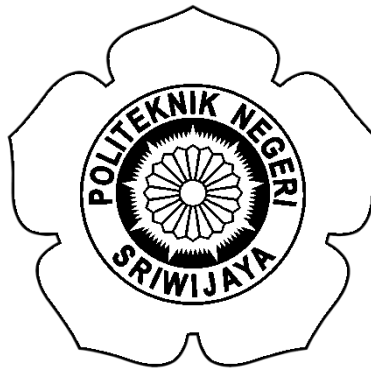


SKRIPSI

**PEMBUATAN BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT NANAS
MELALUI *PRETREATMENT* DES *CHOLINE CHLORIDE-
LACTIC ACID* DAN HIDROLISIS ENZIMATIK**



**Diajukan Sebagai Persyaratan Mata Kuliah Skripsi Program Diploma IV
Pada Jurusan Teknik Kimia
Program Studi DIV Teknologi Kimia Industri**

**OLEH:
ADE TAMARA
062240422471**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2026**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PEMBUATAN BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT NANAS MELALUI PRETREATMENT DES *CHOLINE CHLORIDE-LACTIC ACID* DAN HIDROLISIS ENZIMATIK

OLEH:

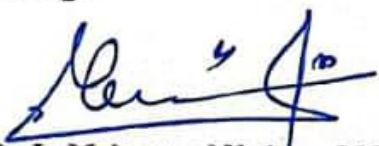
ADE TAMARA

0622 4042 2471

Palembang, Juli 2026

Menyetujui,

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Muhammad Yerizam, M.T.
NUPTK 5041739640130053

Pembimbing II



Zurohaina, S.T., M.T.
NUPTK 4050745646230103

Mengetahui,

Ketua Jurusan
Teknik Kimia



Tahdid, S.T., M.T.
NIP 197201131997021001

Koordinator Program Studi
DIV Teknologi Kimia Industri



Dr. Yuniar, S.T., M.Si.
NIP 1973062119990320001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
Jalan Srijaya Negara Bukit Besar - Palembang 30139 Telepon (0711) 353414
Laman: <http://polsri.ac.id>, Pos El : kimia@polsri.ac.id

Telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji
Di Program Diploma IV – Teknologi Kimia Industri Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Sriwijaya
Pada tanggal 29 Juni 2026

Tim Penguji :

1. Ir. Robert Junaidi, M.T.
NUPTK 7044744645131083
2. Dilia Puspa, S.ST., M.Tr.T.
NUPTK 5548772673230242
3. Ir. Iriani Reka Septiana, S.ST., M.T.
NUPTK 5254769670230293
4. Wahyu Triaji Rahardianto, S.Tr.T., M.T.
NUPTK 9139775676130173

Tanda Tangan

()
()
()
()

Palembang, Juli 2026
Mengetahui,
Koordinator Program Studi
D-IV Teknologi Kimia Industri



Dr. Yuniar, S.T. M.Si.
NIP 197306211999032001



RINGKASAN

PEMBUATAN BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT NANAS MELALUI *PRETREATMENT DES CHOLINE CHLORIDE-LACTIC ACID* DAN HIDROLISIS ENZIMATIK

(Ade Tamara, 2026, 57 Halaman, 14 Tabel, 34 Gambar)

