

**PEMANFAATAN NANOMATERIAL *CARBON NANODOTS* BERBAHAN  
DASAR LIMBAH KULIT NANAS (*Ananas comosus L*) SEBAGAI  
ABSORBEN CO<sub>2</sub> PADA PEMURNIAN BIOGAS**

**SKRIPSI**

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



**Disusun Oleh:**

**Linda Purnamasari**

**15306141004**

**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 NANAS (*Ananas comous L*) SEBAGAI ABSORBEN  
CO<sub>2</sub> PADA BIOGAS**

Disusun oleh:

Linda Purnamasari

15306141004

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

Yogyakarta, 26 April 2019

Pembimbing I

Pembimbing II

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

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

NIP. 19800129 200501 1003

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

PEMANFAATAN NANOMATERIAL *CARBON NANODOTS* BERBAHAN  
DASAR LIMBAH KULIT NANAS (*Ananas comosus L*) SEBAGAI  
ABSORBEN CO<sub>2</sub> PADA PEMURNIAN BIOGAS

Disusun oleh:

Linda Purnamasari  
NIM 15306141004

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta  
Pada tanggal 15 Mei 2019

TIM PENGUJI

<u>Nama</u>	<u>Tanda Tangan</u>	<u>Tanggal</u>
<u>Wipar Sunu Brams D. Ph.D</u> Ketua Penguji/Pembimbing		20/6/2019
<u>Dr. Ariswan</u> Penguji Utama		23/5/2019
<u>Wira Widyawidura, M.Eng</u> Penguji Pendamping		18/6/2019

Yogyakarta, 21 Juni 2019  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Dekan



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

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Linda Purnamasari

NIM : 15306141004

Program Studi : Fisika

Jurusan : Pendidikan Fisika

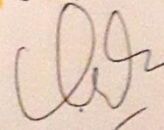
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul Skripsi : "Pemanfaatan Nanomaterial *Carbon Nanodots* Berbahan Dasar Limbah Kulit Nanas (*Ananas comosus L*) sebagai Absorben CO<sub>2</sub> pada Pemurnian Biogas"

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

Yogyakarta, 8 April 2019

Yang menyatakan.



Linda Purnamasari

NIM. 15306141004

**MOTTO**

**MAN JADDA WAJADA**

(Barang siapa bersungguh-sungguh pasti berhasil)

## **PERSEMBAHAN**

Karya tulis ini saya persembahkan untuk

Kedua orang tua saya, yang selalu memberikan dukungan terbaik, kasih sayang yang tulus serta doa yang tak pernah putus

Kakak (Eka Nurhayati dan Yudiyanto) dan keponakan (Deandra Adiva) saya yang memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi

My support sistem (Mughtar Adi Putra) yang selalu memberikan dukungan, semangat dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi

**PEMANFAATAN NANOMATERIAL CARBON NANODOTS BERBAHAN  
DASAR LIMBAH KULIT NANAS (*Ananas comous L*) SEBAGAI  
ABSORBEN CO<sub>2</sub> PADA PEMURNIAN BIOGAS**

Oleh:  
Linda Purnamasari  
NIM. 15306141004

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui sintesis C-dots berbahan dasar limbah kulit nanas madu dengan metode pemanasan *oven*, (2) mengetahui karakteristik material C-dots sebagai absorben biogas berdasarkan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM, serta (3) mengetahui pengaruh absorben C-dots berbahan dasar limbah kulit nanas terhadap pemurnian biogas berdasarkan uji GC dan nilai kalor.

Penelitian ini dimulai dengan memotong kecil-kecil kulit buah nanas, selanjutnya mengoven limbah kulit agar menjadi karbon. Karbon yang berasal dari limbah kulit nanas dihaluskan dan disaring agar memperoleh serbuk karbon yang halus, setelah itu dilakukan pencampuran serbuk karbon dengan akuades. Variasi konsentrasi C-dots yang digunakan, yaitu 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, dan 0,03 gr/ml. Hasil sintesis C-dots kemudian dikarakterisasi menggunakan uji UV-Vis, PL, FTIR, dan TEM untuk mengetahui karakteristik sampel yang telah disintesis. Selanjutnya, larutan C-dots diaplikasikan sebagai absorpsi biogas yang bertujuan untuk mengurangi konsentrasi CO<sub>2</sub> pada biogas. Proses pemurnian biogas dengan dua kali penyaringan dengan melewati biogas pada dua tabung pemurni yang berisi larutan C-dots. Hasil pemurnian biogas kemudian dikarakterisasi menggunakan *Gas Chromatography* (GC) dan uji kalor.

Hasil karakteristik UV-Vis C-dots pada konsentrasi 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, dan 0,03 gr/ml, menghasilkan 1 puncak bahu yang masing-masing terdapat pada panjang gelombang 261 nm, 257 nm, dan 262 nm. Karakterisasi PL menunjukkan adanya puncak intensitas emisi pada rentang panjang gelombang antara 499,5nm sampai 512 nm yang menunjukkan adanya pendaran warna hijau. Karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan adanya pita (band) pada daerah infrared yang menunjukkan kemunculan gugus-gugus fungsi O-H dan C=C pada setiap variasi konsentrasi C-dots. Hasil TEM menunjukkan morfologi partikel C-dots berbentuk bulat atau oval dengan diameter sebesar 5,7 nm. Berdasarkan hasil berbagai karakterisasi di atas, dapat disimpulkan bahwa sampel yang dihasilkan adalah C-dots. Larutan C-dots yang diaplikasikan sebagai absorpsi biogas berdasarkan uji GC mampu menurunkan konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam biogas, sedangkan hasil pengujian kalor menunjukkan pada konsentrasi 0,03 gr/ml menghasilkan nilai kalor tertinggi, yaitu sebesar 39.000 kal.

**Kata Kunci:** C-dots, Kulit Nanas, Biogas, Absorpsi, Gas CO<sub>2</sub>



# UTILIZATION OF NANOMATERIAL CARBON NANODOTS OF PINEAPPLE PEEL WASTE (*Ananas comosus L*) AS CO<sub>2</sub> ABSORBENT IN BIOGAS PURIFICATION

Oleh:  
Linda Purnamasari  
NIM. 15306141004

## ABSTRACT

This study aimed to (1) find out the C-dots synthesis of pineapple waste by using oven-heating method, (2) find out the characteristic of C-dots material as the biogas absorbance based on UV-Vis spectrophotometer, PL, FTIR, and TEM, and (3) know the effect of C-dots absorbent of pineapple peel waste through biogas purification by GC test and heat testing.

This research was begun by cutting small pieces pineapple peel waste, and heated by oven machine in order to become carbon. The carbon was smoothed and filtered to obtain the fine carbon powder. The next step is to mix the carbon powder with the aquades. Various concentration used were 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, and 0,03 gr/ml. C-dots synthesis result was characterized in order to assist sample stick by using UV-Vis test, PL, FTIR, and TEM. C-dots was applied to be the biogas absorption which aimed to reduce CO<sub>2</sub> concentration in biogas. Biogas purification process with two filters by passing the biogas through two purifying tubes which contains C-dots. The purification result was then characterized by using GC and heat testing.

The UV-Vis C-dots characteristic results at a concentration of 0.01 gr/ml, 0.02 gr/ml, 0.03 gr/ml, and 0.05 gr/ml yields a peak shift of each at the wavelength 261 nm, 257 nm, and 262 nm. PL characterization shows the peak emission intensity in the wavelength range between 499.5 nm to 512 nm which indicates the presence of green luminescence. Characterization using FTIR shows the band (band) in the infrared region which shows the appearance of functional groups O-H and C = C in each variation of the C-dots concentration. TEM results show the morphology of C-dots particles in the form of bullet-shaped oval with a diameter of 5.7 nm. Based on the results of the various characterizations above, it can be concluded that the resulting sample is C-dots. The solution of C-dots applied as the absorbance of biogas based on GC test can reduce CO<sub>2</sub> concentration in biogas, while the test results show at a concentration of 0.03 gr / ml produces the highest heat testing, which is equal to 39,000 cal.

Key words: C-dots, Pineapple peel waste, Biogas, Absorption, Gas CO<sub>2</sub>



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir Skripsi (TAS) ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Nanomaterial Carbon Nanodots Berbahan Dasar Limbah Kulit Nanas sebagai Absorben CO<sub>2</sub> pada Pemurnian Biogas” dibuat sebagai salah satu persyaratan penyelesaian studi pada Program Studi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta.

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 bantuan yang diberikan dalam memperlancar administrasi tugas akhir.
2. Yusman Wiyatmo, M.Si selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian skripsi.
3. Nur Kadarisman, M.Si, selaku Ketua Program Studi Fisika UNY yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian skripsi.
4. Wipsar Sunu Brams Dwandaru, M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, petunjuk, dan arahan hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Wira Widyawidura, S.Si., M.Eng., selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu di sela-sela kesibukan untuk membimbing hingga skripsi ini dapat terselesaikan

6. Dr. Ariswan, selaku Penasehat Akademik yang telah memberikan arahan dan motivasi.
7. Seluruh Dosen Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat.
8. Haris Murtanto, selaku Laboran Lab Fisika Koloid yang telah membantu dalam pengadaan alat penelitian.
9. Mela Agustin, Wiwin Silfiyani, dan Tria Andriana Y yang selalu menemani, berbagi ilmu, bantuan dan semangat
10. Keluarga besar Fisika B
11. Keluarga Hijau “Kosan A30b”
12. Semua pihak yang telah membantu penulisan yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan naskah skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak untuk menjadi lebih baik. Semoga naskah skripsi ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan menambah wawasan pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, 8 April 2019

Penulis.

Linda Purnamasari

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
MOTTO .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRAC .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah .....	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah .....	5
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
A. Nanas .....	7

B. <i>Carbon Nanodots (C-dots)</i> .....	9
C. <i>Oven</i> .....	11
D. Biogas.....	12
E. Metode Absorpsi .....	16
F. Spektrofotometer UV-Vis.....	17
G. <i>Photoluminescence (PL)</i> .....	20
H. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i> .....	22
I. Transmission Electron Microscope (TEM).....	25
J. Uji Kalor.....	28
K. <i>Gas Chromatography (GC)</i> .....	29
L. Kerangka Berfikir.....	32

### **BAB III METODELOGI PENELITIAN**

A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	33
B. Variabel Penelitian .....	34
C. Jenis Penelitian.....	35
D. Alat dan Bahan .....	35
E. Tahapan Penelitian .....	36
F. Teknik Analisis Data.....	40
G. Diagram Alir .....	42

### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

A. Sintesis C-dots dengan Metode Pemanasan <i>Oven</i> .....	44
B. Hasil Karakteristik C-dots dengan Metode Pemanasan <i>Oven</i> .....	46
C. C-dots Sebagai Absorben CO <sub>2</sub> pada Biogas .....	53

D. Karakteristik C-dotss Setelah pemurnian .....	54
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan.....	62
B. Saran .....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>64</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>69</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Buah Nanas Madu .....	8
Gambar 2. Instrumen Spektofotometer UV-Vis .....	19
Gambar 3. Jenis Eksitasi Elektron .....	19
Gambar 4. Prinsip Spektoskopi PL .....	21
Gambar 5. Komponen Dasar FTIR .....	23
Gambar 6. Prinsip Kerja TEM .....	25
Gambar 7. Shimadzu 14A .....	31
Gambar 8. Contoh Hasil Analisa Gas CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> .....	31
Gambar 9. Diagram Alir .....	42
Gambar 10. Skema Pemurnian Biogas.....	43
Gambar 11. Skema Pengujian Kalor.....	43
Gambar 12. Sampel hasil sintesis .....	44
Gambar 13. Sampel disinari dengan laser UV .....	45
Gambar 14. Hasil karakteristik UV-Vis.....	47
Gambar 15. Hasil karakterisasi PL.....	49
Gambar 16. Hasil karakterisasi FTIR.....	50
Gambar 17. Hasil pengujian TEM .....	51
Gambar 18. Hasil presentase persebaran ukuran diameter C-dots.....	53
Gambar 19. Alat pemurni biogas .....	54
Gambar 20. Grafik konsentrasi perbandingan CH <sub>4</sub> dan CO <sub>2</sub> (a) sebelum pemurnian (b) setelah pemurnian.....	56

Gambar 21. Perbandingan nilai konsentrasi CO <sub>2</sub> sebelum dan setelah pemurnian.....	57
Gambar 22. Grafik perbandingan nilai uji kalor .....	58
Gambar 23. Warna nyala api.....	61



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Kandungan Kulit Buah Nanas .....	9
Tabel 2. Kandungan Biogas .....	13
Tabel 3. Komposisi Biogas .....	14
Tabel 4. Korelasi Bilangan Gelombang dengan Jenis Ikatan .....	24
Tabel 5. Hasil Pengukuran Diameter C-Dots.....	52
Tabel 6. Kandungan Gas CH <sub>4</sub> dan CO <sub>2</sub> .....	55

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 .....	70
Lampiran 2 .....	75
Lampiran 3 .....	77
Lampiran 4 .....	80

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Buah nanas merupakan salah satu tanaman komoditas yang banyak ditanam di Indonesia. Prospek agrobisnis nanas sangat cerah, cenderung semakin meningkat, baik untuk kebutuhan buah segar maupun sebagai bahan olahan. Menurut data Badan Pusat Statistik (2017), produksi buah nanas secara nasional mencapai 1.795.986 ton. Sebagai komoditas hortikultura, buah nanas telah banyak diolah menjadi berbagai macam produk seperti selai, sirup, sari buah, nektar, serta buah dalam botol atau kaleng. Dari berbagai macam pengolahan tersebut, akan diperoleh limbah dalam jumlah yang cukup besar. Limbah kulit nanas merupakan sisa pengolahan buah nanas setelah diambil bagian dalamnya yang jumlahnya mencapai 27% dari total produksi buah nanas (Nurhayati, 2013).

Salah satu jenis limbah kulit nanas yang sering ditemukan adalah limbah nanas madu. Nanas madu adalah jenis nanas yang paling digemari saat ini, karena memiliki rasa yang manis dan segar. Tingginya jumlah konsumsi nanas madu mengakibatkan limbah kulit nanas madu juga melimpah. Kulit tersebut biasanya hanya dibuang atau tidak dimanfaatkan sehingga berujung menjadi limbah. Untuk mengurangi limbah tersebut, limbah kulit nanas dijadikan sebagai bahan alternatif pembuatan carbon

nanodots (C-dots). Hal ini disebabkan limbah kulit nanas mengandung 17,53% karbohidrat dan 13,65 % gula reduksi (Andaka, 2010).

C-dots merupakan kelas baru dari nanomaterial yang sedang berkembang pesat. C-dots memiliki ukuran karbon di bawah 10 nm. Menurut Wang dan Hu (2014) C-dots memiliki sifat kelarutan yang baik, tidak toksik, dan memiliki pendaran yang tinggi. C-dots dapat disintesis dengan berbagai macam metode diantaranya yaitu metode microwave, hydrothermal, penggorengan, dan sebagainya. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan dalam pembuatan C-dots adalah metode pemanasan oven.

Nanomaterial C-dots telah diaplikasikan pada berbagai teknologi yaitu sebagai *bioimaging*, *sensor*, *drug dilevery*, katalis, dan perangkat *photofolatic* (Liu et, al., 2017). Dalam penelitian ini, nanomaterial C-dots diaplikasikan sebagai pemurni biogas. Beberapa penelitian perihal pemurnian biogas sudah dilakukan salah satunya adalah Harihastuti dan Sari (2011) yang melakukan penelitian pemurnian biogas dengan metode absorpsi bertingkat menggunakan absorben arang aktif.

Biogas merupakan salah satu bahan bakar non-fosil yang dapat diperbarui (renewable) dan dapat dijadikan bio-energi alternatif (Herman dan Susanty, 2016). Biogas diproduksi melalui proses fermentasi anaerob senyawa organik, seperti kotoran ternak, sampah sisa makanan, dan limbah industri makanan. Menurut Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (2017), Indonesia memiliki jumlah hewan ternak sebagai bahan baku biogas yang cukup besar, antara lain 13 juta ternak sapi perah dan pedaging, serta

sekitar 15,6 juta ternak setara dengan 1 juta unit digester biogas rumah tangga (2,3 juta Setara Barel Minyak).

