen Spektrofotometer UV-Vis

Radiasi UV-Vis yang memiliki frekuensi yang sama dengan partikel sampel akan beresonansi, sehingga radiasi akan diserap oleh sampel. Selain itu, radiasi UV-Vis yang diabsorpsi oleh bahan akan



mengakibatkan terjadinya transisi elektronik. Apabila radiasi atau cahaya putih dilewatkan pada suatu material, maka radiasi dengan panjang gelombang tertentu akan diserap (absorpsi) secara selektif dan radiasi lainnya akan diteruskan (transmisi). Lebih lanjut transisi elektronik, yaitu elektron-elektron dari orbital dasar tereksitasi ke orbital yang lebih tinggi. Ketika elektron kembali ke orbital asal, elektron tersebut memancarkan energi dan energi itulah yang terdeteksi sebagai puncak-puncak absorpsi (Vita, 2015).

Terjadinya transisi elektronik yang disebabkan penyerapan sinar UV-Vis yang mampu mengeksitasi elektron dari orbital yang kosong. Umumnya, transisi yang paling mungkin adalah transisi pada tingkat energi tertinggi ke orbital molekul yang kosong pada tingkat terendah. Pada sebagian besar molekul, orbital molekul terisi pada tingkat energi terendah adalah orbital s yang berhubungan dengan ikatan s, sedangkan orbital p berada pada tingkat energi lebih tinggi. Orbital nonikatan (n) yang mengandung elektron-elektron yang belum berpasangan berada pada tingkat energi yang lebih tinggi lagi, sedangkan orbital-orbital antiikatan yang kosong yaitu  $s^*$  dan  $p^*$  menempati tingkat energi yang tertinggi (Pavia *et al*, 2001).



**Gambar 2.5.** Berbagai jenis transisi elektronik.

Berdasarkan Gambar 2.5, 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 ke orbital molekul kosong yang paling rendah, dan spesies yang dihasilkan disebut keadaan tereksitasi (Bilqis, 2017)

Cdots yang disintesis dengan metode yang berbeda memiliki sifat optik yang berbeda dan berbeda pula penjelasan absorbansinya. Absorbansi oleh Cdots diamati pada rentang UV, yang mana menunjukkan transisi dari *core* dan *surface state*,  $n-\pi^*$  dan  $\pi-\pi^*$  (C=C), gugus fungsi dan atau efek ukuran kuantum. Cdots yang disintesis dengan metode fisika dan kimia menunjukkan satu atau dua puncak absorbansi (Soni, 2016).

#### **G. *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)**

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.

Pengukuran menggunakan IR biasanya berada pada daerah bilangan gelombang 400-4500  $\text{cm}^{-1}$ . Daerah pada bilangan gelombang ini disebut daerah IR sedang, dan merupakan daerah optimum untuk penyerapan sinar IR bagi ikatan-ikatan dalam senyawa organik (Harjono, 1992). Suatu ikatan kimia dapat bervibrasi sesuai dengan level energinya sehingga memberikan frekuensi yang spesifik. Hal inilah yang menjadi dasar pengukuran spektroskopi inframerah. Manfaat lain dari spektrum inframerah adalah memberikan keterangan tentang molekul. Kisaran serapan yang kecil dapat digunakan untuk menentukan tipe ikatan.

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

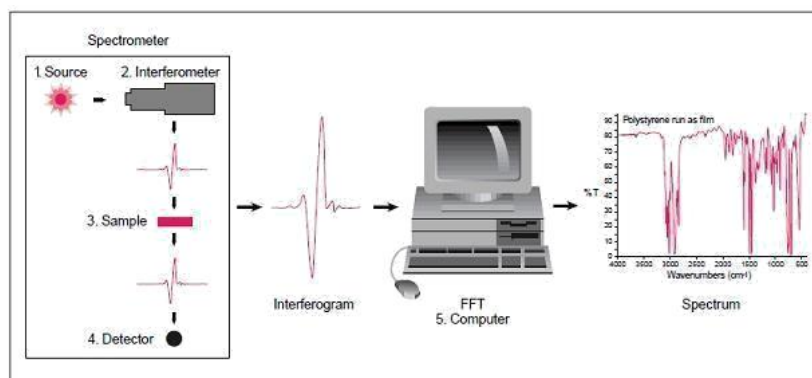
bergerak bersamaan dan tidak searah tetapi masih dalam satu bidang datar).

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

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

Plot tersebut adalah spektrum inframerah yang memberikan informasi penting tentang gugus fungsional suatu molekul (Kristianingrum, 2014). Pada alat spektrofotometri IR, satuan bilangan gelombang merupakan satuan yang umum digunakan. Bilangan gelombang adalah jumlah gelombang per 1 cm, yang merupakan kebalikan dari panjang gelombang. Nilai bilangan gelombang berbanding terbalik terhadap frekuensi atau energinya.

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). Ilustrasi analisis FTIR dapat dilihat pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6.** Instrumen spektrofotometer FTIR.

(<http://hendriksblog.blog.uns.ac.id/>)

**Tabel 2.3.** Korelasi bilangan gelombang dengan jenis ikatan (Nugraha, 2016).

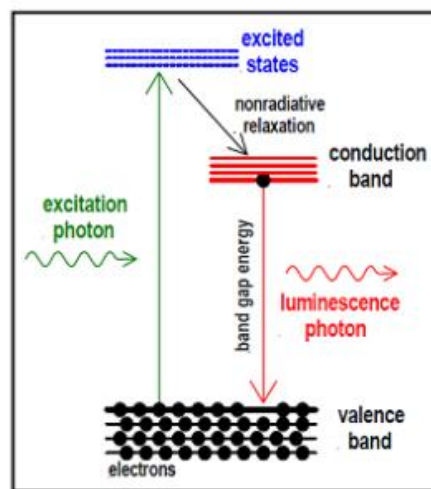
Gugus	Jenis Senyawa	Daerah Serapan( $\text{cm}^{-1}$ )
C-H	alkana	2850-2960, 1350-1470
C-H	alkena	3020-3080, 675-870
C-H	aromatik	3000-3100, 675-870
C-H	alkuna	3300
C=C	alkena	1640-1680
C=C	aromatik(cincin)	1500-1600
C-O	alkohol, eter ,asam karboksilat, ester	1080-1300
C=O	aldehida, keton, asam karboksilat,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

#### H. *Photoluminescence (PL)*

Luminesensi merupakan fenomena emisi cahaya oleh suatu zat. Untuk dapat berlangsungnya proses luminesensi harus menggunakan sumber eksitasi seperti lampu UV atau laser. Luminesensi 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. Luminesensi 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 2.7 (Kurniawan, 2008).

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



**Gambar 2.7.** Prinsip spektroskopi PL (Patel, 2015).

Prinsip dasar spektroskopi PL (Gambar 2.7) 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 luminesensi. Dalam kasus fotoeksitasi, luminesensi ini disebut foto luminesensi. 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.

## **I. *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. 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). Peralatan uji TEM ditunjukkan pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.8.** *Transmission Electron Microscope (TEM)*  
([https://twitter.com/P2F\\_LIPI/status/800649909888163840](https://twitter.com/P2F_LIPI/status/800649909888163840))

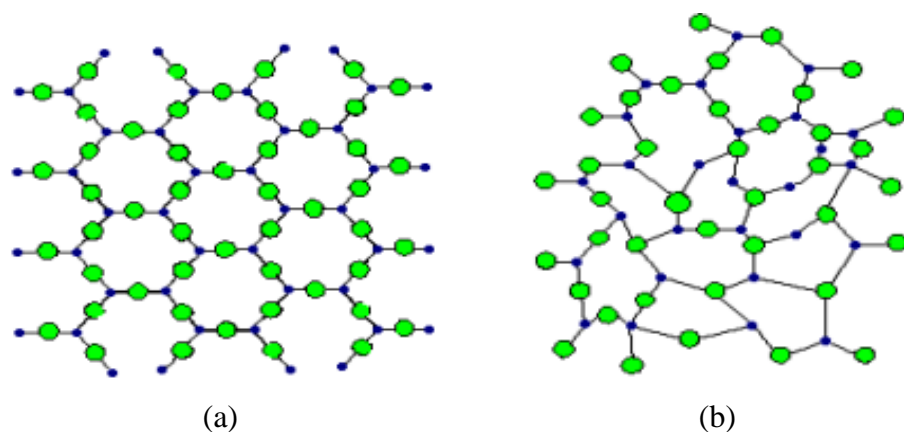
Prinsip kerja TEM sangat mirip dengan prinsip kerja peralatan *rontgen* di rumah sakit. Pada TEM, sampel yang sangat tipis ditembak dengan berkas elektron yang berenergi sangat tinggi (dipercepat pada tegangan ratusan kV). Berkas elektron dapat menembus bagian yang “lunak” sampel tetapi ditahan oleh 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 mempersiapkan sampel. Sampel harus setipis mungkin sehingga dapat ditembus elektron (Abdullah, 2010).

TEM menawarkan dua mode pengamatan sampel berupa: (1) mode gambar dan (2) mode difraksi. Dalam mode gambar, lensa kondensor dan *aperture* 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. 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).

Ditinjau dari struktur atom penyusunnya, benda padat dibedakan menjadi tiga, yaitu kristal tunggal (*monocrystal*), polikristal (*polycrystal*) dan *amorf* (Smallman, 2000: 13). Pada kristal tunggal, atom atau penyusunnya mempunyai struktur tetap karena atom-atom atau molekul-molekul penyusunnya tersusun secara teratur dalam pola tiga dimensi dan pola-pola ini berulang secara periodik dalam rentang yang panjang tak berhingga. Polikristal dapat didefinisikan sebagai kumpulan dari kristal-kristal tunggal yang memiliki ukuran sangat kecil dan saling menumpuk

yang membentuk benda padat. Struktur *amorf* menyerupai pola hampir sama dengan kristal, akan tetapi pola susunan atom-atom, ion-ion atau molekul-molekul yang dimiliki tidak teratur. *Amorf* terbentuk karena proses kristalisasi yang terlalu cepat sehingga atom-atom tidak dapat dengan tepat menempati lokasi kisinya, benda seperti gelas, plastik dan aspal memiliki struktur yang identik dengan *amorf*. Gambar susunan dua-dimensional simetris dari dua jenis atom yang berbeda antara kristal dan *amorf* ditunjukkan pada Gambar 2.9.



**Gambar 2.9.** (a) Susunan Atom Kristal (b) Susunan Atom *Amorf*  
(Smallman, 2000: 13)

Pengukuran diameter Cdots dari hasil karakterisasi TEM dilakukan dengan cara sederhana. Dari gambar yang dihasilkan diambil sejumlah titik Cdots secara acak dan diukur diameter masing-masing. Pengukuran dilakukan menggunakan penggaris dengan perbesaran ukuran gambar 42% dari ukuran gambar asli. Hasil pengukuran diameter dalam satuan 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 Cdots dinyatakan dalam rumus: (cm) diubah ke dalam satuan nanometer (nm). Perhitungan untuk memperoleh ukuran diameter dari Cdots dinyatakan dalam rumus:

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

Sedangkan persentase jumlah C-dots pada ukuran tertentu dilakukan perhitungan statistik sederhana dengan rumus

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

## J. Gas Chromatography (GC)

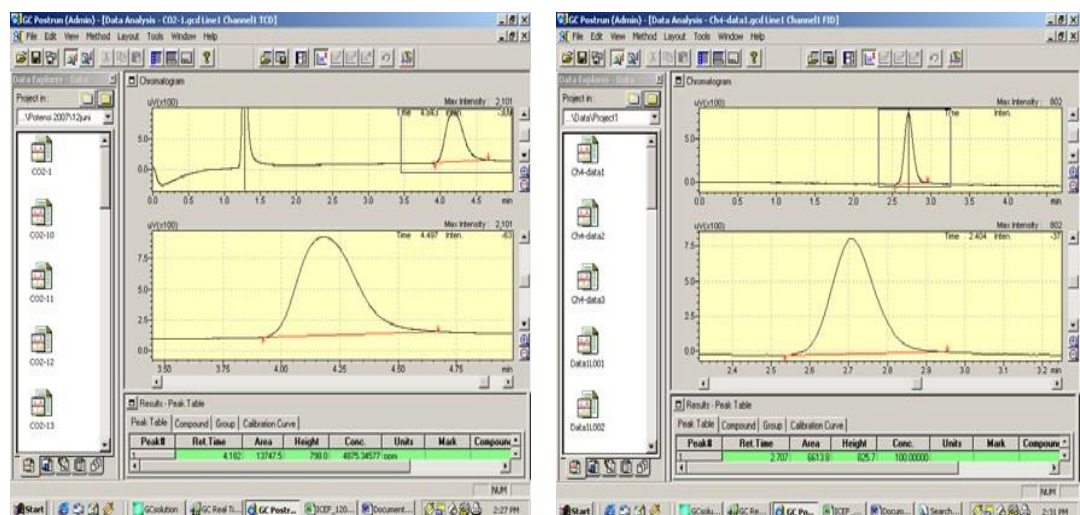
Kromatografi merupakan suatu istilah yang menggambarkan teknik yang digunakan untuk memisahkan komponen-komponen dari suatu campuran atau sampel. Secara umum, peralatan GC terdiri dari *injection system, oven, control system, column, detector*; dan *data acquisition system* (Anonim, 2008). Menurut Widada (2000) terdapat tiga bagian terpenting dari alat GC, 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 *carrier gas* (gas pembawa) UHP (*Ultra High Purity* 99,999 %).