Limbah kulit nanas merupakan biomassa lignoselulosa yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol karena mengandung selulosa yang dapat dikonversi menjadi gula fermentabel. Namun, keberadaan lignin dapat menghambat proses hidrolisis sehingga diperlukan *pretreatment* untuk meningkatkan aksesibilitas enzim terhadap selulosa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *pretreatment Deep Eutectic Solvent* (DES) *Choline Chloride-Lactic Acid* terhadap hidrolisis enzimatik kulit nanas, menentukan kondisi optimum hidrolisis berdasarkan variasi waktu dan konsentrasi enzim, serta menganalisis kualitas bioetanol yang dihasilkan. *Pretreatment* dilakukan menggunakan DES *Choline Chloride-Lactic Acid* dengan rasio molar 1:9 selama 1 jam. Biomassa hasil *pretreatment* kemudian dihidrolisis menggunakan enzim selulase dengan variasi konsentrasi 5%, 10%, dan 15% selama 12, 18, 24, 48, dan 72 jam. Hidrolisat difermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dan dilanjutkan dengan proses distilasi. Analisis lignoselulosa dilakukan menggunakan metode Chesson-Datta, sedangkan kadar glukosa dan etanol dianalisis menggunakan refraktometer glukosa dan alkohol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *pretreatment* DES meningkatkan kandungan selulosa dari 57% menjadi 65,54% dan menurunkan kandungan lignin dari 23% menjadi 8,05%. Kondisi terbaik diperoleh pada waktu hidrolisis 48 jam dan konsentrasi enzim 15%, yang menghasilkan kadar glukosa tertinggi sebesar 16,6% Brix dan kadar etanol sebesar 45,0%. Densitas bioetanol yang dihasilkan berada pada rentang 0,851–0,933 g/mL dengan pH 6,2–6,7. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *pretreatment* DES *Choline Chloride-Lactic Acid* efektif meningkatkan ketersediaan selulosa sehingga berpotensi meningkatkan produksi bioetanol dari limbah kulit nanas.

Kata kunci: Bioetanol, Kulit nanas, Lignoselulosa, Deep Eutectic Solvent, Hidrolisis enzimatik.

ABSTRACT

BIOETHANOL PRODUCTION FROM PINEAPPLE PEEL WASTE THROUGH DEEP EUTECTIC SOLVENT (DES) CHOLINE CHLORIDE– LACTIC ACID PRETREATMENT AND ENZYMATIC HYDROLYSIS

(Ade Tamara, 2026, 57 Pages, 14 Tables, 34 Figures)

Pineapple peel waste is a lignocellulosic biomass with significant potential as a feedstock for bioethanol production due to its cellulose content, which can be converted into fermentable sugars. However, the presence of lignin inhibits the hydrolysis process; therefore, a pretreatment step is required to improve enzyme accessibility to cellulose. This study aimed to evaluate the effect of Deep Eutectic Solvent (DES) Choline Chloride–Lactic Acid pretreatment on the enzymatic hydrolysis of pineapple peel, determine the optimum hydrolysis conditions based on hydrolysis time and enzyme concentration, and evaluate the quality of the produced bioethanol. Pretreatment was carried out using DES Choline Chloride–Lactic Acid with a molar ratio of 1:9 for 1 hour. The pretreated biomass was subsequently hydrolyzed using cellulase enzyme at concentrations of 5%, 10%, and 15% for 12, 18, 24, 48, and 72 hours. The resulting hydrolysate was fermented using *Saccharomyces cerevisiae*, followed by a distillation process. Lignocellulosic composition was analyzed using the Chesson-Datta method, while glucose and ethanol contents were determined using a refractometer and an alcoholmeter, respectively. The results showed that DES pretreatment increased the cellulose content from 57% to 65.54% while reducing the lignin content from 23% to 8.05%. The best hydrolysis condition was achieved at 48 hours of hydrolysis with a 15% cellulase enzyme concentration, producing the highest glucose content of 16.6% Brix and an ethanol content of 45.0%. The density of the produced bioethanol ranged from 0.851 to 0.933 g/mL, with a pH of 6.2–6.7. These findings indicate that DES Choline Chloride–Lactic Acid pretreatment effectively enhances cellulose accessibility, thereby improving the potential for bioethanol production from pineapple peel waste.

Keywords: Bioethanol, Pineapple Peel, Lignocellulosic Biomass, Deep Eutectic Solvent, Enzymatic Hydrolysis.

MOTTO

اسْتَمِرَّ فِي فِعْلِ الْخَيْرِ وَإِنْ لَمْ يُعَامَلُوكَ بِمِثْلِهِ

(Istamir fi fi'lil khairi wa in lam yu'amaluka bimitslih)

“Teruslah berbuat baik meskipun mereka tidak memperlakukanmu dengan hal yang sama.”

“Setiap hari adalah kesempatan baru untuk bertumbuh dan menjadi lebih baik dari sebelumnya.”

“Doakan usahamu, usahakan doamu.”

