

SKRIPSI

**LISASI PRODUKSI BIOGAS MELALUI
PENAMBAHAN *TRACE METALS* (Mo dan Zn)
DENGAN PEMANFAATAN KOTORAN SAPI,
ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*), DAN
SAMPAH ORGANIK PADA *DIGESTER*
BATCH REACTOR**



Oleh :

NAUFAL ARHAB FEBIANTO

21034010078

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JATIM
SURABAYA
TAHUN 2025**

**OPTIMALISASI PRODUKSI BIOGAS MELALUI PENAMBAHAN
TRACE METALS (Mo dan Zn) DENGAN PEMANFAATAN KOTORAN
SAPI, ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*), DAN SAMPAH ORGANIK
PADA DIGESTER BATCH REACTOR**

SKRIPSI



Oleh :

NAUFAL ARHAB FEBIANTO
NPM 21034010078

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

2025

**OPTIMALISASI PRODUKSI BIOGAS MELALUI PENAMBAHAN
TRACE METALS (Mo dan Zn) DENGAN PEMANFAATAN KOTORAN
SAPI, ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*), DAN SAMPAH ORGANIK
PADA DIGESTER BATCH REACTOR**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh :

NAUFAL ARHAB FEBIANTO

NPM: 21034010078

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

LEMBAR PERSETUJUAN

OPTIMALISASI PRODUKSI BIOGAS MELALUI PENAMBAHAN TRACE METALS (Mo dan Zn) DENGAN PEMANFAATAN KOTORAN SAPI, ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*), DAN SAMPAH ORGANIK PADA DIGESTER BATCH REACTOR

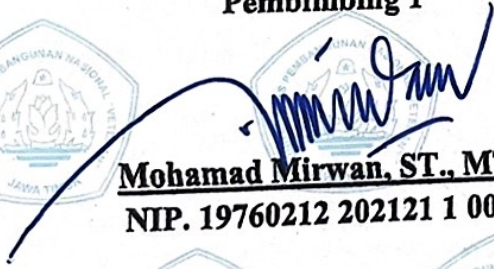
Disusun Oleh:


NAUFAL ARHAB FEBIANTO
NPM. 21034010078

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Pembimbing 1


Mohamad Mirwan, ST., MT.
NIP. 19760212 202121 1 004

Pembimbing 2


M Abdus Salam Jawwad, S.T., M.Sc.
NIP. 19940727 202406 1001

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

OPTIMALISASI PRODUKSI BIOGAS MELALUI PENAMBAHAN *TRACE METALS* (Mo dan Zn) DENGAN PEMANFAATAN KOTORAN SAPI, ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*), DAN SAMPAH ORGANIK PADA *DIGESTER BATCH REACTOR*

Disusun Oleh:


Naufal Arhab Febianto
NPM. 21034010078

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

Menyetujui,

TIM PENGUJI

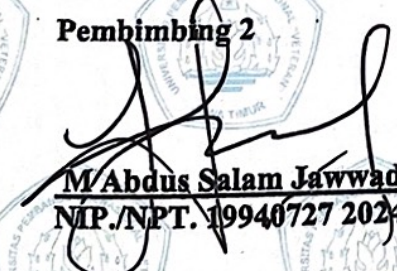
Pembimbing 1


Mohamad Mirwan, ST., MT.
NIP./NPT. 19760212 202121 1 004

1. Ketua


Dr. Ir. Maroeto, M.P.
NIP./NPT. 19660719 199103 1 00 1

Pembimbing 2


M. Abdus Salam Jawwad, S.T., M.Sc.
NIP./NPT. 19940727 202406 1001

2. Anggota


Ir. Tuhu Agung Rachmanto, M.T.
NIP./NPT. 19620501 198803 1 001

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

OPTIMALISASI PRODUKSI BIOGAS MELALUI PENAMBAHAN *TRACE METALS* (Mo dan Zn) DENGAN PEMANFAATAN KOTORAN SAPI, ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*), DAN SAMPAH ORGANIK PADA *DIGESTER BATCH REACTOR*

Disusun Oleh:



NAUFAL ARHAB FEBIANTO

NPM. 21034010078

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 12 September 2025

TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA

Dr. Ir. Maroeto, M.P.
NIP./NPT. 19660719 199103 1001

Ir. Tuhu Agung Rachmanto, M.T.
NIP./NPT. 19620501 198803 1 001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Naufal Arhab Febianto
NPM : 21034010078
Program : Sarjana(S1)
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik Dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi* ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi/Tesis/Desertasi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 12 September 2025

Yang Membuat Pernyataan



Naufal ArhabFebianto
NPM. 210340100781

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, hidayah serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menulis tugas akhir skripsi dengan judul **”Optimalisasi Produksi Biogas Melalui Penambahan *Trace metals* (Mo dan Zn) dengan Pemanfaatan Kotoran Sapi, Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) dan Sampah Organik pada *Digester Batch Reactor*”**. Skripsi ini dapat tersusun atas dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof.Dr. Dra. Jariyah, MP., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Firra Rosiawari, ST., MT. selaku Koordinator Progdi Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Mohamad Mirwan, ST., MT. dan Muhammad Abdus Salam Jawwad, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing Skripsi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bantuan serta bimbingan juga kritik maupun saran dalam penyusunan Skripsi.
4. Orang Tua dan Keluarga penulis yang selalu memberi dukungan berupa moril dan kasing sayang yang tidak terhingga.