Salah satu jenis GC adalah Shimadzu 14A dilengkapi tiga detector 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. *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 bisa dilakukan secara bersamaan. Waktu yang dibutuhkan untuk analisis satu sampel dibutuhkan waktu yang 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 2.10.** GC Shimadzu 14 A



**Gambar 2.11.** Contoh hasil analisa gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>

## K. Uji Performa Kalor

Nilai kalor adalah suatu sifat bahan bakar yang menyatakan kandungan energi pada bahan bakar atau jumlah energi yang dilepaskan ketika suatu bahan bakar dibakar secara sempurna dalam suatu proses aliran tunak (*steady state*) dan produk dikembalikan lagi ke keadaan dari

reaktan. Besarnya nilai kalor dari suatu bahan bakar sama dengan harga mutlak dari entalpi pembakaran bahan bakar. Korelasi untuk perhitungan nilai kalor berdasar pada komposisi dasar telah diberikan oleh beberapa peneliti, diantaranya disajikan dengan dasar hubungan dan asumsi. Kebanyakan hubungan tersebut ditujukan untuk batubara (Channiwala, 2002). Penentuan nilai kalor suatu bahan bakar dapat dilakukan dengan pengujian maupun dengan perkiraan berdasar komposisi dasar bahan bakar tersebut.

Kalor merupakan bentuk energi. Perubahan jumlah kalor pada suatu benda ditandai dengan kenaikan dan penurunan suhu atau bahkan perubahan wujud benda tersebut. Jika benda menerima kalor, suhunya akan naik. Sebaliknya, suhu akan turun jika melepaskan kalor. Banyak kalor yang diterima atau dilepaskan suatu benda sebanding dengan besar kenaikan atau penurunan suhunya. Secara matematis hubungan antara banyak kalor dan kenaikan suhu ditulis:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (3)$$

dimana  $Q$  adalah kalor (kalori),  $m$  adalah massa benda (kg),  $c$  adalah kalor jenis zat (kalori/kg°C), dan  $\Delta T$  adalah perubahan suhu (°C). Kalor jenis zat ( $c$ ) adalah kalor yang diperlukan oleh 1 kg zat untuk menaikkan suhunya sebesar satu satuan suhu pada volume konstan. Kalor jenis zat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kalor jenis air dan kalor jenis air yang diambil diambil adalah 1.000 kalori/kg°C.

## **L. Kerangka Berpikir**

Penelitian ini memanfaatkan material Cdots berbahan dasar kulit semangka sebagai absorben CO<sub>2</sub> pada proses pemurnian biogas. Cdots berbahan dasar kulit semangka disintesis menggunakan metode pemanasan *oven*. Cdots dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM. Kemudian, Cdots diaplikasikan sebagai absorben CO<sub>2</sub> dalam pemurnian biogas dengan dua kali penyaringan. Untuk mengetahui pengaruh Cdots sebagai absorben CO<sub>2</sub>, biogas diuji menggunakan GC dan uji performa kalor. Dengan demikian, diharapkan Cdots dapat mengabsorpsi CO<sub>2</sub> dalam biogas.



### **BAB III**

#### **METODOLOGI PENELITIAN**

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

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

1. Laboratorium Koloid lantai II Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA, UNY melakukan sintesis Cdots.
2. Laboratorium Kimia Analitik lantai II Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA, UNY melakukan pengujian UV-Vis.
3. Laboratorium Fisika Dasar lantai II, FMIPA, UII melakukan pengujian FTIR.
4. Laboratorium Fisika lantai II UGM melakukan pengujian PL.
5. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan), Pati melakukan pengukuran konsentrasi gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>.
6. Pusat Inovasi Agro Teknologi (PIAT), UGM melakukan pemurnian biogas.
7. Pusat Inovasi Agro Teknologi (PIAT), UGM melakukan pengujian performa kalor.
8. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Puspitek, Serpong, Tangerang Selatan melakukan pengujian TEM.

## **B. Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui karakteristik Cdots berbahan dasar kulit semangka dengan metode pemanasan *oven* dari hasil uji UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM yang akan digunakan sebagai absorben CO<sub>2</sub> dalam pemurnian biogas.

## **C. Alat dan Bahan**

Berbagai alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah (1) kompresor Mitzui, (2) kompor biogas, (3) tabung gas, (4) alat pemurni, (5) timbangan Lion Star, (6) gelas ukur Herma, (7) suntikan, (8) venoject Endo Indonesia, (9) isolasi, (10) isolatip, (11) busur Butterfly, (12) balon, (13) termometer, (14) panci, (15) regulator Wings, (16) selang gas, (17) gunting, (18) *cutter*, (19) botol sampel 500 ml, (20) kertas saring, (21) alumunium foil, (22) korek, (23) instalasi biogas, (24) lilin, (25) botol 200R, (26) timbangan CAS SW-1A, (27) obeng, (28) laser UV, (29) *stopwatch*, (30) tisu, (31) kertas label, (32) saringan, (33) *oven* Mitseda, (34) loyang, (35) timbangan Scout pro, (36) alat tumbuk, (37) selang biogas, (38) pipet tetes, (39) lem tembak, (40) Shimadzu UV-Vis 2450, (41) FTIR Thermo Nicolet Avatar 360IR, (42) PL Ocean Optics USB4000, (43) GC Shimadzu 14A, (44) TEM FEI Tecnai F20 200kV, (45) botol sampel 10 ml, (46) solder. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah (1) kulit semangka dan (2) akuades

#### **D. Variabel Penelitian**

##### **1. Variabel bebas**

Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab berubahnya variabel lain. Variabel bebas penelitian ini adalah konsentrasi larutan Cdots.

##### **2. Variabel terikat**

Variabel terikat adalah variabel yang dapat terpengaruh akibat perubahan variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai kalor dan konsentrasi gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> dalam biogas.

##### **3. Variabel terkontrol**

Variabel kontrol adalah variabel yang dibuat sama sehingga tidak mempengaruhi variabel lain. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah waktu pemanasan *oven*, suhu *oven*, volume akuades, massa kulit semangka, waktu pemurnian, tekanan tabung gas, volume larutan Cdots pada tabung pemurni, sudut kran kompresor, tekanan kompresor, dan volume akuades pada bak akuarium.

#### **E. Tahapan Penelitian**

##### **1. Sintesis C-dots menggunakan metode pemanasan *oven***

- a. Menyiapkan alat dan bahan.
- b. Memotong kulit semangka menjadi kecil-kecil.
- c. Menimbang massa kulit semangka seberat 100 gram.

- d. Memanaskan kulit semangka selama 40 menit dengan suhu  $250^{\circ}$  sehingga menjadi arang menggunakan *oven*.
- e. Menimbang dan menumbuk arang kulit semangka.
- f. Menyaring hasil tumbukkan sehingga diperoleh serbuk halus.
- g. Membuat larutan Cdots:
  - Menimbang serbuk arang kulit semangka seberat 1, 2, 3, dan 5 gram.
  - Melarutkan serbuk ke dalam 100 ml akuades dan mencampurkan dengan merata.
  - Menyaring larutan menggunakan kertas saring.
- h. Memasukkan larutan Cdots ke dalam botol sampel 10 ml.
- i. Menguji larutan Cdots menggunakan laser UV untuk mengetahui pendaran warna yang dihasilkan.
- j. Menyimpan larutan Cdots dalam botol.

## **2. Proses pembuatan instalasi pemurni biogas**

- a. Menyiapkan alat dan bahan.
- b. Melubangi sebanyak 2 lubang pada masing-masing bagian tutup tabung pemurni 1 (warna biru) dan 2 (warna merah muda) menggunakan solder.
- c. Memasang selang pada setiap lubang pada tutup tabung pemurni. Selang untuk lubang 1 pada kedua tutup dipasang sampai ujungnya hampir mengenai dasar tabung dan lubang 2 untuk kedua tutup dipasang lebih pendek sekitar 2-3 cm.

- d. Menutup masing-masing bagian tepi selang menggunakan lem tembak agar gas tidak keluar saat dialirkan.
- e. Menutup mulut bagian luar kedua tabung pemurni menggunakan isolatip agar gas tidak keluar saat proses pemurnian.

### **3. Proses pemurnian biogas**

- a. Menyiapkan alat dan bahan.
- b. Mengukur larutan Cdots sebanyak 50 ml dengan gelas ukur dan menuangkan ke masing-masing tabung pemurni.
- c. Menutup masing-masing tabung pemurni dengan benar agar gas tidak bocor saat dialirkan.
- d. Mengukur akuades sebanyak 500 ml dan menuangkan ke dalam alat pemurni.
- e. Memutar kran kompresor dengan sudut  $30^\circ$  untuk mengalirkan biogas ke dalam tabung pemurni.
- f. Mengalirkan biogas yang telah dimurnikan dalam sebuah penampung.
- g. Mengambil gas kontrol dan gas setelah pemurnian dengan balon, kemudian dimasukkan ke venoject dengan suntikan 10 ml.
- h. Memberi label dan membungkus venoject menggunakan alumunium foil.

### **4. Proses pengujian performa kalor**

- a. Menyiapkan alat dan bahan.
- b. Mengalirkan biogas yang telah dimurnikan ke dalam kompresor sampai tekanan kompresor 4 bar.

- c. Mengisi tabung gas dengan mengalirkan biogas dari kompresor ke tabung gas sampai tekanannya 3 bar.
- d. Memasang regulator pada tabung gas.
- e. Memasang selang gas ke kompor biogas.
- f. Menimbang massa air (1 kg) menggunakan timbangan.
- g. Memasukkan air ke dalam panci dan memasang termometer pada bagian tepi dalam panci.
- h. Memutar pematik kompor dan menyalakan kompor menggunakan korek api.
- i. Meletakkan panci di atas kompor biogas.
- j. Menyalakan stopwatch.
- k. Mengamati perubahan suhu dan tekanan tabung gas setiap 1 menit sampai tekanan dalam tabung gas 0 bar.
- l. Mencatat hasil pengukuran.

## **5. Pengujian spektrofotometer UV-Vis**

Pengujian UV-Vis digunakan untuk mengetahui nilai absorbansi. Sampel hasil sintesis Cdots diuji absorbsinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil karakterisasi yang diperoleh berupa puncak absorbansi pada panjang gelombang tertentu.

## **6. Pengujian FTIR**

Pengujian FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi. Sampel hasil sintesis Cdots dikarakterisasi intensitasnya menggunakan

FTIR. Hasil karakterisasi yang diperoleh berupa bilangan gelombang dan transmitansi.

## **7. Pengujian PL**

Pengujian sampel PL dilakukan dalam bentuk larutan. Pengujian untuk mengetahui panjang gelombang emisi yang dihasilkan dengan alat uji PL. Hasil karakterisasi yang diperoleh berupa intensitas dan panjang gelombang. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui pendaran warna yang dihasilkan.

## **8. Pengujian TEM**

Pengujian untuk melihat morfologi permukaan dan pola difraksi elektron yang dihasilkan, serta ukuran diameter partikel dari Cdots dapat diukur dari morfologi permukaan Cdots.

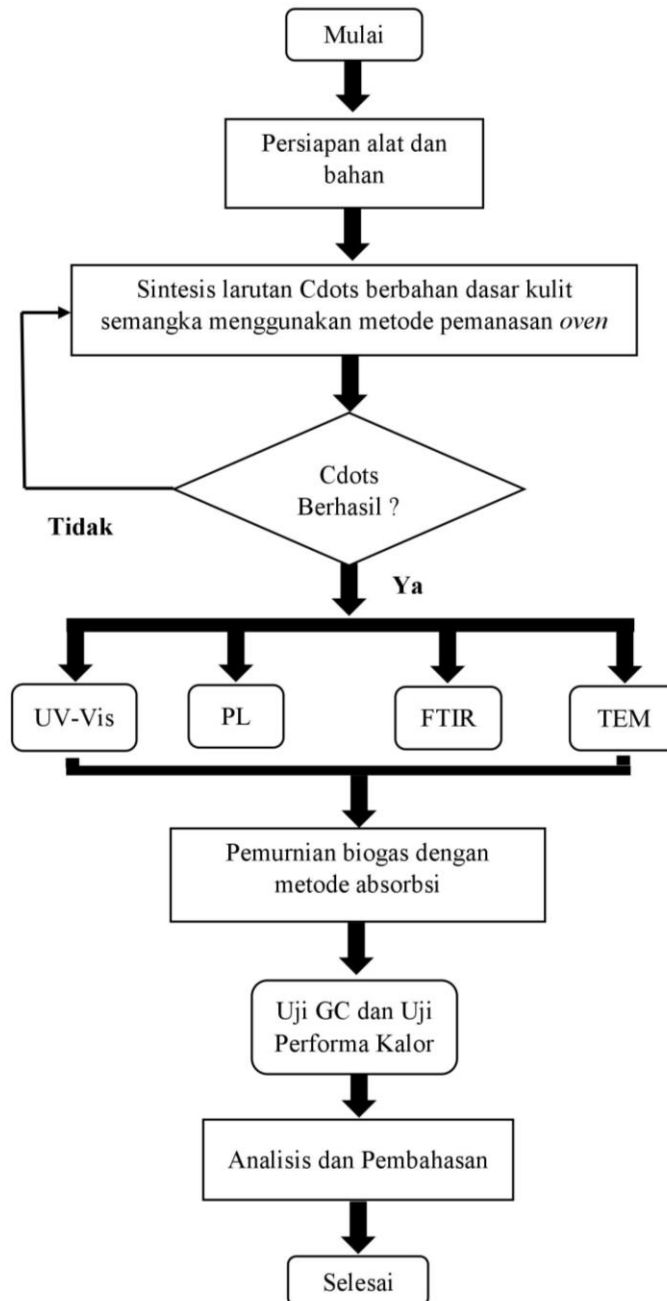
## **9. Pengujian GC**

Sampel biogas sebelum dan setelah dimurnikan diuji konsentrasi gas  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$  menggunakan GC. Hasil pengukuran yang diperoleh berupa konsentrasi  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$  dengan satuan ppm.