Biogas terdiri dari berbagai jenis gas dengan komposisi berikut: CH<sub>4</sub> (55-70%), CO<sub>2</sub> (30-45%), H<sub>2</sub>S (< 1%), dan uap air (Ghatak dan Mahanta, 2016). Kalor pembakaran yang menggunakan bahan bakar biogas sangat bergantung pada presentase kandungan gas metan (CH<sub>4</sub>) dan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Biogas dengan kadar CO<sub>2</sub> yang tinggi akan mengakibatkan nilai kalor rendah, dan sebaliknya. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan upaya penurunan konsentrasi gas CO<sub>2</sub> menggunakan larutan C-dots sebagai absorben biogas. Pemurnian dilakukan dengan dua kali penyaringan.

Hasil pemurnian biogas kemudian dikarakterisasi menggunakan *Gas Chromatography* (GC) untuk mengetahui konsentrasi CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>. Selain itu, dilakukan uji performa pembakaran yang bertujuan untuk mengetahui kualitas pembakaran dari biogas yang telah dimurnikan. Material C-dots sebagai pemurni biogas dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, *Photoluminescence* (PL), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), dan *Transmission Electron Microscope* (TEM).

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan penjelasan yang dikemukakan pada latar belakang, dapat diidentifikasi berbagai pokok permasalahan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Masih banyaknya masyarakat yang beranggapan bahwa kulit nanas hanyalah limbah yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.
2. Selain itu, masih kurangnya pemanfaatan kulit nanas oleh masyarakat mengakibatkan semakin banyaknya limbah kulit nanas.
3. Belum adanya penelitian tentang limbah kulit nanas sebagai bahan pembuatan C-dots.
4. Belum adanya pemanfaatan C-dots sebagai absorben dalam pemurnian biogas.
5. Masih banyaknya kandungan gas CO<sub>2</sub> dalam biogas yang dapat menurunkan nilai kalor dan efisiensi pembakaran dalam biogas.

### **C. Batasan Masalah**

Dari berbagai identifikasi masalah di atas perlu adanya batasan masalah untuk membatasi penelitian ini. Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini diberikan sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan menggunakan karbon yang berasal dari limbah kulit nanas madu.
2. Metode sintesis C-dots yang digunakan adalah metode pemanasan *oven*.
3. Pada penelitian ini karakterisasi material C-dots dilakukan dengan uji spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR dan TEM.
4. Pengujian konsentrasi gas CH<sub>4</sub> hasil pemurnian dengan absorben C-dots menggunakan GC dan uji performa pembakaran untuk mengetahui kualitas pembakaran dari biogas yang telah dimurnikan.

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

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

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

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

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah

1. Mensintesis C-dots dengan metode pemanasan *oven* berbahan dasar limbah kulit nanas.
2. Mengetahui karakteristik material C-dots sebagai absorben biogas berdasarkan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR dan TEM.
3. Mengetahui pengaruh absorben C-dots berbahan dasar limbah kulit nanas terhadap pemurnian biogas berdasarkan nilai kalor dan uji GC.

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

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah

1. Bagi mahasiswa



- a. Mendapatkan informasi tentang sintesis C-dots dengan bahan dasar limbah kulit nanas.
- b. Mendapatkan informasi tentang karakteristik material C-dots sebagai absorben biogas berdasarkan spektrofotometer UV-Vis, PL, FTIR dan TEM.
- c. Mendapatkan informasi tentang pengaruh absorben C-dots berbahan dasar kulit nanas terhadap pemurnian biogas berdasarkan nilai kalor dan uji GC.

## 2. Bagi Universitas

Sebagai referensi atau pengenalan penelitian yang kemudian dapat diteliti lebih lanjut.

## 3. Bagi masyarakat

Sebagai pengetahuan baru tentang material C-dots yang dapat diaplikasikan dalam pemurnian biogas.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Nanas**

Buah nanas merupakan salah satu tanaman yang banyak dibudidayakan di daerah tropis dan subtropis. Buah nanas (*Ananas comosus* L. Merr) merupakan salah satu jenis buah yang terdapat di Indonesia, mempunyai penyebaran yang merata. Selain dikonsumsi sebagai buah segar, buah nanas juga dapat diolah sebagai makanan dan minuman seperti selai, manisan, wine dan lain-lainnya, dari olahan tersebut didapatkan kulih buah nanas yang cukup banyak sebagai hasil buangan atau limbah (Rosyidah, 2014). Berdasarkan jenisnya buah nanas terdiri atas 4 jenis diantaranya:

1. *Cayenne* (memiliki daun halus, tidak berduri, buahnya lebih besar)
2. *Queen* (daunnya pendek, berduri tajam, buah lonjong mirip kerucut)
3. *Spanish* (daunnya panjang kecil, berduri halus sampai kasar, buah bulat dengan mata datar)
4. *Abacaxi* (daunnya panjang, berduri kasar, buah silindris atau seperti piramida) (Hadiati dan Indriyani, 2008). Jenis buah nanas yang banyak di tanam di Indonesia adalah golongan *cayenne* dan *queen*.

Kandungan gizi pada buah nanas madu dan buah nanas biasa dalam 100 gram adalah vitamin C 16,9 mg, lemak 0,012 g, dan kalium 115 mg untuk nanas madu (Filkania, 2017), sedangkan vitamin C 10 mg, lemak 0,02 g, dan kalium 18 mg untuk buah nanas biasa (Irfandi, 2005).

Tanaman buah nanas madu merupakan salah satu tanaman buah nanas jenis *queen*. Buah nanas madu memiliki ciri diantaranya daun berduri, daging kuning keemasan, dan umumnya ditanam di daratan rendah (Sunarjono, 2002). Ukuran buah nanas madu kecil yaitu 0,05-1,1 kg. Buah nanas madu dapat dilihat pada Gambar 1



**Gambar 1.** Buah Nanas Madu  
(Sumber: <https://amarlubai.wordpress.com/buah-unggul/>)

Menurut Evitasari (2013), klasifikasi buah nanas sebagai berikut:

Kerajaan : *Plantae*  
Divisio : *Spermatophyta*  
Orde : *Angiospermae*  
Famili : *Bromiliceae*  
Genus : *Ananas*  
Spesies : *Ananas comous* (L) Merr

Berdasarkan kandungan nutrisinya kulit buah nanas madu mengandung karbohidrat dan gula yang cukup tinggi. Kandungan kulit buah nanas dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1.** Komposisi Kandungan Kulit Buah Nanas

No.	Unsur	Kandungan
1	Karbohidrat	17,53%
2	Protein	4,41%
3	Gula reduksi	13,65%
4	Kadar air	18,72%
5	Serat kasar	20,87%

Sumber: Andaka (2010)

## **B. Carbon Nanodots (C-dots)**

C-dots merupakan kelas nanomaterial karbon 0D yang berukuran 1-10 nm. Material tersebut pertama kali ditemukan pada pemurnian dari *single-walled carbon nanotube* melalui proses elektroforensis pada tahun 2004. C-dots memiliki kerangka karbon  $sp^2$  dan permukaannya dilapisi dengan kelompok yang mengandung oksigen, polimer, atau spesies lainnya (Bao, *et al*, 2015).

Salah satu yang menjadi ciri dari sifat C-dots adalah luminisensi. Luminisensi merupakan fenomena fisika berupa pancaran yang melibatkan penyerapan energi dan emisi cahaya. C-dots yang telah disintesis memiliki karakteristik luminisensi dapat dilihat pada sumber eksitasi sinar UV. Sinar

UV yang diserap mampu membangkitkan elektron dan menghasilkan cahaya yang disebabkan oleh elektron yang mengalami proses rekombinasi (deeksitasi). 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  $hf \approx E_g$ .

Metode sintesis C-dots dibedakan menjadi dua, yaitu *top-down* dan *bottom-up* (Baker & Baker, 2010). Metode *top-down* merupakan metode sintesis secara fisika, meliputi laser *ablation method*, *arc discharge method*, dan plasma *treatment*, sedangkan metode *bottom-up* merupakan metode sintesis secara kimia yang meliputi *electrochemical synthesis*, *hydrothermal synthesis*, *microwave synthesis*, dan *support assisted synthesis*. Penggunaan metode sintesis yang berbeda serta bahan dasar yang digunakan berbeda akan menghasilkan perbedaan pada kadar karbon, oksigen, dan nitrogen yang terbentuk, struktur permukaan, dan gugus fungsinya sehingga berakibat pada perbedaan karakteristiknya (Soni & Maria, 2016).

C-dots memiliki sifat luminesens yang baik, tidak beracun (non toksik) karena berasal dari bahan-bahan organik, tidak mudah larut dalam air, serta keberadaan bahan baku pembuatan materialnya yang sangat melimpah di alam dan mudah dijumpai (Li, *et al.*, 2012). Sifat-sifat inilah yang membuat C-dots

dapat dimanfaatkan dalam berbagai teknologi. C-dots berpotensi sebagai bahan fotokatalis, konversi energi, *bioimaging*, *biological labelling*, sensor, maupun optoelektronika (Baker & Baker, 2010).

### **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* yang paling umum digunakan yaitu oven listrik (*electric oven*) yang dioperasikan pada tekanan atmosfer. *Oven* listrik terdiri dari beberapa *tray*, serta memiliki sirkulasi udara di dalamnya. Kelebihan dari *oven* listrik adalah dapat dipertahankan dan diatur suhunya serta kandungan bahan yang dikeringkan tidak terdegradasi. Energi panas disebabkan oleh perpindahan energi yang disebabkan karena pergerakan molekul-molekul. Perpindahan energi ini dapat terjadi dengan 3 cara berbeda, yaitu (Kingston, 1997):

- a. Konduksi, terjadi karena adanya kontak langsung dengan sumber panas, contoh papan pengorengan yang menjadi panas setelah bersentuhan dengan sumber api pada kompor.
- b. Konveksi, terjadi ketika uap panas naik atau uap berputar di dalam ruangan tertutup seperti oven. Panas uap ini akan memanaskan bagian luar makanan dan diteruskan sampai bagian dalam makanan tersebut.
- c. Radiasi, terjadi karena adanya gelombang elektromagnetik yang membuat molekul-molekul air bergerak.

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

#### **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 limbah organik dan kotoran hewan (sapi, kambing, babi, dan ayam). 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.



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 ( $\text{H}_2\text{S}$ ), ammonia ( $\text{NH}_3$ ), hidrogen ( $\text{H}_2$ ), serta oksigen ( $\text{O}_2$ ). Kandungan biogas secara umum ditampilkan dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Kandungan Biogas (Pertiwiningrum, 2016)

Komponen	Presentase %
Metana ( $\text{CH}_4$ )	55-75
Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ )	25-45
Nitrogen ( $\text{N}_2$ )	0-0,03
Hidrogen ( $\text{H}_2$ )	1-5
Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ )	1-5
Oksigen ( $\text{O}_2$ )	0,01-0,05

Biogas akan mudah terbakar jika kandungan gas metan 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. Nilai energi biogas jika dibandingkan dengan nilai energi bahan bakar yang lain yaitu kalori dalam satu m<sup>3</sup> biogas setara dengan:

- 6 kwh energi listrik
- 0,62 liter minyak tanah
- 0,052 liter minyak solar atau minyak diesel
- 0,46 kg elpiji

- 3,50 kg kayu bakar
- 0,80 liter bensin
- 1,50 m<sup>3</sup> gas kota

Bahan utama biogas adalah bahan organik dan air. Beberapa bahan organik yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biogas yaitu limbah rumah tangga (limbah kulit buah, kertas, sekam, daun, limbah sisa makanan), kotoran ternak (sapi, kerbau, babi, kambing, dan unggas), dan limbah organik. Rasio ideal C/N untuk proses dekomposisi anaerob untuk menghasilkan CH<sub>4</sub> adalah 25-30. Rasio C/N dari beberapa bahan organik dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 3.** Rasio C/N Bahan Organik (Pertiwiningrum, 2016)

Bahan organik	N dalam %	C/N
Kotoran manusia	6	5,9-10
Kotosan sapi	1,7	16,6-25
Kotoran babi	3,8	6,2-12,5
Kotoran ayam	6,3	5-7,1
Kotoran kuda	2,3	25
Kotoran domba	3,8	33
Jerami	4	12,5-25
Lucemes	2,8	16,6
Alga	1,9	100
Gandum	1,1	50
Serbuk jerami	0,05	100-125
Ampas tebu	0,03	140
Serbuk gergaji	0,01	200-500
Kol	3,6	12,5
Tomat	3,3	12,5
Mustard (Runch)	1,5	25
Kulit kentang	1,5	25
Sekam	0,6	67
Bonggol Jagung	0,8	50
Daun yang gugur	1	50
Batang kedelai	1,3	33
Kacang toge	0,6	20

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 kalor. Kualitas biogas dapat ditingkatkan dengan memperlakukan beberapa parameter, yaitu menghilangkan hidrogen sulfur ( $\text{H}_2\text{S}$ ), kandungan air, dan  $\text{CO}_2$ .  $\text{H}_2\text{S}$  mengandung racun dan zat yang menyebabkan korosi. Bila biogas mengandung senyawa ini maka akan menyebabkan gas yang berbahaya sehingga konsentrasi yang diijinkan maksimal 5 ppm. Bila gas dibakar maka  $\text{H}_2\text{S}$  akan lebih berbahaya karena akan membentuk senyawa baru bersama-sama oksigen, yaitu sulphur dioksida /sulphur trioksida ( $\text{SO}_2 / \text{SO}_3$ ). Senyawa ini lebih beracun. Pada saat yang sama akan membentuk asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) suatu senyawa yang lebih korosif. Parameter yang kedua adalah menghilangkan kandungan  $\text{CO}_2$  yang memiliki tujuan untuk meningkatkan kualitas pembakaran biogas, sehingga gas dapat digunakan untuk bahan bakar kendaraan. Kandungan air dalam biogas akan menurunkan titik penyalan biogas serta dapat menimbulkan korosi.

Biogas berpotensi untuk mengganti bahan bakar minyak atau bahan bakar gas alam yang digunakan pada mesin genset atau otomotif. Jika biogas digunakan untuk bahan bakar mesin, maka kandungan gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  harus dikurangi. Hal ini dikarenakan gas  $\text{CO}_2$  dapat mengurangi nilai kalor gas, sedangkan gas  $\text{H}_2\text{S}$  dapat menyebabkan korosi (Hermani dan Susanty, 2016).

## E. Metode Absorpsi

Kemurnian biogas menjadi pertimbangan yang sangat penting karena berpengaruh terhadap nilai kalor atau panas yang dihasilkan, sehingga biogas yang dihasilkan perlu dilakukan pemurnian terhadap *impuritas-impuritas* yang lain. *Impuritas* yang berpengaruh terhadap nilai kalor adalah CO<sub>2</sub>. Keberadaan CO<sub>2</sub> dalam biogas sangat tidak diinginkan karena semakin tinggi kadar CO<sub>2</sub> dalam biogas maka semakin rendah nilai kalor biogas dan akan mengganggu proses pembakaran (Harsono, 2013). Dalam pemisahan CO<sub>2</sub> dari biogas terdapat berbagai metode yang telah dikembangkan. Menurut Kapdi *et. al* (2005), ada beberapa metode pemurnian biogas antara lain: absorpsi, adsorpsi, *water scrubber*, pemisahan dengan membran, cryogenic, dan konversi kimia lain.

Salah satu metode yang cukup efektif untuk pemurnian biogas adalah metode absorpsi. Metode absorpsi biogas adalah pemisahan suatu gas tertentu dari campuran gas-gas dengan cara pemindahan massa ke dalam suatu *liquid*. Hal ini dilakukan dengan cara mengantarkan aliran gas dengan *liquid* yang mempunyai selektivitas pelarut yang berbeda dari gas yang akan dipisahkan baik secara fisika maupun kimia, efektif untuk laju alir gas yang rendah dimana biogas dioperasikan pada kondisi normal. Salah satu metode yang sederhana dan murah adalah menggunakan air sebagai absorben (Harsono, 2013).

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 tertentu). Besar kecilnya absorpsi dipengaruhi oleh jenis absorben, jenis zat yang terabsorpsi, konsentrasi absorben, luas permukaan, suhu, 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.

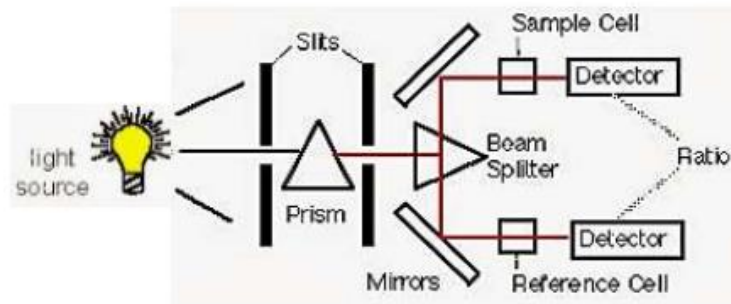
Penelitian pemurnian biogas dengan metode absorpsi menggunakan larutan NaOH juga dilakukan oleh Mara (2012). Larutan NaOH yang digunakan bervariasi konsentrasinya dari 0 M (tanpa NaOH), 1,25 M, dan 2,5 M. Pemurnian dilakukan dengan melewatkan biogas dalam larutan NaOH. Setelah dilakukan pemurnian, tahap selanjutnya yaitu uji kualitas biogas dengan memanaskan air. Dari pengujian ini diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH, semakin cepat kenaikan suhu airnya, yang menandakan bahwa kualitas biogas semakin baik.

