

SKRIPSI

**Pengaruh Penambahan *Sludge* Industri Pangan dan
Proses Dehidrasi terhadap Produksi Bioetanol dari
Sampah Sisa Makanan Program MBG (Makanan
Bergizi Gratis)**



Oleh :

YUSUF ARDIANSYAH
NPM 22034010090

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JATIM
SURABAYA**

2026

**Pengaruh Penambahan *Sludge* Industri Pangan dan Proses Dehidrasi
terhadap Produksi Bioetanol dari Sampah Sisa Makanan Program MBG
(Makanan Bergizi Gratis)**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh :

**YUSUF ARDIANSYAH
NPM. 22034010090**

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

2026

LEMBAR PERSETUJUAN

Pengaruh Penambahan *Sludge* Industri Pangan dan Proses Dehidrasi terhadap Produksi Bioetanol dari Sampah Sisa Makanan Program MBG (Makanan Bergizi Gratis)

Disusun Oleh :

Yusuf Ardiansyah
NPM. 22034010090

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


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


Muhammad Faisal Fadhil, S.T., M.Sc.
NIP. 19901224 202406 1 001

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

Pengaruh Penambahan *Sludge* Industri Pangan dan Proses Dehidrasi terhadap Produksi Bioetanol dari Sampah Sisa Makanan Program MBG (Makanan Bergizi Gratis)

Disusun Oleh :

Yusuf Ardiansyah
NPM. 22034010090

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal JWIKAL
(Terakreditasi Sinta 5)

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

TIM PENGUJI
1. Ketua

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

Firra Rosariawari, S.T., M.T.
NIP. 19750409 202121 2 004

Dosen Pembimbing II

2. Anggota

Muhammad Faisal Fadhil, S.T., M.Sc.
NIP. 19901224 202406 1 001

Restu Hikmah Ayu Murti, S.ST., M.Sc.
NIP. 19930416 202506 2 005

Mengetahui,

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

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

LEMBAR REVISI

**Pengaruh Penambahan *Sludge* Industri Pangan dan Proses Dehidrasi
terhadap Produksi Bioetanol dari Sampah Sisa Makanan Program MBG
(Makanan Bergizi Gratis)**

Disusun Oleh :

Yusuf Ardiansyah
NPM. 22034010090

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 28 Agustus 2026

TIM PENILAI

KETUA


Elra Rosariawati, S.T., M.T.
NIP. 19750409 202121 2 004

ANGGOTA


Restu Hikmah Ayu Murti, S.ST., M.Sc.
NIP. 19930416 202506 2 005

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yusuf Ardiansyah
NPM : 22034010090
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah 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 ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang - undangan yang berlaku.

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

Surabaya, 28 Agustus 2026

Yang Membuat Pernyataan



Yusuf Ardiansyah
NPM. 22034010090

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah memberikan Rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Pengaruh Penambahan *Sludge* Industri Pangan dan Proses Dehidrasi terhadap Produksi Bioetanol dari Sampah Sisa Makanan Program MBG (Makan Bergizi Gratis)”** ini dengan baik. Dalam proses penyusunan laporan ini, penulis telah banyak menerima bimbingan, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih 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, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Mohamad Mirwan, S.T., M.T., dan Muhammad Faisal Fadhil, S.T., M.Sc, selaku dosen pembimbing yang telah membantu, mengarahkan, dan membimbing saya sehingga laporan ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan semangat, kasih sayang, doa, motivasi, serta dukungan baik moril maupun materi.
5. Nurul Rahma Anggraini yang telah memberikan segala dukungan, kesabaran, serta memberikan motivasi tanpa henti dalam setiap proses pengerjaan hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Teman - teman Teknik Lingkungan Angkatan 2022 yang senantiasa membantu dan memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan laporan ini.
7. Terakhir, terima kasih kepada diri sendiri yang selalu berusaha dan bekerja keras untuk melewati rintangan dan kesulitan yang ada dalam penyusunan proposal ini.