## **10. Pengujian performa kalor**

Biogas setelah dimurnikan diuji performa kalor. Biogas tersebut digunakan untuk memanaskan air sebanyak 1 kg hingga diketahui perubahan suhu setelah dipanaskan. Berdasarkan perubahan suhu tersebut akan diperoleh berupa nilai kalor ( $Q$ ) yang dianalisis menggunakan persamaan (3).

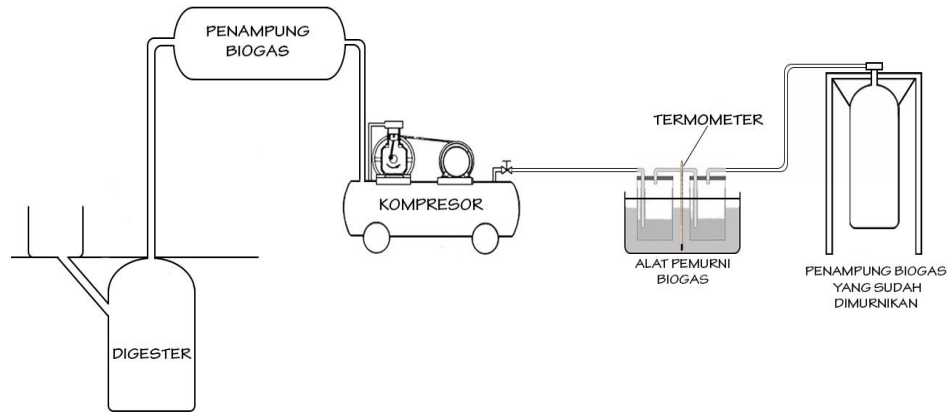
## F. Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3.1.** Diagram alir penelitian

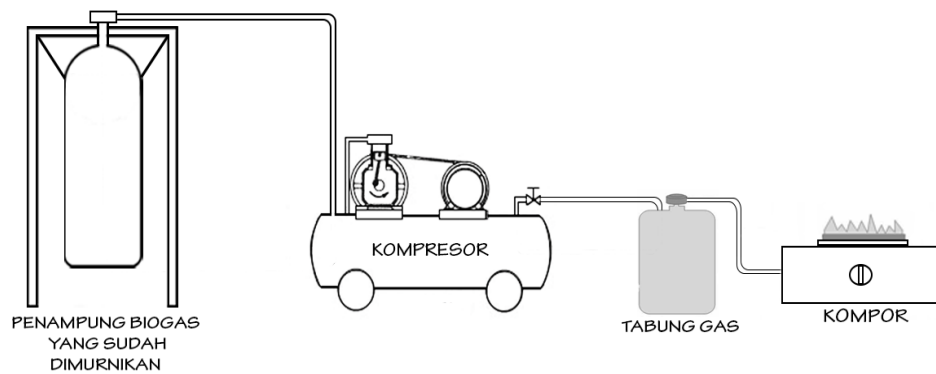


Ilustrasi proses pemurnian biogas dapat diamati dengan Gambar 3.2



**Gambar 3.2.** Proses Pemurnian Biogas

Ilustrasi proses pengujian performa kalor dapat diamati dengan Gambar 3.3



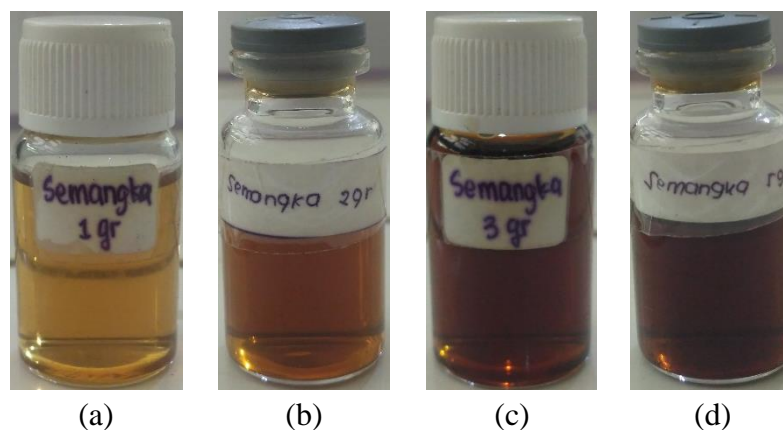
**Gambar 3.3.** Proses Pengujian Performa Kalor

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Sintesis Cdots Berbahan Dasar Kulit Semangka

Sampel dibuat sebanyak 4 variasi konsentrasi. Variasi konsentrasi yang digunakan, yaitu 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, 0,03 gr/ml, dan 0,05 gr/ml. Gambar hasil sintesis Cdots berbahan dasar kulit semangka dapat dilihat pada Gambar 4.1.

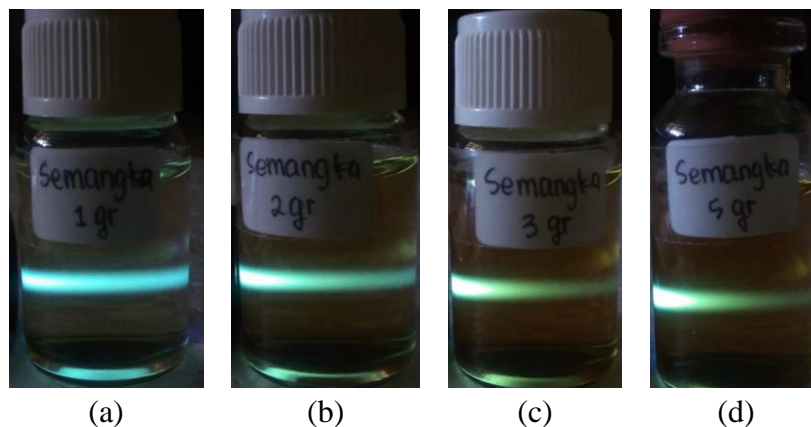


**Gambar 4.1.** Sampel dengan konsentrasi (a) 0,01 gr/ml, (b) 0,02 gr/ml, (c) 0,03 gr/ml, dan (d) 0,05 gr/ml.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa larutan Cdots memiliki warna cokelat. Terdapat perbedaan warna pada setiap variasi konsentrasi sampel. Semakin besar konsentrasi Cdots maka warna cokelat larutan akan semakin pekat. Hal ini berarti semakin besar konsentrasi, maka semakin banyak Cdots yang terbentuk. Warna cokelat ini disebabkan kulit semangka mengandung likopen ( $C_{40}H_{56}$ ) sebesar 48,8% (Tadmor *et al*, 2015). Likopen adalah pigmen

karotenoid, yaitu pigmen warna pada sayur dan buah. Likopen dapat mengalami degradasi melalui proses oksidasi karena cahaya, oksigen, suhu tinggi, teknik pengeringan, proses pengelupasan, penyimpanan, dan asam (Shi dan Maguer, 2000).

Setelah proses sintesis, dilakukan pengujian secara sederhana untuk membuktikan terbentuknya material Cdots, yaitu menyinari sampel menggunakan laser UV. Sampel yang disinari menggunakan laser UV ditunjukkan pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2.** Sampel dengan konsentrasi (a) 0,01 gr/ml, (b) 0,02 gr/ml, (c) 0,03 gr/ml, dan (d) 0,05 gr/ml yang disinari dengan laser UV.

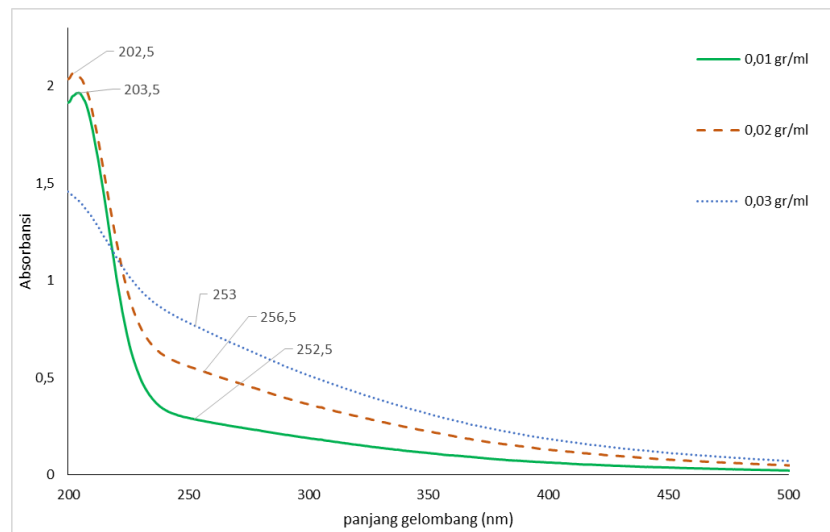
Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa sampel memiliki pendaran warna hijau. Larutan dengan konsentrasi terbesar memiliki intensitas pendaran warna terbesar. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi larutan, larutan akan semakin pekat, dan intensitas pendaran yang ditunjukkan oleh laser UV akan semakin besar. Lebih lanjut, hal ini berarti

bahwa semakin besar konsentrasi Cdots, maka semakin banyak Cdots yang terbentuk sesuai dengan kepekatan larutan pada Gambar 4.1.

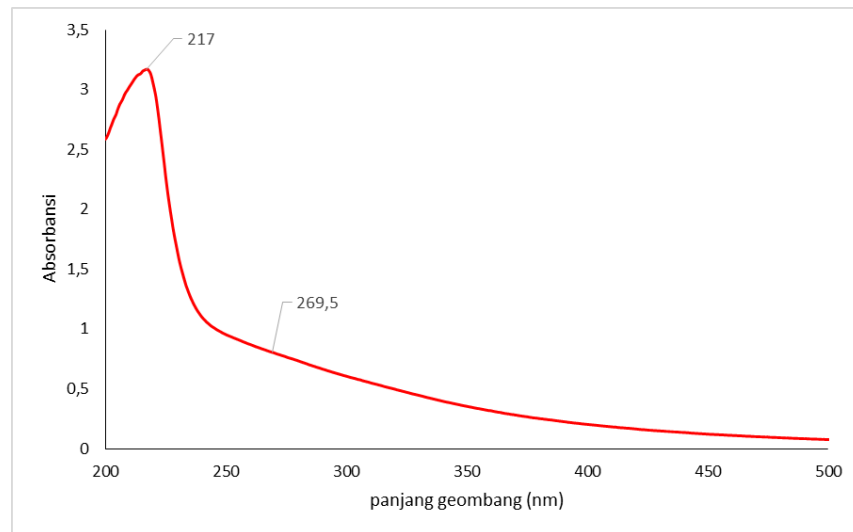
## B. Karakterisasi Cdots Berbahan Dasar Kulit Semangka

### 1. Pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui nilai absorbansi dan panjang gelombang. Hasil karakterisasi ini berupa grafik antara absorbansi dan panjang gelombang pada nilai 200 nm - 500 nm. Hasil karakterisasi Cdots dapat diamati pada Gambar 4.3 dan 4.4.



**Gambar 4.3.** Hasil karakterisasi UV-Vis.



**Gambar 4.4.** Hasil karakterisasi UV-Vis Cdots 0,05 gr/ml.

Gambar 4.3 dan 4.4 adalah hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada masing-masing variasi konsentrasi Cdots kulit semangka 10 tetes yang dilarutkan dalam 8 ml akuades. Hasil karakterisasi UV-Vis menunjukkan terdapat 1 atau 2 puncak pada setiap variasi konsentrasi Cdots. Puncak-puncak absorbansi untuk konsentrasi Cdots 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, 0,03 gr/ml, dan 0,05 gr/ml terdapat pada panjang gelombang 203,5 nm dan 252,5 nm, 202,5 nm dan 256,5 nm, 253,0 nm, serta 217,0 nm dan 253,5 nm. Berdasarkan penelitian sebelumnya, untuk karakterisasi UV-Vis kandungan Cdots berada pada panjang gelombang 256 nm (Huang *et al*, 2014).