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

Spektrofotometri merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Spektroskopi UV-Vis

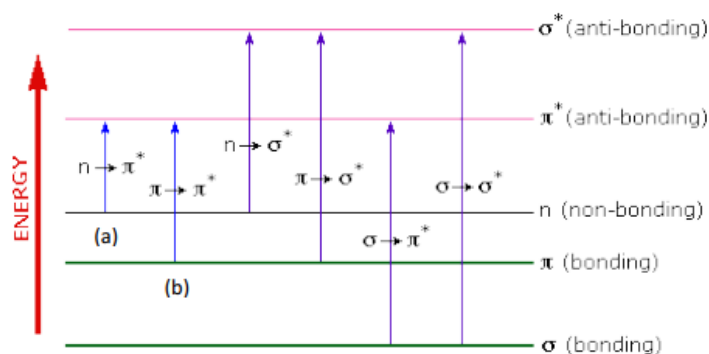
digunakan untuk mengukur absorbansi atau transmisi pada padatan atau larutan yang transparan. Prinsip kerja dari alat ini adalah sebuah sinar ditembakkan pada sampel yang akan diuji. Sinar yang menembus (melewati) sampel akan ditangkap oleh detektor. Rentang panjang gelombang yang digunakan pada spektrometer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

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 absorbansi (Vita, 2015).



**Gambar 2.** Skema kerja spektrofotometer UV-Vis  
(Sharma, 2015).

Transisi elektron terjadi akibat adanya penyerapan gelombang cahaya atau elektromagnetik oleh sampel. Transisi yang meliputi elektron  $\pi$ ,  $\sigma$ , dan  $n$  terjadi pada molekul organik dan sebagian kecil anion anorganik. Molekul tersebut mengabsorpsi cahaya elektromagnetik karena adanya elektron valensi, yang akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi (Kristianingrum, 2016). Diagram yang menunjukkan berbagai jenis eksitasi elektronik (transisi elektron) yang mungkin terjadi pada molekul organik ditunjukkan oleh Gambar 4.



**Gambar 3.** Jenis eksitasi elektronik.  
(<https://www.chemistry.msu.edu>)

Dari enam transisi yang diuraikan, hanya dua energi terendah (panah (a) dan (b)) yang dicapai oleh energi yang tersedia di spektrum 200 sampai 800 nm. Sebagai aturan, kenaikan elektron akan berasal dari orbital molekuler yang diduduki tertinggi (HOMO) ke orbital molekul kosong yang paling rendah (LUMO), dan spesies yang dihasilkan disebut keadaan tereksitasi. (<https://www.chemistry.msu.edu>)

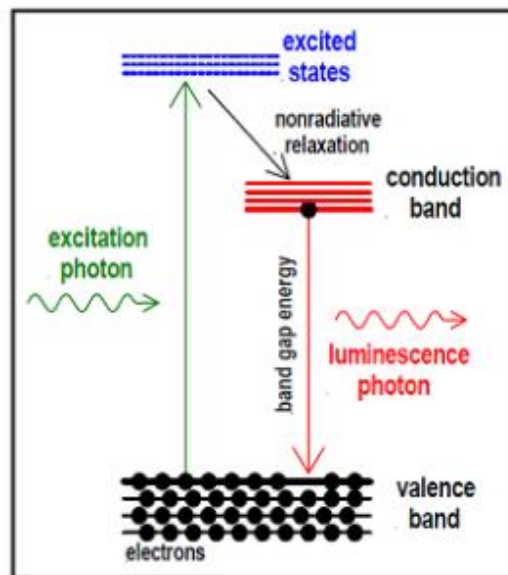
C-dots yang disintesis dengan metode yang berbeda memiliki sifat optik yang berbeda pula penjelasan absorbansinya. Absorpsi oleh C-dots diamati pada rentang UV, yang mana menunjukkan transisi dari *core* dan *surface state*,  $n \rightarrow \pi^*$  C=O dan  $\pi \rightarrow \pi^*$  C=C, gugus fungsi dan atau efek ukuran kuantum. C-dots yang disintesis dengan metode fisika dan kimia menunjukkan satu atau dua puncak absorbansi pada 260-360 nm dalam rentang UV untuk Spektroskopi UV-Vis (Soni dan Maria, 2016).

### **G. Photoluminescence (PL)**

Luminesens (*luminescence*) merupakan fenomena emisi cahaya oleh suatu zat. Untuk dapat berlangsungnya proses luminesens harus menggunakan sumber eksitasi seperti lampu UV atau laser. Luminesens terjadi ketika elektron meloncat dari pita valensi menuju pita konduksi setelah dieksitasi kemudian kembali lagi ke keadaan dasarnya karena tidak stabil. Luminesens terjadi ketika elektron pada material target kembali ke keadaan dasarnya setelah dieksitasi oleh energi dari sumber eksitasi dan kehilangan energi sebagai foton seperti diilustrasikan pada Gambar 4 (Kurniawan, 2008).



Luminisens dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti reaksi kimia, energi listrik, pergerakan pada tingkat sub atomik, atau peregangan dalam kristal. Berdasarkan sumber eksitasinya, luminesens dibagi menjadi tiga yaitu fotoluminisens jika menggunakan sumber eksitasi optis, elektroluminisens jika eksitasinya disebabkan arus listrik, dan katodoluminisens apabila terjadi pemborbardiran material target (Bilqis, 2017).



**Gambar 4.** Prinsip Spektroskopi PL (Patel, 2015)

Spektroskopi *photoluminescence* bersifat *contactless*, serbaguna, tidak merusak, metode optik yang kuat untuk menyelidiki struktur material elektronik. Prinsip dari alat ini adalah dengan memancarkan cahaya ke arah sampel. Elektron sampel akan menyerap energi cahaya dan mengalami eksitasi karena kelebihan energi (foto-eksitasi). Kemudian, kelebihan energi ini dihilangkan melalui emisi cahaya atau *luminesens*. Dalam kasus foto-eksitasi,

*luminescence* ini disebut *photoluminescence* yang artinya emisi cahaya spontan dari bahan di bawah eksitasi optik. (Patel, 2015).

Spektrum PL berbeda dengan spektrum absorpsi. Spektrum absorpsi mengukur transisi dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi, sementara PL kebalikannya, mengukur 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.

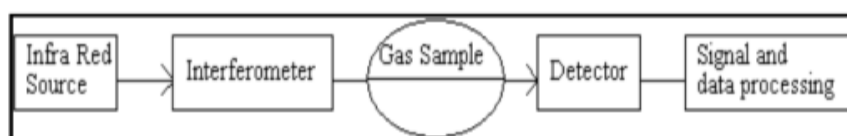
#### **H. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)***

Spektroskopi inframerah merupakan cara untuk mengidentifikasi adanya gugus fungsi tertentu dalam sebuah molekul. Pengukuran pada spektrum inframerah dilakukan pada daerah cahaya inframerah tengah (mid-infrared) yaitu pada panjang gelombang 2,5  $\mu\text{m}$  sampai 50  $\mu\text{m}$  atau bilangan gelombang  $\sim 4000\text{ cm}^{-1}$  sampai  $\sim 400\text{ cm}^{-1}$ . Energi yang dihasilkan oleh radiasi ini akan menyebabkan vibrasi atau getaran pada molekul. Pita absorpsi inframerah sangat khas dan spesifik untuk setiap tipe ikatan kimia atau gugus fungsi (Dachriyanus, 2004).

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 (Nugraha, 2016).

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



**Gambar 5.** Komponen dasar FTIR (Patel, 2015).

Ketika sampel diletakkan di berkas radiasi inframerah, sampel akan menyerap radiasi pada frekuensi yang sesuai dengan frekuensi getaran molekul, tapi akan mengirimkan semua frekuensi lainnya. Frekuensi radiasi yang diserap diukur dengan spektrometer inframerah, dan hasil plot dari energi yang diserap terhadap frekuensi disebut spektrum inframerah material. Identifikasi suatu zat dimungkinkan karena bahan yang berbeda memiliki

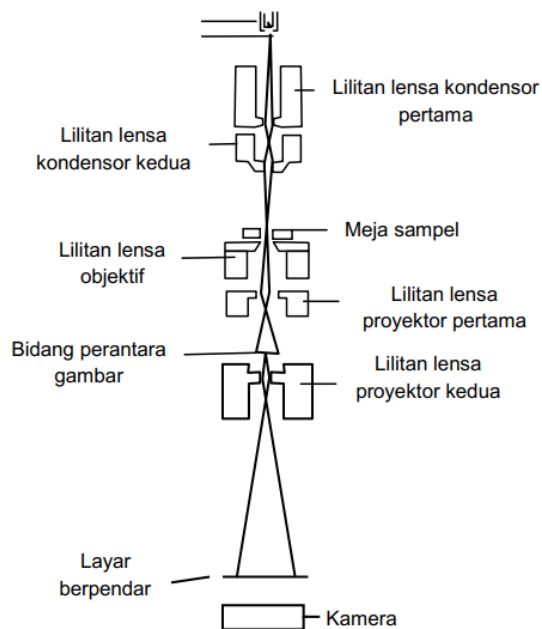
getaran yang berbeda dan menghasilkan spektrum inframerah yang berbeda. Selanjutnya, dari frekuensi penyerapannya memungkinkan untuk menentukan apakah berbagai gugus kimia ada atau tidak ada dalam struktur kimia (Patel, 2015). Untuk memperoleh interpretasi lebih jelas dibutuhkan tabel korelasi dari inframerah yang dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Korelasi bilangan gelombang dengan jenis ikatan (Nugraha, 2008)

	Jenis ikatan	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Keterangan
Ikatan tunggal ke hidrogen	C-H	3000-3850	Alkana jenuh
	=C-H	3100-3000	Alkana tak jenuh atau aromatik
	O=C-H	2800-2700	Aldehid, dua puncak lemah
	O-H	3400-3000	Alkohol, air, fenol
	O-H bebas	3600	
	N-H	3450-3100	Amina
	Rangkap dua	C=O	1840-1800 dan 1780-1740
C=O		1750-1715	Ester
C=O		1740-1680	Aldehid
C=O		1725-1665	Asam karboksilat
C=O		1690-1630	Amida
C=C		1675-1600	
C=N		1690-1630	
N=O		1650-1510 dan 1370-1330	Senyawa nitro
Ikatan tunggal (bukan hidrogen)	C-C	Tak tetap	
	C-O, C-N	1400-1000	
Ikatan rangkap tiga	C rangkap tiga	2260-2120	
	CN rangkap tiga	2260-2220	

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

TEM merupakan instrumentasi yang berfungsi 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 energi dan panjang gelombang yang jauh lebih rendah memungkinkan untuk mendapatkan resolusi seribu kali lebih baik daripada mikroskop cahaya (Patel, 2015). Secara sederhana prinsip kerja TEM dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Prinsip Kerja TEM (Trianasari, 2017)

Pada Gambar 2.6 memperlihatkan skema TEM dimulai dari elektron yang dipercepat dengan energi tinggi 300 KeV pada daerah vakum. Elektron yang dipercepat pada daerah vakum tersebut berperilaku seperti cahaya yang bergerak lurus dan memiliki sifat seperti gelombang dengan panjang gelombang 100.000 kali lebih pendek dari cahaya tampak (Beniac et al., 2010). Elektron kemudian melewati susunan sistem optik yang menggunakan kumparan lensa dan biasanya terbuat dari jenis magnet. Jarak fokus elektron dapat dikontrol dengan mengatur arus kumparan lensa (Trianasari, 2017). Ketika elektron menembus lapisan sampel suatu material, maka elektron menyebar. Elektron yang tersebar difokuskan oleh sistem lensa elektromagnetik canggih dan menghasilkan citra atau gambar dari sampel. Dari citra atau gambar yang ditampilkan, dapat diketahui ukuran kuantitas dari suatu material baik diperbesar dalam ukuran mikro maupun nano (Hofer, 2014). 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 metode 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 objektif dan lensa proyektor. 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).

Pengukuran diameter C-dots dari hasil karakterisasi TEM dilakukan dengan cara sederhana. Dari gambar yang dihasilkan diambil titik-titik C-dots secara acak dan diukur diameter masing-masing. Pengukuran dilakukan secara manual menggunakan penggaris. Hasil pengukuran diameter dicatat sebagai pengukuran diameter (cm) yang kemudian satuan dalam sentimeter (cm) diubah ke dalam satuan nanometer (nm). Garis yang menunjukkan skala pada bagian bawah gambar diukur panjangnya menggunakan penggaris. Hasil pengukuran dicatat sebagai lebar skala (cm) yang kemudian satuan dalam sentimeter (cm) diubah ke dalam satuan nanometer (nm). Perhitungan untuk memperoleh ukuran diameter dari C-dots dinyatakan dalam rumus:

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

Presentase jumlah C-dots pada ukuran tertentu dilakukan perhitungan statistik sederhana dengan rumus:

$$\text{jumlah C-dots \%} = \frac{\text{jumlah C-dots dengan ukuran yang sama}}{\text{jumlah titik C-dots yang diukur}} \times 100$$

## J. Uji Kalor

Nilai kalor adalah jumlah energi yang dilepaskan ketika suatu bahan bakar dibakar secara sempurna dalam suatu proses aliran tunak (*steady state*) (Suyitno, 2010). Untuk menganalisis kualitas biogas yang dihasilkan, persamaan yang digunakan adalah persamaan yang biasa digunakan dalam menyelesaikan persamaan kalor. Kalor merupakan bentuk energi. Perubahan jumlah kalor pada suatu benda ditandai dengan kenaikan dan penurunan suhu atau bahkan perubahan wujud benda tersebut. Jika benda menerima kalor, suhunya akan naik. Sebaliknya, suhu akan turun jika melepaskan kalor. Banyak kalor yang diterima atau dilepaskan suatu benda sebanding dengan besar kenaikan atau penurunan suhunya. Secara matematis hubungan antara banyak kalor dan kenaikan suhu ditulis sebagai berikut (Mara dan Alit, 2011):

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

dimana  $Q$  adalah kalor (J),  $m$  adalah massa benda (kg),  $\Delta T$  adalah perubahan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ), dan  $c$  adalah kalor jenis (kal/kg  $^{\circ}\text{C}$ ). Kalor jenis zat ( $c$ ) adalah kalor yang diperlukan oleh 1 kg zat untuk menaikkan suhunya sebesar satu satuan suhu pada volume konstan. Dalam hal ini, kalor jenis air diambil sebesar 1.000 kal/kg  $^{\circ}\text{C}$ .



## **K. *Gas Chromatography (GC)***

Kromatografi adalah suatu metode fisika yang merupakan proses pemisahan campuran komponen-komponen didasarkan pada perbedaan tingkat interaksi terhadap dua fase material pemisah, yaitu fase diam dan fase bergerak. Kromatografi dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu kromatografi gas cair (KGC) dan kromatografi gas padat (KGP). Proses pemisahan pada KGC terjadi akibat perbedaan partisi komponen-komponen dalam sampel di antara fase diam dan fase gerak, sedangkan pada KGP proses pemisahan terjadi akibat perbedaan adsorpsi fase diam terhadap komponen-komponen dalam sampel.

GC merupakan teknik pemisahan yang mana zat-zat terlarut mudah menguap (dan stabil terhadap panas) bermigrasi melalui kolom yang mengandung fase diam dengan suatu kecepatan yang bergantung pada rasio distribusinya. Pemisahan pada GC didasarkan pada titik didih suatu senyawa dikurangi dengan semua interaksi yang mungkin terjadi antara zat terlarut dengan fase diam. Selain itu, penyebaran cuplikan diantara dua fase. Salah satu fase ialah fase diam yang permukaannya nisbi luas dan fase yang lain yaitu gas yang mengelusi fase diam. Fase gerak yang berupa gas akan mengelusi zat terlarut dari ujung kolom lalu menghantarkannya ke detektor. Prinsip utama pemisahan dalam GC adalah perbedaan laju migrasi masing-masing komponen melalui kolom. Komponen-komponen yang terelusi dikenali (analisa kualitatif) dari nilai waktu retensinya ( $T_r$ ).