Penyusunan laporan ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan. Untuk itu, kritik

dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk dapat menjadi perbaikan di masa datang. Semoga laporan proposal ini bisa memberikan manfaat bagi penulis, pembaca, dan universitas, khususnya program studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Surabaya, 28 Agustus 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT.....	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Lingkup Penelitian.....	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Umum.....	6
2.1.1 Sampah Sisa Makanan (<i>Food Waste</i>).....	6
2.1.2 Program Makan Bergizi Gratis (MBG).....	8
2.1.3 <i>Sludge</i> Industri Pangan.....	9
2.1.4 Bioetanol.....	10
2.2 Landasan Teori.....	12
2.2.1 Konversi Sampah Menjadi Bioetanol.....	12
2.2.2 Proses Produksi Bioetanol.....	12
2.2.2.1 <i>Pretreatment</i>	13
2.2.2.2 Hidrolisis.....	13
2.2.2.3 Fermentasi.....	15
2.2.2.4 Distilasi.....	16
2.2.3 Pengaruh Komposisi Substrat Terhadap Produksi Bioetanol.....	17
2.2.4 Dehidrasi Bioetanol.....	19
2.2.5 Adsorben.....	20
2.2.5.1 Zeolit 3A.....	20
2.2.5.2 Silika Gel.....	21
2.2.6 Parameter Kualitas Bioetanol.....	22
2.3 Penelitian Terdahulu.....	23
BAB III.....	27

METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Kerangka Penelitian.....	27
3.2 Bahan dan Alat.....	28
3.2.1 Bahan.....	28
3.2.2 Alat.....	29
3.3 Cara Kerja.....	29
3.3.1 Pengambilan Sampel.....	30
3.3.2 Persiapan Penelitian.....	31
3.3.3 Pembuatan Bioetanol.....	32
3.4 Variabel.....	36
3.4.1 Variabel Bebas.....	36
3.4.2 Variabel Terikat.....	36
3.4.3 Variabel Kontrol.....	36
3.5 Analisis.....	37
3.5.1 Uji Kadar Etanol.....	37
3.5.2 Yield Etanol (%).....	38
3.5.3 Uji Kadar Air.....	39
3.5.4 Uji Densitas.....	40
3.5.5 Uji Angka Oktan (RON).....	41
3.5.6 Analisis Kualitas SNI 7390:2012.....	41
3.5.7 Analisis Hubungan Variabel Penelitian.....	42
3.6 Matriks Penelitian.....	42
BAB IV.....	45
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1 Pengaruh Variasi Komposisi Sampah Sisa Makanan (<i>Food Waste</i>) dan <i>Sludge</i> Industri Pangan terhadap Kadar Etanol yang Dihasilkan.....	45
4.1.1 Karakteristik Awal Substrat Bioetanol.....	45
4.1.2 Timbulan Sampah Sisa Makanan Program MBG.....	47
4.1.3 Hasil Bioetanol Berdasarkan Variasi Komposisi Sampah Sisa Makanan (<i>Food Waste</i>) dan <i>Sludge</i> Industri Pangan.....	50
4.1.3.1 Pengaruh Variasi Komposisi Sampah Sisa Makanan (<i>Food Waste</i>) dan <i>Sludge</i> Industri Pangan terhadap Kadar Etanol.....	52
4.1.3.2 Pengaruh Variasi Komposisi Sampah Sisa Makanan (<i>Food Waste</i>) dan <i>Sludge</i> Industri Pangan terhadap Yield Etanol.....	53
4.1.4 Analisis Statistik.....	54
4.1.4.1 Uji Normalitas Kadar Etanol.....	54
4.1.4.2 Uji Normalitas Yield Etanol.....	55

