

## **SKRIPSI**

# **ANALISIS PURIFIKASI BIOGAS DENGAN METODE ADSORPSI MENGUNAKAN ADSORBEN KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA DAN ZEOLIT ALAM PADA BERBAGAI LAJU ALIR (STUDI KASUS: DESA CARANGWULUNG)**



**Oleh :**

**MUHAMMAD FATHIN TAQIYUDDIN**

**NPM. 21034010071**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR  
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS  
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
SURABAYA  
2025**

**ANALISIS PURIFIKASI BIOGAS DENGAN METODE ADSORPSI  
MENGUNAKAN ADSORBEN KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA  
DAN ZEOLIT ALAM PADA BERBAGAI LAJU ALIR  
(STUDI KASUS: DESA CARANGWULUNG)**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST.)  
Program Studi Teknik Lingkungan**



**Diajukan Oleh :**

**MUHAMMAD FATHIN TAQIYUDDIN**  
**NPM. 21034010071**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR  
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS  
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
SURABAYA  
2025**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ANALISIS PURIFIKASI BIOGAS DENGAN METODE ADSORPSI  
MENGUNAKAN ADSORBEN KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA  
DAN ZEOLIT ALAM PADA BERBAGAI LAJU ALIR  
(STUDI KASUS: DESA CARANGWULUNG)**

Disusun Oleh:



**MUHAMMAD FATHIN TAOIYUDDIN**

**NPM. 21034010071**

**Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian/Verifikasi Artikel Ilmiah**

Menyetujui,

Pembimbing 1,

Pembimbing 2,



**Firra Rosariawati, S.T., M.T.**  
**NIP. 19750409 202121 2 004**



**Praditya Sigit Ardisty Sitogasa, S.T., M.T.**  
**NIP. 19901001 202406 2001**

Mengetahui,  
**Dekan Fakultas Teknik dan Sains**  
**Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**



**Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.**  
**NIP. 19650403 199103 2 001**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISIS PURIFIKASI BIOGAS DENGAN METODE ADSORPSI**  
**MENGGUNAKAN ADSORBEN KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA**  
**DAN ZEOLIT ALAM PADA BERBAGAI LAJU ALIR**  
**(STUDI KASUS: DESA CARANGWULUNG)**

Disusun Oleh :

**MUHAMMAD FATHIN TAQIYUDDIN**  
**NPM. 21034010071**

Telah diuji kebenarannya oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada  
**Jurnal Serambi Engineering**  
**(Terakreditasi SINTA 4)**

Menyetujui,

**Pembimbing 1,**

**TIM PENGUJI**

**1. Ketua**

  
**Firra Rosariawati, S.T., M.T.**  
**NIP. 19750409 202121 2 004**

  
**Aussie Amalia, S.T., M.Sc.**  
**NPT. 172 1993 1124 059**

**Pembimbing 2,**

**2. Anggota**

  
**Praditya Sigit Ardisty Sitogasa, S.T., M.T.**  
**NIP. 19901001 202406 2001**

  
**Mohamad Mirwan, S.T., M.T.**  
**NIP. 19760212 202121 1 004**

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Teknik dan Sains**  
**Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**

  
**Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.**  
**NIP. 19650403 199103 2 001**

**LEMBAR REVISI**

**ANALISIS PURIFIKASI BIOGAS DENGAN METODE ADSORPSI  
MENGUNAKAN ADSORBEN KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA  
DAN ZEOLIT ALAM PADA BERBAGAI LAJU ALIR  
(STUDI KASUS: DESA CARANGWULUNG)**

Disusun Oleh :

**MUHAMMAD FATHIN TAQIYUDDIN**  
**NPM. 21034010071**

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 15 Juli 2025

**TIM PENILAI**

Ketua,

**Aussie Amalia, S.T., M.Sc.**  
**NPT. 172 1992 1124 059**

Anggota,

**Mohamad Mirwan, S.T., M.T.**  
**NIP. 19760212 202121 1 004**

## SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fathin Taqiyuddin  
NIM : 21034010071  
Fakultas /Program Studi : Teknik dan Sains/ Teknik Lingkungan  
Judul Skripsi : Analisis Purifikasi Biogas dengan Metode Adsorpsi Menggunakan Adsorben Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Zeolit Alam pada Berbagai Laju Alir (Studi Kasus: Desa Carangwulung)

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN “Veteran” Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima konsekuensi apa pun , sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN “Veteran” Jawa Timur.