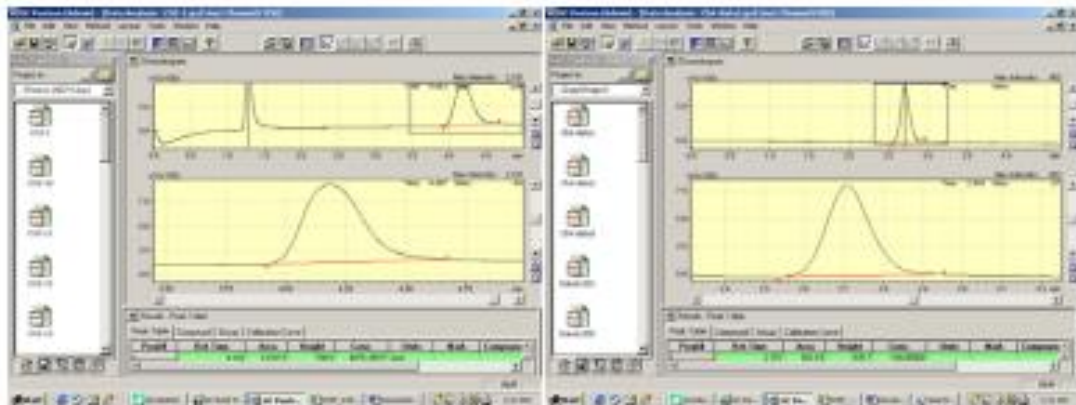
Secara umum, peralatan GC terdiri dari *injection system*, *oven*, *control system*, *column*, *detector*, dan *data acquisition system* (Anonim, 2008). Menurut Widada (2000) terdapat bagian terpenting dari alat GC, yaitu gerbang injeksi (*injection port*), kolom pemanas (*oven column*), dan detektor (*detector*). Pada tiga bagian tersebut pengaturan suhu mempunyai peran yang penting dalam proses analisis. GC menggunakan gas pembawa (*carrier gas*) yang bertujuan untuk membawa sampel menuju kolom dan tidak terpengaruh pada selektivitas. Gas pembawa yang biasanya digunakan, yaitu: helium, argon, atau nitrogen. Syarat gas pembawa, yaitu murni dan tidak reaktif. Gas pembawa pada keadaan murni tidak berpengaruh pada detektor dan disimpan dalam tangki bertekanan tinggi (Gandjar, 2007).

GC Shimadzu 14A dilengkapi tiga detektor, yaitu: *flame ionization detector* (FID) untuk analisis gas CH<sub>4</sub>, *electron capture detector* (ECD) untuk analisis gas N<sub>2</sub>O, dan *thermal conductivity detector* (TCD) untuk analisis CO<sub>2</sub>. Selain dilengkapi 3 jenis detektor GC juga dilengkapi dengan tiga kolom kapiler (*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 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 7.** GC Shimadzu 14A (Sopiawati dan Adriany, 2016).



**Gambar 8.** Contoh hasil analisa gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> (Sopiawati dan Adriany, 2016).

## **L. Kerangka Berfikir**

Penelitian ini berfokus pada sintesis C-dots berbahan limbah kulit nanas yang diaplikasikan sebagai pemurni biogas. C-dots berbahan dasar limbah kulit nanas disintesis menggunakan metode pemanasan *oven* yang dilarutkan pada aquades. Hasil sintesis C-dots kemudian dikarakterisasi menggunakan uji UV-Vis, PL, FTIR, TEM untuk mengetahui karakter sampel yang telah disintesis. Selanjutnya, larutan C-dots diaplikasikan sebagai absorpsi biogas yang bertujuan untuk mengurangi konsentrasi CO<sub>2</sub> pada biogas. Hasil pemurnian biogas kemudian dikarakterisasi menggunakan *Gas Chromatografi* (GC) dan uji performa pembakaran. Dengan demikian diharapkan kadar CO<sub>2</sub> berkurang setelah dimurnikan dengan larutan C-dots.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

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

Penelitian ini 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 untuk sintesis nanomaterial C-dots.
2. Pusat Inovasi Argoteknologi (PIAT), UGM untuk pemurnian biogas dan uji kalor.
3. Laboratorium Kimia lantai II Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA, UNY untuk pengujian UV-Vis.
4. Laboratorium Fisika Terpadu lantai II Universitas Islam Indonesia untuk Pengujian FTIR.
5. Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (BALINGTAN), Pati untuk pengujian konsentrasi gas menggunakan uji GC.
6. Laboratorium Fisika lantai II, Universitas Gajah Mada untuk pengujian PL.
7. Laboratorium Uji Bahan 3 Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesi (LIPI), Puspitek untuk pengujian TEM.

## **B. Variabel Penelitian**

Pada penelitian ini terdapat tiga variabel penelitian, yaitu:

### 1. Variabel bebas

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

### 2. Variabel terikat

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

### 3. Variabel kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dibuat sama sehingga tidak mempengaruhi variabel lain. Dalam penelitian ini, yang menjadi variabel kontrol, yaitu: waktu pengovenan, suhu pengovenan, massa bahan, volume aquades, waktu pemurnian, tekanan tabung gas, volume larutan C-dots, tekanan kompresor, sudut kran pada kompresor, dan volume aquades pada alat pemurni.

### **C. Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui pengaruh absorben C-dots berbahan dasar kulit nanas terhadap pemurnian biogas serta mengetahui karakteristik material C-dots sebagai absorben biogas.

### **D. Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam percobaan ini meliputi: (1) kompresor Mitzui, (2) kompor biogas, (3) tabung gas, (4) alat pemurni, (5) timbangan Lion Star 2 kg, (6) gelas ukur Herma 250 ml dan 10 ml, (7) suntikan 10 ml, (8) venoject Endoindonesian 10 ml, (9) isolasi, (10) isolatip, (11) busur Butterfly 180°, (12) balon, (13) termometer 100 °C, (14) panci, (15) regulator Wings, (16) gunting, (17) *cutter*, (18) botol, (19) kertas saring, (20) aluminium foil, (21) korek, (22) lilin, (23) botol 200 R, (24) timbangan digital CAS SW-1A 25 kg, (25) obeng, (26) instalasi biogas, (27) stopwatch, (28) tisu, (29) kertas label, (30) saringan, (31) *oven* Mitseda, (32) loyang, (33) timbangan digital Scout Pro, (34) alat penumbuk, (35) selang biogas, (36) pipet tetes, (37) corong Herma, (38) laser, (39) Solder, (40) Lem tembak, (41) TEM FEI Tecnai G2 F20 200kV, (42) Shimadzu UV-Vis 2450, (43) GC Shimadzu 14A, (44) FTIR Thermo Nicolet Avatar 360IR, dan (45) PL OceanOptics USB4000. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: (1) limbah kulit nanas dan (2) akuades.

## **E. Tahapan Penelitian**

### **1. Sintesis larutan C-dots**

- a. Menyiapkan alat dan bahan.
- b. Memotong kulit nanas menjadi kecil- kecil, kemudian menimbang potongan kulit nanas sebanyak 100 gram untuk setiap pengovenan.
- c. Memanaskan potongan kulit nanas sampai menjadi karbon selama 40 menit pada suhu 250°C dengan menggunakan oven.
- d. Menimbang karbon kulit nanas setelah dilakukan pengovenan.
- e. Menghaluskan karbon limbah kulit nanas dengan menggunakan alat penumbuk.
- f. Memisahkan serbuk karbon halus dan kasar hasil tumbukan dengan saringan.
- g. Menimbang serbuk karbon limbah kulit nanas dengan variasi massa 1 gr, 2 gr, dan 3 gr.
- h. Menambahkan 100 ml akuades pada masing-masing variasi serbuk karbon.
- i. Mencampurkan akuades dengan masing-masing variasi serbuk karbon hingga homogen.
- j. Memisahkan larutan C-dots dari serbuk karbon dengan kertas saring.
- k. Memasukan larutan C-dots pada botol sampel (botol aqua).



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

- a. Menyiapkan alat dan bahan.
- b. Mengukur panjang, lebar, dan tinggi bak akuarium masing-masing sebesar 20,5 cm, 10 cm, dan 12 cm.
- c. Mengukur panjang, lebar, dan tinggi tabung absorben.
- d. Melubangi tutup tabung absorben, masing-masing 2 titik pada setiap tabung.
- e. Memasang selang pada masing-masing tutup yang sudah dilubangi seperti pada Gambar 10. Pada lubang 1 selang dipasang sampai hampir menyentuh dasar, sedangkan pada lubang 2 selang dipasang menggantung.
- f. Pada leher tabung diberi isolatip agar tidak terjadi kebocoran

## **3. Proses pemurnian biogas**

- a. Menyiapkan alat dan bahan.
- b. Mengukur volume aquades 500 ml yang kemudian dituangkan pada akuarium (alat pemurni).
- c. Mengukur volume larutan C-dots 50 ml, kemudian menuangkan larutan C-dot pada masing-masing kolom absorben.
- d. Mengukur suhu awal aquades pada alat pemurni sebelum dilakukan pemurnian.
- e. Memasang selang dari instalasi kemudian dihubungkan ke kompresor.

- f. Menghubungkan selang output dari kompresor ke alat pemurni, kemudian menghubungkan selang dari pemurni ke penampung gas (Gambar 9).
- g. Menyalakan kompresor, setelah tekanan dalam kompresor mencapai 4 bar kemudian mengatur laju alir biogas menggunakan busur dengan memutar kran membentuk sudut  $30^\circ$ .
- h. Mengalirkan biogas kedalam kolom absorben yang berisi larutan C-dots selama 10 menit.
- i. Mengukur suhu akhir aquades pada alat pemurni biogas.
- j. Mengambil gas kontrol dan gas yang telah dimurnikan untuk dilakukan uji GC dengan menggunakan balon.
- k. Mengambil gas dalam balon menggunakan suntikan 10 ml, kemudian menyimpan gas tersebut kedalam venoject 10 m.

#### **4. Pengujian kalor**

- a. Menyiapkan alat dan bahan (Gambar 10).
- b. Menimbang tabung gas yang masih kosong.
- c. Mengisi tabung gas dengan gas yang telah dimurnikan dengan larutan C-dots sebesar 3 bar.
- d. Menimbang tabung gas yang telah terisi biogas setelah pemurnian.
- e. Menimbang massa air sebesar 1 kg.
- f. Mengukur suhu awal ( $t= 0$ ), setelah itu menyalakan kompor.
- g. Menghitung waktu ketika panci diletakkan pada kompor menggunakan stopwatch.

- h. Mengukur perubahan suhu dan tekanan dalam tabung gas setiap menit, sampai gas habis dan api pada kompor mati.
- i. Menimbang air setelah dipanaskan.

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

Sampel larutan hasil sintesis sebelum dan sesudah digunakan sebagai pemurnian biogas diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pada karakterisasi UV-Vis diperoleh grafik yang menunjukkan panjang gelombang dan absorbansi dari setiap sampel yang diuji. Pada uji UV-Vis, sampel dibuat dengan menambahkan aquades pada larutan C-dots dengan perbandingan 4:2.

## **6. Pengujian TEM**

Pengujian untuk mengetahui morfologi permukaan dan ukuran diameter partikel dari C-dots dengan alat uji TEM menggunakan TEM FEI Tecnai G2 F20 200kV.

## **7. Pengujian PL**

Karakterisasi sampel PL dilakukan dalam bentuk larutan. Pengujian untuk mengetahui panjang gelombang emisi yang dihasilkan dengan alat uji PL menggunakan *Spectrometer MayP112615 spectrum*. Laser yang digunakan berada pada panjang gelombang 405 nm. Pada uji PL, sampel dibuat dengan menambahkan aquades pada larutan C-dots dengan perbandingan 7:3.

## **8. Pengujian GC**

Pengujian GC bertujuan untuk mengetahui konsentrasi gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> sebelum dan setelah dilakukan pemurnian menggunakan GC Shimadzu 14A. Hasil analisis berupa konsentrasi dalam ppm.

## **F. Teknik Analisis Data**

### **1. Hasil pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis**

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

### **2. Hasil pengujian menggunakan PL**

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

### **3. Hasil pengujian menggunakan FTIR**

Sampel larutan hasil sintesis sebelum dan sesudah digunakan sebagai pemurnian biogas diuji menggunakan FTIR. Pada karakterisasi ini diperoleh grafik antara bilangan gelombang dan transmitasi dari masing-masing sampel. Analisis serapan FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam sampel. Spektrum transitansi IR memperlihatkan bilangan gelombang gugus – gugus fungsi yang dimiliki oleh sampel.

#### **4. Hasil pengujian menggunakan TEM**

Pengujian TEM untuk mengetahui morfologi permukaan dan ukuran diameter partikel dari C-dots.

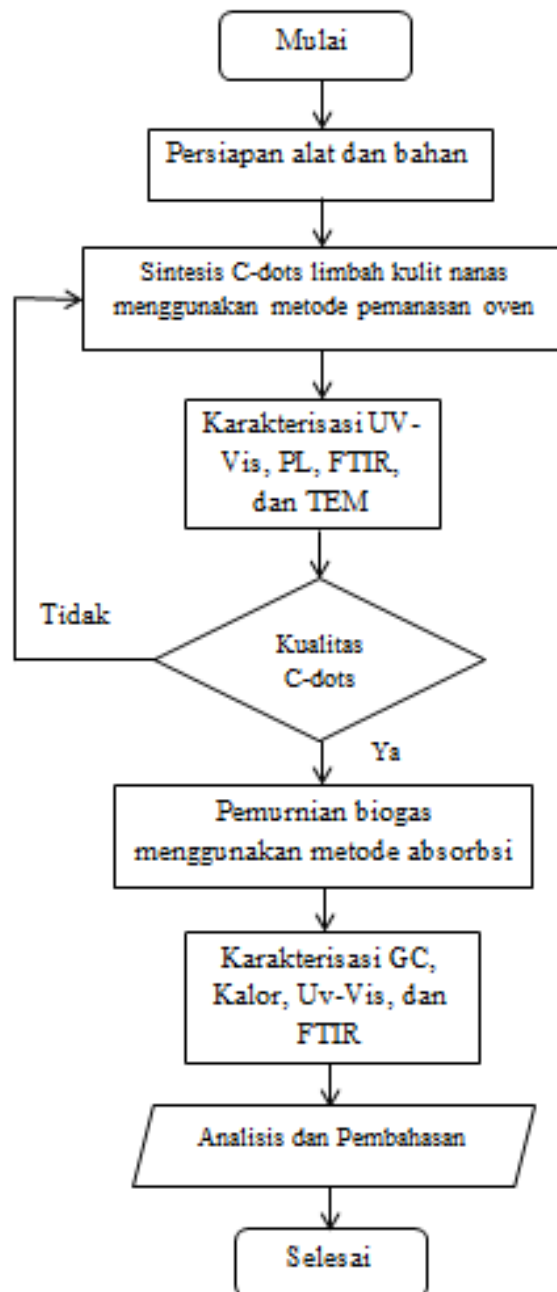
#### **5. Hasil pengujian menggunakan GC**

Pengujian GC digunakan untuk mengetahui nilai konsentrasi gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>. Hasil pengukuran yang telah diperoleh berupa perbandingan konsentrasi gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> sebelum dan setelah pemurnian.

#### **6. Hasil pengujian kalor**

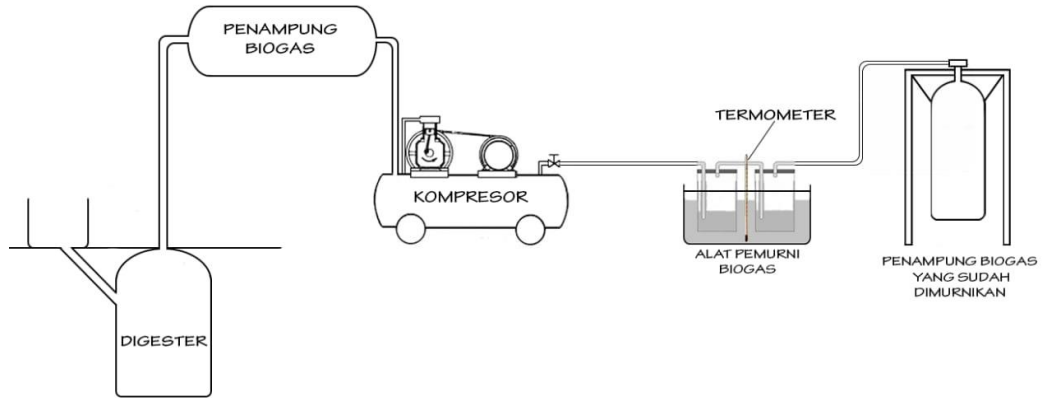
Pengujian kalor digunakan untuk mengetahui kualitas pembakaran biogas setelah dan sebelum dilakukan pemurnian.