4.1.4.3 Uji ANOVA <i>One-Way</i> Pengaruh Variasi Komposisi Substrat terhadap Kadar Etanol.....	56
4.1.4.4 Uji ANOVA <i>One-Way</i> Pengaruh Variasi Komposisi Substrat terhadap Yield Etanol.....	57
4.2 Efektivitas Adsorben (Zeolit 3A & Silika gel) dalam Proses Dehidrasi Bioetanol.....	59
4.2.1 Hasil Dehidrasi Bioetanol dengan Penggunaan Adsorben (Zeolit 3A & Silika Gel).....	59
4.2.1.1 Pengaruh Penggunaan Adsorben (Zeolit 3A & Silika gel) terhadap Kadar Etanol.....	61
4.2.1.2 Pengaruh Penggunaan Adsorben (Zeolit 3A & Silika gel) terhadap Kadar Air.....	63
4.2.1.3 Pengaruh Penggunaan Adsorben (Zeolit 3A & Silika gel) terhadap Densitas.....	65
4.2.2 Analisis Statistik.....	66
4.2.2.1 Uji Normalitas Kadar Etanol.....	66
4.2.2.2 Uji Normalitas Kadar Air.....	67
4.2.2.3 Uji Normalitas Densitas.....	68
4.2.2.4 Uji ANOVA <i>Two-Way</i> Pengaruh Variasi Komposisi Substrat & Jenis Adsorben terhadap Kadar Etanol.....	69
4.2.2.5 Uji ANOVA <i>Two-Way</i> Pengaruh Variasi Komposisi Substrat & Jenis Adsorben terhadap Kadar Air.....	70
4.2.2.6 Uji ANOVA <i>Two-Way</i> Pengaruh Variasi Komposisi Substrat & Jenis Adsorben terhadap Densitas.....	72
4.3 Produksi bioetanol dengan kombinasi perlakuan terbaik (komposisi substrat dan jenis adsorben).....	73
4.3.1 Analisis Optimasi <i>Multi-Response</i>	73
4.4 Hasil kesesuaian karakteristik bioetanol yang dihasilkan dengan standar mutu yang ditetapkan dalam SNI 7390:2012.....	77
4.4.1 Kadar metanol.....	78
4.4.2 Kadar Tembaga (Cu).....	79
4.4.3 Keasaman Asam Asetat.....	79
4.4.4 Tampilan.....	80
4.4.5 Kadar Ion Klorida.....	80
4.4.6 Kandungan Belerang.....	81
4.4.7 Kadar Getah Purwa.....	81
4.4.8 <i>Octane Number</i>	82

BAB V.....	83
KESIMPULAN DAN SARAN.....	83
5.1 Kesimpulan.....	83
5.2 Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA.....	86
LAMPIRAN A.....	95
LAMPIRAN B.....	99
LAMPIRAN C.....	109
LAMPIRAN D.....	120