Surabaya, 15 Juli 2025

Yang Menyatakan

  
  
M. Fathin Taqiyuddin  
NIM. 21034010071

## KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Analisis Purifikasi Biogas dengan Metode Adsorpsi Menggunakan Adsorben Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Zeolit Alam pada Berbagai Laju Alir (Studi Kasus: Desa Carangwulung)” dengan baik dan tepat waktu.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Firra Rosariawari, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan sekaligus dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Praditya Sigit Ardisty Sitogasa, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan saran, kritik, serta ilmu yang sangat bermanfaat dalam penyusunan skripsi ini.
4. Dr. Aulia Ulfah Farahdiba, S.T., M.Sc., selaku dosen penguji I, yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang membangun guna penyempurnaan skripsi ini.
5. Mohamad Mirwan, S.T., M.Sc., selaku dosen penguji II, atas evaluasi dan tanggapan yang sangat berarti bagi pengembangan kualitas skripsi ini.
6. Kedua orang tua dan seluruh keluarga tercinta atas kasih sayang, doa, serta dukungan moral dan materiil yang tiada henti.
7. Sahabat, teman-teman, dan seluruh rekan mahasiswa Teknik Lingkungan angkatan 2021, khususnya Naufal Arhab Febianto atas segala bantuan dan dukungannya selama proses penyusunan skripsi.
8. Adelia Putri Sumarsono, atas kesabaran, pengertian, dan dukungan yang tulus serta senantiasa menjadi sumber semangat dan motivasi bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang energi terbarukan.

Surabaya, 15 Juli 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                                    |      |
|--------------------------------------------------------------------|------|
| KATA PENGANTAR.....                                                | i    |
| DAFTAR ISI .....                                                   | iii  |
| DAFTAR TABEL.....                                                  | vi   |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                | vii  |
| ABSTRAK .....                                                      | viii |
| <i>ABSTRACT</i> .....                                              | ix   |
| BAB 1 PENDAHULUAN .....                                            | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....                                           | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                          | 2    |
| 1.3 Tujuan.....                                                    | 3    |
| 1.4 Manfaat .....                                                  | 3    |
| 1.5 Ruang Lingkup.....                                             | 3    |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....                                        | 5    |
| 2.1 Limbah Kotoran Sapi .....                                      | 5    |
| 2.2 Biogas.....                                                    | 6    |
| 2.2.1 Proses Pembentukan Biogas .....                              | 7    |
| 2.2.2 Komponen Penyusun Biogas .....                               | 9    |
| 2.2.3 Sifat Gas Penyusun Biogas .....                              | 10   |
| 2.2.4 Kualitas Nyala Api Biogas .....                              | 12   |
| 2.3 Teknologi Purifikasi Biogas .....                              | 13   |
| 2.4 Adsorpsi .....                                                 | 14   |
| 2.4.1 Tahapan Adsorpsi .....                                       | 15   |
| 2.4.2 Metode Adsorpsi .....                                        | 16   |
| 2.4.3 Tempat Terjadinya Adsorpsi.....                              | 17   |
| 2.4.4 Mekanisme Transfer Gas ke Adsorben .....                     | 18   |
| 2.4.5 Prinsip Kerja Adsorpsi .....                                 | 19   |
| 2.4.6 Parameter – Parameter yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi..... | 20   |
| 2.5 Adsorben .....                                                 | 23   |
| 2.5.1 Aktivasi Adsorben.....                                       | 23   |

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.5.2 Jenis-Jenis Media Adsorben .....                                                                                          | 24 |
| 2.6 Penelitian Terdahulu .....                                                                                                  | 28 |
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....                                                                                               | 31 |
| 3.1 Kerangka Penelitian .....                                                                                                   | 31 |
| 3.2 Alat dan Bahan .....                                                                                                        | 32 |
| 3.2.1 Alat .....                                                                                                                | 32 |
| 3.2.2 Bahan .....                                                                                                               | 32 |
| 3.3 Prosedur Kerja .....                                                                                                        | 33 |
| 3.3.1 Diagram Alir Prosedur Kerja .....                                                                                         | 33 |
| 3.3.2 Desain dan Pembuatan Reaktor .....                                                                                        | 33 |
| 3.3.3 Pengambilan Sampel Biogas .....                                                                                           | 35 |
| 3.3.4 Tahapan Preparasi Adsorben .....                                                                                          | 35 |
| 3.3.5 Tahapan <i>Running</i> Reaktor .....                                                                                      | 36 |
| 3.4 Variabel Penelitian .....                                                                                                   | 37 |
| 3.5 Analisis Data .....                                                                                                         | 37 |
| 3.6 Jadwal Kegiatan Penelitian .....                                                                                            | 40 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....                                                                                                | 41 |
| 4.1 Hasil Penelitian .....                                                                                                      | 41 |
| 4.1.1 Hasil Kadar Gas CO <sub>2</sub> dan H <sub>2</sub> S pada Biogas .....                                                    | 42 |
| 4.1.2 Hasil Kadar Gas CH <sub>4</sub> pada Biogas .....                                                                         | 46 |
| 4.2 Pembahasan .....                                                                                                            | 49 |
| 4.2.1 Efektivitas Variasi Adsorben dan Laju Alir Biogas terhadap Penurunan Kadar Gas CO <sub>2</sub> dan H <sub>2</sub> S ..... | 49 |
| 4.2.2 Efektivitas Variasi Adsorben dan Laju Alir Biogas terhadap Peningkatan Kadar Metana (CH <sub>4</sub> ) .....              | 55 |
| 4.3 Analisis Kualitas Nyala Api .....                                                                                           | 59 |
| 4.3.1 Pengaruh Kadar Metana (CH <sub>4</sub> ) terhadap Lama Nyala Api .....                                                    | 59 |
| 4.3.2 Pengaruh Kadar Metana (CH <sub>4</sub> ) terhadap Warna Nyala Api .....                                                   | 61 |
| 4.4 Implementasi Purifikasi Biogas di Peternak Sapi Desa Carangwulung .....                                                     | 62 |
| 4.5 Analisis Statistika .....                                                                                                   | 64 |