## G. Diagram Alir



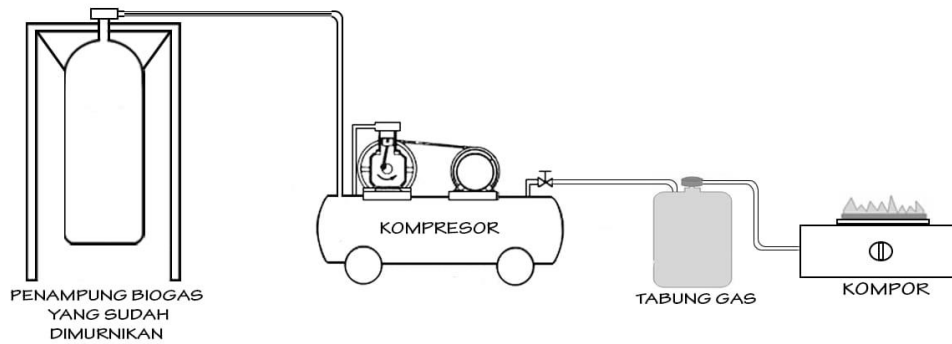
Gambar 9. Diagram Alir

Ilustrasi pemurnian biogas dapat diamati pada gambar berikut ini.



**Gambar 10.** Skema pemurnian biogas.

Ilustrasi pengujian nilai kalor dapat diamati pada gambar berikut ini.



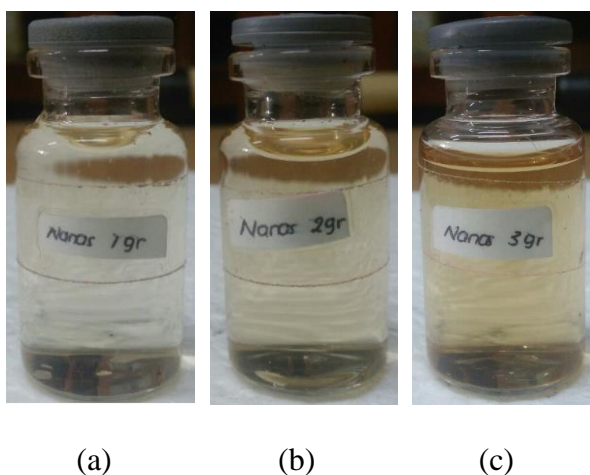
**Gambar 11.** Skema Pengujian Kalor

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### A. Sintesis C-dots dengan Metode Pemanasan *Oven*

C-dots berbahan dasar limbah kulit nanas disintesis menggunakan metode pemanasan *oven*. Sampel dibuat dengan 3 variasi konsentrasi, yaitu 0,01 gr/ml , 0,02 gr/ml, dan 0,03 gr/ml. Hasil sintesis C-dots memiliki penampakan warna sampel yang berbeda-beda. Berikut adalah sampel hasil sintesis C-dots yang ditunjukkan pada Gambar 12.



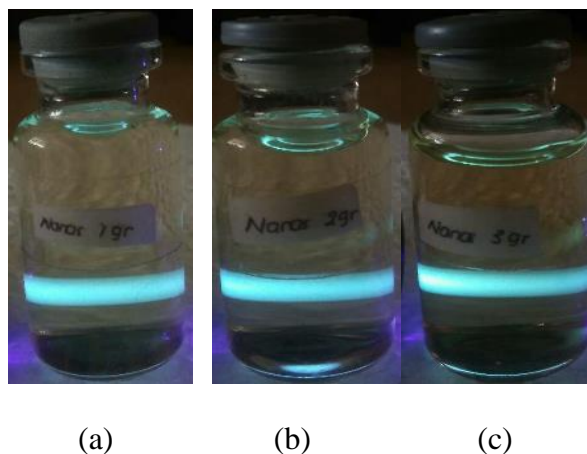
**Gambar 12.** Sampel hasil sintesis dengan konsentrasi (a) 0,01 gr/ml , (b) 0,02 gr/ml, dan (c) 0,03 gr/ml.

Dapat diamati dari Gambar 12 bahwa sampel hasil sintesis C-dots dengan konsentrasi 0,01 gr/ml berwarna bening. Larutan C-dots dengan konsentrasi 0,02 gr/ml berwarna kuning, sedangkan larutan C-dots dengan konsentrasi 0,03 gr/ml berwarna kuning kecokelatan. Semakin tinggi nilai



konsentrasi maka larutan yang dihasilkan semakin pekat yang mana menandakan semakin banyak C-dots yang terlarut dalam larutan.

Keberhasilan C-dots yang telah disintesis dapat diketahui menggunakan beberapa pengujian. Pengujian sederhana yang dilakukan untuk mengetahui keberhasilan sintesis C-dots adalah menyinari sampel tersebut dengan laser UV. Berikut adalah gambar sampel yang disinari dengan laser UV.



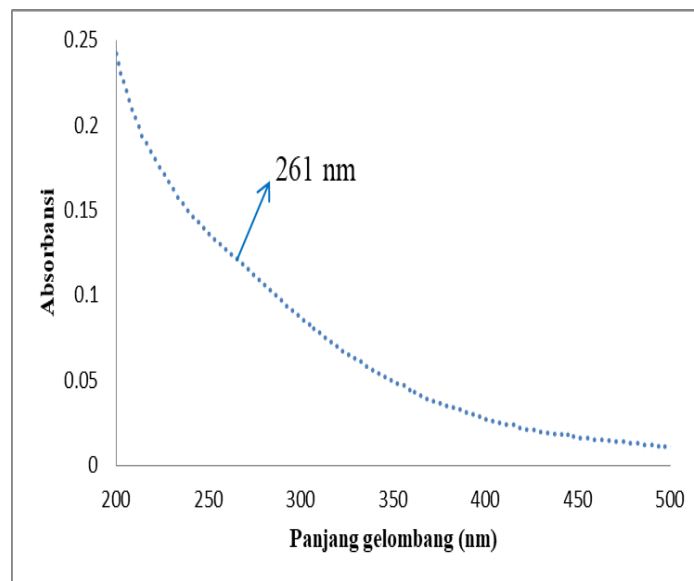
**Gambar 13.** Hasil sintesis C-dots dengan konsentrasi (a) 0,01 gr/ml , (b) 0,02 gr/ml, dan (c) 0,03 gr/ml pada penyinaran laser UV.

Berdasarkan Gambar 13 dapat diamati bahwa setiap variasi konsentrasi memiliki pendaran warna yang sama yaitu warna hijau. Secara kualitatif pendaran warna dengan konsentrasi 0,03 gr/ml memiliki intensitas pendaran warna yang lebih tinggi dibandingkan pendaran warna sampel yang lain. Hal ini berkaitan dengan kepekatan larutan, semakin besar konsentrasi, larutan yang dihasilkan semakin pekat, sehingga pendaran warna yang dihasilkan lebih kuat intensitasnya.

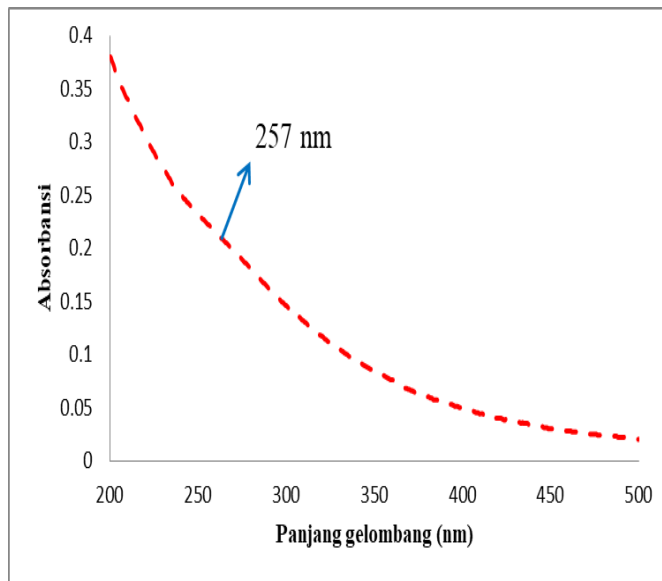
## B. Hasil Karakterisasi Sintesis C-dots dengan Metode Pemanasan Oven

Hasil sintesis C-dots berbahan dasar limbah kulit nanas selanjutnya dilakukan karakterisasi UV-Vis, PL, FTIR dan TEM. Pengujian tersebut dilakukan pada sampel C-dots untuk menentukan kualitas C-dots sebelum diaplikasikan pada pemurniaan biogas.

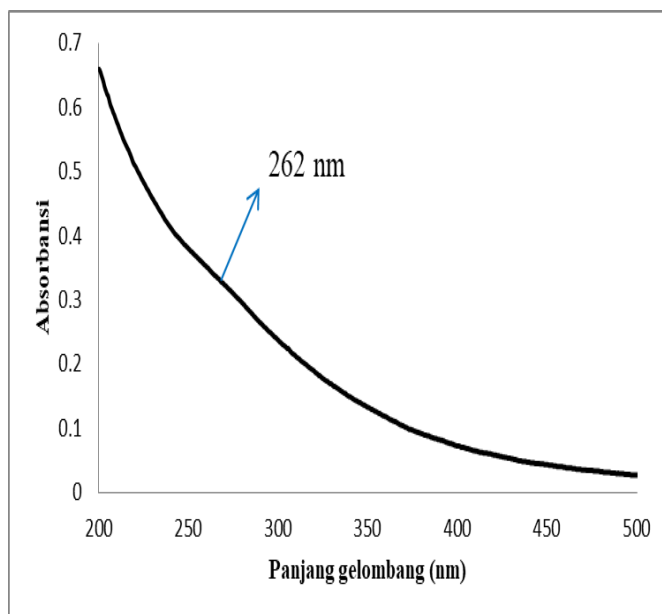
Karakterisasi UV-Vis digunakan untuk mengetahui pola absorpsi pada panjang gelombang dari sampel yang dihasilkan. Pengukuran dilakukan dengan rentang panjang gelombang 200 nm sampai 800 nm. Hasil karakteristik UV-Vis ditunjukkan pada Gambar 14.



(a)



(b)

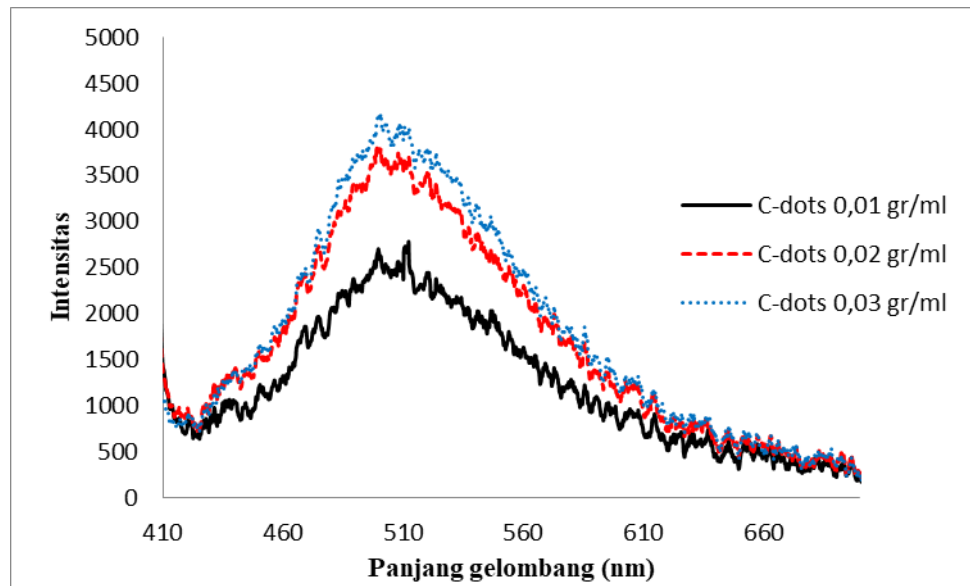


(c)

**Gambar 14.** Hasil karakteristik UV-Vis dengan konsentrasi (a) 0,01 gr.ml, (b) 0,02 gr/ml, dan (c) 0,03 gr/ml

Gambar 14 menunjukkan perbandingan hasil pengukuran absorbansi dan panjang gelombang pada masing-masing variasi konsentrasi sampel. Nilai absorbansi pada konsentrasi 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, dan 0,03 gr/ml menghasilkan 1 puncak bahu yang terdapat pada masing-masing panjang gelombang 261 nm, 257 nm, dan 262 nm. Hal ini menunjukkan bahwa setiap variasi konsentrasi memiliki puncak bahu yang menunjukkan adanya transisi elektronik  $\pi \rightarrow \pi^*$  (C=C) serta adanya konjugasi dalam struktur C-dots (Nisa, 2014). Puncak bahu yang terbentuk tidak menunjukkan daerah puncak yang kuat. Hal ini disebabkan daerah serapan yang dihasilkan terlalu luas. Berdasarkan penelitian sebelumnya (Ding *et. al*, 2013), penyerapan luas seperti itu berasal dari struktur pita rumit dan tingkat energi acak dari C-dots. Sementara itu, C-dots yang telah disintesis dapat dikatakan berhasil karena puncak bahu yang dihasilkan terdapat pada panjang gelombang yang menunjukkan terbentuknya C-dots. Berdasarkan penelitian sebelumnya, uji UV-Vis kandungan C-dots berada pada panjang gelombang 260-360 nm (Soni, 2016).

Selanjutnya dilakukan karakterisasi PL dengan panjang gelombang eksitasi 405 nm untuk mengetahui panjang gelombang emisi yang dihasilkan oleh C-dots. Hasil karakterisasi PL ditunjukkan pada Gambar 15.

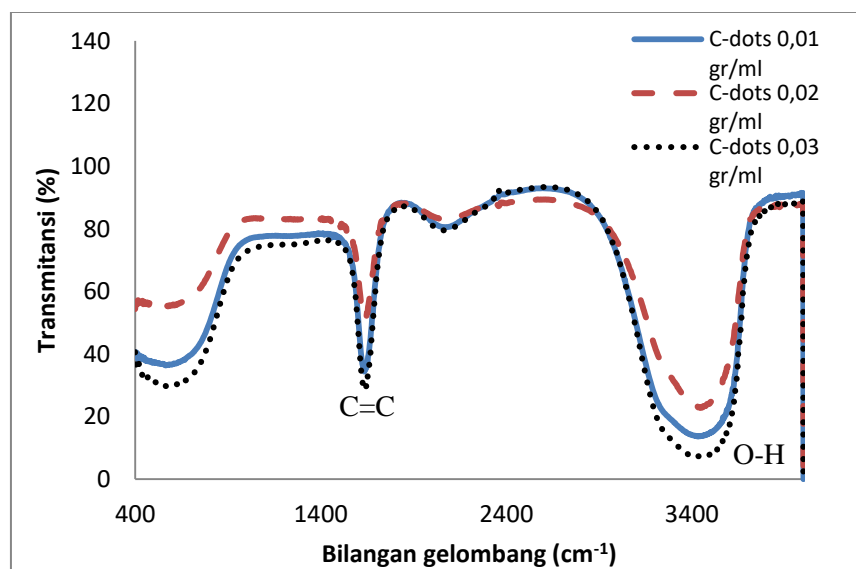


**Gambar 15.** Hasil karakterisasi PL

Berdasarkan grafik di atas emisi yang dihasilkan pada konsentrasi larutan 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, dan 0,03 gr/ml masing-masing memiliki puncak pada panjang gelombang 512 nm, 499,57 nm, dan 500,05 nm. Panjang gelombang yang diperoleh dari masing-masing sampel menghasilkan pendaran warna hijau. Warna hijau memiliki rentang panjang gelombang antara 495 nm hingga 570 nm. Hal ini sesuai dengan hasil kualitatif masing-masing sampel ketika disinari laser UV. Selain itu, grafik tersebut menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan puncak panjang gelombang yang signifikan pada variasi konsentrasi larutan, akan tetapi penambahan konsentrasi mempengaruhi intensitas dari warna yang dihasilkan. Berdasarkan Gambar 15 dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi maka intensitas yang dihasilkan akan semakin besar. Hal ini diduga karena jumlah C-dots yang dihasilkan pada sampel semakin banyak.