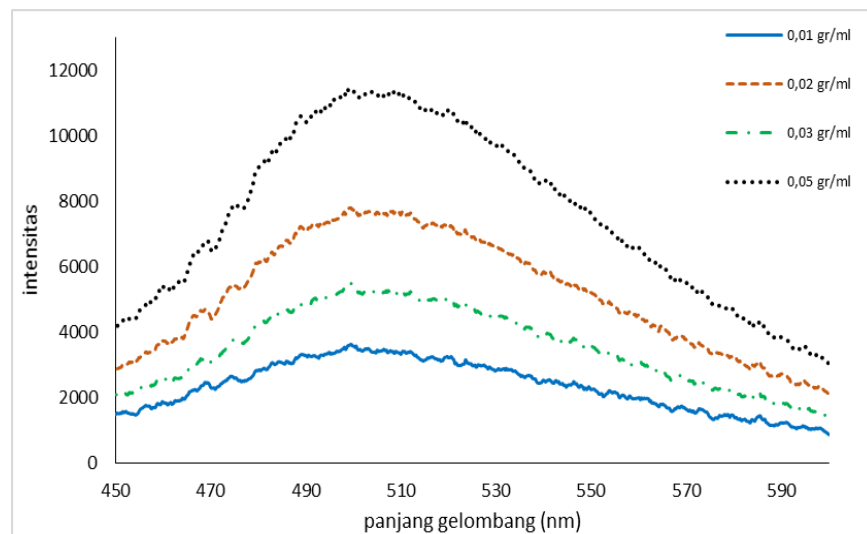
Daerah absorpsi pada kisaran ultraviolet (UV) bergeser pada setiap penambahan konsentrasi larutan Cdots. Perbedaan tersebut menandakan adanya serapan optik pada panjang gelombang UV dan mengindikasikan adanya gugus molekul yang berbeda. Adanya puncak serapan pada

panjang gelombang 256,5 nm menunjukkan adanya transisi elektronik yang merupakan eksitasi elektron pada level dasar ke arah level yang lebih tinggi. Keadaan transisi tersebut adalah  $\pi - \pi^*$  ( $C = C$ ) yang menunjukkan *core* dari Cdots, serta konjugasi dalam struktur Cdots (Nisa, 2014). Selain itu, berdasarkan penelitian sebelumnya bahwa Cdots yang disintesis dengan metode fisika dan kimia menunjukkan satu atau dua puncak absorbansi (Soni, 2016).

Berdasarkan hasil karakterisasi UV-Vis didapatkan bahwa Cdots kulit semangka telah berhasil disintesis. Hal ini dilihat dari panjang gelombang yang dihasilkan sesuai dengan penelitian Cdots sebelumnya yang dilakukan oleh Huang *et al* (2014). Selain itu, semakin besar konsentrasi larutan Cdots kulit semangka memiliki nilai absorbansi yang semakin besar. Semakin besar nilai absorbansinya menunjukkan semakin banyak kandungan karbon yang terdapat dalam Cdots.

## 2. Pengujian menggunakan PL

PL digunakan untuk mengukur transisi dari keadaan tereksitasi ke keadaan dasar. Spektrum PL terdiri dari emisi panjang gelombang eksitasi dalam nm pada sumbu-X dan intensitas pada sumbu-Y. Hasil karakterisasi PL dapat dilihat pada Gambar 4.5.



**Gambar 4.5.** Hasil Karakterisasi PL

Gambar 4.5 menunjukkan puncak intensitas terdapat pada rentang 480 nm - 530 nm untuk setiap variasi konsentrasi sampel Cdots. Cdots kulit semangka dengan konsentrasi 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, dan 0,03 gr/ml memiliki puncak intensitas yang sama, yaitu pada panjang gelombang 499,6 nm, sedangkan Cdots dengan konsentrasi 0,05 gr/ml memiliki panjang gelombang 499,2 nm. Dari hasil karakterisasi PL dapat dinyatakan bahwa Cdots yang telah disintesis menghasilkan pendaran warna hijau karena warna hijau memiliki pendaran pada panjang gelombang 495,0 nm - 570,0 nm. Hal ini sesuai dengan hasil kualitatif keempat sampel yang disinari laser UV (Gambar 4.2).

Dari hasil karakterisasi PL juga didapatkan bahwa semakin besar konsentrasi Cdots kulit semangka memiliki intensitas yang semakin besar pula. Hal ini diduga karena jumlah Cdots yang dihasilkan semakin banyak. Akan tetapi, untuk Cdots dengan konsentrasi 0,03 gr/ml memiliki

intensitas yang lebih kecil dibandingkan konsentrasi 0,02 gr/ml. Hal ini dimungkinkan karena jumlah Cdots lebih sedikit, sehingga menghasilkan pendaran dengan intensitas yang lebih kecil. Hal ini juga sesuai dengan hasil kualitatif keempat sampel yang disinari laser UV (Gambar 4.2).

### 3. Pengujian FTIR

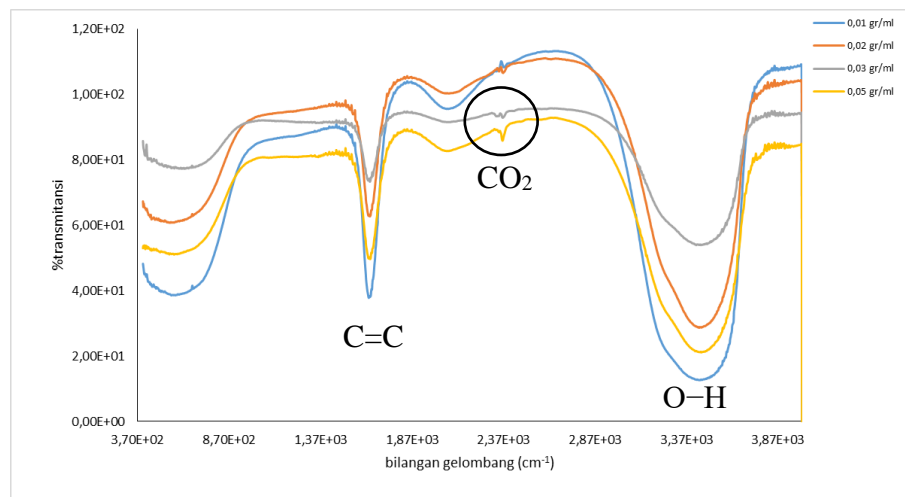
Pengujian FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk dalam Cdots. Puncak yang terdapat pada spektrum transmitansi menunjukkan adanya partikel yang berinteraksi dengan radiasi inframerah pada panjang gelombang tersebut. Hasil karakterisasi FTIR terlihat seperti pada Gambar 4.6.

Berdasarkan Gambar 4.6 didapatkan bahwa bentuk grafik dan gugus fungsi untuk Cdots masing-masing konsentrasi memiliki bentuk dan gugus fungsi yang sama. Gugus fungsi yang terbentuk dalam Cdots kulit semangka dengan konsentrasi 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, 0,03 gr/ml, dan 0,05 gr/ml pada bilangan gelombang  $3444,13\text{ cm}^{-1}$ ,  $3438,74\text{ cm}^{-1}$ ,  $3422,94\text{ cm}^{-1}$ , dan  $3451,69\text{ cm}^{-1}$  adalah O-H. Bilangan gelombang  $1633,60\text{ cm}^{-1}$ ,  $1639,63\text{ cm}^{-1}$ ,  $1639,43\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1640,86\text{ cm}^{-1}$  adalah C=C. Sedangkan untuk bilangan gelombang  $2364,42\text{ cm}^{-1}$  dan  $2364,23\text{ cm}^{-1}$  pada Cdots 0,03 gr/ml dan 0,05 gr/ml adalah CO<sub>2</sub>. Berdasarkan hasil karakterisasi FTIR dapat diperoleh bahwa gugus fungsi yang terdapat dalam semua sampel Cdots kulit semangka adalah O-H, C=C, dan CO<sub>2</sub>. Gugus fungsi C=C merupakan

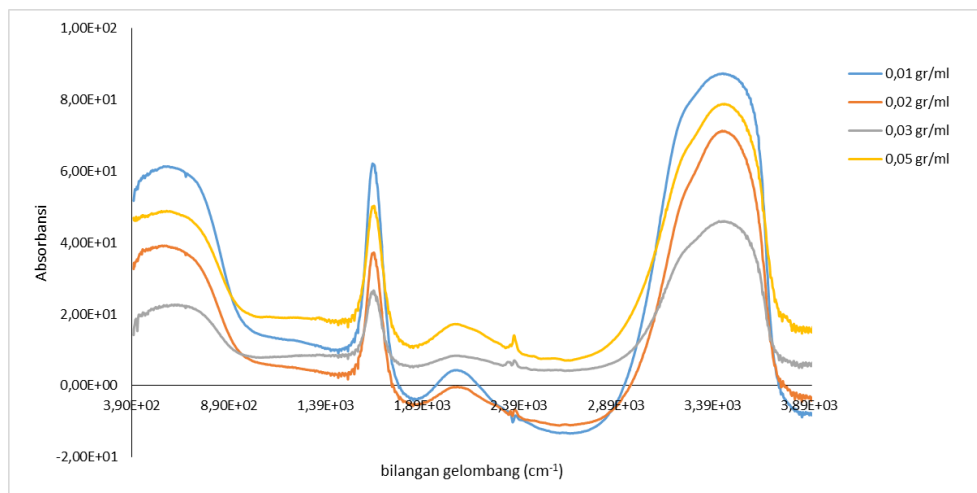


bagian *core* dari Cdots, sedangkan O-H dan CO<sub>2</sub> merupakan bagian *surface* dari Cdots.

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi Cdots kulit semangka, maka nilai absorbansinya akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Gambar 4.3 dan 4.4).



**Gambar 4.6.** Hasil Karakterisasi FTIR

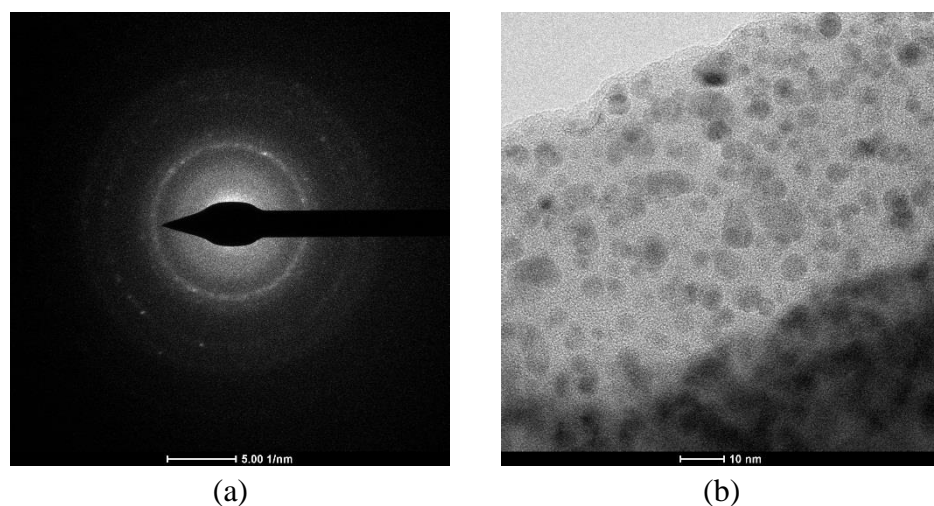


**Gambar 4.7.** Nilai Absorbansi

#### 4. Pengujian TEM

Pengujian TEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dan ukuran diameter dari C-dots. Dari pengujian TEM diperoleh hasil seperti Gambar 4.8.

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa elektron yang mengenai area sampel akan menghasilkan pola difraksi elektron pada layar neon. Pola difraksi menghasilkan pola berbentuk cincin (Gambar 4.8a). Selain itu, morfologi Cdots menghasilkan material berbentuk bulatan-bulatan (Gambar 4.8b). Dari Gambar 4.8b diambil 30 titik. Dari pengukuran yang telah dilakukan, Cdots memiliki diameter pada rentang 2,78 nm – 6,67 nm. Hasil pengukuran diameter ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

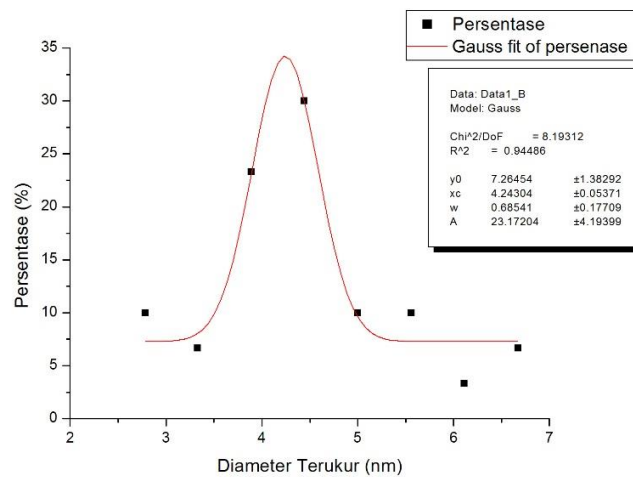


**Gambar 4.8.** Hasil karakterisasi TEM (a) pola difraksi dan (b) morfologi.

**Tabel 4.1.** Hasil pengukuran diameter Cdots

Diameter Cdots (nm)	Jumlah (n)	Peresentase (%)
2,78	3	10,00
3,33	2	6,67
3,89	7	23,33
4,44	9	30,00
5,00	3	10,00
5,56	3	10,00
6,11	1	3,33
6,67	2	6,67

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dibuat grafik persentase persebaran diameter Cdots sebagai berikut



**Gambar 4.9.** Hasil persentase diameter Cdots.

Berdasarkan uji TEM diketahui bahwa morfologi material Cdots berbentuk bulatan-bulatan dengan rata-rata diameter 4,44 nm yang memiliki persentase terbesar, yaitu 30,00%. Selain itu, hasil difraksi

elektron dari TEM menunjukkan pola cincin yang berarti Cdots berstruktur *amorf*.

### C. Absorben Cdots dalam Pemurnian Biogas

Pemurnian biogas dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode absorpsi. Absorben yang digunakan adalah Cdots. Cdots dipilih sebagai absorben karena Cdots memiliki ukuran 1 nm - 10 nm. Semakin kecil ukuran diameter absorben, maka semakin luas permukaannya, sehingga penyerapannya akan semakin besar. Selain itu, Cdots memiliki *core* dengan gugus fungsi C=C dan *surface* dengan gugus fungsi oksigen. Ketika biogas dialirkan pada Cdots, CO<sub>2</sub> dalam biogas diharapkan terikat oleh gugus oksigen dalam *surface* atau terikat dengan C=C dalam *core* dari Cdots. Absorben lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuades, yang berfungsi sebagai pembanding.



