



PENINGKATAN PERSENTASE METANA (CH_4) DARI BIOGAS KOTORAN DOMBA MELALUI PURIFIKASI MENGGUNAKAN CaO-BASED BUBBLE COLUMN

MOHAMAD IKBAL HIDAYAH



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Peningkatan Persentase Metana (CH_4) dari Biogas Kotoran Domba melalui Purifikasi menggunakan *CaO-Based Bubble Column*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2025

Mohamad Ikbal Hidayah
G7401211010

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRAK

MOHAMAD IKBAL HIDAYAH. Peningkatan Persentase Metana (CH_4) dari Biogas Kotoran Domba melalui Purifikasi menggunakan *CaO-Based Bubble Column*. Dibimbing oleh YESSIE WIDYA SARI dan RADEN IBRAHIM PURAWIARDI.

Biogas merupakan salah satu energi terbarukan yang dihasilkan melalui fermentasi anaerobik bahan organik. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan persentase metana (CH_4) pada biogas hasil fermentasi kotoran domba dengan penambahan molase menggunakan metode purifikasi *CaO-based bubble column*. Hasil kalibrasi sensor menunjukkan nilai $R^2 = 0,9928$ untuk sensor MQ-4 dan $R^2 = 0,9745$ untuk sensor MQ-135. Variasi rasio substrat antara kotoran domba dan molase berpengaruh signifikan terhadap produksi volume dan persentase CH_4 yang dihasilkan. Rasio optimal terdapat pada perlakuan D2 (90:10), total produksi volume mencapai 18.921 mL dan konsentrasi CH_4 tertinggi sebesar 49,31 %vol. Proses purifikasi dilakukan pada sampel D2 menggunakan metode *CaO-based bubble column* dengan variasi massa CaO 300 gr. Proses purifikasi menggunakan *CaO-based bubble column* terbukti efektif, dengan rata-rata peningkatan persentase CH_4 tertinggi sebesar 40,66%.

Kata kunci: Biogas, CaO, CH_4 , molase, purifikasi

ABSTRACT

MOHAMAD IKBAL HIDAYAH. *Enhancement of Methane (CH_4) Percentage in Sheep Manure Biogas through Purification Using a CaO-Based Bubble Column. Supervised by YESSIE WIDYA SARI and RADEN IBRAHIM PURAWIARDI.*

*Biogas is one of the renewable energy produced through anaerobic fermentation of organic materials. This study aims to increase the percentage of methane (CH_4) in biogas from sheep manure fermentation with the addition of molasses using the *CaO-based bubble column* purification method. The sensor calibration results showed a value of $R^2 = 0.9928$ for the MQ-4 sensor and $R^2 = 0.9745$ for the MQ-135 sensor. The variation of substrate ratio between sheep manure and molasses significantly affected the volume production and percentage of CH_4 produced. The optimal ratio was found in treatment D2 (90:10), the total volume production reached 18,921 mL and the highest CH_4 concentration was 49.31 %vol. Purification process was carried out on sample D2 using *CaO-based bubble column* method with CaO mass variation of 300 gr. The purification process using *CaO-based bubble column* proved to be effective, with the highest average increase in CH_4 percentage of 40.66%.*

Key words: Biogas, CaO, CH_4 , purification



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PENINGKATAN PERSENTASE METANA (CH_4) DARI BIOGAS KOTORAN DOMBA MELALUI PURIFIKASI MENGGUNAKAN CaO -BASED BUBBLE COLUMN

MOHAMAD IKBAL HIDAYAH

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Progr Studi Fisika

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Prof. Dr. Akhiruddin Maddu, S.Si., M.Si.
2. Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada, S.Si., M.Si.



Judul Skripsi : Peningkatan Persentase Metana (CH₄) dari Biogas Kotoran Domba melalui Purifikasi menggunakan CaO-based Bubble Column

Nama : Mohamad Ikbal Hidayah

NIM : G7401211010

Disetujui Oleh

Pembimbing 1 :

Dr Yessie Widya Sari, S.Si., M. Si.

