

PRODUKSI BIOGAS MELALUI FERMENTASI ANAEROBIK KULIT KOPI DAN KOTORAN DOMBA

@Hak cipta milik IPB University

ABIMANYU PRATAMA SASONGKO



DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

Perpustakaan IPB University



@Hak cipta milik 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 usulan penelitian dengan judul “Produksi Biogas Melalui Fermentasi Anaerobik Kulit Kopi dan Kotoran Domba” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun 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, Juli 2026

Abimanyu Pratama Sasongko
NIM. G7401221054



@Hak cipta milik 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

ABIMANYU PRATAMA SASONGKO. Produksi Biogas Melalui Fermentasi Anaerobik Kulit Kopi dan Kotoran Domba. Dibimbing oleh YESSIE WIDYA SARI dan WIDYARANI.

Limbah kulit kopi merupakan biomassa berlignoselulosa yang memiliki potensi besar sebagai substrat fermentasi anaerobik, namun pemanfaatannya terkendala oleh dinding lignin sebagai sifat alami material. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh modifikasi struktural melalui pra-perlakuan fisik dan fisika-kimia terhadap kinetika produksi biogas dan gas metana (CH_4) menggunakan inokulum kotoran domba. Variasi pra-perlakuan pada substrat kulit kopi berpengaruh signifikan terhadap stabilitas derajat keasaman (pH), produksi volume kumulatif, dan persentase CH_4 yang dihasilkan. Perlakuan optimal terdapat pada sampel P2 (pra-perlakuan fisika-kimia), dengan total produksi volume mencapai 2470 mL dan memproduksi konsentrasi CH_4 tertinggi dibandingkan sampel perlakuan lainnya. Karakterisasi SEM dan XRD pada sampel P2 menunjukkan terjadinya kerusakan struktur lignin (delignifikasi) dan terbentuknya residu kalsium karbonat (CaCO_3). Keberadaan residu CaCO_3 di dalam pori biomassa terbukti bertindak sebagai larutan penyangga (*buffer*) otomatis, yang sukses menjaga ekuilibrium pH cairan dari asidosis yang berlebihan sehingga aktivitas bakteri metanogen dapat berlangsung secara maksimal.

Kata kunci: biogas, fermentasi anaerobik, kotoran domba, kulit kopi.

ABSTRACT

ABIMANYU PRATAMA SASONGKO. Biogas Production Through Anaerobic Fermentation of Coffee Husk and Sheep Manure. Supervised by YESSIE WIDYA SARI and WIDYARANI.

Coffee husk waste is a lignocellulosic biomass with great potential as a substrate for anaerobic fermentation; however, its utilization is limited by the lignin wall, which is a natural property of the material. This study aims to investigate the effect of structural modification through physical and physicochemical pretreatments on the kinetics of biogas and methane (CH_4) production using sheep manure as an inoculum. Variations in the pretreatment of the coffee husk substrate significantly affected pH stability, cumulative volume production, and the percentage of CH_4 produced. The optimal treatment was found in sample P2 (physicochemical pretreatment), with a total volume production of 2470 mL and the highest CH_4 concentration compared to the other treated samples. SEM and XRD characterization of the P2 sample revealed structural damage to the lignin (delignification) and the formation of calcium carbonate (CaCO_3) residues. The presence of CaCO_3 residues within the biomass pores was found to act as a natural buffer, successfully maintaining the liquid's pH equilibrium and preventing excessive acidosis, thereby allowing methanogenic bacteria to function at maximum efficiency.

Keywords: anaerobic fermentation, biogas, coffee husks, sheep manure.



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 2026
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.

PRODUKSI BIOGAS MELALUI FERMENTASI ANAEROBIK KULIT KOPI DAN KOTORAN DOMBA

ABIMANYU PRATAMA SASONGKO

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

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Mersi Kurniati, S.Si., M.Si.
2. Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.

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



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

Perpustakaan IPB University



Judul Penelitian : Produksi Biogas melalui Fermentasi Anaerobik Kulit Kopi dan Kotoran Domba
 Nama : Abimanyu Pratama Sasongko
 NIM : G7401221054
 Program Studi : Fisika

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
 Dr. Yessie Widya Sari, S.Si., M.Si.
 NIP. 198004142012122004

Pembimbing 2:
 Dr. Widyarani, M. Sc.
 NIP. 197903212005022001

Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika:
 Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.
 NIP. 1968091619940301001