**Gambar 4.10.** Instalasi Pemurni

Dalam instalasi pemurni (Gambar 4.10) terdapat bagian utama yang berperan penting dalam proses pemurnian, yaitu dua tabung pemurni. Tabung pemurni memiliki peran penting karena biogas yang dialirkan akan berinteraksi dengan Cdots yang berada dalam tabung pemurni. Tabung pemurni diletakkan dalam sebuah wadah berisi akuades, yang berfungsi untuk menjaga suhu dalam tabung pemurni tetap stabil.

Dalam pemurnian ini dilakukan dua kali penyaringan. Biogas dialirkan ke dalam tabung 1, selanjutnya biogas akan mengalir ke tabung pemurni 2 untuk memaksimalkan penyerapan CO<sub>2</sub> yang belum terserap oleh Cdots pada tabung pemurni 1. Volume Cdots untuk masing-masing tabung pemurni adalah 50 ml. Volume ini dipilih untuk meminimalisir larutan Cdots yang terbawa ke dalam penampung biogas yang telah dimurnikan. Lama waktu pemurnian yang dipilih adalah 10 menit. Hal ini disebabkan biogas yang dimurnikan selama 10 menit dapat digunakan untuk mengisi tabung gas untuk pengujian kalor.

#### **D. Pengujian Biogas**

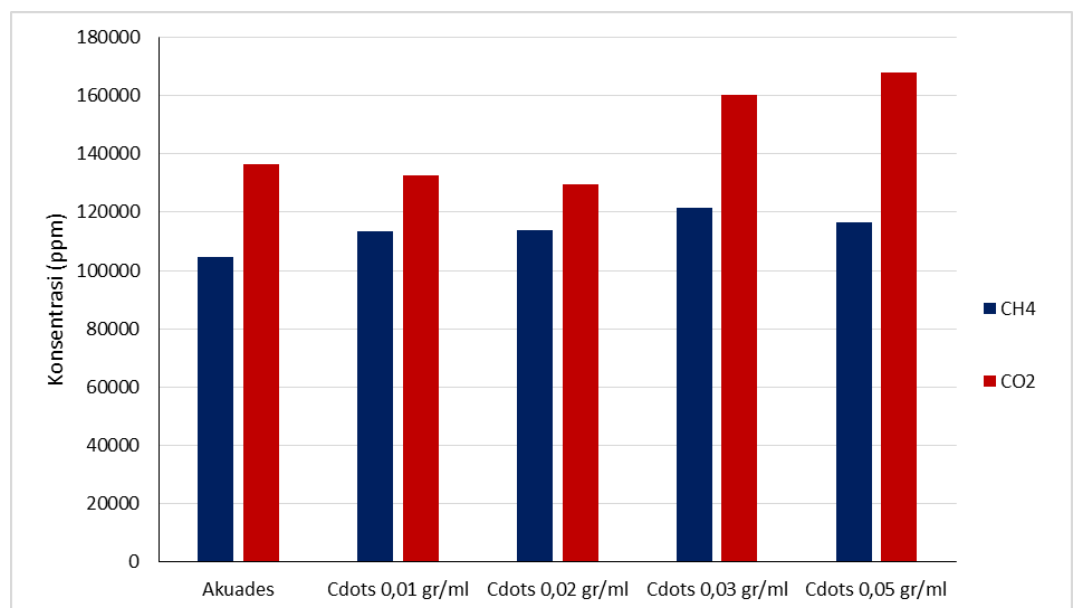
Biogas sebelum dan setelah proses pemurnian dilakukan pengujian sebagai berikut:

##### **1. Pengujian *gas chromatography* (CG)**

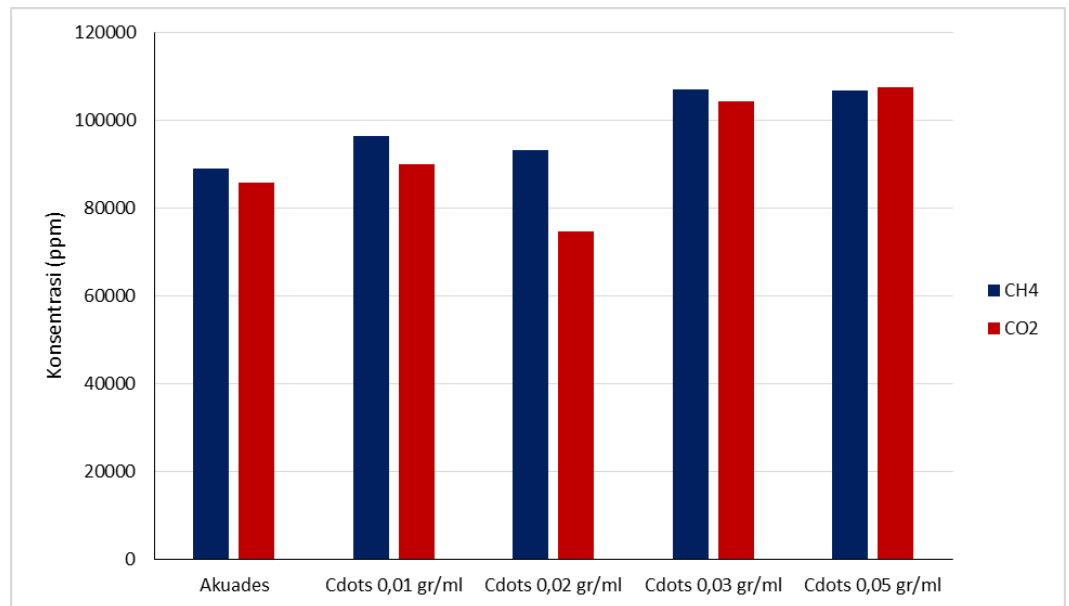
Sampel gas sebelum dan sesudah proses pemurnian diuji menggunakan GC. GC digunakan untuk mengetahui konsentrasi CH<sub>4</sub> dan

CO<sub>2</sub> sebelum dan setelah proses pemurnian. Hasil dari karakterisasi ini adalah konsentrasi yang memiliki satuan ppm. Hasil karakterisasi biogas menggunakan GC ditunjukkan pada Gambar 4.11 dan 4.12.

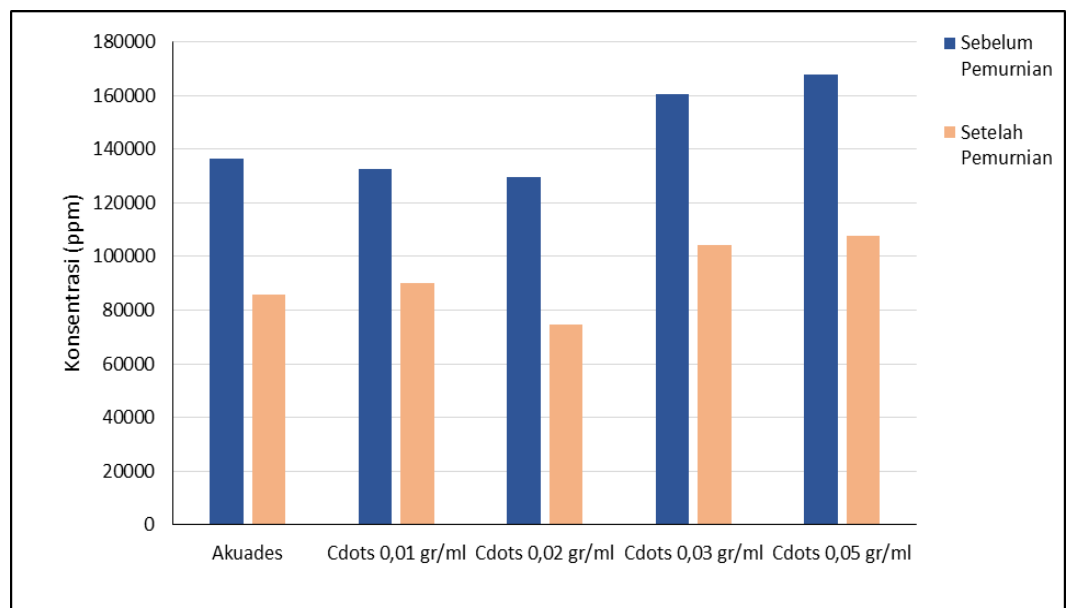
Gambar 4.11 menunjukkan bahwa gas CO<sub>2</sub> sebelum proses pemurnian memiliki konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi gas CH<sub>4</sub>. Sedangkan Gambar 4.12 menunjukkan bahwa setelah dilakukan proses pemurnian, gas CH<sub>4</sub> untuk sebagian besar konsentrasi Cdots maupun akuades memiliki konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi gas CO<sub>2</sub>, walaupun konsentrasi CH<sub>4</sub> maupun CO<sub>2</sub> sama-sama berkurang setelah dilakukan pemurnian.



**Gambar 4.11.** Hasil karakterisasi GC sebelum proses pemurnian.



**Gambar 4.12.** Hasil karakterisasi GC setelah proses pemurnian.



**Gambar 4.13.** Perbandingan CO<sub>2</sub> sebelum dan setelah proses pemurnian.

Gambar 4.13 menunjukkan bahwa konsentrasi gas CO<sub>2</sub> sebelum pemurnian lebih tinggi dibanding setelah proses pemurnian. Hal ini

menunjukkan bahwa Cdots dapat mengikat CO<sub>2</sub>. Penurunan konsentrasi CO<sub>2</sub> terbesar adalah Cdots dengan konsentrasi 0,02 gr/ml, yaitu 42,4%.

Dari hasil karakterisasi menggunakan GC dapat dinyatakan bahwa semakin besar konsentrasi Cdots memiliki penurunan CH<sub>4</sub> yang semakin kecil dan penurunan CO<sub>2</sub> yang semakin besar. Konsentrasi CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> sama-sama berkurang setelah pemurnian. Hal ini dimungkinkan karena adanya komposisi lain yang bertambah dalam biogas setelah proses pemurnian, seperti H<sub>2</sub>O, sehingga menyebabkan gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> tertekan dan mengalami penurunan konsentrasi. Hal ini dibuktikan dengan pengukuran volume Cdots pada tabung pemurni 1 dan 2 untuk masing-masing konsentrasi sebelum dan setelah proses pemurnian berkurang sekitar 2-4 ml.

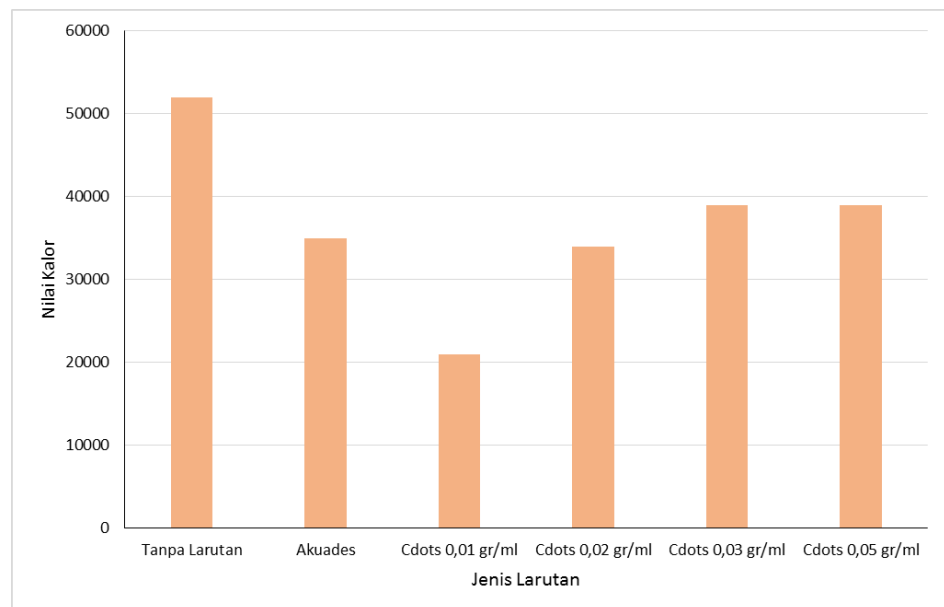
## 2. Pengujian Performa Kalor

Pengujian performa kalor digunakan untuk mengetahui kualitas biogas sebelum dan setelah proses pemurnian. Hasil pengukuran yang diperoleh berupa nilai kalor ( $Q$ ) dengan satuan kalori. Hasil uji performa kalor biogas sebelum dan setelah proses pemurnian dapat diamati pada Gambar 4.14.

Energi (nilai kalor) yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi CH<sub>4</sub> (Pertiwiningrum, 2015). Dari hasil pengujian kalor (Gambar 4.13) dapat dinyatakan bahwa untuk biogas sebelum proses pemurnian (tanpa larutan) memiliki nilai kalor terbesar, yaitu 52.000



kalori. Sedangkan setelah proses pemurnian, semakin besar konsentrasi Cdots yang digunakan maka semakin besar nilai kalornya, tetapi nilai kalor tersebut masih lebih rendah dibanding dengan nilai kalor biogas sebelum proses pemurnian. Cdots dengan konsentrasi 0,05 gr/ml memiliki nilai kalor yang sama dengan Cdots 0,03 gr/ml, yaitu 39.000 kalori. Hal ini dikarenakan kedua konsentrasi Cdots tersebut memiliki konsentrasi gas CH<sub>4</sub> yang hampir sama (Gambar 4.12).