Penulis telah berusaha memberikan yang terbaik dalam penyusunan skripsi ini namun apabila terdapat kesalahan, penulis berharap hal ini dapat menjadi perbaikan di masa datang. Universitas khususnya program studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Surabaya, 23 februari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	I
DAFTAR ISI.....	II
DAFTAR TABEL	IV
DAFTAR GAMBAR.....	V
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Ruang Lingkup.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1.1 Pengertian Biogas.....	6
2.1 Biogas.....	6
2.1.2 Kandungan Biogas.....	6
2.1.3 Proses Pembentukan Biogas.....	7
2.1.4 Faktor – faktor yang Memengaruhi Biogas.....	9
2.2 Bahan Baku Biogas.....	11
2.2.1 Sampah Organik.....	12
2.2.2 Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>).....	12
2.2.3 Kotoran Sapi.....	13
2.2.4 Trace Metals Sebagai Nutrisi Mikroorganisme.....	14
2.3 Biodigester.....	17
2.3.1 Pengertian Biodigester.....	17
2.3.2 Komponen Biodigester.....	18
2.3.3 Jenis Jenis Biodigester.....	19
2.4 Penelitian Terdahulu.....	23
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Kerangka Penelitian.....	26
3.2 Alat dan Bahan.....	27
3.2.1 Alat Penelitian.....	27
3.2.2 Bahan Penelitian.....	27
3.2.3 Variable Penelitian.....	27
3.2.4 Variable Tetap.....	27
3.2.5 Variabel Bebas.....	28
3.2.6 Variabel Terikat.....	28
3.3 Mekanisme Kerja.....	28
3.3.1 Pembuatan tabung digester.....	28
3.3.2 Prosedur kerja.....	29
3.3.3 Matriks Penelitian.....	31
3.3.4 Analisis Data dan Hasil.....	31

3.4	Jadwal Penelitian.....	34
3.5	Rencana Anggaran Biaya.....	35
BAB IV		36
HASIL DAN PEMBAHASAN		36
4.1.	Hasil Penelitian.....	36
4.1.1.	Pengaruh Penambahan Trace Metals Molybdenum, dan Seng terhadap Volume Produksi Biogas yang Dihasilkan dari Bahan Baku Eceng Gondok, Sampah Organik Buah dan Kotoran Sapi.....	37
4.1.2.	Hubungan antara rasio C/N Substrat Kotoran Sapi, Eceng Gondok dan Sampah Organik Buah dengan Penambahan <i>Trace Metals Molybdenum</i> dan Seng Terhadap Kadar CH ₄	41
4.2.	Pembahasan Penelitian.....	44
4.2.1.	Pengaruh Penambahan Trace Metals Molybdenum, dan Seng Terhadap Volume Produksi Biogas.....	44
4.2.2.	Hubungan Antara Rasio C/N Substrat Kotoran Sapi, Eceng Gondok dan Sampah Organik Buah Dengan Penambahan <i>Trace Metals Molybdenum</i> dan seng Terhadap Kadar CH ₄	62
4.2.3.	Kondisi Optimal Komposisi Bahan Baku dan Waktu Fermentasi untuk Menghasilkan Lama Nyala Api Biogas dengan Efisiensi Terbaik.....	73
BAB V.....		78
KESIMPULAN DAN SARAN		78
5.1.	KESIMPULAN	78
5.2.	SARAN.....	78
DAFTAR PUSTAKA.....		80
LAMPIRAN.....		85