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi yang berjudul "Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kulit Nanas Melalui *Pretreatment* DES *Choline Chloride*- *Lactic Acid* dan Hidrolisis Enzimatis". Laporan Skripsi ini merupakan salah satu syarat agar dapat menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kimia pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Sriwijaya.

Laporan ini disusun berdasarkan penelitian yang dilakukan sejak tanggal 13 April 2026 sampai dengan 28 Juni 2026. Dalam melaksanakan Laporan Skripsi ini penulis telah banyak menerima bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Atas bantuan, saran, dan bimbingan yang diberikan hingga terselesaikannya laporan ini.

Terselesaikannya laporan skripsi ini tidak luput dari bantuan, motivasi serta partisipasi dari semua pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada:

1. Ir. Irawan Rusnadi, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya
2. Dr. Yusri, S.Pd, M.Pd., selaku Pembantu Direktur 1 Politeknik Negeri Sriwijaya
3. Tahdid, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya
4. Isnandar Yunanto, S.ST., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya
5. Dr. Yuniar, ST, M.Si., selaku ketua Program Studi Teknologi Kimia Industri Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya
6. Prof. Dr. Ir. Muhammad. Yerizam, M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir yang telah memberikan dukungan dan bersedia membimbing selama pelaksanaan Penelitian Skripsi dan pengerjaan Laporan Skripsi
7. Zurohaina, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir yang telah memberikan dukungan dan bersedia membimbing selama pelaksanaan Penelitian Skripsi dan pengerjaan Laporan Skripsi

8. Ayah, Ibu, adik-adikku, nenek, bunda, ayah son dan keluarga yang selalu memberi dukungan, semangat, motivasi serta doa yang tiada henti kepada penulis selama menyelesaikan Laporan Skripsi
9. Diri saya sendiri, atas sikap kooperatif, tetap berpikir positif ketika keadaan sempat tidak berpihak, dan terus percaya bahwa saya mampu mengandalkan diri sendiri hingga laporan ini selesai
10. Juga kepada pasangan saya Epan Riansyah, terima kasih untuk semua bantuan yang telah diberikan, canda, tawa, diskusi dan semua momen yang menemani perjuangan penulis dari awal semester hingga selesainya laporan skripsi ini. Terima kasih sudah selalu ada, dan selalu mengusahakan penulis
11. Teman seperjuangan Tel-Eng, teruntuk Andini, Viona, dan Shabrina terima kasih untuk dukungan, canda tawa dan bantuan yang membuat penulis merasa hidup lebih hangat dan berwarna. Dan juga untuk Bro-etanol, terkhusus Helen Chairunisa yang sudah berjuang bersama, serta saling menyemangati selama Penelitian Tugas Akhir di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa laporan kerja praktik ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca, bagi dunia Pendidikan, dan ilmu pengetahuan.

Palembang, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Luaran Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sejarah Penelitian	5
2.2 Landasan Teori	7
2.2.1 Bioetanol	7
2.2.2 Parameter Mutu Bioetanol.....	8
2.2.3 Biomassa Lignoselulosa	8
2.2.4 Limbah Kulit Nanas	9
2.2.5 <i>Pretreatment</i> Menggunakan DES	10
2.2.6 Hidrolisis	12
2.2.7 Fermentasi	14
2.2.8 Distilasi.....	18
2.2.9 Kromatografi Gas	18
2.3 Kerangka Pemikiran	19
BAB III METODOLOGI.....	21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.3 Objek dan Variabel Penelitian	22
3.3.1 Objek Penelitian	22
3.3.2 Variabel Penelitian	22
3.4 Prosedur Penelitian.....	23
3.4.1 Pengambilan Data dan Analisis Data	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Hasil Penelitian	30
4.2 Pembahasan.....	31
4.2.1 Perubahan Komposisi Lignoselulosa Kulit Nanas setelah <i>Pretreatment</i> Menggunakan DES <i>Choline Chloride-Lactic Acid</i>	31
4.2.2 Pengaruh Waktu Hidrolisis dan Konsentrasi Enzim terhadap Kadar Glukosa	33
4.2.3 Pengaruh Waktu Hidrolisis dan Konsentrasi Enzim terhadap Kadar Etanol.....	35
4.2.4 Karakteristik Kualitas Bioetanol Terbaik Sesuai Standar SNI	

