



PEMURNIAN BIOETANOL TETES TEBU (MOLASE) MENGUNAKAN TEKNIK DISTILASI EKSTRAKTIF-ADSORPSI

SHAFRAH MAYANI PUTRI



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



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pemurnian Bioetanol Tetes Tebu (Molase) Menggunakan Teknik Distilasi Ekstraktif-Adsorpsi” 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

Shafa Rahmayani Putri
G4401221018

- 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

SHAFRAH RAHMAYANI PUTRI. Pemurnian Bioetanol Tetes Tebu (Molase) Menggunakan Teknik Distilasi Ekstraktif-Adsorpsi. Dibimbing oleh MUHAMMAD FARID dan HENNY PURWANINGSIH.

Pemurnian bioetanol tetes tebu (molase) dibatasi oleh terbentuknya azeotrop etanol-air. Pemurnian lanjutan berupa distilasi ekstraktif dan distilasi adsorpsi dilaporkan mampu meningkatkan kadar etanol melebihi batas azeotrop. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pemurnian bioetanol tetes tebu berkadar 95,23% melalui distilasi ekstraktif-adsorpsi menggunakan gliserol sebagai *entrainer* dan zeolit 3A sebagai adsorben. Kualitas bioetanol dievaluasi berdasarkan sifat fisik dan kadarnya, serta dibandingkan prosesnya dengan teknik tunggal. Distilasi ekstraktif-adsorpsi berhasil meningkatkan kadar etanol 3,32% dengan menggunakan 15 mL gliserol dan 11 g zeolit 3A, serta menghasilkan densitas dan indeks bias yang mendekati etanol murni. Analisis GC-MS mengonfirmasi keberhasilan proses pemurnian dengan berkurang dan hilangnya beberapa senyawa pengotor pada sampel bioetanol. Hasil ANOVA 2FI menunjukkan model RSM yang tidak nyata ($p > 0,05$), sehingga belum dapat digunakan untuk optimasi. Pemurnian bioetanol dengan distilasi ekstraktif-adsorpsi menghasilkan kadar etanol yang lebih tinggi, metode distilasi adsorpsi lebih baik dari segi efisiensi.

Kata kunci: bioetanol, distilasi adsorpsi, distilasi ekstraktif, gliserol, zeolit 3A.

ABSTRACT

SHAFRAH RAHMAYANI PUTRI. Purification of Bioethanol from Sugarcane Molasses Using Extractive-Adsorptive Distillation Technique. Supervised by MUHAMMAD FARID and HENNY PURWANINGSIH.

Sugarcane molasses bioethanol purification is limited due to ethanol-water azeotrope. Advanced purification, including extractive distillation and adsorption distillation, have been reported to increase ethanol concentration beyond the azeotropic limit. This study aimed to evaluate the purification of 95,23% sugarcane molasses bioethanol via an extractive-adsorptive distillation process using glycerol as an entrainer and 3A zeolite as an adsorbent. Bioethanol quality was assessed based on its physicochemical properties and ethanol content, and the process performance was compared with those of single technique. Extractive-adsorptive distillation increased the ethanol concentration by 3.32% using 15 mL of glycerol and 11 g of 3A zeolite, yielding density and refractive index values close to those of pure ethanol. GC-MS analysis confirmed the effectiveness of the purification process through the reduction and elimination of some impurities. 2FI ANOVA results indicated that the RSM model was not significant ($p > 0,05$), limiting its applicability for optimization. The extractive-adsorptive distillation produced higher ethanol concentrations, whereas adsorption distillation showed better process efficiency.

Keywords: adsorption distillation, bioethanol, extractive distillation, glycerol, 3A zeolite.



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.

PEMURNIAN BIOETANOL TETES TEBU (MOLASE) MENGUNAKAN TEKNIK DISTILASI EKSTRAKTIF-ADSORPSI

SHAFRAH MAYANI PUTRI

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

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

@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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Prof. Dr. Irmanida Batubara, S.Si., M.Si.
2. Dr. Tetty Kemala, S.Si., M.Si.
3. Betty Maria Soebrata, S.Si., M.Si.