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.5.1 Pengaruh Komposisi Adsorben dan Laju Alir terhadap Penurunan Kadar Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ).....  | 64 |
| 4.5.2 Pengaruh Komposisi Adsorben dan Laju Alir terhadap Penurunan Kadar Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)..... | 66 |
| 4.5.3 Pengaruh Komposisi Adsorben dan Laju Alir terhadap Peningkatan Kadar Metana (CH <sub>4</sub> ) .....        | 67 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....                                                                                  | 70 |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                                                              | 70 |
| 5.2 Saran .....                                                                                                   | 70 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                                                              | 72 |
| LAMPIRAN.....                                                                                                     | 80 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2. 1 Komposisi Senyawa Lignoselulosa Kotoran Sapi .....                     | 5  |
| Tabel 2. 2 Kandungan Biogas dari Kotoran Sapi .....                               | 9  |
| Tabel 2. 3 Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Kimia .....                              | 20 |
| Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu .....                                             | 28 |
| Tabel 3. 1 Fungsi Alat Dalam Rangkaian Reaktor Purifikasi Biogas .....            | 34 |
| Tabel 3. 2 Metode Analisis Data .....                                             | 38 |
| Tabel 3. 3 Matriks Penelitian .....                                               | 39 |
| Tabel 3. 4 Jadwal Kegiatan Penelitian .....                                       | 40 |
| Tabel 4.1 Hasil Kadar CO <sub>2</sub> dan H <sub>2</sub> S pada Biogas .....      | 42 |
| Tabel 4.2 Hasil Kadar CH <sub>4</sub> pada Biogas .....                           | 47 |
| Tabel 4.3 Efektivitas Penurunan Kadar CO <sub>2</sub> dan H <sub>2</sub> S .....  | 50 |
| Tabel 4. 4 Efektivitas Peningkatan Kadar CH <sub>4</sub> .....                    | 56 |
| Tabel 4. 5 Pengaruh Kadar Metana (CH <sub>4</sub> ) terhadap Lama Nyala Api ..... | 59 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Proses Produksi Biogas di Peternakan Sapi .....                              | 6  |
| Gambar 2. 2 Perbedaan Absorpsi dengan Adsorpsi .....                                     | 15 |
| Gambar 2. 3 Proses Adsorpsi Secara Batch .....                                           | 16 |
| Gambar 2. 4 Proses Adsorpsi Secara Kolom .....                                           | 17 |
| Gambar 2. 5 Tempat Terjadinya Adsorpsi.....                                              | 18 |
| Gambar 2. 6 Karbon Aktif.....                                                            | 25 |
| Gambar 2. 7 Zeolit Alam.....                                                             | 27 |
| Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian .....                                                    | 31 |
| Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian.....                                                 | 33 |
| Gambar 3. 3 Desain Reaktor Kolom Adsorpsi.....                                           | 34 |
| Gambar 3. 4 Desain Rangkaian Reaktor Purifikasi Biogas .....                             | 34 |
| Gambar 3. 5 Lokasi Pengambilan Sampel Biogas di Peternakan Sapi .....                    | 35 |
| Gambar 4.1 Pengaruh Variasi Adsorben dan Laju Alir terhadap Kadar CO <sub>2</sub> .....  | 43 |
| Gambar 4.2 Pengaruh Variasi Adsorben dengan Laju Alir terhadap Kadar H <sub>2</sub> S .. | 45 |
| Gambar 4.3 Pengaruh Variasi Adsorben dengan Laju Alir terhadap Kadar CH <sub>4</sub> ..  | 48 |
| Gambar 4.4 Grafik Efektivitas Penurunan Kadar CO <sub>2</sub> .....                      | 51 |
| Gambar 4.5 Grafik Efektivitas Penurunan Kadar H <sub>2</sub> S.....                      | 53 |
| Gambar 4. 6 Efektivitas Peningkatan Kadar CH <sub>4</sub> .....                          | 56 |
| Gambar 4. 7 Pengaruh Kadar Metana (CH <sub>4</sub> ) terhadap Lama Nyala Api .....       | 60 |
| Gambar 4. 8 Hasil ANOVA Two-Way Efektivitas Penurunan Kadar CO <sub>2</sub> .....        | 64 |
| Gambar 4. 9 Hasil ANOVA Two-Way Efektivitas Penurunan Kadar H <sub>2</sub> S.....        | 66 |
| Gambar 4. 10 Hasil ANOVA Two-Way Efektivitas Peningkatan Kadar CH <sub>4</sub> .....     | 68 |