Selain untuk menentukan panjang gelombang dan intensitas pendaran C-dots, spektrum PL menyediakan energi transisi yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat energi elektron berupa energi gap. Energi transisi pada spektrum PL ditunjukkan melalui puncak spektrum yang berupa panjang gelombang emisi. Nilai energi gap yang diperoleh pada konsentrasi 0,01 gr/ml yaitu sebesar 2,42 eV, sedangkan konsentrasi 0,02 gr/ml, dan 0,03 gr/ml memiliki nilai yang sama yaitu 2,48 eV. Hasil ini bersesuaian dengan hasil yang diperoleh Li *et al* (2012) memperoleh energi gap C-dots pada rentang 1,5- 3,5 eV.

Pengujian FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk dalam larutan C-dots. Hasil karakterisasi FTIR terlihat seperti pada Gambar 16.

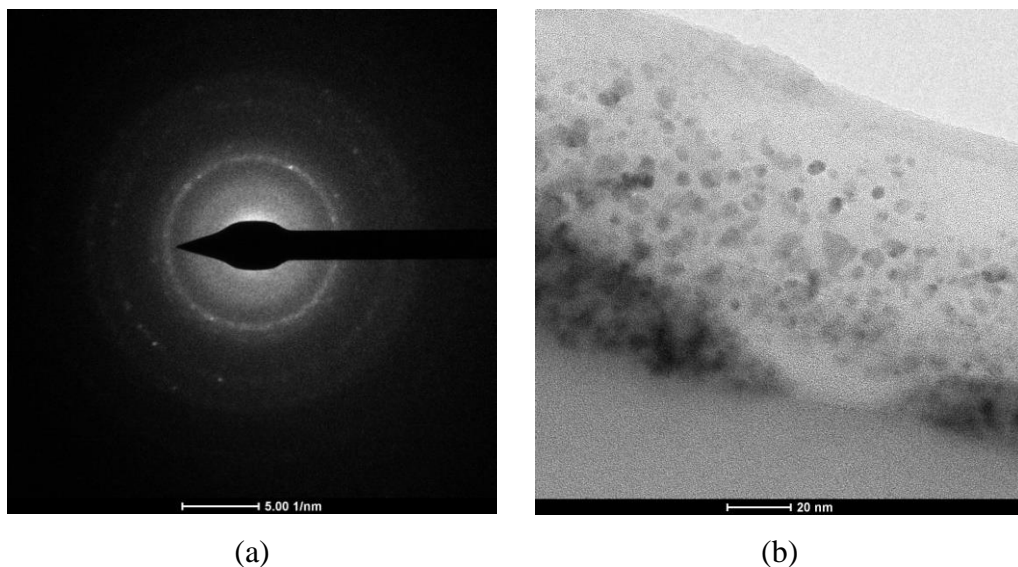


**Gambar 16.** Hasil Karakterisasi FTIR

Berdasarkan gambar di atas gugus fungsi yang terbentuk dalam larutan C-dots limbah kulit nanas dengan konsentrasi 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, dan 0,03

gr/ml, yaitu O-H yang memiliki bilangan gelombang  $3456,57 \text{ cm}^{-1}$  -  $3433,12 \text{ cm}^{-1}$ , gugus fungsi C=C yang memiliki bilangan gelombang  $1633,73 \text{ cm}^{-1}$  -  $1635,38 \text{ cm}^{-1}$ . Hasil FTIR menunjukkan larutan C-dots telah berhasil dibuat dari bahan dasar limbah kulit nanas dengan adanya gugus fungsi C=C yang merupakan penyusun dari *core* pada C-dots. Gugus fungsi O-H merupakan bagian *surface state* pada C-dots.

Selanjutnya dilakukan karakterisasi TEM yang berfungsi untuk mengetahui morfologi, struktur kristal dan ukuran diameter dari C-dots yang dihasilkan. Dari pengujian TEM diperoleh hasil seperti pada Gambar 17.



**Gambar 17.** Hasil Pengujian TEM

Berdasarkan Gambar 17(a) dapat diamati bahwa pola difraksi yang dihasilkan berbentuk cincin yang mana pola tersebut menunjukkan struktur amorf pada C-dots. Gambar 17(b) menunjukkan bahwa C-dots yang dihasilkan berbentuk bulat dan oval dengan persebaran cenderung berkumpul

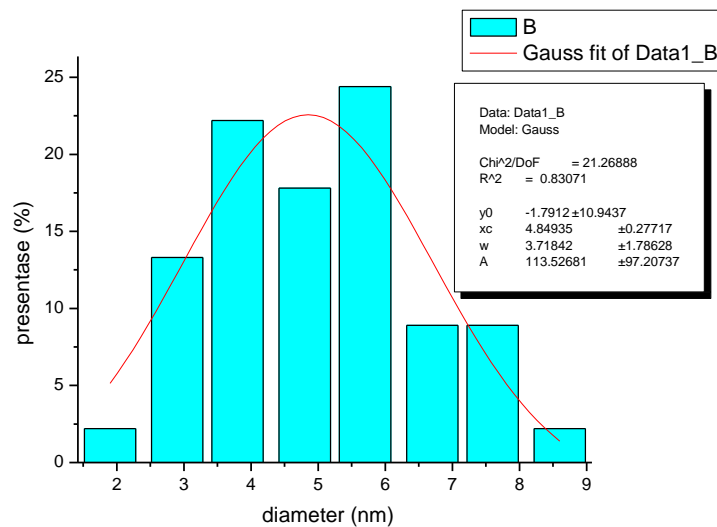
di tengah. Pengukuran diameter C-dots diambil sebanyak 45 titik pada gambar. Dari pengukuran hasil TEM dan perhitungan diperoleh variasi ukuran diameter C-dots dan persentase persebaran seperti pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil Pengukuran Diameter C-dots

Ukuran C-dots (nm)	Jumlah	Persentase (%)
1.9	1	2.2
2.9	6	13.3
3.8	10	22.2
4.8	8	17.8
5.7	11	24.4
6.7	4	8.9
7.6	4	8.9
8.6	1	2.2

Dari perhitungan jumlah C-dots (%) dan pengukuran diameter C-dots (nm) dapat dihasilkan grafik persentase persebaran ukuran diameter C-dots. Grafik 18 hasil persebaran ukuran C-dots menunjukkan bahwa ukuran diameter 5,7 nm memiliki nilai presentase paling tinggi sebesar 24,4%. Dengan demikian, ukuran C-dots yang dihasilkan adalah di sekitar 5,7 nm.





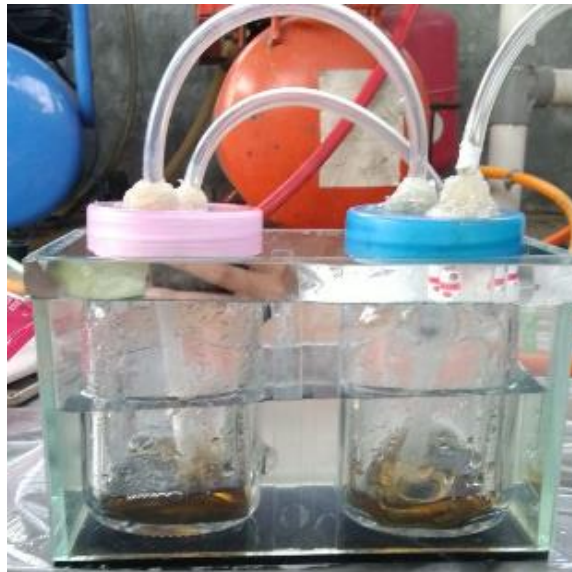
**Gambar 18.** Hasil presentase persebaran ukuran diameter C-dots.

### C. C-dots Sebagai Absorben CO<sub>2</sub> pada Biogas

Proses pemurnian biogas dalam penelitian ini menggunakan metode absorpsi dengan larutan C-dots berbahan dasar limbah kulit nanas sebagai absorben. Konsentrasi larutan C-dots yang digunakan 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, dan 0,03 gr/ml, serta larutan akuades yang bertujuan sebagai pembanding.

Salah satu faktor yang mempengaruhi proses absorpsi biogas, yaitu tabung pemurni. Hal ini disebabkan tabung pemurni merupakan tempat terjadinya kontak antara absorben dengan unsur atau senyawa yang akan diabsorpsi. Gambar yang menunjukkan alat pemurni biogas dapat diamati pada Gambar 19. Bagian utama pada alat pemurni ini adalah tabung pemurni. Tabung pemurni diletakkan pada kolam yang berfungsi untuk mempertahankan suhu selama proses pemurnian berlangsung. Pemurnian

biogas terjadi dua kali penyaringan. Absorpsi pertama terjadi pada tabung ke-1 yang kemudian aliran gas masuk menuju pada tabung ke-2, yang kemudian biogas ditampung pada penampung biogas. Tujuan dilakukannya dua kali penyaringan agar konsentrasi CO<sub>2</sub> pada biogas semakin kecil.



**Gambar 19.** Alat pemurni biogas

Mekanisme dari absorpsi biogas dengan menggunakan larutan C-dots yaitu dengan melewatkan biogas pada tabung pemurni. Biogas yang masuk ke dalam tabung pemurni akan membentuk gelembung-gelembung udara yang akan naik menuju ke permukaan. Hal ini disebabkan karena massa jenis biogas yang lebih rendah daripada massa jenis absorben dan adanya aliran biogas yang terus menerus. Gelembung-gelembung inilah yang akan memberikan kontak dengan absorben sehingga terjadi proses absorpsi.

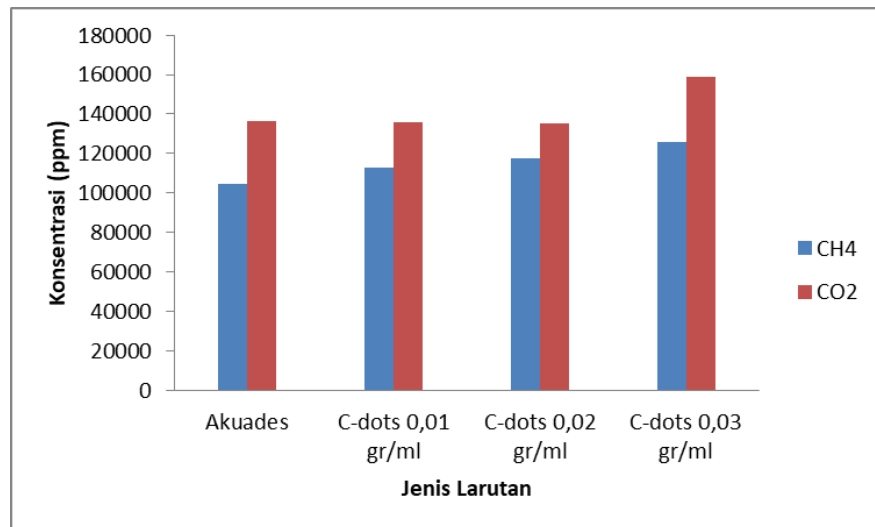
#### D. Hasil Pengujian Biogas

Biogas sebelum dan setelah pemurnian dilakukan pengujian GC dan uji performa pembakaran. Sampel gas sebelum dan setelah pemurnian diuji menggunakan GC. GC digunakan untuk mengetahui konsentrasi CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> dalam biogas. Hasil dari karakterisasi ini adalah konsentrasi yang memiliki satuan ppm. Dari hasil pengujian diperoleh hasil seperti pada Tabel 6.

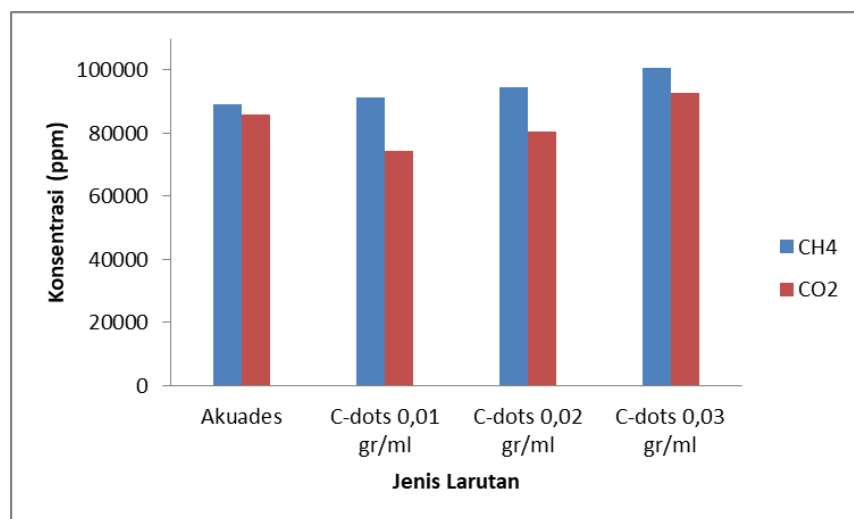
**Tabel 6.** Kandungan Gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>

No.	Jenis Larutan	CH <sub>4</sub>		CO <sub>2</sub>	
		Kontrol (ppm)	Setelah pemurnian (ppm)	Kontrol (ppm)	Setelah pemurnian (ppm)
1	Akuades	104602,1	89045,9	136297,9	85739,7
2	C-dots 0,01 gr/ml	112659,8	91359,2	135902,3	74525,9
3	C-dots 0,02 gr/ml	117806,0	94545,4	135010,1	80404,5
4	C-dots 0,03 gr/ml	125766,4	100788,7	158737,1	92663,9

Pada Tabel 6 di atas, konsentrasi gas sebelum dimurnikan (kontrol) berfungsi sebagai pembanding untuk konsentrasi gas yang diberikan perlakuan pemurnian dengan variasi konsentrasi larutan absorben. Untuk menunjukkan hubungan variasi konsentrasi larutan dengan konsentrasi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> diberikan dalam bentuk grafik pada Gambar 20.



(a)

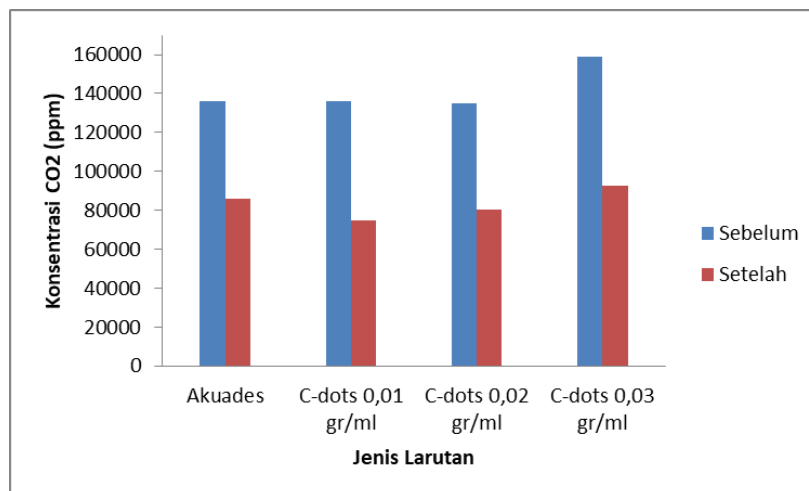


(b)

**Gambar 20.** Grafik konsentrasi perbandingan CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> (a) sebelum pemurnian dan (b) setelah pemurnian

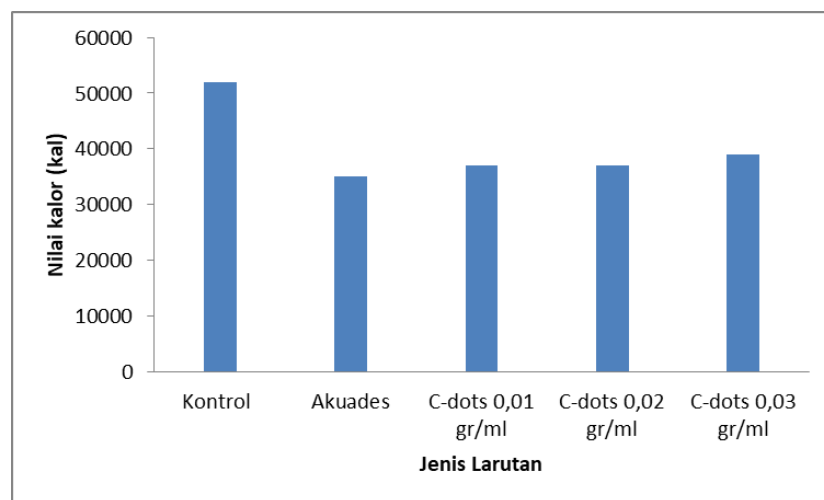
Berdasarkan dari grafik konsentrasi perbandingan CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> sebelum dilakukan pemurnian dapat diamati pada Gambar 20(a) terlihat

bahwa nilai konsentrasi gas  $\text{CO}_2$  lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi gas  $\text{CH}_4$ . Namun, setelah dilakukan pemurnian dengan melewati biogas melalui absorben akuades dan larutan C-dots, konsentrasi  $\text{CH}_4$  lebih tinggi daripada konsentrasi  $\text{CO}_2$ . Hal ini dapat diamati pada Gambar 20(b). Dilihat dari perbandingan nilai konsentrasi  $\text{CO}_2$  sebelum dan sesudah dimurnikan seperti pada Gambar 21, dapat ditunjukkan bahwa penyerapan  $\text{CO}_2$  dalam biogas menggunakan absorben larutan C-dots mampu menurunkan nilai konsentrasi  $\text{CO}_2$  dalam biogas. Hal ini disebabkan C-dots memiliki luas permukaan yang besar sehingga mampu menangkap  $\text{CO}_2$  yang terkandung dalam biogas. Semakin kecil diameter C-dots maka luas permukaannya semakin besar yang berarti bahwa penyerapannya juga semakin besar sehingga diharapkan semakin banyak  $\text{CO}_2$  yang tertangkap.