NIP. 19800414 201212 2 004



Pembimbing 2 :

Raden Ibrahim Purawiardi, S.TP., M.Si.

NIP. 19870529 201401 1 001

Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika :

Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada, S.Si., M. Si.

NIP. 19660907 199802 1 006



Tanggal Ujian: 10 Juli 2025

Tanggal Lulus:



Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini berjudul "*Peningkatan Persentase Metana (CH_4) dari Biogas Kotoran Domba melalui Purifikasi Menggunakan CaO-Based Bubble Column.*" Penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Yessie Widya Sari, S.Si., M.Si. dan Bapak Raden Ibrahim Purawiardi, M.Si., selaku dosen pembimbing skripsi, atas segala bimbingan, arahan, motivasi, serta saran yang diberikan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Orang tua tercinta, Ibu Unariah dan Bapak Suhandi, serta saudara penulis, Siti Suartini dan Mohamad Suhaeli, atas doa, dukungan, dan kasih sayang sepanjang hidup penulis.
3. Seluruh staf pengajar Departemen Fisika IPB yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Fisika.
4. Staf pelayanan mahasiswa Fisika, atas bantuan mereka selama perjalanan akademik penulis di Departemen Fisika.
5. Sahabat-sahabat terdekat penulis: Muhammad Ikhsan Khatami, Aghniya Ahmad Syamsi, Luqman Nur Tri Saputra, Muhammad Nafiul Rizki, Aqil Dwi Rizky dan, atas setiap motivasi, nasihat, serta kebersamaan yang sangat berarti.
6. Rekan-rekan seperjuangan Fisika Angkatan 58 yang telah membersamai penulis selama menempuh pendidikan di Departemen Fisika IPB.
7. Seseorang yang spesial (Putri Meliana Br Damanik), yang telah menemani penulis selama proses perkuliahan, penelitian dan penyusunan skripsi. Selalu memberikan semangat, dorongan, dan dukungan tanpa henti.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan ke depannya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis, pihak yang membutuhkan, serta perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang energi terbarukan.

Bogor, Mei 2025



Mohamad Ikbal Hidayah

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

PENDAHULUAN

- | | |
|--|-----------|
| AFTAR LAMPIRAN | xi |
| PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 2 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 3 |
| 2.1 Biogas | 3 |
| 2.2 Proses Konversi Biogas | 4 |
| 2.3 Kotoran Domba | 5 |
| 2.4 Molase | 6 |
| 2.5 Purifikasi Biogas | 7 |
| 2.5.1 Absorben Kalsium Oksida (CaO) | 7 |
| 2.6 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) | 8 |
| METODE PENELITIAN | 10 |
| 3.1 Waktu dan Tempat | 10 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 10 |
| 3.3 Prosedur Penelitian | 10 |
| 3.3.1 Preparasi Digester dan Tabung Purifikasi | 10 |
| 3.3.2 Formulasi Sampel | 11 |
| 3.3.3 Perakitan dan Kalibrasi Rangkaian Sensor Gas CH ₄ dan CO ₂ | 12 |
| 3.3.4 Preparasi dan Variasi CaO | 12 |
| 3.3.5 Pengujian Biogas | 13 |
| 3.3.6 Purifikasi Biogas | 14 |
| 3.3.7 Karakterisasi Endapan Hasil Purifikasi (CaCO ₃) | 14 |
| 3.4 Analisis Data | 14 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN | 16 |
| 4.1 Hasil Kalibrasi Sensor Gas CH ₄ dan CO ₂ | 16 |
| 4.2 Hasil Pengukuran Biogas | 18 |
| 4.2.1 Volume Biogas | 19 |
| 4.2.2 pH | 22 |
| 4.2.3 Suhu | 22 |
| 4.2.4 Kadar Gas CH ₄ dan CO ₂ | 24 |
| 4.3 Hasil Pengukuran <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS) | 28 |
| 4.4 Efektivitas Purifikasi Biogas menggunakan CaO-based Bubble Column | 28 |
| 4.4.1 Kadar Gas CH ₄ | 29 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagai kepentingan pribadi atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