## ABSTRAK

Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang potensial, namun kandungan gas pengotor seperti karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) menurunkan kualitas dan efisiensinya sebagai bahan bakar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas metode adsorpsi menggunakan kombinasi karbon aktif tempurung kelapa dan zeolit alam dalam menurunkan kadar  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  serta meningkatkan kadar metana ( $\text{CH}_4$ ) pada biogas. Biogas yang digunakan diproduksi dari peternakan sapi di Desa Carangwulung. Variabel yang diuji meliputi variasi komposisi adsorben karbon aktif (C) dan zeolit (Z) dengan laju alir biogas 0,2 L/menit, 0,4 L/menit, dan 0,6 L/menit. Pengujian dilakukan dengan massa adsorben 300 gram yang teraktivasi KOH dan tekanan yang dihasilkan berkisar 9–13 mbar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi adsorben 50C:50Z dengan laju alir 0,2 L/menit memberikan performa terbaik. Pada kondisi ini, kadar  $\text{CO}_2$  berhasil diturunkan dari 22% menjadi 3%,  $\text{H}_2\text{S}$  dari 99 ppm menjadi 3 ppm, dan kadar  $\text{CH}_4$  meningkat dari 45% menjadi 87%, menghasilkan efektivitas peningkatan metana sebesar 48%. Proses adsorpsi pada laju alir rendah memberikan waktu kontak optimal antara gas dan adsorben, sehingga meningkatkan efisiensi pemisahan gas pengotor. Dalam implementasinya, biogas hasil purifikasi perlu ditampung terlebih untuk menjaga kestabilan tekanan dan aliran biogas, sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar. Meskipun laju alir 0,2 L/menit memberikan efektivitas tertinggi, laju alir 0,6 L/menit dinilai lebih efisien secara operasional karena mampu memenuhi kebutuhan tangki penampung berkapasitas  $0,72 \text{ m}^3$  dalam waktu 20 jam, serta tetap menghasilkan kualitas biogas yang baik.

**Kata kunci:** Biogas, Adsorpsi, Karbon Aktif, Zeolit, Metana, Karbon Dioksida, Hidrogen Sulfida.

## **ABSTRACT**

*Biogas is a potential renewable energy source, but the content of impurity gases such as carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) reduces its quality and efficiency as a fuel. This study aims to analyze the effectiveness of the adsorption method using a combination of coconut shell activated carbon and natural zeolite in reducing CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S levels and increasing methane (CH<sub>4</sub>) levels in biogas. The biogas used was produced from a cattle farm in Carangwulung Village. The variables tested included variations in the composition of activated carbon (C) and zeolite (Z) adsorbents with biogas flow rates of 0.2 L/min, 0.4 L/min, and 0.6 L/min. The test was carried out with an adsorbent mass of 300 grams activated by KOH and the resulting pressure ranged from 9–13 mbar. The results showed that the adsorbent composition of 50C:50Z with a flow rate of 0.2 L/min gave the best performance. Under these conditions, CO<sub>2</sub> levels were successfully reduced from 22% to 3%, H<sub>2</sub>S from 99 ppm to 3 ppm, and CH<sub>4</sub> levels increased from 45% to 87%, resulting in an effective increase in methane of 48%. The adsorption process at low flow rates provides optimal contact time between gas and adsorbent, thereby increasing the efficiency of impurity gas separation. In its implementation, the purified biogas needs to be stored first to maintain the stability of biogas pressure and flow, so that it can be used as fuel. Although a flow rate of 0.2 L/min provides the highest effectiveness, a flow rate of 0.6 L/min is considered more operationally efficient because it is able to meet the needs of a 0.72 m<sup>3</sup> storage tank within 20 hours, while still producing good biogas quality.*

**Keywords:** *Biogas, Adsorption, Activated Carbon, Zeolite, Methane, Carbon Dioxide, Hydrogen Sulfide.*