**Gambar 21.** Perbandingan nilai konsentrasi  $\text{CO}_2$  sebelum dan setelah pemurnian

Selanjutnya dilakukan uji performa pembakaran menggunakan biogas sebelum dan setelah terpurifikasi. Pengujian kalor bertujuan untuk mengetahui kualitas pembakaran biogas yang digunakan untuk memanaskan 1 kg air. Grafik perbandingan energi kalor sebelum dan setelah pemurnian pada Gambar 22.

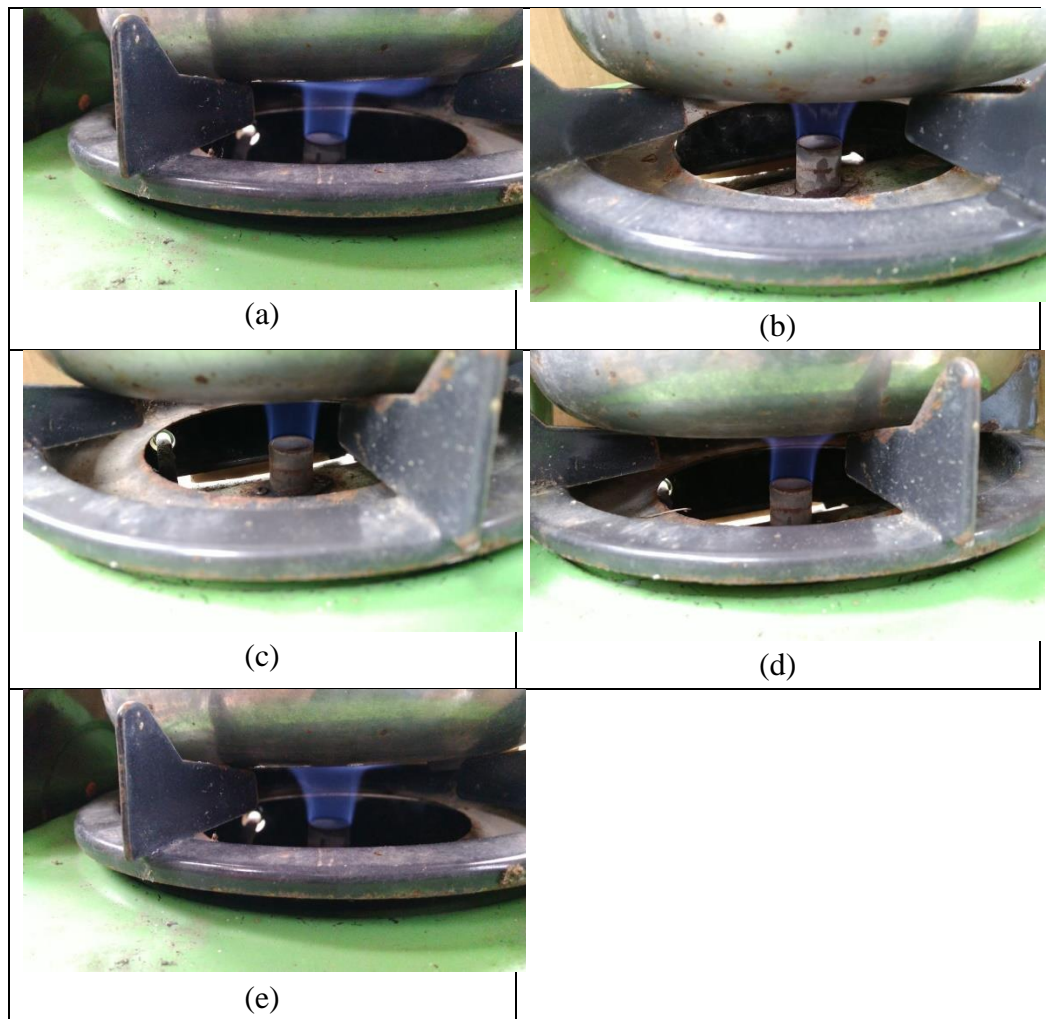


**Gambar 22.** Grafik perbandingan nilai kalor.

Grafik di atas menunjukkan perbandingan nilai kalor pembakaran sebelum dan setelah dilakukan pemurnian dengan menggunakan larutan akuades dan larutan C-dots. Nilai kalor pembakaran biogas sebelum dimurnikan atau kontrol sebesar 52.000 kal. Nilai kalor pembakaran dengan absorben akuades sebesar 35.000 kal. Nilai kalor pembakaran dengan absorben larutan C-dots konsentrasi 0,01gr/ml, 0,02 gr/ml, dan 0,03 gr/ml sebesar 37.000 kal, 37.000 kal, dan 39.000 kal.

Nilai kalor pembakaran biogas sebelum dimurnikan lebih besar dibandingkan dengan biogas setelah dimurnikan dengan akuades dan larutan C-dots. Hal ini disebabkan konsentrasi  $\text{CH}_4$  setelah pemurnian lebih rendah dari kontrol pada Tabel 6. Menurunnya konsentrasi  $\text{CH}_4$  disebabkan alat pemurni yang kecil sehingga pada saat pemurnian berlangsung banyak uap air yang terbawa aliran gas sehingga menekan konsentrasi  $\text{CH}_4$ . Hal ini dibuktikan dengan dilakukannya pengukuran volume larutan setelah pemurnian. Volume larutan berkurang sekitar 2 sampai 5 ml. Selain itu, menurut Made dan Bagus (2011) kandungan uap air dalam biogas menurunkan titik penyalan biogas sehingga nilai kalornya berkurang.

Aspek lain yang diamati dalam uji performa pembakaran, yaitu warna api dan lama waktu api menyala. Hasil pengamatan kualitatif warna api saat pembakaran pada biogas sebelum dan setelah dimurnikan ditampilkan pada Gambar 23. Warna api yang dihasilkan sebelum dan setelah pemurnian sama, yaitu berwarna biru. Lama waktu penyalan api sebelum pemurni yaitu 6 menit. Setelah dilakukan pemurnian menggunakan larutan akuades, lama waktu penyalan api yaitu 5 menit. Pemurnian dengan larutan C-dots dengan konsentrasi 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, dan 0,03 gr/ml, menunjukkan lama waktu nyala api selama 5 menit, 6 menit, dan 8 menit. Dengan demikian, lama waktu nyala api sebelum dan setelah dilakukan pemurnian terjadi perubahan yang mana ketika konsentrasi 0,03 gr/ml lebih besar dibandingkan dengan sebelum pemurnian.



**Gambar 23.** Warna nyala api (a) sebelum pemurnian (b) akuades (c) C-dots 0,01 gr/ml, (d) 0,02 gr/ml, dan (e) 0,03 gr/ml.

Absorpsi biogas dengan larutan C-dots menghasilkan nilai kalor yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan larutan akuades. Selain itu larutan C-dots mampu mengabsorpsi  $\text{CO}_2$  sebesar 40-45% sedangkan akuades sebesar 37%. Dengan demikian, pemurnian biogas dengan menggunakan larutan C-dots lebih efektif dibandingkan dengan menggunakan larutan akuades. Konsentrasi larutan C-dots terbaik sebagai pemurni biogas yaitu



pada konsentrasi 0,03 gr/ml yang mampu mengabsorpsi CO<sub>2</sub> sebesar 41,%  
dan energi kalor yang dihasilkan 39.000 kal.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah

1. Sintesis C-dots berbahan dasar limbah kulit nanas madu telah dilakukan dengan metode pemanasan *oven*.
2. Telah dilakukan karakteristik material C-dots sebagai absorben biogas berdasarkan uji UV-Vis, PL, FTIR dan TEM. Pengujian UV-Vis C-dots pada konsentrasi 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, dan 0,03 gr/ml menghasilkan 1 puncak bahu yang masing-masing terdapat pada panjang gelombang 261 nm, 257 nm, dan 262 nm. Pengujian karakteristik PL pada konsentrasi larutan 0,01 gr/ml, 0,02 gr/ml, dan 0,03 gr/ml masing-masing memiliki puncak pada panjang gelombang 512 nm, 499,57 nm, dan 500,57 nm yang menghasilkan pendaran warna hijau. Hasil FTIR menunjukkan keberadaan gugus-gugus fungsi O-H, dan C=C untuk semua konsentrasi larutan absorben. Hasil TEM menunjukkan morfologi partikel C-dots berbentuk bulat atau oval dengan diameter sebesar 5,7 nm.
3. Pengaruh absorben C-dots berbahan dasar limbah kulit nanas pada pemurnian biogas dikarakterisasi menggunakan uji GC dan uji performa pembakaran. Larutan C-dots mampu menurunkan nilai konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam biogas. Hasil uji kalor sebelum dilakukan pemurnian (kontrol) menghasilkan nilai kalor pembakaran yang lebih besar dibandingkan setelah pemurnian. Hal ini disebabkan kandungan CH<sub>4</sub> pada biogas

berkurang dan banyaknya kandungan uap air pada biogas, sehingga menurunkan titik penyalaan api.

## **B. Saran**

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

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terkait C-dots dengan metode sintesis yang lain.
2. Untuk penelitian selanjutnya bisa memodifikasi alat pemurnian biogas yang lebih besar dan tinggi agar larutan C-dots tidak terbawa aliran biogas sehingga tidak ada kandungan uap air pada biogas.
3. Untuk penelitian selanjutnya saat mengukur laju alir gas sebaiknya menggunakan *flowmeter* agar lebih konstan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2010). *Karakterisasi Nanomaterial Teori, Penerapan, dan Pengolahan Data*. Bandung: CV Rezeki Putera.
- Andaka, Ganjar. 2010. Pemanfaatan Kulit Nanas untuk Pembuatan Bioetanol dengan Proses Fermentasi, *Jurnal; SNAST, Periode 11, ISSN:1979-911X, A20*.
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Produksi buah-buahan dan sayuran tahunan di Indonesia, 2008-2017*. Badan Pusat Statistik Indonesia. Jakarta.
- Baker\*, S. N., et al. (2010). Luminescent Carbon Nanodots: Emergent Nanolights. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 49, 6726 – 6744.
- Bao, L., Liu, C., Zhang, Z. L., & Pang, D. W. (2015). Photoluminescence-tunable carbon nanodots: Surface-state energy-gap tuning. *Advanced Materials*, 27(10), 1663–1667.
- Bilqis, S. M. 2017. *Perbandingan Sifat Optik Carbon Nanodots Berbahan Dasar Gula Pasir dan Air Jeruk dengan Metode Sintesis Hydrothermal dan Microwave* (Skripsi).FMIPA UNY.Yogyakarta
- Emission and Quantum Confinement. *Nanotechnology*, 28(48), 0–18.
- ESDM.2017. *Kajian Penyediaan dan Pemanfaatan Migas, Batubara, EBT, dan Listrik*. Jakarta. Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
- Evitasari. 2013. *Budidaya Tanaman Nenas*.Bogor.IPB Press
- Fiklania, Deska. 2017. “*Pengaruh Perbandingan Buah Nanas Madu dengan Sukrosa dan Suhu Inkubasi terhadap Karakteristik Starter Alami Nanas*

*Madu (Ananas comusus L)*”.(Skripsi). Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung.

Ghatak M D, Mahanta. 2016. Biogas Purification using Chemical Absorbtion. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*. 8(3):1600-1605.

Hadiati,Sri dan Indriyani Ni Luh Putu, 2008. *Budidaya Nanas*. Sumatra Barat: Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika

Hariastuti, N. dan Sari, IRJ., 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

Hermanto, Susanty A. 2016. Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Laju Alir Gas Pada Proses Pemurnian Biogas. *Jurnal Riset Teknologi Industri*. 10(1):88-93.

(<https://www2.chemistry.msu.edu/faculty/reusch/virttxtjml/spectrpy/uvvis/spectrum.htm>), diakses tanggal 22 Mei 2019 pukul 14.00 WIB.

Hui Ding, Li-Wei Cheng, Ying-Ying Ma,a Ji-Lie Kong and Huan-Ming Xiong. 2013. Luminescent carbon quantum dots and their application in cell imaging. *NewJ.Chem.*, 37, 2515.

Irfandi. 2005. *Karakterisasi Morfologi Lima Populasi Nanas (Ananas comous L. Merr)*. Skripsi. Bidang Studi Holitikultural Gakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor

Kapdi, S. S., Vijay, V. K., Rajest, S. K. and Prasat, R. 2004. Biogas Scrubbing Compression and Storage : Perspective and Prospectus in India Context. *Renewable Energy*. 4:1-8

- Kapdi, S.S, V.K. Vijay, S.K. Rajesh and R.Prasad. 2005. "Biogas Scrubbing, Compression and Storage: Perspective and Prospectus in Indian Context". *Renewable Energy*, vol. 30, 1196 – 1199
- Kristianingrum, S. (2016). *Spektroskopi Ultra Violet Dan Sinar Tampak (Spektroskopi Uv – Vis) )* (Skripsi). Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kukreja, D., *et. al*, (2015). Synthesis of Fluorescent Carbon Dots from Mango Peels. *International Journal of ChemTech Research*. 61-64.
- Kurniawan, C. (2008). *Studi Sifat Luminisens iNanopartikel CaxSr1 xTiO3:RE (RE=Pr3+, Eu3+ dan Tb3+) yang Dipreparasi dengan Metode Sonokimia*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Li, Haitao, Z. K.-T. et al. (2012). Carbon nanodots: synthesis, properties and applications. *J. Mater. Chem*, 24230–24253.
- Liu, W., et. al, (2017). Highly crystalline carbon dots from fresh tomato: UV emission and quantum confinement. 2017 *IOP Publishing Ltd. Nanotechnology*, Volume 28, Number 48
- Mara IM. 2012. Analisis Penyerapan Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dengan Larutan NaOH Terhadap Kualitas Biogas Kotoran Sapi. *Dinamika Teknik Mesin*. 2(1):38-46
- Mara, I. Made dan Alit, Bagus Ida. 2011. Analisa Kualitas dan Kuantitas Biogas dari Kotoran Ternak. *ISSN : 2088-088X Volume 1. Nomor 2 Edisi Juli 2011*
- Mara, IM., 2012. Analisis Penyerapan Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) Terhadap dengan Larutan NaOH Kualitas Biogas Kotoran Sapi, **Dinamika Teknik Mesin**, Volume 2 No.1, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram, Mataram

- Nisa, A. K. (2014). *Sintesis Nanopartikel Karbon Berfluoresens*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Nugraha, Febrinaldo Eka. (2008). *Optimasi Pemecahan Emulsi Air dalam Pelumas Bekas Menggunakan Campuran Larutan NaCl-Etanol* (Skripsi). Bandung : Prodi Kimia FMIPA ITB.
- Nurhayati.2013. Penampilan Ayam Pedaging yang Mengonsumsi Pakan Mengandung Kulit Nanas disuplementasi dengan Youghurt. *Agripet*. 13 (02): 15-20.
- Patel, N. H. 2015. *Basic Principle, Working and Instrumentation of Experimental Techniques*. Gujarat: Sardar Patel University
- Peritiwingrum, Ambar.2016. *Instalasi Biogas*. CV. Kolom Cetak. Yogyakarta
- Rahmayanti, H. D. (2015). *Sintesis Carbon Nanodots Sulfur (C-Dots Sulfur) dengan Metode Microwave*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Rosyida, F., dan L. Sulandari. 2014. Pengaruh Jumlah Gula dan Asam Sitrat Terhadap Sifat Organoleptik Kadar Air dan Jumlah Mikroba Manisan Kering Siwilayam, *e-Jurnal Boga*. 03(1): 297-307.
- Soni, Saurabh. & Maria A. Loi (2016). *Luminescent Carbon Dots: Characteristics and Applications*. Groningen: Zernike Institute of Advanced Materials University of Groningen
- Sophiawati, Titi dan Andriany, A Terry. 2016. *Pengukuran Gas Rumah Kaca dengan Gas Chromatography (GC) dan Infrared Gas Analyzer (IrGA)*. Pati. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
- Sunarjono, H.H. 2002. *Bibit Kultur Jaringan*. Penebar Swadaya. Jakarta