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Sampah Sisa Makanan.....	7
Tabel 2.2 Karakteristik <i>Sludge</i> Industri Pangan.....	10
Tabel 2.3 Mikroorganisme Fermentasi Bioetanol.....	15
Tabel 2.4 Standar Mutu Bioetanol (SNI 7390:2012).....	22
Tabel 2.5 Referensi Penelitian Terdahulu.....	24
Tabel 3.1 Metode Analisis Karakteristik Bioetanol.....	37
Tabel 3.2 Standar Mutu Bioetanol (SNI 7390:2012).....	42
Tabel 3.3 Matriks Penelitian.....	43
Tabel 3.4 Standar Mutu Bioetanol (SNI 7390:2012) dan <i>Octane number</i>	43
Tabel 4.1 Karakteristik Awal Substrat Bioetanol.....	45
Tabel 4.2 Hasil Sampling Timbulan Sampah Sisa Makanan Program MBG.....	47
Tabel 4.3 Komposisi Sampah Sisa Makanan Hasil Sampling.....	49
Tabel 4.4 Hasil Bioetanol Berdasarkan Variasi Komposisi.....	50
Tabel 4.5 Hasil Bioetanol dengan Penggunaan Adsorben (Zeolit 3A & Silika Gel)	59
Tabel 4.6 Hasil Kombinasi Perlakuan Terbaik.....	76
Tabel 4.7 Standar Mutu Bioetanol (SNI 7390:2012) dan <i>Octane number</i>	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sampah Sisa Makanan.....	6
Gambar 2.2 <i>Sludge</i> Industri Pangan.....	9
Gambar 2.3 Ikatan Hidrogen Etanol dan Air.....	11
Gambar 2.4 Proses Produksi Bioetanol.....	12
Gambar 2.5 Skema <i>Pretreatment</i> Lignoselulosa.....	13
Gambar 2.6 Reaksi Hidrolisis.....	14
Gambar 2.7 Mekanisme Reaksi Hidrolisis Selulosa oleh Asam.....	14
Gambar 2.8 Reaksi Fermentasi.....	16
Gambar 2.9 Distilasi Fraksional.....	17
Gambar 2.10 Kadar Bioetanol dari Berbagai Substrat.....	17
Gambar 2.11 Adsorpsi Air dari Bioetanol.....	19
Gambar 2.12 Zeolit 3A.....	21
Gambar 2.13 Silika Gel.....	22
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.....	28
Gambar 3.2 Lokasi salah satu SPPG di Surabaya.....	30
Gambar 3.3 Lokasi salah satu Industri Pangan di Gresik.....	30
Gambar 3.4 Teknik Kuadran.....	32
Gambar 3.5 Reaktor Fermentasi Bioetanol.....	34
Gambar 3.6 <i>Rotary Evaporator</i>	35
Gambar 3.7 Kolom Adsorpsi.....	36
Gambar 4.1 Substrat Bioetanol (a) Sampah Sisa Makanan Program MBG.....	45
(b) <i>Sludge</i> Industri Pangan.....	45
Gambar 4.2 Grafik Kadar Etanol Berdasarkan Variasi Komposisi Substrat.....	52
Gambar 4.3 Grafik Yield Etanol Berdasarkan Variasi Komposisi Substrat.....	53
Gambar 4.4 Uji Normalitas Kadar Etanol.....	54
Gambar 4.5 Uji Normalitas Yield Etanol.....	55
Gambar 4.6 Uji ANOVA <i>One-Way</i> Pengaruh Variasi Komposisi Substrat.....	57
Gambar 4.7 Uji ANOVA <i>One-Way</i> Pengaruh Variasi Komposisi Substrat.....	58
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Kadar Etanol.....	61
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Efektivitas Peningkatan Kadar Etanol.....	62
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Kadar Air.....	63
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Efektivitas Penurunan Kadar Air.....	64
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Nilai Densitas.....	65
Gambar 4.13 Uji Normalitas Kadar Etanol.....	66
Gambar 4.14 Uji Normalitas Kadar Air.....	67
Gambar 4.15 Uji Normalitas Densitas.....	68

Gambar 4.16 Uji ANOVA <i>Two-Way</i> Pengaruh Variasi Komposisi Substrat & Jenis Adsorben terhadap Kadar Etanol.....	69
Gambar 4.17 Uji ANOVA <i>Two-Way</i> Pengaruh Variasi Komposisi Substrat & Jenis Adsorben terhadap Kadar Air.....	71
Gambar 4.18 Uji ANOVA <i>Two-Way</i> Pengaruh Variasi Komposisi Substrat & Jenis Adsorben terhadap Densitas.....	72
Gambar 4.19 Analisis Optimasi <i>Multi-Response</i>	74
Gambar 4.20 Grafik Optimasi <i>Multi-Response</i>	75
Gambar 4.21 Neraca Massa.....	77