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komponen Biogas.....	7
Tabel 2. 2 Rasio Karbon dan Nitrogen (C/N) dari beberapa bahan	11
Tabel 2. 3 Karakteristik Kotoran Sapi	14
Tabel 2. 4 Komposisi Senyawa Lignoselulosa Kotoran Sapi	14
Tabel 2. 5 Mikronutrien	15
Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu	23
Tabel 3. 1 Matriks Penelitian	31
Tabel 3. 2 Metode Analisis Data	31
Tabel 3. 3 Jadwal Kegiatan	34
Tabel 4. 1 Penambahan trace metals Mo dan Zn terhadap volume biogas	38
Tabel 4. 2 Kadar Gas CH ₄ Biogas Dengan Penambahan Trace Metals	39
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Kadar pH pada Proses Fermentasi.....	40
Tabel 4. 4 Hasil Analisis Suhu pada Proses Fermentasi	41
Tabel 4. 5 Hasil C/N dari Substrat Dengan Penambahan Trace Metals	41
Tabel 4. 6 Hasil Hubungan C/N Terhadap Kadar Gas CH ₄	42
Tabel 4. 7 Hasil Komposisi Bahan Baku Terhadap Lama Nyala Api Biogas	43
Tabel 4. 8 Pengaruh trace metals Mo dan Zn terhadap volume biogas	45
Tabel 4. 9 Kadar Gas CH ₄ Biogas Dengan Penambahan Trace Metals	48
Tabel 4. 10 Analisis Kadar pH pada Proses Fermentasi	53
Tabel 4. 11 Analisis Suhu pada Proses Fermentasi.....	57
Tabel 4.12 C/N dari Substrat Dengan Penambahan Trace Metals.....	63
Tabel 4. 13 Hubungan C/N Terhadap Kadar Gas CH ₄	69
Tabel 4. 14 Komposisi Bahan Baku Terhadap Lama Nyala Api Biogas.....	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses pembentukan biogas	8
Gambar 2. 2 Sampah buah - buahan	12
Gambar 2. 3 Eceng gondok.....	13
Gambar 2. 4 Covered lagoon	20
Gambar 2. 5 CSTR.....	21
Gambar 2. 6 Plug flow digester	21
Gambar 2. 7 FBR	22
Gambar 3. 1 Digester Batch Reactor.....	29
Gambar 4. 1 Grafik Hubungan Trace Metals dengan Volume Biogas	45
Gambar 4. 2 Kadar Gas CH ₄ Biogas Dengan Penambahan Trace Metals	49
Gambar 4. 3 pH Selama Proses Fermentasi	54
Gambar 4. 4 Suhu Selama Proses Fermentasi.....	58
Gambar 4. 5 Kadar Rasio C/N	65
Gambar 4. 6 Komposisi Bahan Baku Terhadap Lama Nyala Api Biogas	75

Abstrak

Produksi biogas menjadi salah satu solusi dalam mengatasi permasalahan limbah organik sekaligus menyediakan energi alternatif yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan produksi biogas dengan menambahkan trace metals berupa molybdenum (Mo) dan seng (Zn) ke dalam substrat campuran eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), sampah organik buah-buahan, dan kotoran sapi. Penelitian dilakukan menggunakan sistem fermentasi anaerob dalam reaktor batch selama 35 hari, dengan empat variasi substrat yaitu: kontrol (tanpa trace metal), penambahan Mo 5 mg/kg, Zn 5 mg/kg, dan kombinasi Mo+Zn masing-masing 2,5 mg/kg. Parameter yang diamati meliputi volume biogas, tekanan, kadar metana (CH_4), rasio C/N, pH, suhu, serta lama nyala api.

Hasil menunjukkan bahwa penambahan trace metals, terutama kombinasi Mo dan Zn, memberikan peningkatan signifikan pada volume dan kualitas biogas. Volume biogas tertinggi dicapai pada hari ke-15 dengan nilai 7479 mL pada substrat Zn, sedangkan kadar CH_4 tertinggi dihasilkan dari kombinasi Mo+Zn. Penambahan trace metals juga mempengaruhi kestabilan pH dan mempercepat fase aktif fermentasi. Rasio C/N yang optimal juga berkontribusi pada efisiensi pembentukan gas metana. Dengan demikian, penambahan nutrisi mikro ini terbukti mampu meningkatkan aktivitas bakteri metanogen dan mempercepat proses konversi bahan organik menjadi energi. Penelitian ini memberikan alternatif dalam pengolahan limbah organik serta menjadi strategi untuk mendukung pengembangan energi terbarukan skala rumah tangga dan industri kecil.

Kata Kunci: Biogas, *Trace Metals*, *Molybdenum*, Seng, Eceng Gondok, Kotoran Sapi, Rasio C/N, CH_4

Abstrac

Biogas production offers a sustainable solution for managing organic waste while simultaneously providing a renewable and environmentally friendly energy source. This study aims to optimize biogas generation by supplementing trace metals, specifically molybdenum (Mo) and zinc (Zn), into a substrate mixture of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), fruit-based organic waste, and cow manure. The experiment utilized a batch anaerobic digestion system over a 35-day period, testing four substrate variations: control (no trace metals), Mo (5 mg/kg), Zn (5 mg/kg), and a combination of Mo+Zn (2.5 mg/kg each). Key parameters observed included biogas volume, gas pressure, methane (CH₄) content, C/N ratio, pH, temperature, and flame duration.

The results indicated that trace metal supplementation, particularly the Mo+Zn combination, significantly enhanced both the volume and quality of biogas. The highest gas volume was observed on day 15 at 7479 mL with Zn addition, while the highest methane concentration resulted from the combined Mo+Zn treatment. Trace metals contributed to pH stability and accelerated the active fermentation phase. An optimal C/N ratio was also found to enhance methanogenic activity, leading to better biogas yields. These findings demonstrate that micro-nutrient enrichment effectively stimulates methanogenic bacteria and improves the anaerobic digestion efficiency of lignocellulosic and organic waste materials. This research supports the development of renewable energy strategies for both household-scale and small-industry applications using waste as an alternative energy resource.

Keywords: Biogas, Trace Metals, Molybdenum, Zinc, Water Hyacinth, Cow Manure, C/N Ratio, CH₄