Tanggal Ujian: 04 Agustus 2026

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala rahmat, karunia, dan kehendak-Nya sehingga karya ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian dengan judul "Produksi Biogas Melalui Fermentasi Anaerobik Kulit Kopi dan Kotoran Domba" sebagai salah satu syarat kelulusan di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, bantuan, dan kontribusi selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Ibu Dr. Yessie Widya Sari, S.Si., M.Si. dan Ibu Dr. Widyarani, M.Sc., selaku dosen pembimbing dan mentor, atas segala bimbingan, arahan, motivasi, serta saran yang diberikan kepada penulis sehingga proses pembelajaran selama kuliah dapat diselesaikan dengan baik;
2. Ibu Dr. Mersi Kurniati, M.Si. dan Bapak Dr. Ir. Irmansyah, M.Si. selaku dosen penguji, atas koreksi dan masukan untuk kesempurnaan skripsi ini;
3. Orang tua tercinta, Bunda Rani Dwi Lestari dan Abi Rudi Yuliswanto, serta saudari penulis, Abira Sachiro Khoirunissa, atas doa, dukungan, dan kasih sayang sepanjang hidup penulis;
4. Seluruh dosen dan tenaga pendidik Departemen Fisika IPB yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama menempuh pendidikan di Fisika IPB;
5. Kak Loe Loe In Il Khamul Ja'fariyyah atas bantuan selama di lab dan juga teman berdiskusi mengenai penelitian ini;
6. Pendamping penulis, Fauziah Kamil Firdaus atas kesabaran, kesediaan, dan kebaikan yang menguatkan penulis;
7. Sahabat satu bimbingan, Naufal Mustaqim, Adhirajasa Maximillian Soetomo, Thala Fairuza, dan Shakila Agustin yang telah menjadi teman berdiskusi tentang penelitian serta teman yang saling menguatkan;
8. Rekan-rekan Lab Material Fungsional yang menemani penulis dalam mengambil data dan mengisi hari-hari selama pengambilan data;
9. Teman-teman mahasiswa Fisika angkatan 59 yang telah kebersamai penulis selama menempuh pendidikan di Departemen Fisika IPB;
10. Keluarga besar PSDM Eksekutif Ormawa PKU IPB, Kaum Sufi, BPH Pesta Sains IPB 2024, Aipibi Gang, The Street Journey, JJ Chingu, dan Gatamala Fastco atas kenangan, pengalaman, dan pengembangan diri yang sangat berharga selama perkuliahan.

Semoga penelitian ini dapat memberikan hasil yang bermanfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan masyarakat.

Bogor, Juli 2026

Abimanyu Pratama Sasongko



DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Hipotesis	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Biogas	4
2.2 Kulit Kopi	5
2.3 Kotoran Domba	6
2.4 Molase dan EM4	7
2.5 Purifikasi Biogas	8
2.6 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	8
2.7 <i>X-ray Diffraction</i> (XRD)	9
2.8 Metode Uji Van Soest	9
2.9 <i>Chemical Oxygen Demand</i> dan Analisis Fenol	9
III METODE	10
3.1 Waktu dan Tempat	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Prosedur Penelitian	10
3.4 Analisis Data	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Pra-perlakuan Kulit Kopi	15
4.2 Hasil Uji Metode Van Soest	16
4.3 Hasil Analisis XRD	17
4.4 Hasil Analisis Karakterisasi Morfologi Kulit Kopi	18
4.5 Hasil Pengukuran Biogas	19
4.6 Hasil Keluaran Gas Sensor Metana	24
4.7 Hasil Analisis <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	26
4.8 Hasil Analisis Uji Total Fenol	27
V SIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Simpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	33
RIWAYAT HIDUP	42



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Analisis komposisi kimia kulit kopi	6
Tabel 2 Analisis biogas dari kotoran domba	7
Tabel 3 Rancangan percobaan	11
Tabel 4 Hasil uji fraksi serat	16
Tabel 5 Nilai pH awal dan akhir masing-masing reaktor	24
Tabel 6 Nilai analisis COD pada hasil fermentasi	26
Tabel 7 Hasil uji total fenol	27

DAFTAR GAMBAR

1	Gambar 1 Tahapan proses fermentasi anaerob	4
2	Gambar 2 Tahapan proses pengolahan biji kopi (Iriondo-Dehond <i>et al.</i> 2020)	5
3	Gambar 3 Bagian dalam buah kopi (Ferreira <i>et al.</i> 2023)	6
4	Gambar 4 Pemanfaatan molase sebagai sumber karbon dan energi (Zhang <i>et al.</i> 2021)	7
5	Gambar 5 Diagram skematik karakterisasi SEM (Acosta-Ramírez <i>et al.</i> 2026)	8
6	Gambar 6 Diagram alir tahapan penelitian	10
7	Gambar 7 Skema rangkaian penelitian	12
8	Gambar 8 Rangkaian skema sensor gas metana	12
9	Gambar 9 Sampel kulit kopi (a) tanpa pra-perlakuan (b) dihaluskan sampai ukuran 60 mesh	15
10	Gambar 10 Kulit kopi dengan lanjutan pra-perlakuan (a) perendaman dengan larutan CaOH ₂ (b) setelah dikeringkan menggunakan oven	15
11	Gambar 19 Pola XRD sampel pra-perlakuan kulit kopi	17
12	Gambar 20 Morfologi kulit kopi pada perbesaran 500x (a) tanpa pra-perlakuan (b) pra-perlakuan fisik (c) pra-perlakuan fisika-kimia	18
13	Gambar 11 Rangkaian reaktor fermentasi anaerobik	19
14	Gambar 12 Hasil pengukuran volume biogas selama 10 hari fermentasi	20
15	Gambar 13 Hasil pengukuran volume biogas selama 10 hari fermentasi ulangan ke-2	21
16	Gambar 15 Pengukuran suhu digester pada fermentasi pertama	22
17	Gambar 16 Pengukuran suhu digester pada fermentasi kedua	23
18	Gambar 17 Rangkaian sensor gas metana (CH ₄)	25
19	Gambar 18 Kurva perbandingan data konsentrasi gas dengan tegangan (V _{out}) sensor	25



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi pelaksanaan penelitian	34
Lampiran 2 Hasil karakterisasi <i>Gas Chromatography</i>	35
Lampiran 3 Tabel pengukuran volume digester pada 10 hari fermentasi	37
Lampiran 4 Tabel pengukuran suhu digester pada 10 hari fermentasi	38
Lampiran 5 Tabel hasil pengukuran tegangan keluaran (V_{out}) sensor gas metana	39
Lampiran 6 Laporan hasil uji XRD	40

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.