ABSTRAK

Pemanfaatan limbah organik sebagai bahan baku energi terbarukan menjadi salah satu alternatif dalam mengurangi permasalahan lingkungan sekaligus menghasilkan produk bernilai guna. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi sampah sisa makanan (*food waste*) dan *sludge* industri pangan terhadap produksi bioetanol, menganalisis efektivitas zeolit 3A dan silika gel dalam proses dehidrasi bioetanol, serta menentukan kombinasi perlakuan terbaik berdasarkan karakteristik bioetanol yang dihasilkan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan variasi komposisi *food waste* dan *sludge* sebesar 100:0%, 80:20%, 65:35%, 50:50%, dan 0:100%. Proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* pada suhu 30 °C selama 5 hari, kemudian dilanjutkan dengan proses distilasi pada suhu 40 °C dan tekanan 175 mbar. Bioetanol hasil distilasi selanjutnya didehidrasi menggunakan zeolit 3A sebanyak 60 gram dan silika gel sebanyak 70 gram dengan tinggi unggun adsorben 15 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan proporsi *food waste* menghasilkan kadar etanol yang lebih tinggi. Kadar etanol sebelum dehidrasi tertinggi diperoleh pada komposisi 100% *food waste* sebesar 91,5%, sedangkan terendah pada 100% *sludge* sebesar 77%. Zeolit 3A menunjukkan efektivitas dehidrasi yang lebih tinggi dibandingkan silika gel, dengan peningkatan kadar etanol masing-masing sebesar 3,90 - 4,92% dan 1,19 - 3,25%. Kombinasi terbaik diperoleh pada 100% *food waste* dengan zeolit 3A, menghasilkan kadar etanol 96%, kadar air 0,808% (v/v), dan densitas 0,792 g/mL. Sebagian besar parameter mutu telah memenuhi SNI 7390:2012, namun kadar air dan *octane number* masing-masing sebesar 0,808% dan RON 92 masih belum memenuhi batas yang ditetapkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi *food waste* dan zeolit 3A berpotensi menghasilkan bioetanol dengan kualitas yang lebih baik serta mendukung pemanfaatan limbah organik sebagai sumber energi alternatif.

Kata kunci : *food waste*, *sludge* industri pangan, bioetanol, zeolit 3A, silika gel

ABSTRACT

*Utilizing organic waste as a renewable energy feedstock offers an alternative for mitigating environmental issues while generating valuable products. This study aimed to analyze the effect of varying compositions of food waste and food industry sludge on bioethanol production, evaluate the effectiveness of 3A zeolite and silica gel in the bioethanol dehydration process, and determine the optimal treatment combination based on the characteristics of the resulting bioethanol. The study employed food waste-to-sludge composition ratios of 100:0%, 80:20%, 65:35%, 50:50%, and 0:100%. Fermentation was conducted using *Saccharomyces cerevisiae* at 30°C for 5 days, followed by distillation at 40°C and a pressure of 175 mbar. The distilled bioethanol was subsequently dehydrated using 60 g of 3A zeolite and 70 g of silica gel, with an adsorbent bed height of 15 cm. The results indicated that increasing the proportion of food waste led to higher ethanol concentrations. The highest pre-dehydration ethanol concentration (91.5%) was achieved with the 100% food waste composition, while the lowest (77%) was obtained with 100% sludge. 3A zeolite demonstrated superior dehydration effectiveness compared to silica gel, increasing ethanol concentration by 3.90 - 4.92% and 1.19 - 3.25%, respectively. The optimal combination was 100% food waste with 3A zeolite, yielding an ethanol concentration of 96%, a water content of 0.808% (v/v), and a density of 0.792 g/mL. Most quality parameters met the SNI 7390:2012 standards; however, the water content (0.808%) and octane number (RON 92) did not yet comply with the established limits. Research results indicate that the combination of food waste and 3A zeolite has the potential to produce higher-quality bioethanol and supports the utilization of organic waste as an alternative energy source.*

Keywords : food waste, food industry sludge, bioethanol, 3A zeolite, silica gel