Judul Skripsi : Pemurnian Bioetanol Tetes Tebu (Molase) Menggunakan Teknik Distilasi Ekstraktif-Adsorpsi
Nama : Shafa Rahmayani Putri
NIM : G4401221018

Disetujui oleh

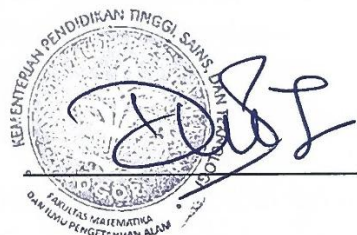
Pembimbing 1:
Dr. Drs. Muhammad Farid, M.Si.

Pembimbing 2:
Dr. Henny Purwaningsih, S.Si., M.Si.




Diketahui oleh

Ketua Departemen Kimia:
Prof. Dr. Dra. Dyah Iswantini Pradono, M.Sc. Agr
NIP 196707301991032001



Tanggal Ujian: 09 Juli 2026

Tanggal Lulus:



vi

@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



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak Desember 2025 sampai Mei 2026 ini ialah pemurnian bioetanol dengan judul “Pemurnian Bioetanol Tetes Tebu (Molase) Menggunakan Teknik Distilasi Ekstraktif-Adsorpsi”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Drs. Muhammad Farid, M.Si. dan Dr. Henny Purwaningsih, S.Si., M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi saran selama penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada staf laboratorium, yaitu Ibu Nia, Pak Ian, dan Kak Ishlah yang telah membantu kelancaran pelaksanaan penelitian dan pengumpulan data. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada Ayahanda Abdul Rahman dan Ibunda Ani Suparni atas segala doa, kasih sayang, dukungan moral maupun material, serta pengorbanan yang tidak ternilai selama penulis menempuh pendidikan. Terima kasih juga kepada Adik Shabilla Attiyatunnur, Adik Immara Melvius Saheeba, dan Adik Akhtar Kiraz Faheem atas doa, dukungan, dan semangat yang selalu diberikan. Terima kasih kepada Sanaya Nurhaliza, Wisnu Bimantoro, Givana Indah Nurul Afiah, Anastasia Putri, Rani Rahman, Mella Agitasari, Wilda Na Mora Siregar, Meyra Nursahada, Ari Himawan, dan Yoga Kusomo yang selalu membantu dan memberikan dukungan selama proses penyusunan skripsi ini. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri yang kuat dan tidak menyerah dalam menghadapi berbagai tantangan selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi ini. Setiap usaha, doa, dan perjuangan yang telah dilalui mecorupakan pengalaman berharga yang tidak ternilai harganya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Shafa Rahmayani Putri



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.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
II METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	4
2.2 Alat dan Bahan	4
2.3 Prosedur Kerja	4
2.3.1 Aktivasi dan Karakterisasi XRD Zeolit 3A Komersial	4
2.3.2 Penentuan Indeks Bias, Densitas, dan Kadar Etanol	6
2.3.3 Pemurnian Bioetanol Tetes Tebu (Molase) dengan Distilasi Ekstraktif–Adsorpsi	8
2.3.4 Pemurnian Bioetanol Tetes Tebu (Molase) dengan Distilasi Ekstraktif dan Distilasi Adsorpsi	10
2.3.5 Karakterisasi GC-MS Bioetanol Tetes Tebu (Molase)	12
2.3.6 Regenerasi Zeolit 3A Komersial	12
2.4 Analisis Data	12
III HASIL DAN PEMBAHASAN	13
3.1 Pola Difraksi, Derajat Kristalinitas, dan Rerata Ukuran Kristal Zeolit 3A Komersial	13
3.2 Hasil Pemurnian Bioetanol Tetes Tebu dengan Distilasi Ekstraktif–Adsorpsi	14
3.2.1 Densitas dan Indeks Bias Bioetanol Tetes Tebu (Molase)	15
3.2.2 Kadar Bioetanol Tetes Tebu (Molase)	16
3.3 Karakteristik Bioetanol Tetes Tebu (Molase)	19
3.4 Perbandingan Pemurnian Bioetanol Tetes Tebu (Molase) Pada Berbagai Teknik Distilasi	20

IV SIMPULAN DAN SARAN	22
4.1 Simpulan	22
4.2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	29
RIWAYAT HIDUP	51

- 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.