4.4.2 Kadar Gas CO ₂	30
4.4.3 Indikator Kualitas Biogas (Rasio CH ₄ / CO ₂)	31
4.4.4 Peningkatan Persentase CH ₄	32
4.5 Karakterisasi Endapan dengan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	32
V SIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Simpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	42
RIWAYAT HIDUP	53

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

1	Percentase gas dari kotoran domba (Usman <i>et al.</i> 2020)	6
2	Rasio antara kotoran domba dan molase	12
3	Nilai pH awal dan akhir dari masing-masing sampel	22
4	Peningkatan persentase CH_4 setelah purifikasi dengan variasi massa CaO	32

DAFTAR GAMBAR

1	Komponen biogas (Widarti <i>et al.</i> 2015)	3
2	Reaksi pembentukan biogas (Widarti <i>et al.</i> 2015)	4
3	Proses pemecahan bahan organik secara anaerob (Widarti <i>et al.</i> 2015)	4
4	Persamaan reaksi $\text{CaO}(\text{OH})_2$ dengan CO_2	8
5	Struktur <i>diffractometer</i>	8
6	Diagr alir tahapan penelitian	10
7	Rangkaian digester dan tabung purifikasi	11
8	Skema rangkaian sensor gas	12
9	Pengukuran V_{out} sensor MQ-4 dan MQ-135 sampel (a) D2, (b) D3, (c) D4.	16
10	Pengaruh V_{out} sensor MQ-4 terhadap kadar CH_4 (%vol).	17
11	Pengaruh V_{out} sensor MQ-135 terhadap kadar gas CO_2 (% vol)	18
12	Hasil rancang rangkaian digester	19
13	Metode pengukuran volume pada sampel D2 (a) sebelum dialiri (b) sesudah dialiri	19
14	Pengukuran volume biogas selama 10 hari fermentasi	20
15	Pengaruh variasi rasio sampel terhadap total produksi biogas	21
16	Pengukuran suhu digester selama 10 hari fermentasi	23
17	Pengukuran kadar gas CH_4 menggunakan sensor MQ-4	24
18	Pengukuran kadar gas CO_2 menggunakan sensor MQ-135	25
19	Indikator kualitas biogas dari keempat sampel	27
20	Pengaruh variasi massa CaO terhadap nilai TDS	28
21	Pengaruh massa CaO terhadap peningkatan kadar CH_4	29
22	Pengaruh massa CaO terhadap peningkatan kadar CO_2	30
23	Pengaruh massa CaO terhadap peningkatan indikator kualitas biogas	31
24	Gambar Pola XRD sampel CaO sebelum proses purifikasi	34
25	Pola XRD sampel CaCO_3 variasi CaO a) 100 gr, (b) 200 gr, dan (3) 300 gr setelah proses purifikasi	35



1	Tabel rencana jadwal kegiatan penelitian	43
2	Dokumentasi pelaksanaan penelitian	44
3	Hasil karakterisasi <i>Gas Chromatograph</i> (GC)	46
4	Hasil karakterisasi GC setelah dinormalisasi	47
5	Tabel pengukuran volume dan suhu digester 10 hari fermentasi	48
6	Tabel hasil uji kadar gas CH ₄ dan CO ₂ sebelum dan sesudah purifikasi	49
7	Perhitungan efisiensi peningkatan kadar CH ₄ 10 hari fermentasi	50
8	Tabel pengukuran tegangan keluaran (V _{out}) sensor MQ-4	51
9	Tabel pengukuran tegangan keluaran (V _{out}) sensor MQ-135	52

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.