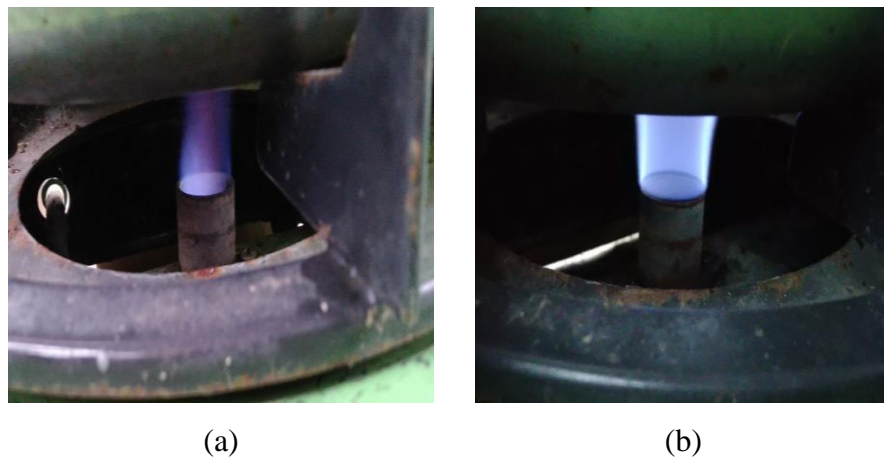


**Gambar 4.14.** Hasil pengujian performa kalor.

Dari uji performa kalor juga dapat diketahui hasil kualitatif, yaitu warna api (Gambar 4.15). Warna api yang dihasilkan dari biogas sebelum dan setelah dimurnikan memiliki warna biru. Namun, untuk biogas yang dimurnikan dengan Cdots 0,01 gr/ml memiliki warna biru dan sedikit merah. Selain itu, biogas dengan pemurni Cdots 0,01 gr/ml memiliki

nyala api yang lebih kecil dibanding dengan yang lainnya, serta terdapat asap yang keluar dari bagian bawah kompor (pipa saluran gas) saat api menyala. Beberapa warna api yang dihasilkan oleh biogas setelah proses pemurnian dapat diamati pada Gambar 4.15.

Waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan 3 bar dalam tabung gas untuk biogas sebelum pemurnian adalah 6 menit, sedangkan biogas yang telah dimurnikan dengan akuades dan masing-masing konsentrasi Cdots adalah 5, 5, 6, 6, dan 5 menit.



**Gambar 4.15.** Warna api untuk Cdots (a) 0,01 gr/ml dan (b) 0,05 gr/ml.

Dari hasil uji performa kalor dapat diperoleh bahwa semakin besar konsentrasi Cdots, maka nilai kalor akan semakin besar. Namun, nilai kalor setelah proses pemurnian memiliki nilai yang lebih kecil dibanding nilai kalor biogas sebelum dimurnikan. Hal ini disebabkan gas  $\text{CH}_4$  sebelum proses pemurnian memiliki konsentrasi lebih besar dibandingkan setelah proses pemurnian (Gambar 4.11 dan 4.12). Selain itu, penyebab

lain nilai kalor setelah pemurnian lebih kecil dibanding sebelum pemurnian adalah kandungan  $H_2O$ . Menurut Mara dan Alit (2011), kandungan  $H_2O$  dalam biogas akan menurunkan titik penyalaan biogas serta dapat menimbulkan korosi.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah

1. Telah dihasilkan Cdots berbahan dasar kulit semangka menggunakan metode pemanasan *oven*. Kulit semangka dipanaskan menggunakan *oven* selama 40 menit dengan suhu 250°C sampai terbentuk karbon, kemudian karbon ditumbuk dan disaring. Serbuk ditimbang sesuai variasi dan dilarutkan ke dalam 100 ml akuades dan dicampur sampai homogen, setelah itu disaring menggunakan kertas saring sehingga diperoleh Cdots kulit semangka.
2. Hasil karakterisasi Cdots berbahan dasar kulit semangka menggunakan spektrofotometer UV-Vis memiliki puncak absorbansi pada panjang gelombang 256,5 nm dan semakin besar konsentrasi Cdots, maka semakin besar nilai absorbansinya. Hasil karakterisasi PL menunjukkan Cdots memiliki pendaran warna hijau pada panjang gelombang 499,2 nm dan 499,6 nm, serta semakin besar konsentrasi Cdots, maka intensitas yang dipendarkan akan semakin besar. Gugus fungsi dari hasil karakterisasi FTIR untuk Cdots kulit semangka adalah O-H, C=C, dan CO<sub>2</sub>. Uji TEM menunjukkan morfologi material Cdots berbentuk bulatan-bulatan dengan rata-rata diameter 4,44 nm dan hasil

difraksi elektron menunjukkan pola cincin yang berarti Cdots berstruktur *amorf*.

3. Absorben Cdots kulit semangka menyebabkan penurunan konsentrasi  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$ , serta penurunan nilai kalor yang disebabkan adanya kandungan  $\text{H}_2\text{O}$ . Semakin besar konsentrasi Cdots, maka penurunan  $\text{CH}_4$  semakin kecil dan penurunan  $\text{CO}_2$  semakin besar, serta nilai kalor akan semakin besar. Cdots dengan konsentrasi 0,03 gr/ml dan 0,05 gr/ml memiliki nilai kalor yang sama, yaitu 39.000 kalori.

## **B. Saran**

Berbagai saran untuk penelitian selanjutnya adalah

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terkait Cdots sebagai absorben dalam pemurnian biogas.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat memodifikasi alat pemurni dengan dibuat lebih tinggi dan penambahan silika gel untuk mengurangi kadar air yang ikut terbawa oleh biogas saat proses pemurnian.
3. Pengambilan data gas untuk uji GC dilakukan minimal 2 kali dan penambahan uji lain seperti  $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .
4. Sebaiknya dilakukan pengukuran suhu api saat uji performa kalor menggunakan termokopel.
5. Pencampuran serbuk karbon dan akuades saat proses sintesis Cdots sebaiknya menggunakan *stirrer*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2010. *Karakterisasi Nanomaterial Teori, Penerapan, dan Pengolahan Data*. Bandung: CV Rezeki Putera.
- Andrianto, F. 2016. *Pengaruh Sari Kulit dan Buah Semangka Merah (Citrullus lanatus) Sebagai Bahan Pengencer Terhadap Motilitas dan Viabilitas Spermatozoa Domba* (Skripsi). Surabaya: FKH Universitas Airlangga..
- Bao *et al.* 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 Hyrothermal dan Microwave* (Skripsi). Yogyakarta:FMIPA UNY.
- Deshmukh *et al.* 2015. *Phytochemical and Pharmacological Profile of Citrullus lannatus*. *Biolife* 3(2); 483-488.
- Fadilah, U. N. 2012. *Isolasi dan Purifikasi Likopen dari Buah Tomat dan Semangka* (Skripsi). Jakarta: FMIPA UI.
- Fadli, A. L. 2018. *Sintesis Dan Karakterisasi Nanomaterial Carbon-Dot, Carbon-Dot/Sulfur, dan Carbon-Dot/Silver Nanoparticle Berbahan Dasar Buah Namnam (Cynometra cauliflora L) dengan Metode Penggorengan Berbasis Minyak* (Skripsi). Yogyakarta:FMIPA UNY.
- Fila *et al.* 2013. *Corparative Proximate Compositions of Watermelon (Citrullus lanatus), Squash (Cucurbita pepo'l), and Rambutan (Nephelium*

- lappaceum*). International Journal of Science and Technology. Vol. 2(1): 81-88.
- Fiqri, A. N. 2017. *Pengaturan Temperatur dan Pewaktu Oven Listrik Menggunakan HP Android* (Skripsi). Surabaya: Fakultas Vokasi ITS.
- Gao *et al.* 2011. *Introduction to Electronic Materials for Engineers, an (2nd Edition)*. World Scientific Publishin Co Pte. Ltd., Singapore.
- Haq, K. H. I. 2019. *Sintesis dan Karakterisasi Nanomaterial Carbon-Dot Berbahan Dasar Ampas Teh Tubruk Menggunakan Metode Sonikasi Audiosonik* (Skripsi). Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Hariastuti dan Sari. 2011. *Penerapan Teknologi Ramah Lingkungan Pada Pemanfaatan Hasil Purifikasi Biogas Memberikan Nilai Tambah Pada IKM Tahu*, Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Vol. 1, No. 4. Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BBTPPI). Semarang.
- Harjono, S. 1992. *Spektroskopi Inframerah Edisi Pertama*. Yogyakarta: Liberty.
- Haryandi. 2011. *Penurunan Konsentrasi Gas CO<sub>2</sub> Pada Biogas dengan Metode Absorpsi Menggunakan Larutan Ca(OH)<sub>2</sub>* (Thesis). Yogyakarta: UGM.
- Huang *et al.* 2014. *Fast Microplasma Synthesis of Blue Luminescent Carbon Quantum Dots at Ambient Conditions*. *Plasma Proces. Polym.* 2015, 12, 59-65.
- Istiadi dan Tjahjono. 2010. *Rancang Bangun Oven Semi Otomatis untuk Mengoptimalkan Pemanggang Roti pada Home Industri*. Jurnal Ilmiah, Widya Teknika Vol. 18 No. 1-ISSN: 1411-0660.

- Johnson *et al.* 2013. *Comparative Vitamins Content of Plup, Seed, and Rind of Fresh and Dried Watermelon (Citrullus lanatus)*. International Journal of Science and Technology. Vol. 2 No. 1: 100-103.
- Koriston, P. 2017. *Efektivitas Ekstrak Kulit Semangka Sebagai Inhibitor Korosi Pada Kawat Ortodonsi Berbahan Stainless Steel* (Skripsi). Makasar: FKG Universitas Hasanudin.
- Kristianingrum, S. 2016. *Spektroskopi Ultra Violet Dan Sinar Tampak (Spektroskopi Uv – Vis)* (Skripsi). Yogyakarta: UNY.
- Li *et al.* 2017. *In Situ Synthesis of NIR-Light Emitting Carbon Dots Derived from Spinach For Bio-Imaging Applications*. J. Mater. Chem. B. 5(35), 7328–7334.
- Mara dan Alit. 2011. *Analisa Kualitas dan Kuantitas Biogas dari Kotoran Ternak*. Vol. 1 No. 2-ISSN:2088-088X.
- Nisa, A. K. 2014. *Sintesis Nanopartikel Karbon Berfluoresens* (Skripsi). Bogor: IPB.
- Nugraha, F. E. 2008. *Optimasi Pemecahan Emulsi Air dalam Pelumas Bekas Menggunakan Campuran Larutan NaCl-Etanol*. Bandung: FMIPA ITB.
- Patel, N. H. 2015. *Basic Principle, Working and Instrumentation of Experimental Techniques*. 74–79.
- Pavia *et al.* 2001. *Introduction to Spectroscopy: a Guide for Students or Organic Chemistry*. Philadelphia: Harcourt College.
- Pertiwiningrum, A. 2016. *Instalasi Biogas*. Yogyakarta: CV. Kolom Cetak.



- Prayugi *et al.* 2015. *Pemurnian Biogas dengan Sistem Pengembunan dan Penyaringan Menggunakan Beberapa Bahan Media*. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem Vol. 3 No. 1, Februari 2015, 7-14.
- Rahmayanti, H. D. 2015. *Sintesis Carbon Nanodots Sulfur (C-Dots Sulfur) dengan Metode Microwave* (Skrpsi). Semarang: UNNES.
- Setiawan *et al.* 2013. *Oven Terprogram Berbasis Mikrokontroler*. Widya Teknika Vol.21 No.2-ISSN 1411 – 0660: 10- 14.
- Shi dan Maguer. 2000. *Lycopene in Tomatoes: Chemical and Physical Properties Affected by Food Processing*. J. Biotech. 20(4): 293-334.
- Smallman, R. E. 2000. *Metalurgi Fisika Modern dan Rekayasa Material Edisi Keenam*. (alih bahasa: Ir. Sriati Djaprie, M. Met). Jakarta: Erlangga.
- Sobir dan Siregar. 2010. *Budidaya Semangka Panen 60 Hari*. Jakarta: Penebar Swadaya P. 12-5.
- Soni, S. 2016. *Luminescent Carbon Dots : Characteristics and Applications*. Top Master Nanoscience: University of Groningen.
- Sopiawati dan Adriany. *Pengukuran Gas Rumah Kaca dengan Gas Chromatography (GC) dan Infrared Gas Analyzer (IrGA)*. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan). Pati. Jawa Tengah.
- Surono dan Machmud. *Peningkatan Kualitas Biogas Dengan Metode Absorpsi dan Pemakaiannya Sebagai Bahan Bakar Mesin Generator Set (Genset)*. Yogyakarta: FT, Universitas Janabadra.
- Suyitno *et al.* 2010. *Teknologi Biogas*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

- Syukur. 2009. *Teknik Pemuliaan Tanaman. Bagian Genetika dan Pemuliaan Tanaman. Departemen Agronomi dan Holtikultura*. Bogor: IPB.
- Tadmor *et al.* 2015. *Comparative Fruit Colouration in Watermelon and Tomato*. J. Food Int., 38:837-841.
- Tahid, 1994. *Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier No II Th VIII*. Bandung: Warta Kimia Analitis.
- Tampubolon, Y. G. 2018. *Pengaruh Pemberian Ekstrak Albedo Semangka Merah (Citrullus vulgaris) Sebagai Terapi Tikus (Rattus novergicus) Model Diabetes Melitus Tipe I yang Diinduksi Streptozotocin Berdasarkan Histopatologi Ginjal dan Ekspresi IL-1 $\beta$*  (Skripsi). Malang:FKH Universitas Brawijaya.
- Zhou *et al.* 2011. *Facile Synthesis of Fluorescent Carbon Dots Using Watermelon Peel as a Carbon Source*. Beijing. China.