DAFTAR TABEL

2.1	Spesifikasi zeolit 3A komersial	5
2.2	Parameter analisis XRD	5
2.3	Parameter analisis etanol dengan GC-FID	7
2.4	Parameter operasi dan level distilasi ekstraktif-adsorpsi	8
2.5	Rancangan percobaan distilasi ekstraktif-adsorpsi	9
2.6	Parameter operasi distilasi ekstraktif-adsorpsi	9
2.7	Spesifikasi alat distilasi ekstraktif-adsorpsi	10
2.8	Parameter operasi distilasi ekstraktif dan distilasi adsorpsi	11
2.9	Spesifikasi radas distilasi ekstraktif (RDE) dan distilasi adsorpsi (RDA)	11
2.10	Parameter analisis GC-MS	12
3.1	Kadar etanol setelah pemurnian dengan distilasi ekstraktif-adsorpsi pada berbagai variasi volume gliserol dan massa zeolit 3A	17
3.2	Senyawa teridentifikasi GC-MS pada bioetanol tetes tebu (molase) sebelum dan setelah pemurnian dengan distilasi ekstraktif-adsorpsi	20
3.3	Parameter proses distilasi, sifat fisik, dan kadar etanol antara R0 (tanpa pemurnian), RDE (distilasi ekstraktif), RDA (distilasi adsorpsi), dan RDE-A (distilasi ekstraktif-adsorpsi)	21

DAFTAR GAMBAR

2.1	Garis batas teranggelap pada refraktometer Abbe	6
2.2	Bagian-bagian refraktometer Abbe	6
2.3	Radas distilasi ekstraktif-adsorpsi	10
2.4	Radas distilasi ekstraktif (RDE) dan distilasi adsorpsi (RDA)	11
3.1	Difraktogram zeolit 3A komersial	13
3.2	Ikatan hidrogen antara gliserol dan air (Mah <i>et al.</i> 2014)	14
3.3	Proses adsorpsi air pada zeolit 3A	15
3.4	Rerata densitas dan indeks bias etanol pada percobaan R0 (tanpa pemurnian) dan R1–R13 (setelah pemurnian dengan distilasi ekstraktif-adsorpsi)	15

3.5	Kadar etanol pada percobaan R0 (tanpa pemurnian) dan R1–R13 (setelah pemurnian dengan distilasi ekstraktif–adsorpsi)	16
3.6	<i>Predicted vs actual</i> (a) dan grafik permukaan respons percobaan (b)	18
3.7	Kromatogram GC-MS bioetanol tetes tebu sebelum dan setelah pemurnian dengan distilasi ekstraktif–adsorpsi	19
3.8	Spektrum massa etanol setelah pemurnian: (a) sampel bioetanol (b) basis data NIST	19

DAFTAR LAMPIRAN

1	Diagram alir penelitian	30
2	Spesifikasi bioetanol PT PG Rajawali II Unit PSA Palimanan	31
3	Spesifikasi etanol absolut AR	32
4	Standar bioetanol untuk gasohol (BSN 7390:2008)	33
5	Difraktogram XRD asli zeolit 3A komersial	34
6	Perhitungan derajat kristalinitas zeolit 3A komersial	35
7	Perhitungan rerata ukuran kristal zeolit 3A	36
8	Indeks bias pada berbagai larutan	37
9	Indeks bias dan densitas bioetanol tetes tebu (R0, RDA, RDE, RDE–A)	38
10	Kromatogram GC-FID asli bioetanol tetes tebu	40
11	Perhitungan kadar bioetanol tetes tebu (R0, RDE, RDA, RDE-A)	46
12	ANOVA 2FI distilasi ekstraktif–adsorpsi	47
13	Kromatogram asli GC-MS bioetanol tetes tebu	48
14	Dokumentasi penelitian	49