dan Hasil GC-MS	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	47

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Parameter Uji Bioetanol sesuai SNI 7390:2008.....	8
2.3 Komposisi Kimia Kulit Nanas	10
2.4 Mikroorganisme yang Digunakan untuk Fermentasi Alkohol	15
4.1 Hasil <i>Pretreatment</i> Delignifikasi Menggunakan DES	30
4.2 Hasil Pengamatan Bioetanol Limbah Kulit Nanas.....	30
4.3 Tabel Hasil Pengukuran Glukosa dan Etanol	31
4.4 Perbandingan Kualitas Bioetanol Hasil Penelitian	37
A.1 Hasil <i>Pretreatment</i> Delignifikasi Menggunakan DES	47
A.2 Hasil Pengamatan Bioetanol Limbah Kulit Nanas.....	47
A.3 Tabel Hasil Pengukuran Glukosa dan Etanol	48
B.1 Data Massa Residu Setelah Perlakuan Analisa Chesson Datta	49
B.2 Data Massa Ragi dan Nutrient pada Fermentasi	51
B.3 Data Hasil Pengujian Densitas	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin	9
2.2 Mekanisme Pembentukan DES (Sumber: Shekaari, dkk., 2018)	11
2.3 Kerangka Pemikiran.....	20
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	24
4.1 Perubahan Komposisi Lignoselulosa Kulit Nanas Sebelum dan Sesudah <i>Pretreatment</i>	32
4.2 Pengaruh Waktu Hidrolisis terhadap Kadar Glukosa.....	33
4.3 Pengaruh Waktu Hidrolisis terhadap Kadar Etanol.....	36
4.4 Kromatogram Bioetanol Hidrolisis 48 jam Konsentrasi 15%	39
C.1 Mencuci bersih kulit nanas.....	53
C.2 Mengeringkan kulit nanas	53
C.3 Menghaluskan dan mengayak kulit nanas.....	53
C.4 Membuat larutan DES	53
C.5 Mencampur 10 gram kulit nanas halus dengan larutan DES	53
C.6 Memasukkan campuran kulit nanas halus dan larutan DES ke dalam autoclave	54
C.7 Mencuci <i>slurry</i> hasil reaksi hingga pH mendekati netral.....	54
C.8 Mengeringkan sampel yang sudah netral di dalam oven	54
C.9 Melakukan ekstraksi air panas	54
C.10 Melakukan hidrolisis asam encer	54
C.11 Melakukan hidrolisis asam pekat	55
C.12 Melakukan pembakaran abu menggunakan furnace	55
C.13 Menimbang 10 gram hasil delignifikasi.....	55
C.14 Melarutkan dalam 200 mL larutan buffer sitrat pH 4,8 dan mengaduk hingga homogen.....	55
C.15 Menambahkan enzim selulase dengan variasi (5,10,15)% v/v dan melakukan hidrolisis pada suhu 50°C dengan variasi waktu hidrolisis 12, 18, 24, 48, 72 jam.....	55
C.16 Menyaring hasil hidrolisis.....	55
C.17 Melakukan pengecekan pH untuk memastikan pH berada pada 4,8.....	56
C.18 Mengukur kadar glukosa menggunakan Refraktometer Glukosa	56
C.19 Menambahkan <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> ke dalam larutan sebanyak 5% (w/v) dari total volume larutan	56
C.20 Menambahkan pupuk NPK sebanyak 4% dari total volume larutan	56
C.21 Menambahkan urea 3% dari total volume larutan	56
C.22 Menutup erlenmeyer berisikan larutan fermentasi menggunakan gabus yang telah dimasukkan selang dan hubungkan.....	56
C.23 Menyaring hasil fermentasi	57
C.24 Mengukur kadar glukosa menggunakan Refraktometer Glukosa	57
C.25 Melakukan proses distilasi	57
C.26 Analisis densitas	57