## LAMPIRAN

### 1. Dokumentasi



Kulit semangka



Penimbangan kulit semangka



Penimbangan arang kulit semangka



Proses penumbukan arang



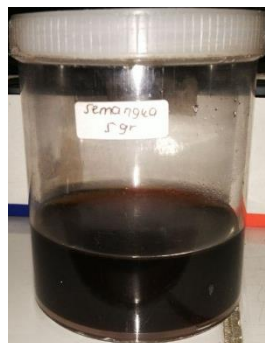
Proses penyaringan arang



Pencampuran larutan



Proses penyaringan Cdots



Larutan Cdots



Oven



Gas holder



Tabung gas



Kompresor



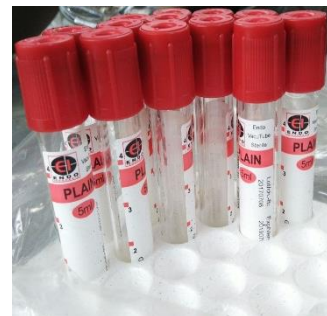
Timbangan Lion star



Proses pengisian tabung gas



Suntikan



Venoject





Balon, isolatip, dan busur



Pengukuran sudut kran kompresor



Pengambilan sampel gas



Pengambilan sampel dengan suntikan



Pemindahan gas ke venoject



Proses pemunian biogas



Proses pengujian kalor



Kompor biogas



Korek api dan lilin



Penampung biogas murni



Timbangan



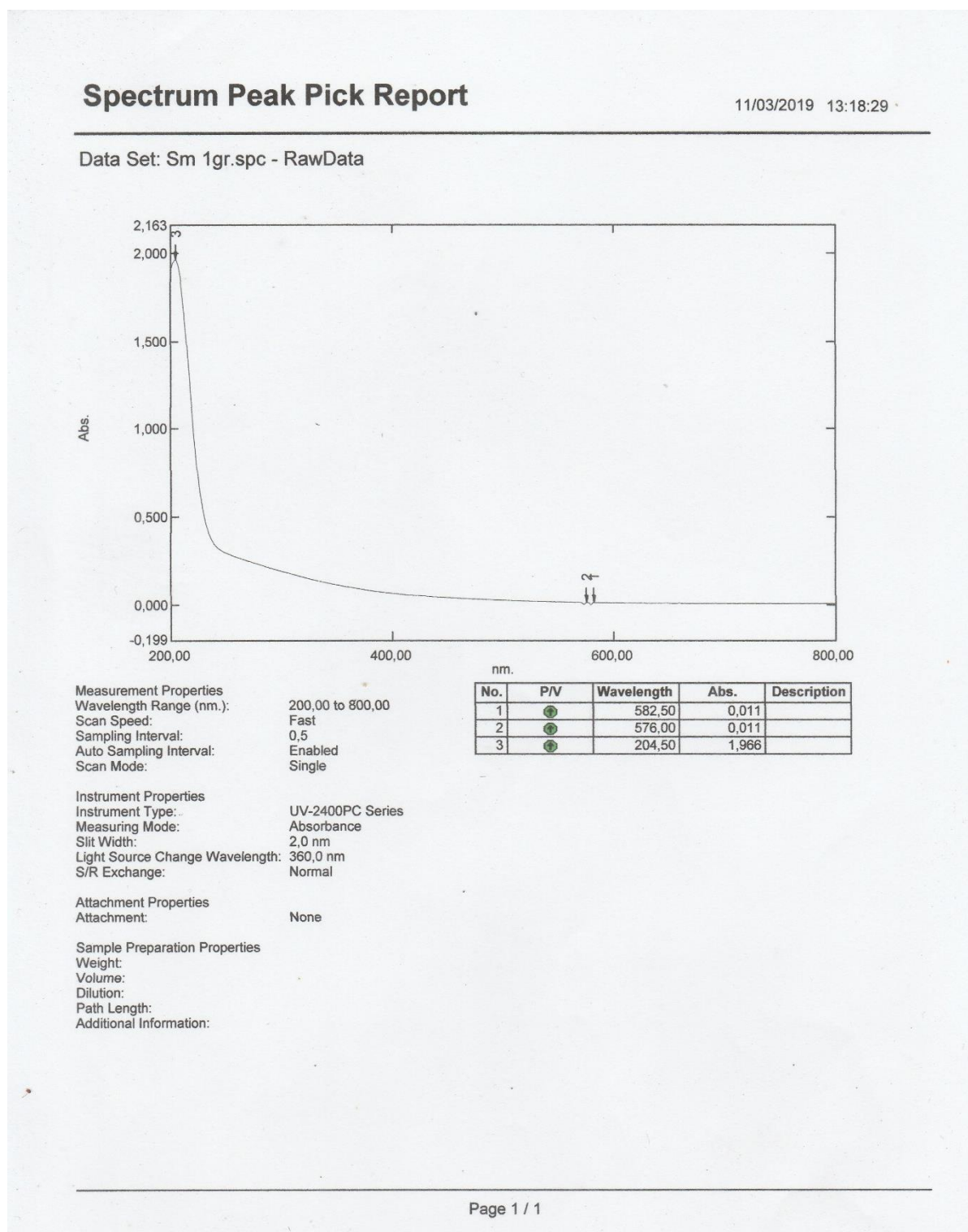
Menimbang massa  
tabung gas



Laser UV

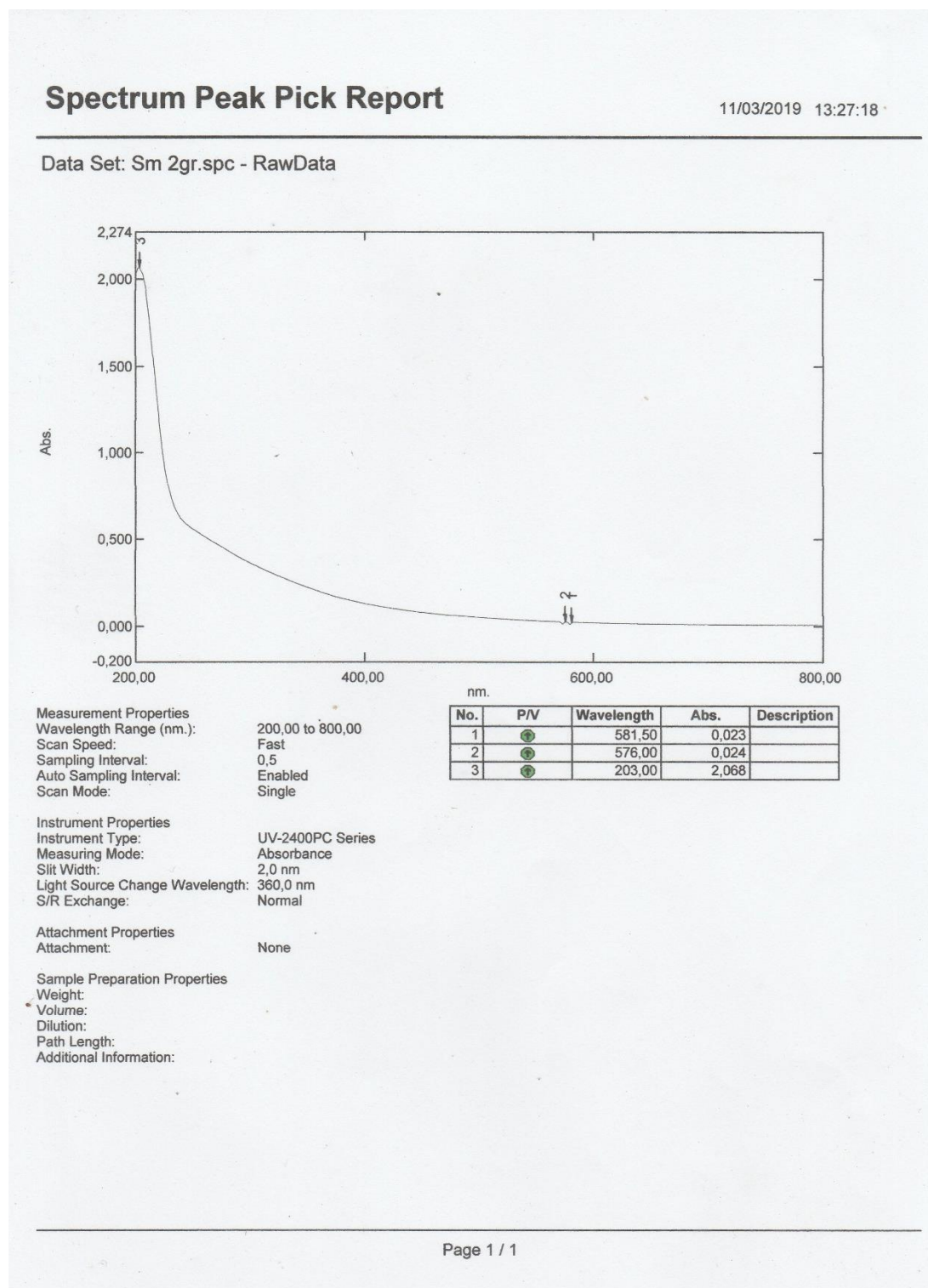
## 2. Hasil pengujian UV-Vis

### a. Cdots kulit semangka 0,01 gr/ml



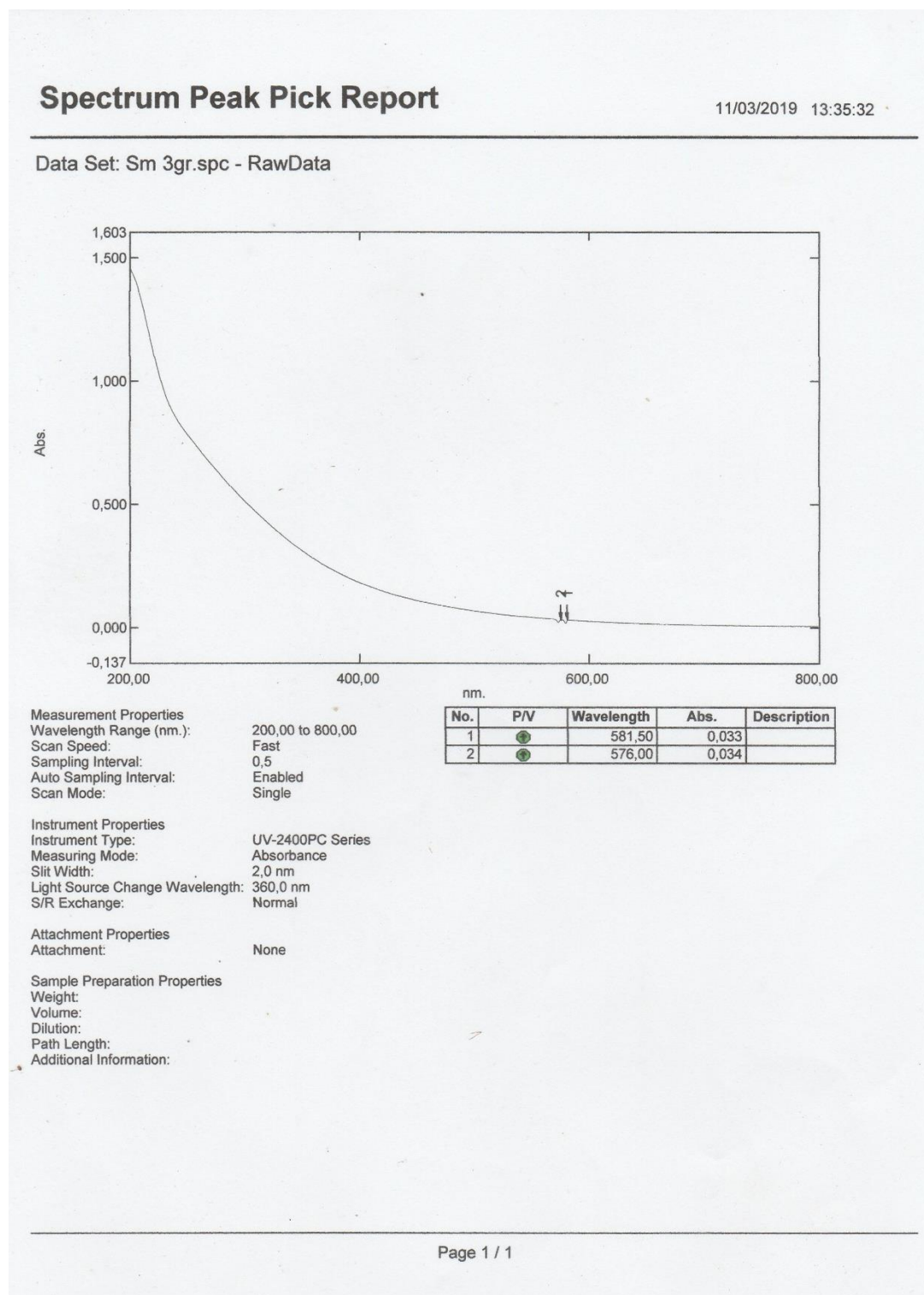


b. Cdots kulit semangka 0,02 gr/ml

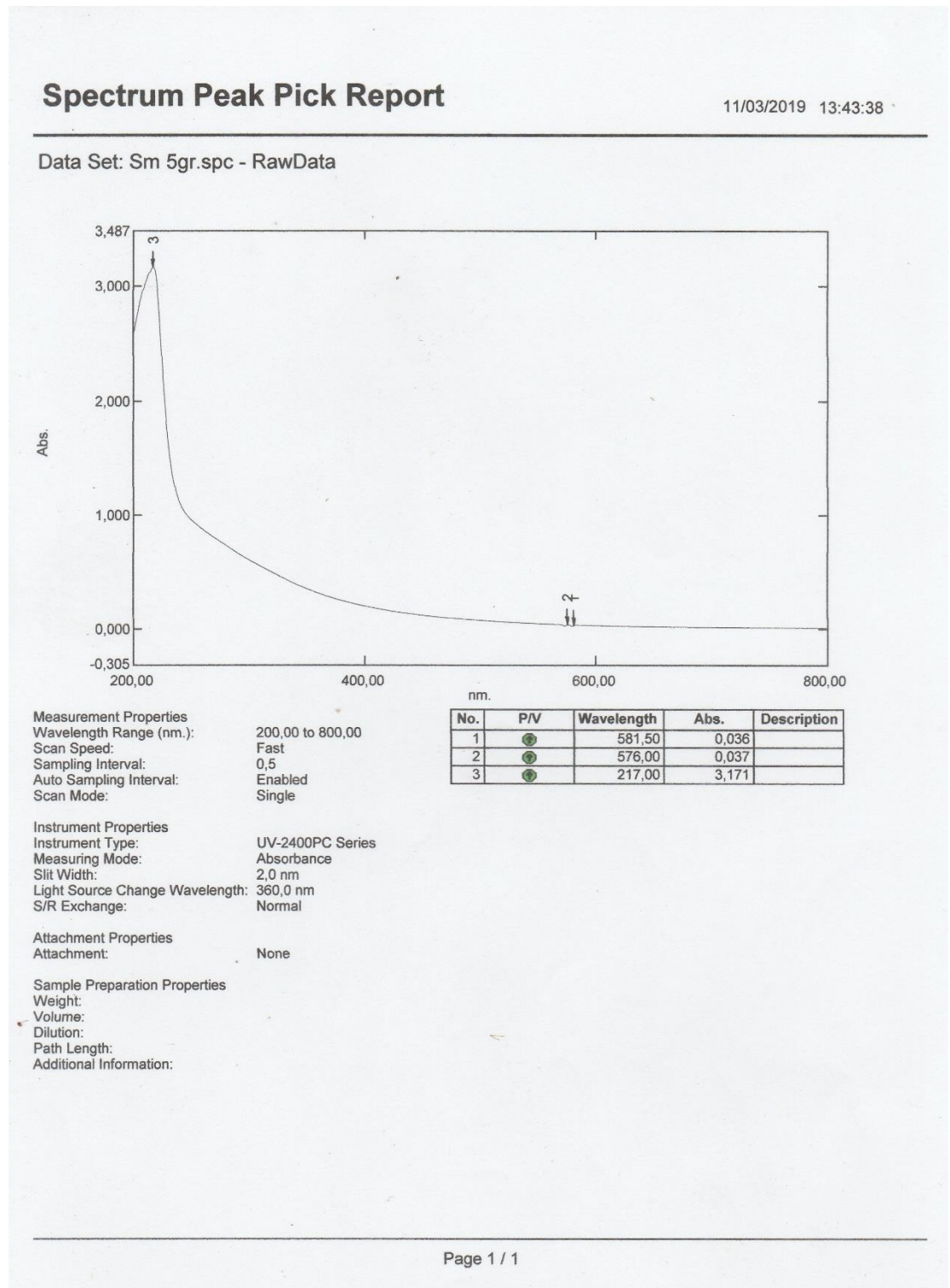




c. Cdots kulit semangka 0,03 gr/ml

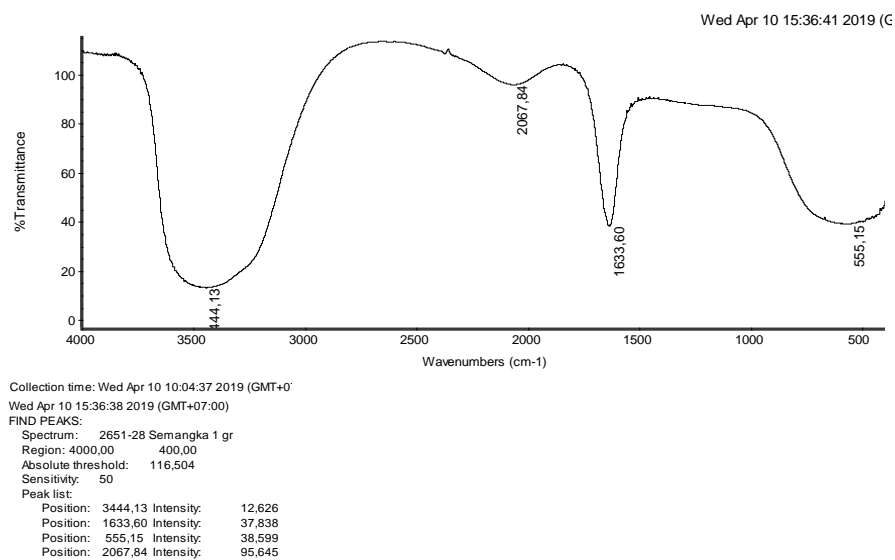


d. Cdots kulit semangka 0,05 gr/ml

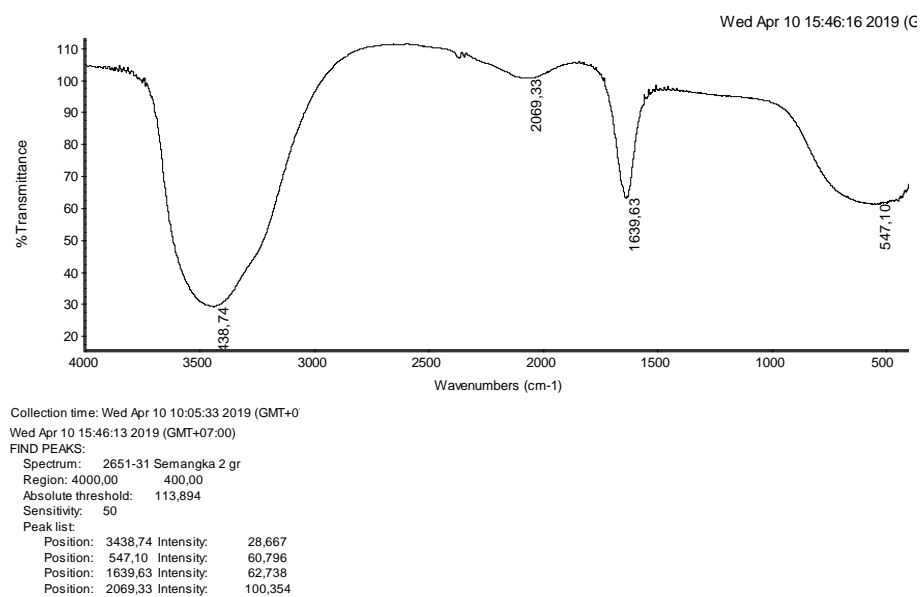


### 3. Hasil pengujian FTIR

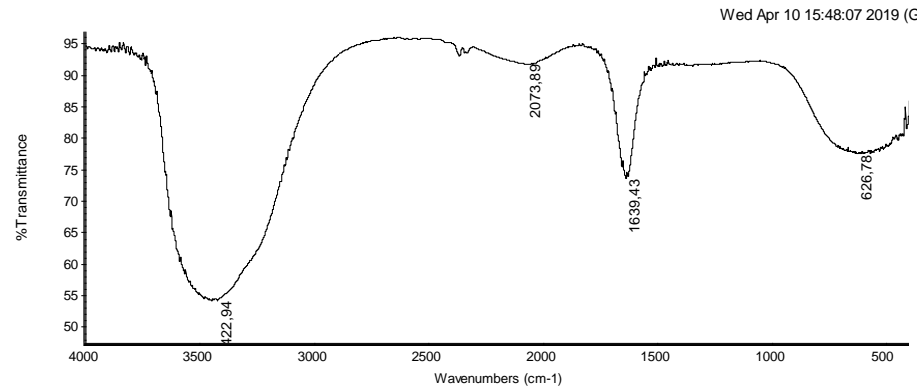
#### a. Cdots 0,01 gr/ml



#### b. Cdots 0,02 gr/ml

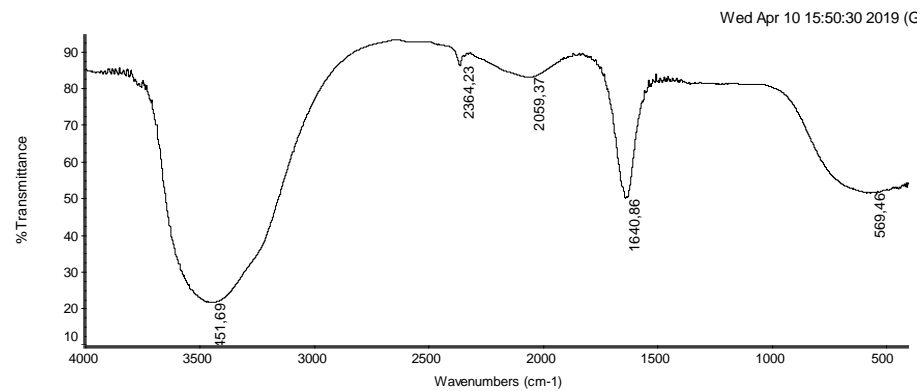


c. Cdots 0,03 gr/ml



Collection time: Wed Apr 10 10:07:30 2019 (GMT+0)  
 Wed Apr 10 15:47:51 2019 (GMT+07:00)  
 FIND PEAKS:  
 Spectrum: 2651-34 Semangka 3 gr  
 Region: 4000,00 400,00  
 Absolute threshold: 97,242  
 Sensitivity: 50  
 Peak list:  
 Position: 3422,94 Intensity: 53,964  
 Position: 1639,43 Intensity: 73,358  
 Position: 626,78 Intensity: 77,307  
 Position: 412,48 Intensity: 81,274  