- Trianasari. 2017. *Analisis dan Karakterisasi Kandungan Silika (SiO<sub>2</sub>) Sebagai Hasil Ekstraksi Batu Apung (Pumice)* (Skripsi). Lampung. FMIPA UNILA
- Vita, E. (2015). *Kajian Pengaruh Konsentrasi Urea Dalam Sifat Optik Nanofiber Graphene Oxide/ Pva (Polyvinyl Alcohol) Yang Difabrikasi Menggunakan Teknik Electrospinning* (Skripsi). Yogyakarta: UGM.
- Wang, Y., & Hu, A. (2014). Carbon Quantum Dots: Synthesis, Properties, and Application. *J. Mater. Chem. C*, 2014, 2, 6921



# LAMPIRAN

Lampiran 1: Dokumentasi Alat, Bahan, dan Proses Pengambilan Data



Menimbang kulit nanas



Memotong kulit nanas



Mengoven kulit nanas



Menimbang karbon hasil oven



Menumbuk karbon



Memisahkan karbon halus dan kasar



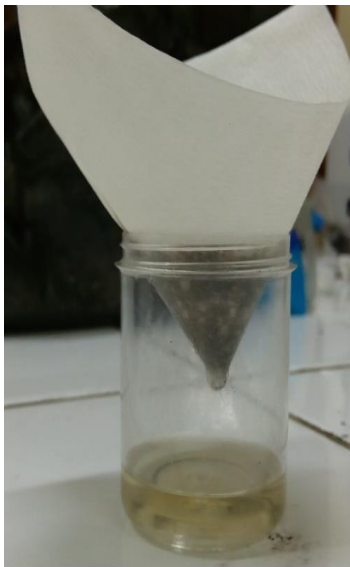
Serbuk karbon



Menimbang serbuk



Membuat larutan C-dots



Menyaring larutan



Mengukur Volume



Alat pemurni biogas





Kompresor



Venoject



Suntikan



Gas Holder



Penampung biogas



Tabung biogas



Busur, isolatip, dan balon



Panci dan termometer



Lilin dan korek



Timbangan Konvensional



Kompor



Timbangan Digital



Mengukur laju alir gas



Mengambil sampel gas



Memindahkan ke  
suntikan



Menyimpan gas ke  
venojek





Mengisi tabung biogas



Menimbang tabung gas



Uji Kalor



Nyala api



Larutan C-dots

## Lampiran 2: Pengujian Kalor

### 1. Sebelum pemurnian (kontrol)

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

### 2. Aquades

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

### 3. C-dots konsentrasi 0,01 gr/ml

Waktu (menit)	T (°C)	P (bar)
0	29	3
1	38	2,3
2	45	1,8
3	53	1,1
4	60	0,3
5	66	0

4. C-dots konsentrasi 0,02 gr/ml

Waktu (menit)	T (°C)	P (bar)
0	33	3
1	39	2,5
2	47	1,9
3	55	1,4
4	60	0,9
5	66	0,3
6	70	0

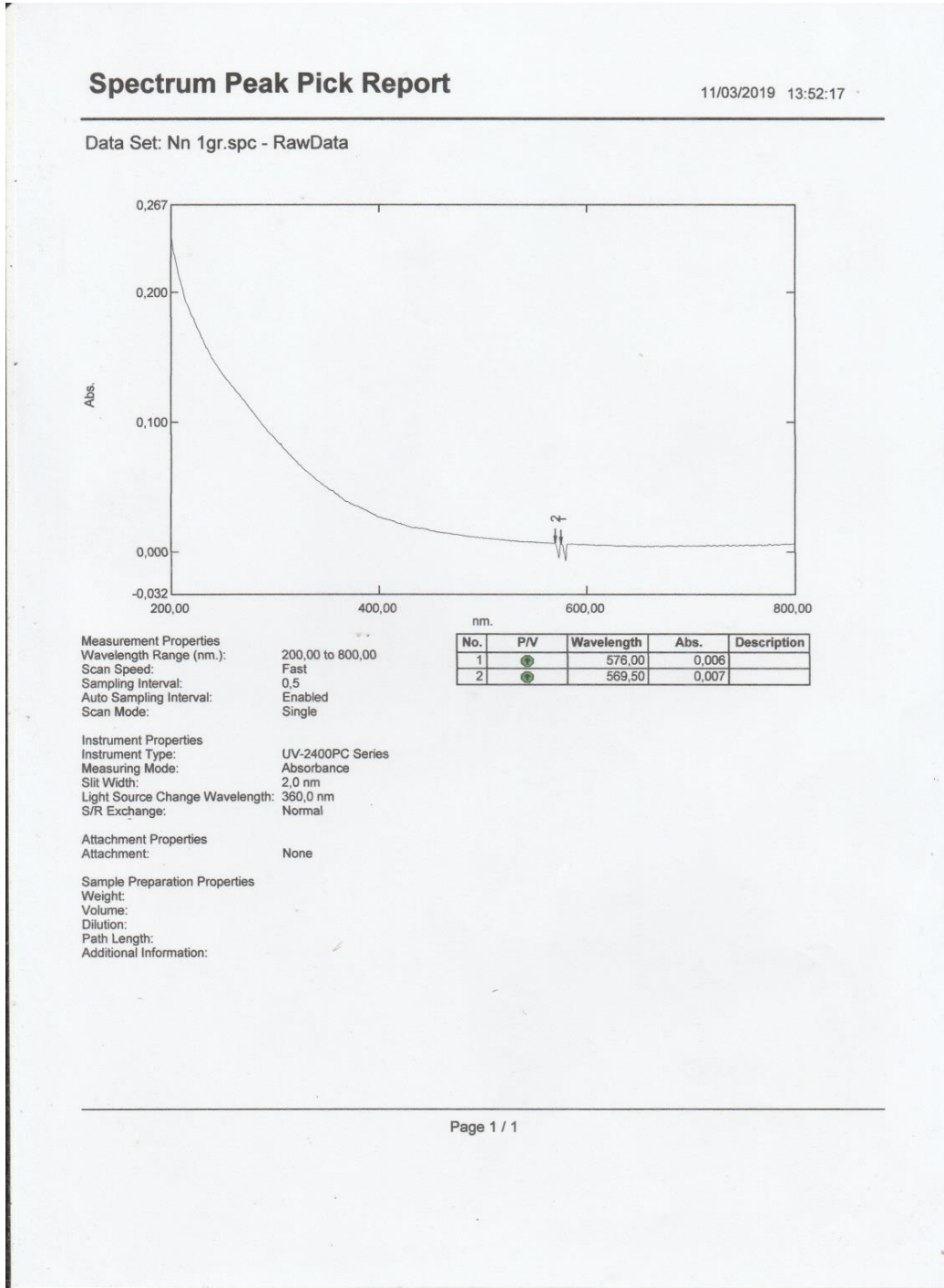
5. C-dots konsentrasi 0,03 gr/ml

Waktu (menit)	T (°C)	P (bar)
0	32	3
1	37	2,8
2	43	2,3
3	48	1,9
4	55	1,6
5	59	1,2
6	63	0,8
7	67	0,3
8	71	0



### Lampiran 3: Pengujian UV-Vis

C-dots dengan konsentrasi 0,01 gr/ml

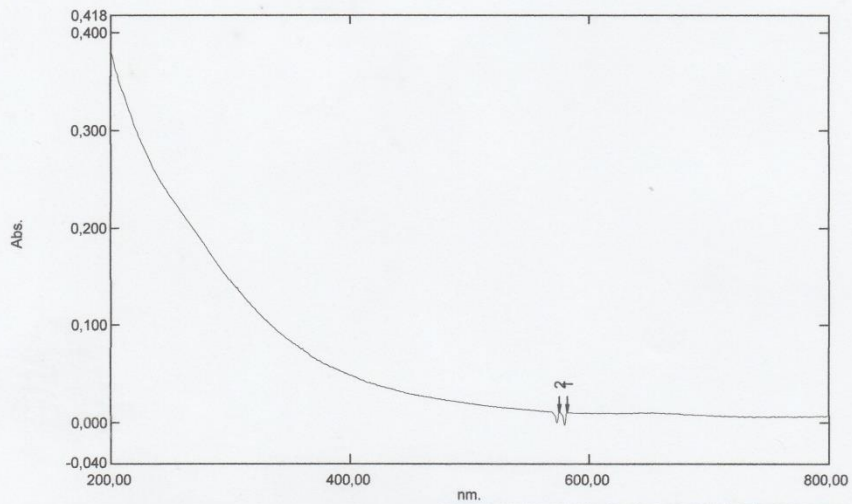


# C-dots dengan konsentrasi 0,02 gr/ml

## Spectrum Peak Pick Report

11/03/2019 14:01:37

Data Set: Nn 2gr'.spc - RawData



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

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	582,50	0,011	
2	●	576,00	0,011	

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

Attachment Properties  
Attachment: None

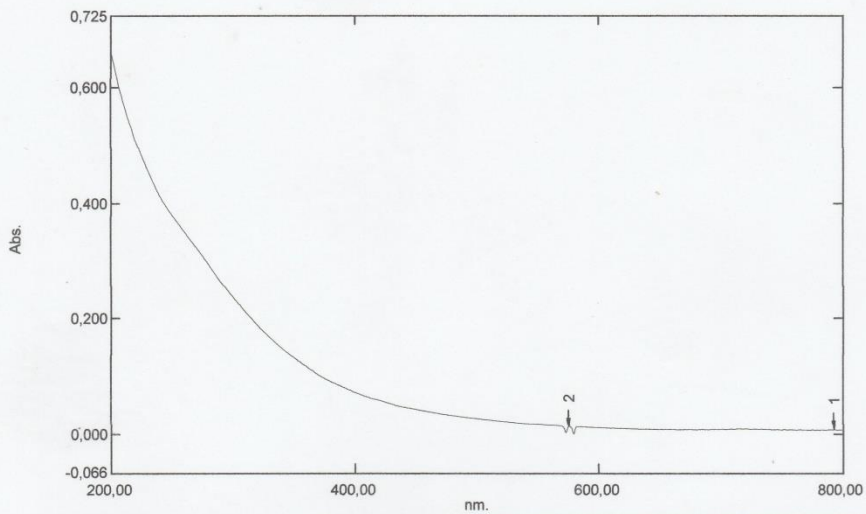
Sample Preparation Properties  
Weight:  
Volume:  
Dilution:  
Path Length:  
Additional Information:

C-dots dengan konsentrasi 0,03 gr/ml

**Spectrum Peak Pick Report**

11/03/2019 14:09:49

Data Set: Nn 3gr.spc - RawData



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

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⊕	793,50	0,008	
2	⊕	576,00	0,013	

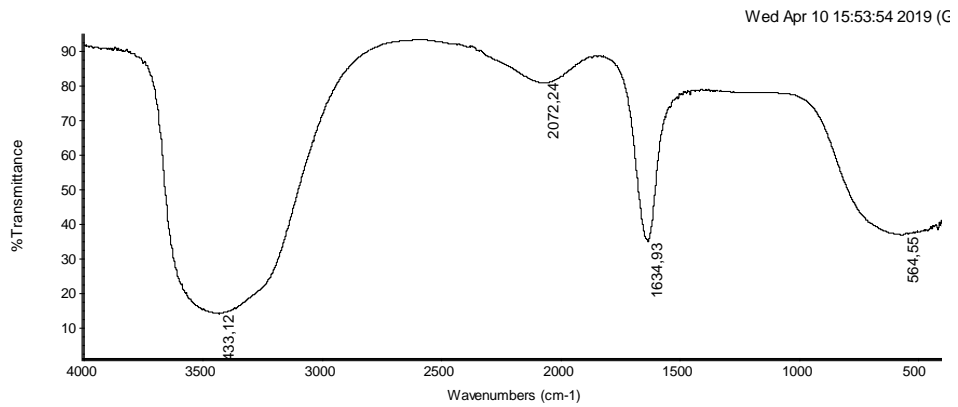
Instrument Properties  
 Instrument Type: UV-2400PC Series  
 Measuring Mode: Absorbance  
 Slit Width: 2,0 nm  
 Light Source Change Wavelength: 360,0 nm  
 S/R Exchange: Normal

Attachment Properties  
 Attachment: None

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

## Lampiran 4: Pengujian FTIR

C-dots dengan konsentrasi 0,01 gr/ml



Collection time: Wed Apr 10 10:18:18 2019 (GMT+0'

Wed Apr 10 15:53:51 2019 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2651-40 Nanas 1 gr

Region: 4000,00 400,00

Absolute threshold: 95,451

Sensitivity: 50

Peak list:

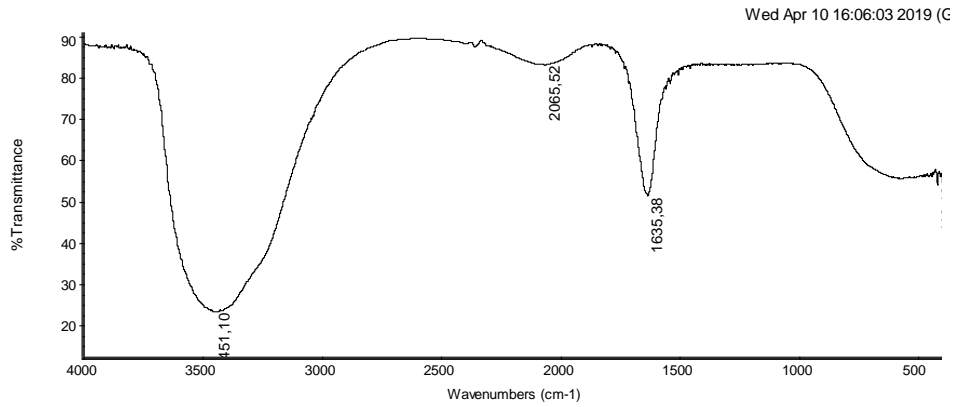
Position: 3433,12 Intensity: 13,601

Position: 1634,93 Intensity: 34,347

Position: 564,55 Intensity: 36,324

Position: 2072,24 Intensity: 80,497

## C-dots dengan konsentrasi 0,02 gr/ml



Collection time: Wed Apr 10 10:19:07 2019 (GMT+0)

Wed Apr 10 16:05:56 2019 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2651-43 Nanas 2 gr

Region: 4000,00 400,00

Absolute threshold: 91,592

Sensitivity: 50

Peak list:

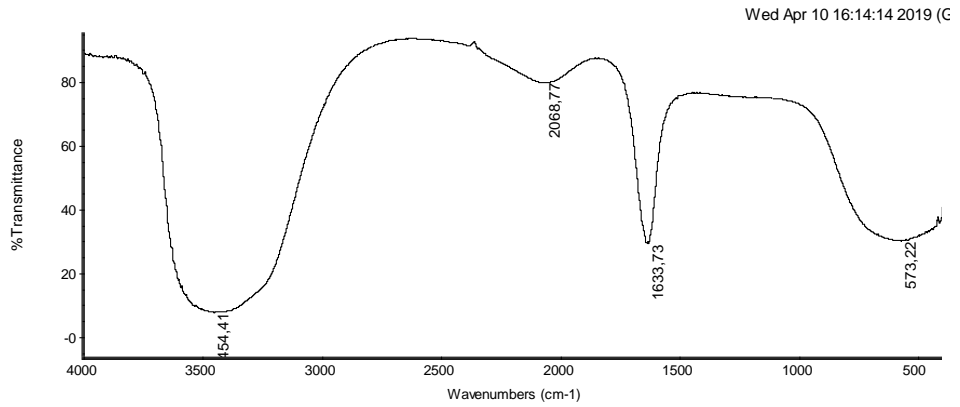
Position: 3451,10 Intensity: 22,828

Position: 1635,38 Intensity: 51,017

Position: 419,12 Intensity: 53,573

Position: 2065,52 Intensity: 82,963

## C-dots dengan konsentrasi 0,03 gr/ml



Collection time: Wed Apr 10 10:20:54 2019 (GMT+0)

Wed Apr 10 16:14:11 2019 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: 2651-46 Nanas 3 gr

Region: 4000,00 400,00

Absolute threshold: 96,310

Sensitivity: 50

Peak list:

Position: 3454,41 Intensity: 7,238

Position: 1633,73 Intensity: 28,728

Position: 573,22 Intensity: 29,697

Position: 2068,77 Intensity: 79,477