 Position: 2073,89 Intensity: 91,611

d. Cdots 0,05 gr/ml



Collection time: Wed Apr 10 10:08:55 2019 (GMT+0)  
 Wed Apr 10 15:50:26 2019 (GMT+07:00)  
 FIND PEAKS:  
 Spectrum: 2651-37 Semangka 5 gr  
 Region: 4000,00 400,00  
 Absolute threshold: 95,208  
 Sensitivity: 50  
 Peak list:  
 Position: 3451,69 Intensity: 21,146  
 Position: 1640,86 Intensity: 49,672  
 Position: 569,46 Intensity: 51,078  
 Position: 2059,37 Intensity: 82,759  
 Position: 2364,23 Intensity: 85,904


#### 4. Hasil pengujian GC

Tabel hasil pengujian biogas sebelum dan setelah pemurnian


No	Kode Sampel	Konsentrasi CH <sub>4</sub> (ppm)	Konsentrasi CO <sub>2</sub> (ppm)
1.	Kontrol aquades	104602,1	136297,9
2.	Aquades	89046	85739,7
3.	Kontrol semangka 1 gram	113339,8	132417,2
4.	Semangka 1 gram	96463,6	89965,5
5.	Kontrol semangka 2 gram	113692,5	129514,6
6.	Semangka 2 gram	93265,6	74625,2
7.	Kontrol semangka 3 gram	121568,5	160398,1
8.	Semangka 3 gram	106895,9	104205
9.	Kontrol semangka 5 gram	116335,5	167870,2
10.	Semangka 5 gram	106804,4	107549,2

#### 5. Hasil pengujian performa kalor


##### a. Biogas sebelum proses pemurnian

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


b. Akuades

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


c. Cdots 0,01 gr/ml

Waktu (menit)	Suhu (°C)	Tekanan (bar)	Warna Api
0	28	3,0	
1	32	2,4	
2	37	1,8	
3	43	1,1	
4	47	0,3	
5	49	0	

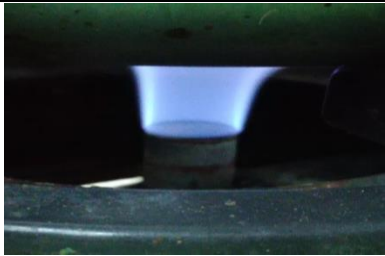
d. Cdots 0,02 gr/ml

Waktu (menit)	Suhu (°C)	Tekanan (bar)	Warna Api
0	33	3,0	
1	40	2,6	
2	46	2,0	
3	52	1,5	
4	58	1,0	
5	63	0,3	
6	67	0	

e. Cdots 0,03 gr/ml

Waktu (menit)	Suhu (°C)	Tekanan (bar)	Warna Api
0	30	3,0	
1	36	2,5	
2	43	2,0	
3	50	1,5	
4	58	0,9	
5	64	0,3	
6	69	0	

f. Cdots 0,05 gr/ml

Waktu (menit)	Suhu (°C)	Tekanan (bar)	Warna Api
0	28	3,0	
1	36	2,4	
2	44	1,9	
3	52	1,3	
4	59	0,5	
5	67	0,0	